

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS



**SIMULADOR PARA LA TRANSMISIÓN DE VOZ SOBRE REDES DE
PAQUETES Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE
SERVICIO (QOS).**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN CIENCIAS COMPUTACIONALES

ROBERTO ADOLFO ROMERO HERNÁNDEZ

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. ENERO DEL 2003

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS

**SIMULADOR PARA LA TRANSMISIÓN DE VOZ SOBRE REDES DE
PAQUETES Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE
SERVICIO (QOS).**

Tesis

Que presenta

Roberto Adolfo Romero Hernández

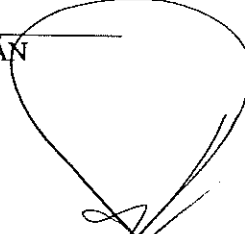
Aprobado por:



DR. ROBERTO CONTE GALVÁN
PRESIDENTE



M.C. EVELIO MARTÍNEZ MARTÍNEZ
SECRETARIO



FIS. FRANCISCO JUÁREZ GARCÍA
1^{er} VOCAL

RESUMEN de la Tesis de Roberto Adolfo Romero Hernández presentada como requisito parcial para la obtención de la Licenciatura en Ciencias Computacionales. Ensenada, Baja California, México. Enero del 2003.

SIMULADOR PARA LA TRANSMISIÓN DE VOZ SOBRE REDES DE PAQUETES Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO (QOS).

Resumen Aprobado por



Dr. Roberto Conte Galván.
Director de Tesis

El transporte de voz a través de redes de cómputo es una alternativa para realizar llamadas telefónicas a un precio económico. Sin embargo enfrentan limitantes de calidad de servicio, ya que fueron diseñadas para el transporte de datos y no de voz. Estos problemas y efectos que enfrentan las redes de cómputo ante la transmisión de voz sobre IP, son difíciles de comprender por técnicos y estudiantes de las áreas de electrónica, telecomunicaciones y computación. En este trabajo de tesis se estudian los elementos necesarios que intervienen en el transporte de la voz sobre redes de paquetes, los parámetros que influyen durante la transmisión y sus efectos. Se presentan los mecanismos de calidad de servicio que permiten garantizar un nivel satisfactorio cuando se utilizan redes de cómputo para transmitir voz. La finalidad es brindar una herramienta didáctica interactiva computacional capaz de transmitir estos conocimientos de una manera sencilla y amigable a los estudiantes de las distintas áreas mencionadas anteriormente.

Palabras clave: Voz sobre IP, VoIP, calidad de servicio, QoS, Software didáctico, redes de paquetes.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Dr. Roberto Nelson Romero Inestroza.

Dra. Ana Maria Hernández de Romero.

Por su esfuerzo en proporcionarme una educación y por hacer de mí un hombre de bien, así como por el cariño, apoyo, dedicación, valores y confianza que me han dado a través de toda mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Docentes

Al **Dr. Roberto Conte Galván**, Director de este trabajo de tesis. Por todo el apoyo, paciencia, consejos, ideas y visiones que me transmitió durante el desarrollo y culminación de este trabajo.

Al **MC. Evelio Martínez Martínez**, CoDirector de este trabajo de tesis. Por sus consejos y confianza que me brindó, así como por su disposición en todo momento.

Al **MC. Raúl Tamayo Fernández**, por las aportaciones y apoyo desinteresado en este trabajo de tesis.

A aquellos **Maestros de la Facultad de Ciencias y CICESE** que me apoyaron antes y después de la carrera desinteresadamente.

Familiares

A mis **Abuelos Antonio Adolfo Y Rosalina**, por sus consejos y preocupación en motivarme por ser cada vez mejor, tanto en lo personal como en lo profesional, así como por el cariño incondicional que me han dado.

A mi **Tía Ángela**, por todo el cariño que me ha brindado, así como por preocuparse de mi bienestar en todo momento.

A mis **Tíos Antonio y Mely**, por su ejemplo, consejos y apoyo que me han brindado.

Amigos

A **Juan Pablo**, por su amistad incondicional, apoyo, y consejos que me ha dado, así como por alentarme a seguir adelante en todo momento.

A **Oscar**, por todas las críticas constructivas desde el inicio de la carrera que me han permitido crecer, así como por la amistad incondicional que me ha dado.

A **Ana Margarita, Betty, Edgar, Juan Pablo, Oscar, Ricardo, Julio y Yasmín**, por la amistad y confianza que me han brindado desde que nos conocemos, así como por todos aquellos momentos que hemos compartido y disfrutado mutuamente de nuestra compañía.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Hipótesis.....	2
1.3	Objetivos de este trabajo	2
1.3.1	Objetivo general	2
1.3.2	Objetivo particular.....	2
1.3.3	Objetivo específico.....	2
1.4	Infraestructura Empleada	3
1.4.1	Herramientas y lenguajes empleados	3
1.4.2	Equipo de cómputo.....	3
1.5	Organización del trabajo	4
2	TECNOLOGÍA DE VOZ SOBRE EL PROTOCOLO INTERNET	6
2.1	Antecedentes de voz sobre IP (VoIP).....	6
2.2	Definición de voz Sobre IP (VoIP)	7
2.3	Como funciona VoIP.....	8
2.4	Transmisión de VoIP.....	9
2.5	Ventajas de utilizar VoIP	9
2.5.1	Economía en equipo	10
2.5.2	Economía entre redes IP y la PSTN	11
2.5.3	Integración de aplicaciones de datos y voz	11
2.5.4	Mayor Ancho de banda	11
2.5.5	Popularidad de IP	11
3	TRANSPORTE DE VOZ SOBRE IP.....	13
3.1	Modelo de Referencia OSI.....	13
3.1.1	Capas o niveles del modelo de referencia OSI.....	13
3.2	Modelo Internet (IP).....	15
3.2.1	Encabezados	16
3.2.2	Capa Internet	17

3.2.2.1	Datagrama	18
3.2.2.2	Campos del datagrama	18
3.2.3	Capa de transporte	22
3.2.3.1	Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP).....	22
3.2.3.2	Protocolo de Control de Transmisión (TCP)	23
3.2.3.3	TCP o UDP	24
3.2.3.4	Protocolo de Transmisión de Tiempo Real (RTP).....	24
3.3	Direcciones IP	25
3.3.1	Clases de direcciones.....	26
3.3.2	Direcciones IP sin Clase (CIDR).....	27
3.3.2.1	Especificar el tamaño de la parte de red.....	28
3.4	Máscaras de subred	29
3.4.1	Prefijo /tamaño	29
3.5	Enrutamiento	30
3.5.1	Tablas de enrutamiento.....	31
3.6	Congestionamiento.....	31
3.6.1	Control de congestionamiento.....	32
3.6.2	Control de flujo.....	32
3.6.3	Rendimiento de la red.....	32
3.6.3.1	Interconexión de redes	32
4	CALIDAD DE SERVICIO (QOS).....	35
4.1	Introducción	35
4.2	Necesidad de Calidad de Servicio	35
4.3	Niveles de QoS.....	35
4.3.1	Servicio de mejor esfuerzo	36
4.3.2	Servicios Diferenciados (Differentiated Services).....	36
4.3.3	Servicio Garantizado (Guaranteed Service).....	36
4.4	Desempeño de VoIP.....	36
4.4.1	Ancho de banda	37
4.4.2	Retardo o latencia.....	37
4.4.3	Variaciones en el retardo (Jitter)	39
4.4.4	Pérdida de paquetes	39
4.5	Soluciones QoS	39
4.6	Protocolos de calidad de servicio y arquitecturas	40
4.6.1	Arquitectura IntServ (Servicios Integrados).....	40

4.6.2	Protocolo de reservación de recursos (RSVP)	40
4.6.2.1	Módulo de control de admisión	41
4.6.2.2	Módulo de control de norma	41
4.6.2.3	Calendarizado de paquetes	42
4.6.2.4	Tipos de servicio	43
4.7	Arquitectura DifServ (Servicios Diferenciados)	44
4.7.1	Acondicionamiento de tráfico (Traffic conditioning)	46
4.7.1.1	Clasificador	46
4.7.1.2	Marcador (Marker)	46
4.7.1.3	Medidor (Metering)	46
4.7.1.4	Moldeador (Shaper)	47
4.7.1.5	Eliminador (Dropper)	47
4.7.2	Acuerdos de nivel de servicio	47
4.7.2.1	PHB	48
4.8	MPLS	49
5	HERRAMIENTA EDUCATIVA	51
5.1	Desarrollo de herramienta educativa	51
5.2	Descripción del sistema	51
5.3	Diseño del sistema	52
5.4	Modelo para la transmisión	53
5.4.1	Descripción del modelo	54
5.5	Especificaciones y restricciones del sistema	55
5.6	Construcción de la herramienta mediante OMT (Object Modeling Technique)	57
5.6.1	Objetivo	57
5.6.2	Requerimientos	57
5.6.2.1	Interfaz	57
5.6.2.2	Módulos del sistema	57
5.6.2.3	Actividades del sistema	57
5.6.2.4	Tutor	57
5.6.2.5	Simulador	58
5.6.2.6	Grabadora	58
5.6.3	Modelo de objetos	58
5.6.3.1	Identificación de objetos	58
5.6.3.2	Diccionario de datos	59
5.6.3.3	Identificación de asociaciones	61
5.6.3.4	Diagrama modelo de objetos	70

5.6.3.5	Especificación de atributos y operaciones de las clases.....	71
5.6.4	Modelo Dinámico.....	72
5.6.4.1	Escenarios.....	72
5.6.4.2	Trazos de eventos.....	75
5.6.4.3	Diagramas de estados.....	80
5.6.5	Modelo funcional.....	82
6	SIMULACIONES	86
6.1	Escenarios.....	86
6.1.1	Escenario 1 – Redes nivel estado/ mejor esfuerzo/congestión baja.....	86
6.1.2	Escenario 2 - Redes nivel país/ mejor esfuerzo/congestión baja.....	88
6.1.3	Escenario 3 - Redes internacionales/mejor esfuerzo/congestión baja.....	89
6.1.4	Escenario 4 - Redes nivel estado/mejor esfuerzo/congestión media.....	90
6.1.5	Escenario 5 - Redes nivel país/mejor esfuerzo/congestión media.....	91
6.1.6	Escenario 6 - Redes internacionales/ mejor esfuerzo/congestión media.....	93
6.1.7	Escenario 7 - Redes nivel estado/ mejor esfuerzo/congestión alta.....	94
6.1.8	Escenario 8 - Redes nivel país/ mejor esfuerzo/congestión alta.....	95
6.1.9	Escenario 9 - Redes internacionales/ mejor esfuerzo/congestión alta.....	96
6.1.10	Escenario 10– Red nivel estado/diffServ/congestión baja.....	98
6.1.11	99
6.1.12	Escenario 11 Red nivel país/diffServ/congestión baja.....	99
6.1.13	Escenario 12 - Redes internacionales/diffServ/congestión baja.....	100
6.1.14	Escenario 13 - Red nivel estado/diffServ/Congestión media.....	102
6.1.15	Escenario 14 - Red nivel país/diffServ/congestión media.....	103
6.1.16	Escenario 15 - Red internacional/diffServ/Congestión media.....	104
6.1.17	Escenario 16 - Red nivel estado/diffServ/congestión alta.....	106
6.1.18	Escenario 17 - Red nivel país/diffServ/congestión alta.....	107
6.1.19	Escenario 18 - Red internacional/diffServ/congestión alta.....	109
6.1.20	109
6.1.21	Escenario 19 - Red estatal/mejor esfuerzo.....	110
6.1.22	Escenario 20 - Red nivel país/mejor esfuerzo.....	111
6.1.23	Escenario 21 - Redes internacionales/ mejor esfuerzo.....	113
6.1.24	Escenario 22 - Red estatal/diffServ.....	114
6.1.25	Escenario 23 - Red nivel país/diffServ.....	115
6.1.26	Escenario 24 - Redes internacional/diffServ.....	117
7	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	119
7.1	Análisis de Resultados.....	121
7.1.1	Análisis de experimentos a escenario 1 - Redes nivel estado/mejor esfuerzo/congestión baja.....	121
7.1.2	Análisis de experimentos a escenario 2 - Redes nivel país/ mejor esfuerzo/congestión baja.....	122

7.1.3	Análisis de experimentos a escenario 3 - Redes internacionales/mejor esfuerzo/congestión baja	124
7.1.4	Análisis de experimentos a escenario 4 - Redes nivel estado/mejor esfuerzo/congestión media	125
7.1.5	Análisis de experimentos a escenario 5 - Redes nivel país/mejor esfuerzo/congestión media	126
7.1.6	Análisis de experimentos a escenario 6 - Redes internacionales/ mejor esfuerzo/congestión media	127
7.1.7	Análisis de experimentos a escenario 7 - Redes nivel estado/ mejor esfuerzo/congestión alta	128
7.1.8	Análisis de experimentos a escenario 10 – Red nivel estado/diffServ/ congestión baja	128
7.1.9	Análisis de experimentos a los escenario 11 y 12- Red nivel país e internacional/diffServ/congestión baja.....	130
7.1.10	Análisis de experimentos a escenario 13 - Red nivel estado/diffServ/ congestión media	132
7.1.11	Análisis de experimentos a escenario 14 y 15 - Red nivel país e internacional/diffServ/congestión media.....	134
7.1.12	Análisis de experimentos a escenario 16 - Red nivel estado/diffServ/ congestión alta.....	136
7.1.13	Análisis de experimentos a escenario 17 - Red nivel país/diffServ/ congestión alta	138
7.1.14	Análisis de experimentos a escenario 18 - Red internacional/diffServ/ congestión alta.....	140
7.1.15	Análisis de experimentos a escenarios 19, 20 y 21 – Redes nivel estado, país e internacionales / mejor esfuerzo/ congestión bajo, media y alta	140
7.1.16	Análisis de experimentos a escenarios 22, 23 y 24- – Redes nivel estado, país e internacionales /diffServ/ congestión bajo, media y alta	141
7.2	Conclusiones de los experimentos	142
8	CONCLUSIONES.....	144
8.1	Conclusiones generales	144
8.2	Aportaciones.....	145
8.3	Trabajo futuro.....	146
APÉNDICE 1 INSTALACIÓN AMBIENTE EJECUCIÓN JAVA Y SIMULADOR.....		150
1.1	Instalación de ambiente ejecución java.....	150

1.2	Instalación del simulador de voz.....	151
APÉNDICE 2 MANUAL DE USUARIO.....		153
2.1	Ejecución del Simulador.....	153
2.2	Uso del simulador.....	153
2.2.1	Barra de iconos.....	154
2.2.1.1	Tutor.....	155
2.2.1.2	Grabar.....	157
2.2.1.3	Simulador.....	158
2.2.1.4	Acerca.....	163
2.2.1.5	Salir.....	164
APÉNDICE 3 RESUMEN DE VOZ SOBRE IP (VOIP).....		165
3.1	Que es voz sobre IP?.....	165
3.2	La naturaleza de la voz.....	165
3.3	Calidad de Servicio.....	165
3.4	Métricas en las redes de cómputo.....	166
3.4.1	Tiempo de propagación de enlace físico.....	166
3.4.2	Tiempo de transmisión de enlace físico.....	166
3.4.3	Ancho de banda en enlace físico.....	166
3.4.4	Tamaño de memoria en enrutadores.....	166
3.4.5	Latencia.....	167
3.4.6	Latencia de serialización.....	167
3.4.7	Variación de retardo.....	167
3.5	Protocolos de transporte para VoIP.....	167
3.6	Control de flujo.....	167
3.7	Congestionamiento.....	168
APÉNDICE 4 GLOSARIO Y DICCIONARIO DE TÉRMINOS.....		169

Lista de Figuras

Figura 1. Modelo de transmisión de voz sobre redes	8
Figura 2. Combinaciones posibles de transmisión de voz sobre IP	10
Figura 3. Modelo de referencia OSI	13
Figura 4. Modelo Internet IP	16
Figura 5. Agregación y eliminación de encabezados (headers) entre capas	17
Figura 6. Formato del datagrama IP en bits.	18
Figura 7. Formato del encabezado UDP en bits.	23
Figura 8. Formato de encabezado TCP en bits	23
Figura 9. Formato RTP	25
Figura 10. Formato de una dirección IP	26
Figura 11. Clases de red según su dirección IP.	28
Figura 12. Circuito de enrutadores	30
Figura 13. Flujo y módulos de RSVP	41
Figura 14. Campo ToS y DSCP	44
Figura 15. Transmisión punto a punto utilizando una red DiffServ	45
Figura 16. Modelo de acondicionamiento de tráfico	47
Figura 17. Comunicación de redes mediante enrutadores	52
Figura 18. Esquema básico de transmisión	53
Figura 19. Modelo IP, sus capas y encabezados.	55
Figura 20. Diagrama de asociación "El sistema contiene tutor"	62
Figura 21. Diagrama de asociación "El sistema contiene simulador"	63
Figura 22. Diagrama de asociación "El sistema contiene grabadora"	63
Figura 23. Diagrama de asociación "El simulador simula transmisión de voz sobre una red de Internet"	63
Figura 24. Diagrama de asociación "Una red Internet se basa en el modelo IP para transmitir paquetes"	63
Figura 25. Diagrama de asociación "Una red Internet contiene redes de cómputo"	64
Figura 26. Diagrama de asociación "Una red Internet utiliza mecanismo QoS"	64
Figura 27. Diagrama de asociación "El modelo IP se compone de capa de aplicación"	64
Figura 28. Diagrama de asociación "El modelo IP se compone de capa de transporte"	64
Figura 29. Diagrama de asociación "El modelo IP se compone de capa Internet"	65
Figura 30. Diagrama de asociación "El modelo IP se compone de capa red"	65
Figura 31. Diagrama de asociación "La capa de aplicación envía paquete de información a capa de transporte" y "La capa de aplicación recibe paquete de la capa de transporte".	65
Figura 32. Diagrama de asociación "La capa de transporte envía paquetes a capa Internet" y "La capa de transporte recibe paquetes de la capa Internet".	66

Figura 33. Diagrama de asociación “La capa Internet envía paquetes a la capa de red” y “La capa Internet recibe paquetes de la capa de red”.	66
Figura 34. Diagrama de asociación “La capa de red envía paquetes a la capa de red” y “La capa de red recibe paquetes de la capa de red”.	67
Figura 35. Diagrama de asociación “Una red Internet contiene cables”.	67
Figura 36. Diagrama de asociación “red Internet contiene enrutadores”.	67
Figura 37. Diagrama de asociación “Una red de cómputo se comunica con más de una red de cómputo”.	68
Figura 38. Diagrama de asociación “Una red de cómputo contiene nodos”.	68
Figura 39. Diagrama de asociación “Una red de cómputo contiene enrutadores”.	68
Figura 40. Diagrama de asociación “Una red de cómputo contiene cables”.	68
Figura 41. Diagrama de asociación “El mecanismo de QoS utiliza mecanismo mejor esfuerzo”.	69
Figura 42. Diagrama de asociación ““El mecanismo de QoS utiliza mecanismo servicios diferenciados”.	69
Figura 43. Diagrama modelo de objetos	70
Figura 44. Clases, atributos y operaciones	71
Figura 45. Trazos de eventos para ejecución del sistema	75
Figura 46. Trazos de eventos para instruirse con Tutor	76
Figura 47. Trazos de eventos para grabación de archivos de voz	76
Figura 48. Trazos de eventos para reproducción de archivos de voz	77
Figura 49. Trazos de eventos para realizar simulaciones de transporte de archivos de voz.	78
Figura 50. Trazos de eventos para ver gráficas de resultados	79
Figura 51. Trazos de eventos para ver información del sistema	79
Figura 52. Trazos de eventos para salir del sistema	80
Figura 53. Diagrama de estados para clase Sistema	80
Figura 54. Diagrama de estados para clase Tutor.	81
Figura 55. Diagrama de estados para clase grabadora	81
Figura 56. Diagrama de estados para clase simulador	82
Figura 57. Diagrama de flujo de datos para el proceso de instruirse con tutor.	83
Figura 58. Diagrama de flujo de datos para el proceso de grabación de archivos de voz.	83
Figura 59. Diagrama de flujo de datos para el proceso de reproducción de archivos de voz en memoria.	84
Figura 60. Diagrama de flujo de datos para el proceso de apertura de archivos de voz.	84
Figura 61. Diagrama de flujo de datos para el proceso simulación del transporte de archivos de voz.	85
Figura 62. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 1)	87
Figura 63. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 2)	89

Figura 64. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 3)	90
Figura 65. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 4)	91
Figura 66. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 5)	92
Figura 67. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 6)	94
Figura 68. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 7)	95
Figura 69. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 8)	96
Figura 70. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 9)	98
Figura 71. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 10)	99
Figura 72. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 11)	100
Figura 73. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 12)	101
Figura 74. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 13)	103
Figura 75. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 14)	104
Figura 76. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 15)	105
Figura 77. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 16)	107
Figura 78. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 17)	108
Figura 79. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 18)	110
Figura 80. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 19)	111
Figura 81. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 20)	112
Figura 82. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 21)	114
Figura 83. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 22)	115
Figura 84. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 23)	116
Figura 85. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 24)	118

Figura 86. Comparación del desempeño en el retardo extremo a extremo de la prueba 2 del escenario 1 y de la prueba 2 del escenario 2.	123
Figura 87. Gráfica comparativa del desempeño de retardo obtenido mediante los escenarios 2 y 3.	125
Figura 88. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 1 y 10 (paq de 32 bytes).	129
Figura 89. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 1 y 10 (paq de 64 bytes).	130
Figura 90. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 3 y 12.	131
Figura 91. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 4 y 13 (paq de 32 bytes).	133
Figura 92. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 4 y 13 (paq de 64 bytes).	134
Figura 93. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 5 y 14.	135
Figura 94. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 6 y 15.	136
Figura 95. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 7 y 16 (paq de 32 bytes).	137
Figura 96. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 8 y 17 (paq de 32 bytes).	138
Figura 97. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 8 y 17 (paq de 64 bytes).	139
Figura 98. Icono Simulador	153
Figura 99. Bienvenida al Simulador	154
Figura 100. Pantalla inicial del simulador	154
Figura 101. Barra de iconos.	155
Figura 102. Icono Tutor	155
Figura 103. Pantalla con tema Glosario.	156
Figura 104. Icono Grabar	157
Figura 105. Pantalla Grabar	158
Figura 106. Icono Simulador a detalle	158
Figura 107. Pantalla Simulador a detalle	159
Figura 108. Pantalla Opciones Avanzadas.	162
Figura 109. Gráficas de Resultados.	163
Figura 110. Icono Acerca	163
Figura 111. Pantalla Acerca.	164
Figura 112. Icono Salir	164
Figura 113. Pantalla Salir	164

Lista de Tablas

Tabla I.	Herramientas y lenguajes empleados.....	3
Tabla II.	Equipo de cómputo utilizado.....	3
Tabla III.	Bloques CIDR del espacio de direcciones clase C.....	30
Tabla IV.	Velocidades de transmisión en cable coaxial.....	33
Tabla V.	Retardo de propagación de la velocidad de la luz en diferentes medios	38
Tabla VI.	Calidad de percepción de la voz respecto a la latencia.....	38
Tabla VII.	Niveles de precedencia de eliminación y DSCP correspondiente.....	49
Tabla VIII.	Operaciones de capas del modelo IP.....	54
Tabla IX.	Especificaciones y restricciones del sistema de acuerdo a las capas de modelo IP.....	55
Tabla X.	Experimentos para escenario 1.....	87
Tabla XI.	Experimentos para escenario 2.....	88
Tabla XII.	Experimentos para escenario 3.....	89
Tabla XIII.	Experimentos para escenario 4.....	91
Tabla XIV.	Experimentos para escenario 5.....	92
Tabla XV.	Experimentos para escenario 6.....	93
Tabla XVI.	Experimentos para escenario 7.....	94
Tabla XVII.	Experimentos para escenario 8.....	96
Tabla XVIII.	Experimentos para escenario 9.....	97
Tabla XIX.	Experimentos para escenario 10.....	98
Tabla XX.	Experimentos para escenario 11.....	100
Tabla XXI.	Experimentos para escenario 11.....	101
Tabla XXII.	Experimentos para escenario 13.....	102
Tabla XXIII.	Experimentos para escenario 14.....	103
Tabla XXIV.	Experimentos para escenario 15.....	105
Tabla XXV.	Experimentos para escenario 16.....	106
Tabla XXVI.	Experimentos para escenario 17.....	108
Tabla XXVII.	Experimentos para escenario 18.....	109
Tabla XXVIII.	Experimentos para escenario 19.....	110
Tabla XXIX.	Experimentos para escenario 20.....	112
Tabla XXX.	Experimentos para escenario 21.....	113
Tabla XXXI.	Experimentos para escenario 22.....	114
Tabla XXXII.	Experimentos para escenario 23.....	116
Tabla XXXIII.	Experimentos para escenario 24.....	117
Tabla XXXIV.	Capacidades por omisión de enrutadores.....	120
Tabla XXXV.	Equipo mínimo para instalación ambiente Java.....	150
Tabla XXXVI.	Requisitos para instalación del simulador.....	152

1 INTRODUCCIÓN

Las ciencias computacionales y la tecnología de telecomunicaciones han ido evolucionando a través del tiempo, en el cual han unido sus pasos para revolucionar los métodos de comunicación utilizados por individuos, instituciones y empresas.

El crecimiento en el número de usuarios en Internet ha creado una gran demanda de nuevas aplicaciones y servicios compatibles con esta tecnología. Una de las aplicaciones más populares a la fecha y con un futuro prometedor en el corto y mediano plazo es la telefonía sobre Internet como una alternativa de bajo costo a las redes telefónicas de larga distancia nacional e internacional.

1.1 Antecedentes

El auge que ha tenido Internet ha propiciado que se busquen alternativas más económicas para la comunicación telefónica, por esto en la actualidad resulta más barato y beneficioso el usar la transmisión de voz sobre Internet. Esto presenta algunos problemas debido a que esta red fue creada para transportar datos sin restricciones de calidad de servicio, retardo mínimo ni otras tantas limitantes, que son características propias de la transmisión de voz en tiempo real.

Es necesario conocer los elementos que permiten llevar una comunicación telefónica mediante la transferencia de voz paquetizada sobre el protocolo de Internet (IP) con un mínimo de calidad garantizada.

Estos aspectos y sus efectos en la calidad de la voz son difíciles de comprender por técnicos y estudiantes de las áreas de electrónica, telecomunicaciones y computación. Es importante que se conozca los problemas y sus efectos, tanto

teóricos como prácticos; pero no es posible extender esta experiencia de manera general usando equipo real. Por lo tanto, se propone generar un programa de simulación computacional que permita recrear esta aplicación así como sus problemas principales, permitiendo a los estudiantes conocer de manera interactiva los efectos de transmitir voz sobre IP.

1.2 Hipótesis

El desarrollo de este sistema de simulación computacional permitirá que los estudiantes de las áreas de electrónica, telecomunicaciones y computación puedan conocer los problemas y los efectos de transmitir voz sobre el protocolo IP garantizando cierto nivel de calidad de servicio de forma interactiva.

1.3 Objetivos de este trabajo

1.3.1 Objetivo general

El Objetivo de este trabajo de tesis es analizar los aspectos relacionados con la transmisión de telefonía sobre IP en cuanto a sus parámetros de calidad de servicio, así como el desarrollo de una herramienta de simulación que permita entender dichos parámetros mediante el uso de dicho sistema.

1.3.2 Objetivo particular

El *objetivo particular* de esta tesis es analizar los distintos protocolos que permiten llevar a cabo esta aplicación dentro de los límites reconocidos de calidad de servicio y buscar la manera de mejorar su desempeño en el caso de transmisión bajo retardos variables.

1.3.3 Objetivo específico

El *objetivo específico* de esta tesis es desarrollar una herramienta de simulación computacional que permita comprender los parámetros de calidad de servicio en la transmisión de voz sobre IP con respecto al retardo total acumulado (latencia).

Se espera poder manipular dichos parámetros mediante el dimensionamiento adecuado de la capacidad de memoria temporal (buffers) en terminales y enrutadores, el tamaño adecuado de celdas y paquetes, así como la pérdida de bits y paquetes bajo distintas condiciones de tráfico e interferencia en el canal de comunicación.

1.4 Infraestructura Empleada

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó la siguiente infraestructura

1.4.1 Herramientas y lenguajes empleados

Tabla I. Herramientas y lenguajes empleados

Lenguaje de programación	Java
Ambiente de desarrollo de aplicaciones	Java (TM) 2 SDK versión 1.31
Herramienta de diseño de imágenes	Paint Shop Pro 7
Herramienta de creación de imágenes animados	Animation Shop 3

1.4.2 Equipo de cómputo

Tabla II. Equipo de cómputo utilizado

Computadora	Personal Pentium III 700 MHz
Memoria RAM	128 MB
Disco duro	Disco duro de 20 GB
Sistema operativo	Windows XP Home Edition
Dispositivos adicionales	Bocinas y micrófono

1.5 Organización del trabajo

La organización de este trabajo de tesis es la siguiente:

Capítulo 2 - Este capítulo presenta los antecedentes y conceptos básicos sobre la tecnología de voz sobre el protocolo IP.

Capítulo 3 – En este capítulo se presentan modelos de interconexión de redes, así como los elementos necesarios que intervienen al realizar una comunicación entre nodos distantes y sus posibles efectos al transportar voz.

Capítulo 4 – Este capítulo presenta el concepto de calidad de servicio y se establece la necesidad del uso de soluciones que permitan brindar calidad de servicio para obtener un buen desempeño y confiabilidad en el transporte de voz paquetizada, así como el análisis de los diferentes parámetros de influyen en el rendimiento de la red.

Capítulo 5 – Este capítulo proporciona una visión general conceptual del la herramienta interactiva de simulación computacional en cuanto al análisis y diseño del mismo, se brinda la descripción, características, restricciones, comportamiento y escenarios posibles del sistema.

Capítulo 6 – En este capítulo se presentan resultados obtenidos mediante varias ejecuciones de la transmisión de voz sobre redes IP utilizando la herramienta computacional desarrollada en este trabajo de tesis.

Capítulo 7 – En este capítulo se brinda el análisis y discusión de los resultados obtenidos en el capítulo 6.

Capítulo 8 – En este capítulo se presentan las conclusiones, contribuciones y recomendaciones a futuro de este trabajo de tesis.

Apéndice 1 - Este apéndice contiene las notas de instalación del ambiente de ejecución Java y de la herramienta de simulación computacional.

Apéndice 2 - Este apéndice contiene el manual de usuario de la herramienta de simulación computacional, el cual instruye al usuario sobre el manejo de dicha herramienta.

Apéndice 3 –Este apéndice brinda un resumen de conceptos básicos del transporte de voz sobre redes IP.

Apéndice 4 – Este apéndice brinda un glosario de términos comunes utilizados sobre la transmisión de voz en redes IP.

2 TECNOLOGÍA DE VOZ SOBRE EL PROTOCOLO INTERNET

2.1 Antecedentes de voz sobre IP (VoIP)

Tradicionalmente los proveedores de telefonía utilizan la Red Pública de Telefonía Conmutada (PSTN, Public Switched Telephone Network) para el tráfico de voz. Los proveedores de servicios de telecomunicaciones recaudan grandes ganancias utilizando la PSTN, ahora bien, ¿porqué usar tecnología de conmutación de paquetes como IP para transportar voz en lugar de utilizar telefonía conmutada? Esto se debe a que las personas desean comunicarse cada vez más entre ellas a un costo más bajo y de una forma más real, ya sea a través de correo electrónico, mensajes instantáneos, video, word wide web, etc. La telefonía conmutada no es capaz de satisfacer este nuevo mundo de comunicaciones multimedia. Ante esta necesidad, se realizaron grandes esfuerzos para encontrar una solución, y para muchos IP fue una opción atractiva para hacerlo. Algunas de las ventajas que nos brinda el uso de IP es la capacidad de transportar voz y datos conjuntamente, así como ahorro económico y requerimiento menor en el ancho de banda, entre otros (Collins, 2001).

Claramente Voz sobre IP (VoIP) ofrece ahorro en costos, nuevos servicios y una nueva forma de hacer negocios, ya que la voz es un servicio importante, pero no el único. La voz es parte de un conjunto de servicios que cuando es integrado con otros, puede ofrecer capacidades atractivas, pero para que VoIP sea una alternativa digna, ésta debe ofrecer la misma confiabilidad y calidad de voz que brinda la PSTN. El tema de mayor importancia en VoIP es asegurar una conferencia con alta calidad, con el fin de que VoIP sea un reto comercial para la PSTN donde la calidad de voz debe de ser al menos tan buena como la

experimentada actualmente. La razón de este reto para IP es que este no fue originalmente diseñado para trasportar voz, sino que fue diseñado para trasportar datos.

Un factor importante para la transmisión de buena calidad de voz es que haya la mínima pérdida de paquetes en una conferencia desde el emisor al receptor. Los mecanismos de retransmisión utilizados en el caso de pérdida de datos en los paquetes no son los mismos a aplicar para comunicaciones de tiempo real (como la voz). En primer lugar, toma tiempo en saber qué paquete hace falta, y en segundo lugar toma tiempo en retransmitir el paquete y esto causa que haya retardo intolerante. Por tal motivo si una red IP desea trasportar voz con alta calidad debe emular a los sistemas tradicionales.

2.2 Definición de voz Sobre IP (VoIP)

VoIP es una tecnología basada en la transmisión de telefonía sobre IP (Internet Protocol, Protocolo de Internet), la cual consiste en digitalizar la voz y comprimirla en pequeños paquetes de datos transmitiéndola por la red hacia un punto destino donde se reagrupan para reconvertirlos en voz. Aunque IP ofrece sus servicios tan rápido como es posible, IP no ofrece ninguna garantía por sí mismo. Muchas de las soluciones VoIP actuales en el mercado que ofrecen servicio de voz sobre Internet son servicios gratuitos en su mayoría (e.g. dialpad.com, net2phone.com, phonefree.com). La filosofía detrás de esto es que los usuarios se dan cuenta del nivel de deficiencia en la calidad en servicio (QoS, Quality of Service), por lo que se brinda gratuitamente. Los Proveedores aseguran que VoIP ofrece la oportunidad de competir contra PSTN (Public Switched Telephone Network) ofreciendo servicio local y de larga distancia, siempre y cuando se logre que esta red sea menos costosa que el sistema tradicional y que los datos sean integrados con la voz ofreciendo un paquete de servicio más completo incluyendo calidad de servicio.

2.3 Como funciona VoIP

Hoy en día, la mayor parte de los servicios de telefonía son brindados por la red de telefonía conmutada PSTN, sin embargo la tecnología de telefonía de paquetes o VoIP es capaz de ofrecer grandes ahorros en el transporte de voz sobre redes de cómputo. Por tal razón las compañías que ofrecen servicios de VoIP actualmente están utilizando una combinación de Internet y la PSTN. (Cohen et al, 2002).

La idea principal del proceso de transmisión de voz sobre redes de telefonía conmutada y redes IP se muestra en la figura 1:

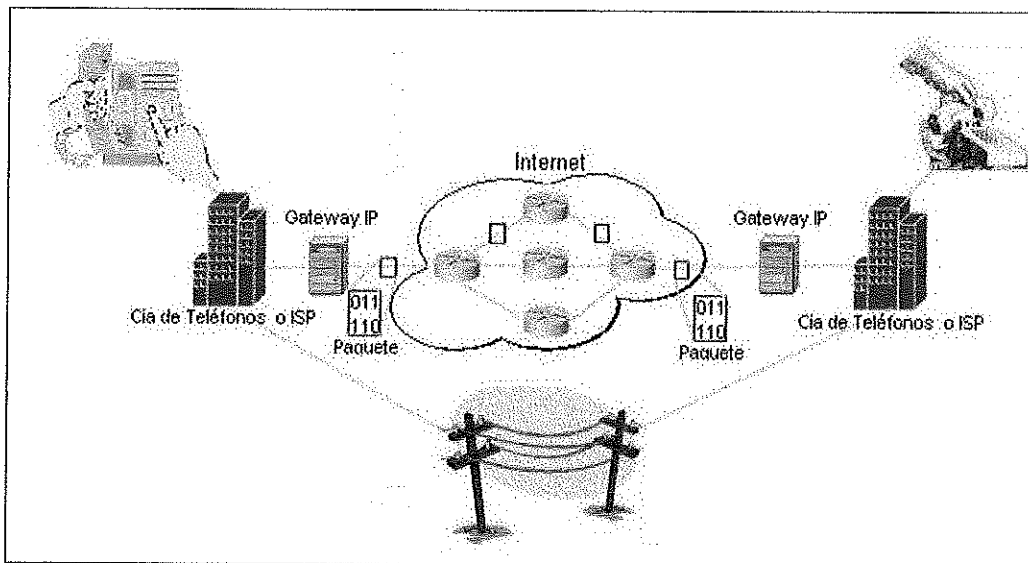


Figura 1. Modelo de transmisión de voz sobre redes

La secuencia de acciones a seguir en una conexión híbrida PSTN/IP se describe a continuación:

1. Se realiza una llamada telefónica en forma analógica a través de una compañía telefónica o un proveedor de servicios de Internet (ISP).
2. La compañía telefónica o ISP decide transmitir la llamada a través de una red IP.

3. La voz es digitalizada y transformada en pequeños paquetes de datos.
4. Los paquetes son transmitidos por la red Internet a través de enrutadores.
5. Los paquetes se transportan hacia un punto de conexión cercano al usuario final, donde se transforman los paquetes en voz y se transmiten a una compañía telefónica o ISP.
6. La voz es transmitida al punto destino a través de la compañía telefónica.
7. La voz es recibida en el otro extremo.

2.4 Transmisión de VoIP

La transmisión de llamadas telefónicas a través de esta tecnología no requiere de dos teléfonos necesariamente para establecer una comunicación. Esta tecnología ofrece también posibilidades de interconexión telefónica ya sea de computadora a computadora, computadora a teléfono y teléfono a computadora. En la figura 2 se muestran estas distintas posibilidades.

2.5 Ventajas de utilizar VoIP

Algunas de las razones por lo cual IP es una opción atractiva para transportar voz son las siguientes:

- a) Economía en equipo.
- b) Economía entre redes IP y la PSTN.
- c) Integración de aplicaciones de datos y voz.
- d) Mayor Ancho de Banda.
- e) Popularidad de IP.

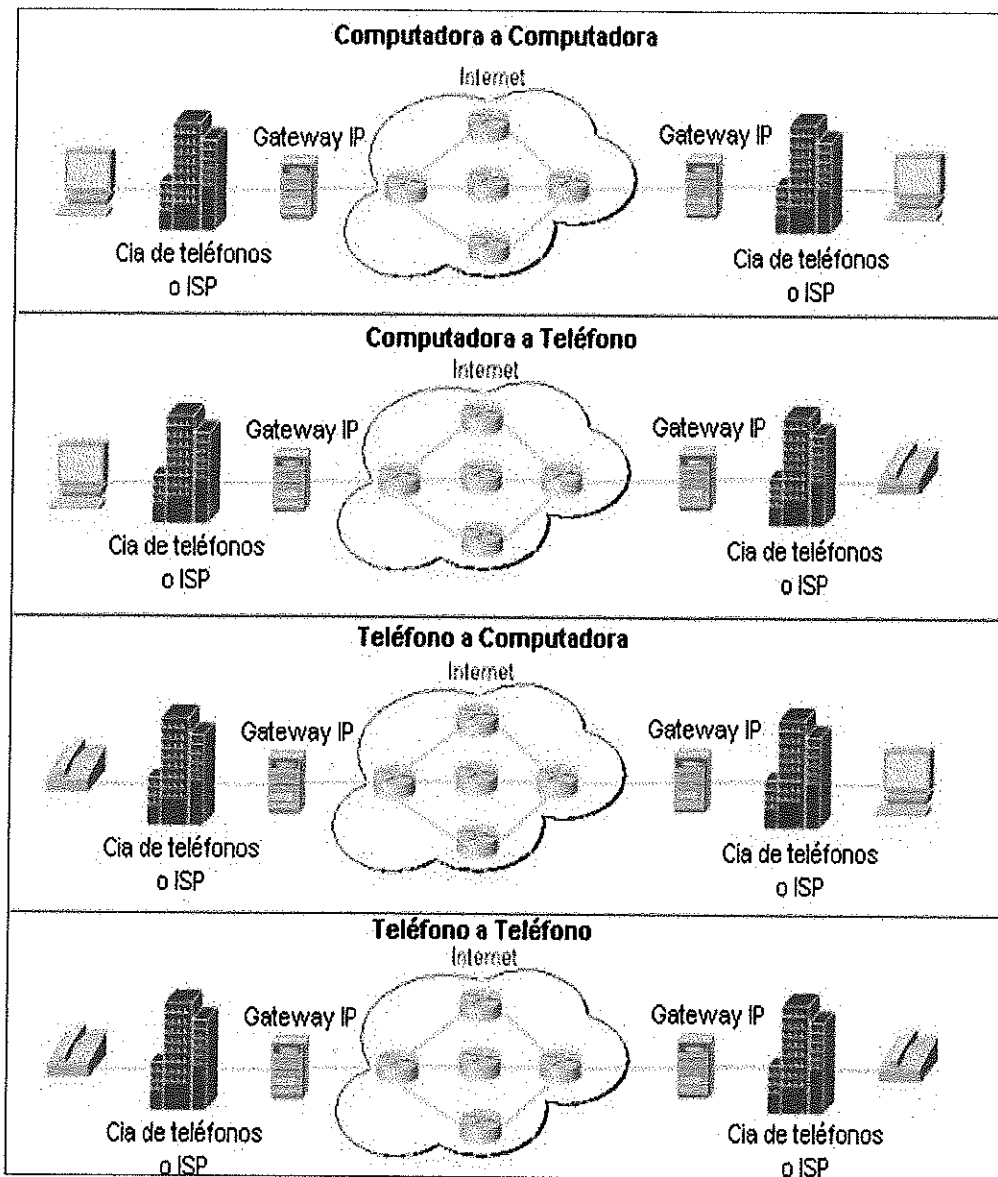


Figura 2. *Combinaciones posibles de transmisión de voz sobre IP*

A continuación se describen brevemente las ventajas de utilizar VOIP:

2.5.1 Economía en equipo

El equipo utilizado para transportar la voz es más económico y más fácil de actualizar vía software que los grandes conmutadores utilizados para la voz tradicional.

2.5.2 Economía entre redes IP y la PSTN

Las llamadas sobre IP son mucho más baratas que las realizadas con la tradicional PSTN, éstas llegan a costar menos de 10 centavos de dólar inclusive para llamadas de larga distancia, debido a que ocupan menos ancho de banda. La razón principal es que en una red IP el usuario comparte el canal, mientras que en la PSTN el canal es utilizado solo por un único usuario.

2.5.3 Integración de aplicaciones de datos y voz

Las redes de conmutación de paquetes facilitan el transporte de voz y datos por un mismo medio de comunicación. Ofrece características avanzadas permitiendo el uso de amplias capacidades, por ejemplo video conferencias, correo de voz sobre IP, entre otros.

2.5.4 Mayor Ancho de banda

El transporte de voz digital a través de telefonía conmutada requiere una tasa de 64 Kbps, mientras que en la voz paquetizada se hace uso de distintas técnicas de codificación a tasas más bajas. La supresión de silencios y pausas nos permiten además hacer más eficiente el ancho de banda.

Las tasas de codificación más comunes de las cuales VoIP hace uso son de 32Kbps, 16 Kbps, 8 Kbps, 6.3 Kbps o 5.3 Kbps. Cabe resaltar que estas técnicas pueden ser utilizadas por la telefonía conmutada, pero la reglamentación no lo permite debido a que se reduciría la calidad de servicio y los proveedores serían amonestados por éste tipo de prácticas.

2.5.5 Popularidad de IP

IP es una opción adecuada para el transporte de voz paquetizada, ya que actualmente es el protocolo más popular y estandarizado que existe. IP se encuentra prácticamente en todas partes: las computadoras personales,

dispositivos móviles, redes de área local, redes de área extensa, etc. hacen uso de este protocolo para comunicarse.

IP no es el único protocolo por el cual se puede hacer la transmisión de paquetes de voz, ya que también existen otras alternativas, tales como ATM (Asynchronous Transfer Mode, Modo de Transferencia Asíncrona) (Conmutación de Celdas) y Frame Relay (Conmutación de Marcos), aunque no son tan populares y económicas como IP.

3 TRANSPORTE DE VOZ SOBRE IP

3.1 Modelo de Referencia OSI

El Modelo de Referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI, Open System Interconnection Reference Model) fue desarrollado por la organización internacional de estándares (International Organization for Standard, ISO) a principios de los años 80. El modelo de referencia OSI brinda lo básico para definir la interconexión de sistemas de cómputo y otros dispositivos de red. Aunque no todos los sistemas de cómputo lo utilizan, éste es utilizado tanto para el desarrollo como el aprendizaje de nuevos protocolos, así como para el diseño y fabricación de equipos de telecomunicaciones.

3.1.1 Capas o niveles del modelo de referencia OSI

El modelo de referencia OSI fragmenta el problema de comunicación entre dispositivos en 7 capas, donde cada una de las cuales contiene funciones muy específicas. Cada una de las capas le proporciona servicios a la capa inmediatamente superior y solicita determinados servicios de la capa inmediata inferior.

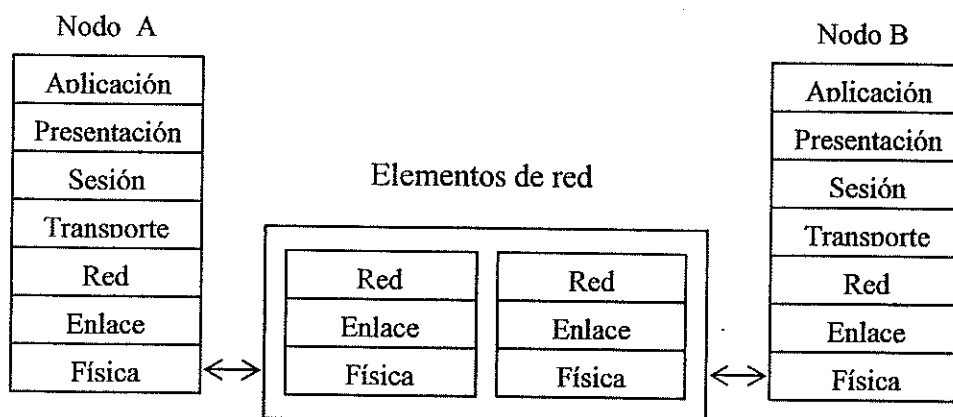


Figura 3. Modelo de referencia OSI

Capa de aplicación: La tarea principal de esta capa es desplegar la información recibida y enviar datos nuevos del usuario a las capas inferiores. La mayoría de los usuarios están familiarizados con esta capa, algunas de las aplicaciones bien conocidas son el correo electrónico, procesadores de texto, navegadores.

Capa de presentación: Esta capa es la encargada de aislar las capas inferiores del formato de los datos de la aplicación. Esta capa convierte los datos de la aplicación en un formato común para cualquier sistema de manera que los datos puedan ser interpretados sin ningún problema.

Capa de sesión: Esta capa organiza y sincroniza el intercambio de datos entre procesos. Esta capa interviene en la coordinación de las comunicaciones entre aplicaciones diferentes de manera que permite a cada una conocer el estado de la otra. Esta capa maneja los errores que pueden surgir en una aplicación permitiéndole a la aplicación receptora saber que ha ocurrido un error. Esta capa puede resincronizar las aplicaciones que están conectadas en ese momento. Esto puede ser necesario cuando las comunicaciones se interrumpen en forma temporal o cuando ha ocurrido un error que resulta en la pérdida de datos.

Capa de transporte: Esta capa está diseñada para proporcionar la transparencia de los datos de un extremo fuente a un extremo destino. La capa de transporte establece, mantiene y termina comunicaciones entre dos máquinas. La capa de transporte es responsable de asegurar que los datos enviados correspondan a los recibidos. La capa de transporte maneja el envío de datos determinando su orden y prioridad y, en caso dado, la retransmisión.

Capa de red: Esta capa proporciona el enrutamiento físico de los datos, determinando la ruta entre las máquinas. La capa de red maneja todas estas cuestiones de enrutamiento, liberando las capas superiores de este asunto.

Esta capa examina la topología de la red para determinar la mejor ruta para enviar un mensaje, así como descifrar los sistemas de retransmisión.

Capa de enlace: Esta proporciona el control de la capa física y detecta y posiblemente corrige errores que pueden ocurrir. Una subcapa controla el acceso de la computadora a la red mientras que otra subcapa controla la sincronía de trama, control de flujo y control de errores.

Capa física: Esta capa tiene que ver con los medios mecánicos, eléctricos, funcionales y de procedimiento, requeridos para la transmisión (cableado u otra forma de transmisión). Convierte los bits en señales eléctricas, de radio o de luz, según el canal de comunicación a emplear.

3.2 Modelo Internet (IP)

Diversas investigaciones encontraron que se puede producir una arquitectura completa y funcional utilizando solo 4 capas, las capas en algunos casos son similares a las capas de OSI pero existen algunas diferencias. Por ejemplo, la capa física es eliminada como una capa separada del modelo, lo que se debe probablemente a que los desarrolladores pueden asumir que los datos son transmitidos y recibidos en la capa de enlace como enviados al medio físico. La capa de red se convierte en la capa Internet. La capa de transporte absorbe la mayoría de las funciones de la capa de sesión, mientras que la capa de aplicación toma funciones de la capa de presentación.

Esta variante de arquitectura de red se muestra en la figura 4

Modelo Internet (IP)

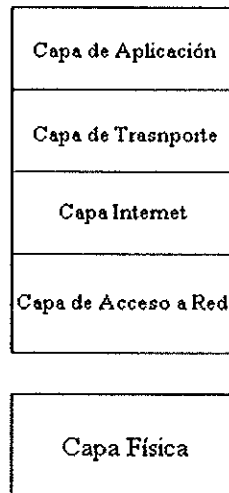


Figura 4. Modelo Internet IP

3.2.1 Encabezados

Los datos son pasados hacia las capas inferiores cuando se inicia el envío, y hacia las capas superiores cuando los datos están siendo recibidos. Cada capa añade información de control para asegurarse un envío con éxito. Esta información de control es llamada encabezado (header), la razón del nombre es que se coloca en el inicio de los datos que se desean transmitir. Las capas tratan toda la información que recibe de las demás capas como datos y le agrega su propio encabezado, como lo muestra la figura 5.

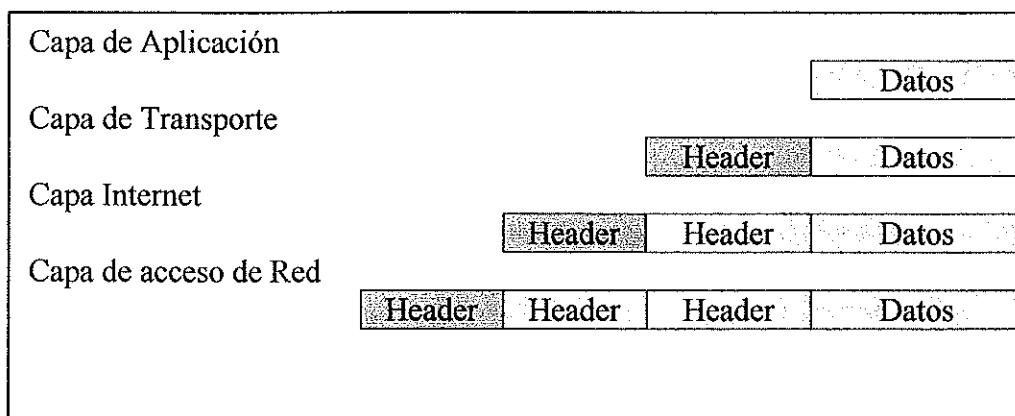


Figura 5. Agregación y eliminación de encabezados (headers) entre capas

Cada una de las capas tiene su propia estructura de datos, donde varía la forma de llamar a los datos que están siendo transmitidos en cada una de las capas. Aplicaciones que utilizan TCP nombran a los datos ráfagas (stream), mientras que las aplicaciones que manejan UDP nombran a los datos mensaje. En la capa de transporte TCP se refiere a los datos como segmentos, y UDP los llama paquetes. La capa Internet ve a los datos como un bloque llamado datagramas. La mayoría de las redes se refieren a los datos transmitidos como paquetes o marcos (frames).

3.2.2 Capa Internet

La principal tarea de IP es direccionar y fragmentar paquetes. IP realiza el mejor esfuerzo en el envío de paquetes al siguiente destino, aunque éste no está garantizado.

Entre las funciones de IP se incluyen:

- Definición de datagrama, el cual es la unidad básica de transmisión en Internet.
- Definir el esquema de direccionamiento.
- Enrutamiento del datagrama a nodos remotos.
- Mejora de la fragmentación y responsable del datagrama.

IP es un protocolo sin conexión, lo que significa que IP no intercambia información de control para establecer una conexión extremo a extremo antes de transmitir datos. IP depende de otros protocolos en otras capas para proporcionar detección de errores y la recuperación de estos.

3.2.2.1 Datagrama

Un paquete es un bloque de datos que Internet transporta con la información necesaria para ser enviado. Un datagrama sigue el formato del paquete definido por IP, este formato se muestra en la figura 6 (Hunt, 1998).

Representación de un datagrama IP

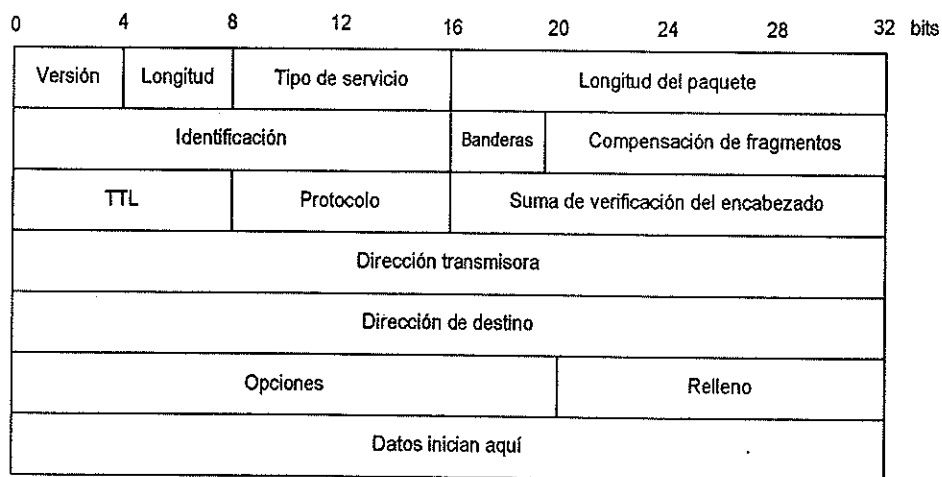


Figura 6. Formato del datagrama IP en bits.

3.2.2.2 Campos del datagrama

Versión: Este es un campo de 4 bits que contiene el número de versión IP que esta utilizándose. Este campo es necesario para que el software IP receptor sepa como descifrar el resto del encabezado

Longitud: Este es un campo de 4 bits el cual refleja la longitud total del encabezado IP creado por la máquina transmisora y se especifica en palabras de 32 bits. El encabezado más corto es de 5 palabras (20 bytes), pero el uso de campos opcionales puede incrementar el tamaño hasta su máximo de 6 palabras (24 bytes).

Tipo de servicio: Este campo es de 8 bits. Este instruye al IP acerca de cómo procesar el datagrama de manera apropiada. Los primeros 3 bits indican la presencia del datagrama, con un valor de 0 (normal) a 7 (control de red). Entre más grande es el número más importante es el datagrama. No obstante en la práctica se ignora este campo y se tratan los datagramas con la misma prioridad.

Los siguientes 3 bits son banderas de un bit que controlan la demora, el paso a través y la confiabilidad del datagrama. Si el bit es 0, el parámetro es normal. Si el bit es 1 implica una demora lenta, un paso a través alto y una confiabilidad alta para las banderas respectivas. Los últimos 2 bits del campo no se usan en la mayoría de las implementaciones IP.

Longitud del paquete: Este campo es de 16 bits. Este campo se usa para determinar el valor de la longitud que se va a pasar al protocolo de transporte para establecer la longitud total del marco.

Identificación: Este campo contiene un número que es el identificador único creado por el nodo transmisor. Este número se necesita cuando se reensamblan mensajes fragmentados, asegurando que los fragmentos de un mensaje no estén entremezclados con otros. Si un datagrama está fragmentado, cada fragmento tiene el mismo número de identificación.

Banderas: Este campo es de 3 bits, el primer bit lo ignora el protocolo y por lo general no tiene ningún valor escrito. Los 2 bits restantes están dedicados a las banderas llamadas DF (no fragmentar) y MF (More Fragments, Más Fragmentos), los cuales controlan el manejo de los datagramas cuando la fragmentación es conveniente.

Si la bandera DF contiene el valor de 1, bajo ninguna manera se puede fragmentar el datagrama. Si el software de la capas IP actual no puede enviar el datagrama a otra máquina sin fragmentarlo y el bit DF contiene el valor de 1, el datagrama se desecha y se envía un mensaje de error de regreso al dispositivo transmisor.

Si la bandera MF tiene el valor de 1, el datagrama actual lo siguen más paquetes, los cuales deben de reensamblarse para volver a crear el mensaje completo. El último fragmento contiene la bandera MF fijada en 0, de manera que el dispositivo receptor sabe cuando ya no esperar datagramas.

Compensación de fragmentos: Este es un campo de 13 bits, éste permite a IP reensamblar los paquetes fragmentados en el orden apropiado. Si el bit de la bandera MF contiene el valor de 1, el de compensación de fragmentos contiene la posición en el mensaje completo del submensaje contenido dentro del datagrama actual.

Tiempo de vida (TTL): Este fragmento de campo da el tiempo en segundos que un datagrama puede pertenecer en la red antes de que se deseche. Esto lo establece el nodo transmisor cuando se ensambla el datagrama. Por lo general este campo se fija en 15 o 30 segundos.

Las normas TCP/IP estipulan que el campo TTL debe de disminuirse al menos en un segundo por cada nodo cuando procesa el paquete, aun si el tiempo es

menos que un segundo. Si el valor de TTL es 0, el datagrama debe de desechar el nodo actual, pero se envía de regreso a la máquina transmisora cuando el paquete es abandonado. La máquina transmisora puede volver a enviar el datagrama. Las reglas de TTL están diseñadas para que los paquetes circulen interminablemente a través de las redes.

Protocolo: Este campo contiene el número de identificación del protocolo de transporte al que fue entregado el paquete. Los números de identificación los define el centro de información de redes (NIC, Network Information Center). En la actualidad existen alrededor de 50 protocolos que han sido definidos y a los que se le han asignado un número de protocolo de transporte.

Suma de verificación de encabezado: El número en este campo del encabezado IP es una suma de verificación para el campo de encabezado del protocolo (pero no para los campos de datos), para permitir un procesamiento más rápido. Debido a que el tiempo de procesamiento disminuye en cada nodo, la suma de verificación también cambia con cada máquina por la que pasa el datagrama. El algoritmo de la suma de verificación toma el complemento a uno de la suma de 16 bits de todas las palabras de 16 bits.

Dirección transmisora y de destino: Este campo contiene las direcciones IP de 32 bits de los dispositivos de envío y de destino. Estos campos se establecen cuando se crea el datagrama y no se alteran durante el enrutamiento.

Opciones: Este campo es opcional, compuesto por varios códigos de longitud variable. Si se utilizan más de una opción aparecen en forma consecutiva en el encabezado IP. Todas las opciones están controladas por un bit, una clase de opción de 2 bits y un número de opción de 5 bits. La bandera de copia se usa para estipular como se maneja la opción cuando es necesaria la fragmentación en un *gateway*. Cuando el bit se fija en 0, la opción debe copiarse en el primer

datagrama, pero no en los subsecuentes. Si el bit se fija en 1, la opción se copia en todos los datagramas. Un número y clase de opción indican el tipo de opción y su valor particular.

Relleno: El contenido del área de relleno depende de las opciones seleccionadas. Por lo general el relleno se usa para asegurar que el encabezado del datagrama es un número redondeado de bits.

3.2.3 Capa de transporte

Los dos protocolos más importantes en la capa de transporte son TCP (Transmission Control Protocol, Protocolo de Control de Transmisión) y UDP (User Datagram Protocol, Protocolo de Datagrama de Usuario). TCP ofrece un servicio de envío de datos confiable con detección de error y corrección. UDP ofrece un bajo saturamiento (low overhead) y servicio de envío de datagramas sin conexión. Ambos protocolos envían datos entre la capa de aplicación y la capa Internet. Los Programadores pueden escoger el servicio que sea más apropiado para sus aplicaciones.

3.2.3.1 Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP)

El Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP) da acceso directo a aplicaciones de programas para el servicio de envío de datagramas. Esto permite a las aplicaciones intercambiar mensajes sobre la red con un mínimo de saturamiento de protocolos (protocol overhead). UDP no es confiable ya que no contiene técnicas para verificar que los datos hayan alcanzado su destino. El formato que utiliza UDP para enviar datos se muestra en la figura 7 (Hunt, 1998).

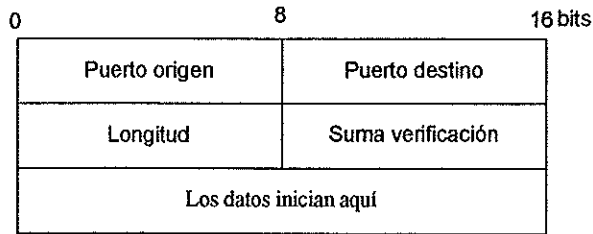


Figura 7. Formato del encabezado UDP en bits.

3.2.3.2 Protocolo de Control de Transmisión (TCP)

Las aplicaciones en las capas de transporte que requieren de un servicio confiable utilizan TCP, ya que TCP verifica que los datos están siendo enviados a través de la red y en la secuencia correcta. TCP es un protocolo confiable y orientado a la conexión. TCP brinda confiabilidad con un mecanismo llamado PAR (Positive Acknowledgment with Re-transmission, reconocimiento positivo con retransmisión). La unidad de intercambio de datos entre módulos TCP son llamados segmentos, cada segmento contiene una suma de verificación (checksum) que el receptor utiliza para verificar que el segmento no esté dañado. Si el segmento es recibido sin ningún dañado, el receptor envía un PAR de regreso al emisor. Si el dato está dañado el receptor lo omite, y después de un tiempo, el emisor lo vuelve a transmitir hasta que el emisor reciba el PAR. El formato del segmento TCP se muestra en la figura 8 (Hunt, 1998).

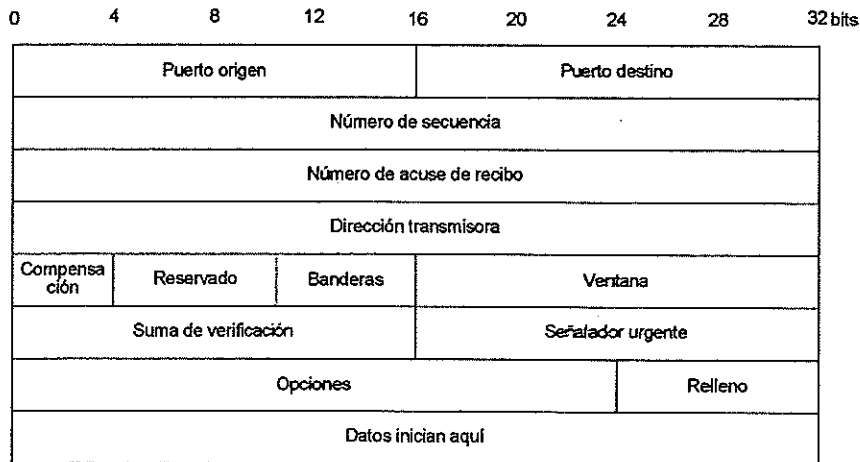


Figura 8. Formato de encabezado TCP en bits

3.2.3.3 TCP o UDP

En general TCP es utilizado cuando se necesita una conexión fiable y UDP cuando se necesita simplicidad y la fiabilidad no es la principal preocupación (Davidson et al, 2001). Sin embargo para el transporte de voz en redes de cómputo, es preferible utilizar UDP en lugar de TCP, pero, ¿Porque utilizar un protocolo que no brinda la confiabilidad en la entrega de la información? Esto se debe a que la voz es extremadamente sensible al retardo y el uso de un protocolo como TCP que requiere de rutinas de reconocimiento y de retransmisiones en el caso de pérdidas incrementaría el retardo, lo cual debe de ser evitado. El uso de UDP en la transmisión de voz sobre IP ocasionaría pérdidas ocasionales de paquetes, pero para este tipo de aplicaciones es preferible la pérdida de paquetes que introducir retardos en la transmisión (Collins, 2001).

3.2.3.4 Protocolo de Transmisión de Tiempo Real (RTP)

Como se mencionó anteriormente UDP fue la elección lógica para el transporte de voz, sin embargo UDP no es capaz de evitar la pérdida de paquetes ni asegurar la entrega ordenada de los mismos (Davidson et al, 2001). El protocolo de transmisión de tiempo real (RTP, Real Time Protocol) opera en la parte alta de UDP ayudando en algunas de estas funciones. Aplicaciones utilizando RTP pueden por lo menos detectar la pérdida de paquetes, así como asegurar la entrega ordenada de los paquetes (Collins, 2001). El formato del encabezado RTP se muestra en la figura 9.

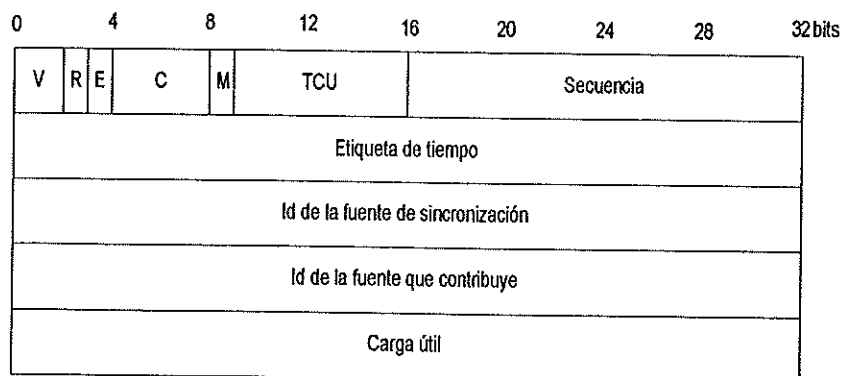


Figura 9. Formato RTP

Donde los distintos campos son:

V = Versión.

R = Relleno.

E = Extensión.

C = Contador.

M = Marcador.

TCU = Tipo de carga útil.

3.3 Direcciones IP

IP se encuentra prácticamente en cualquier parte, ya que cada computadora producida actualmente lo soporta. IP es utilizado en redes de área local, redes de banda ancha, acceso a través de modems, etc. IP ha sido altamente utilizado por más de una década y ha funcionado extremadamente bien, pero el crecimiento por su uso en redes está aumentando cada vez más, por lo que es necesario administrar las direcciones IP con el fin de no malgastar direcciones IP y poder evitar su uso ineficiente. Con tal idea se está trabajando en la evolución del IP actual, versión 4, a su futura versión 6, próxima y con mayor capacidad de direccionamiento.

Una dirección IP actual consta de 32 bits. El protocolo IP transmite información entre nodos mediante una dirección IP, la cual permite identificar una red y un

nodo específico sobre una red. Una dirección IP contiene una parte de red y una de nodo, pero el formato de estas partes no es el mismo en cada dirección IP.



Figura 10. Formato de una dirección IP

Las direcciones IP son usualmente escritas con 4 números decimales, donde cada uno de estos números está separado por puntos. Los 4 números decimales se encuentran dentro del rango 0-255.

Existen 2 formas en la cual el prefijo de longitud es determinado por clases de direcciones o por una máscara CIDR (Classless InterDomain Routing).

3.3.1 Clases de direcciones

En un inicio el espacio de direcciones IP fue dividido en estructuras llamadas clases de direcciones (address classes). Las tres principales clases de direcciones son Clase A, Clase B y Clase C. El Software de IP rápidamente puede determinar que tipo de clase es una dirección. IP sigue las siguientes reglas para determinar la clase de una dirección IP:

Si el primer bit es 0 entonces es una dirección Clase A, ya que el primer bit determina la clase de la dirección. Los siguientes 7 bits identifican la red y los últimos 24 identifican el nodo. Las redes de Clase A están destinadas al uso de pocas redes grandes, ya que alojan a menos de 128 redes compuestas de millones de nodos.

Si los primeros dos bits de la dirección son 1 0, la red es Clase B; los dos primeros bits identifican a la clase, los siguientes 14 bits a la red y los restantes 16 bits identifican el nodo. Este tipo de direcciones ofrecen un buen equilibrio

entre el espacio de direcciones red y direcciones nodo o host, constan de cientos de redes y cientos de nodos.

Si los 3 primeros bits son 1 1 0, la dirección es Clase C, donde los primeros 3 bits identifican la clase, los siguientes 21 bits identifican a la red y los restantes 8 bits identifican a los nodos. Existen millones de direcciones C, pero cada clase C está compuesta de menos de 254 nodos.

Si los 4 primeros bits son 1 1 1 0, es una dirección multicast, este tipo de direcciones son algunas veces nombradas Clase D, donde las direcciones multicast es un grupo de computadoras que comparten una misma aplicación.

Si los primeros 4 bits son 1 1 1 1, entonces es una dirección reservada, donde este tipo de direcciones son nombradas algunas veces como Clase E, aunque ellas realmente no refieren a una red específica, ni existen números asignados en este rango.

Debido a que usualmente las direcciones son especificadas en números decimales separadas por puntos, podemos decir que si la dirección inicia con un número menor a 128 es clase A, si se encuentra dentro del rango 128-191 es clase B, si se encuentra dentro del rango 192-223 es clase C, si se encuentra dentro del rango 224-239 es una dirección multicast y si es mayor a 239 es una dirección reservada, la cual se puede ignorar. En la figura 11 se muestran las clases de red según su dirección IP.

3.3.2 Direcciones IP sin Clase (CIDR)

La administración de direcciones IP mediante Clases de Direcciones es demasiado ineficiente, ya que para la mayoría de organizaciones una red de clase A con 16 millones de direcciones es demasiada grande y una red de clase

C es demasiado chica. El uso de una clase B para muchas redes es demasiado grande, pero fue utilizada ya que fue la mejor alternativa en su momento.

La mejor solución sería poder asignar a las organizaciones el número de bits que realmente necesite. El hacer esto es fácil, solamente hay que especificar el tamaño de la parte de red. CIDR (Encaminamiento de Dominio Internet sin clase, Classless Internet-Domain Routing) puede dirigir el encaminamiento utilizando solamente una única entrada en la tabla de enrutamiento.

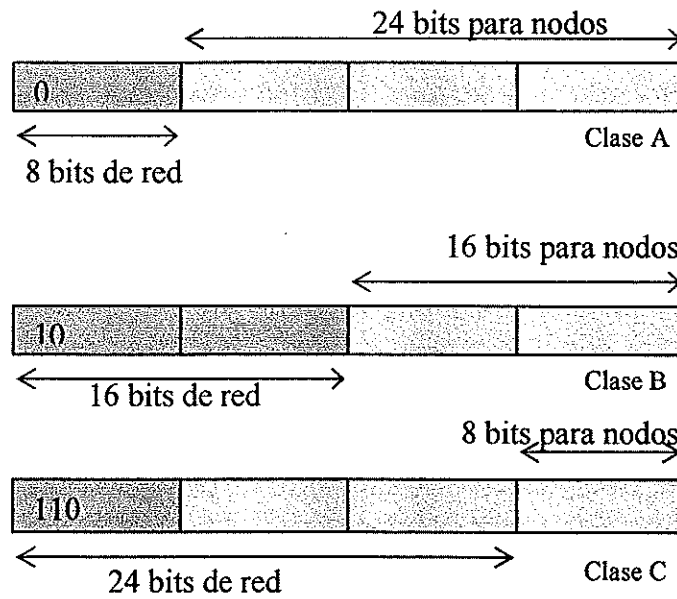


Figura 11. Clases de red según su dirección IP.

3.3.2.1 Especificar el tamaño de la parte de red

El encaminamiento hacia un nodo se hace consultando las partes de red y subred de una dirección IP. Como se ha especificado anteriormente, las partes de red y subred para las diferentes clases son fijas, pero hay que tener en cuenta que las organizaciones pueden decidir sus propios tamaños de subred con el fin de no malgastar direcciones. Para poder especificar el tamaño de la parte de red se puede hacer mediante máscaras de subred o mediante un prefijo 'tamaño'.

3.4 Máscaras de subred

Una máscara de subred es una secuencia de 32 bits. Los bits correspondientes al campo de red se prenden y los que corresponden a los nodos se apagan. Usualmente una organización utiliza una sola máscara para toda una red de la organización, pero existen excepciones en la cual utilizan tamaños diferentes de subred.

El uso de máscaras de subred permiten minimizar millones de entradas en una tabla de enrutamiento en solamente una entrada. En el momento que un paquete se envía se realiza el enmascaramiento con la dirección destino y se compara con cada una de las entradas en la tabla de enrutamiento con el fin de saber a donde enviarlo.

3.4.1 Prefijo /tamaño

El hacer esto es relativamente fácil, por ejemplo si una organización necesita 4,000 direcciones, se le conceden 12 bits para la parte local de direcciones, los restantes 20 bits para la parte de red. La forma habitual de escribir el tamaño de la parte de red es \tamaño.

La asignación inicial de direcciones de red se toman del espacio de números disponibles de la clase C. Conseguir un prefijo de 20 bits equivale a conseguir 16 bloques continuos de direcciones clase C (Sidnie, 1998).

Tabla III. Bloques CIDR del espacio de direcciones clase C

Tamaño campo de red	Número de bits parte local o nodos	Número de Redes Clase C	Número direcciones asignadas
/24	8	1	256
/23	9	2	512
/22	10	4	1024
/21	11	8	2048
/20	12	16	4096
/19	13	32	8192
/18	14	64	16384
/17	15	128	32768

3.5 Enrutamiento

Este es un proceso inteligente utilizado por las redes de cómputo que permite determinar una ruta estable u óptima para alcanzar el destino de un paquete mediante saltos en un circuito de enrutadores. En la figura 12 se muestra un circuito de enrutadores, el cual consta de 3 caminos posibles. En esta figura se trazó un camino viable a tomar.

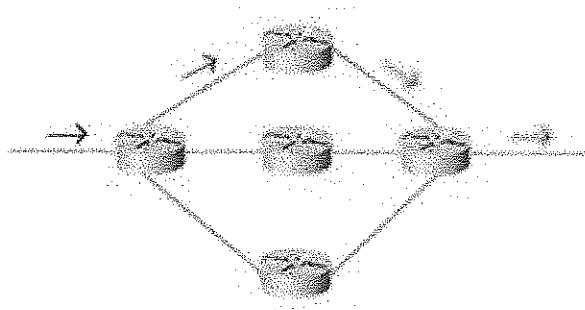


Figura 12. Circuito de enrutadores

El proceso de enrutamiento consiste en examinar la dirección destino del paquete mediante su encabezado IP. Después se determina el siguiente salto a realizar el cual llevará el paquete más cerca de su destino y se realiza el siguiente salto, proceso que se repite hasta que el paquete haya alcanzado su destino.

3.5.1 Tablas de enrutamiento

IP enruta los paquetes hacia su destino buscando la red destino en una tabla de enrutamiento, la cual contiene un grupo de entradas las cuales identifican el enrutador del siguiente salto que debe de seguir el tráfico para conseguir llegar a su destino (Sidnie, 1998). Por ejemplo si el destino de un datagrama no está en el mismo enlace que el nodo origen, el IP origen dirige el datagrama a un enrutador local. Si el enrutador no está conectado directamente con el enlace destino hay que enviarlo a otro enrutador. Este proceso continúa hasta que se alcanza el enlace destino.

3.6 Congestionamiento

El congestionamiento en una red es ocasionado por el número de paquetes que se encuentran compitiendo por los recursos como el ancho de banda y tamaño en los *buffers* en los enrutadores. En el momento que demasiados paquetes se encuentran en una red, el rendimiento de ésta disminuye, ocasionando que algunos de ellos sean descartados o se pierdan por el tiempo de vida del paquete.

El tamaño de memoria en los enrutadores puede ser un motivo para ocasionar congestionamiento, ya que si hay poca memoria, los nuevos paquetes serán descartados, y si existe demasiada memoria ocasionará que paquetes pierdan el tiempo de vida y vuelvan a ser reenviados, lo que generaría que la *latencia* sea aún mayor. Otro factor que contribuye a la congestión es el tiempo de procesamiento de los paquetes por parte de los enrutadores, así como el ancho de banda en el medio. Por lo general las redes brindan un mecanismo de control de congestión y un mecanismo de control de flujo para tratar de resolver este tipo de situaciones.

3.6.1 Control de congestión

Este mecanismo se encarga de asegurar que la red sea capaz de transportar el tráfico que pueda ser generado. Para poder asegurar esto, el control de congestión regula el comportamiento de los nodos, enrutadores y todo aquello que disminuya el rendimiento en el de transporte de la red.

3.6.2 Control de flujo

Este mecanismo se encarga de controlar el envío de paquetes entre nodos, de manera que no envíen más paquetes de los que se pueden recibir en un período de tiempo.

3.6.3 Rendimiento de la red

El rendimiento de una red se mide basado en el ancho de banda y la latencia.

3.6.3.1 *Interconexión de redes*

Existen diferentes tipos de redes de cobertura local (LAN), metropolitanas (MAN) y amplia WAN, las cuales se encuentran en diferentes medios geográficos. Actualmente existe la necesidad de la interconexión de redes independientes para poder comunicarse con las diferentes redes en el mundo.

La arquitectura de red y su topología nos define la distribución y método de acceso del cable que interconecta a los nodos dentro de una red. La topología de una red dependerá de las necesidades requeridas. De esto dependerá el tipo de cableado y dispositivos a utilizar. La rapidez en la entrega de un paquete desde un nodo origen a uno destino estará sujeta a la arquitectura de red utilizada por las distintas redes y a la distancia entre redes por la que pasa un paquete

3.6.3.1.1 *Tipos de cables*

Los datos en una red viajan a través del cable con el que se encuentra interconectada la red, ya que diferentes tipos de cables tienen distintas capacidades de transmisión

Cable Par Trenzado

Consiste de dos alambres de cobre trenzados aislados entre sí. Este tipo de cable es el más común en las redes de área local, aunque es de bajo costo recibe ruido del exterior, el cual forma parte de la señal que transmite. El ancho de banda de este tipo de cable depende de la cantidad de cobre utilizado y de la distancia que tenga que recorrer. Este tipo de cables originalmente maneja velocidades de transmisión de 1 Mbps, aunque hoy en día la norma industrial es de 10 y de 100 Mbps.

Coaxial

Este tipo de cable es ideal para LANs de tamaño grande, ya que se utiliza para transportar datos a alta velocidad a distancias de varios kilómetros. La velocidad de transmisión suele ser hasta de 100 Mbps. La Tabla IV muestra algunas características de cables en distintos estándares.

Tabla IV. Velocidades de transmisión en cable coaxial

10-BASE-5	Cable coaxial grueso (Ethernet grueso). Velocidad de transmisión: 10 Mb/seg. Segmentos: máximo de 500 metros.
10-BASE-2	Cable coaxial fino (Ethernet fino). Velocidad de transmisión: 10 Mb/seg. Segmentos: máximo de 185 metros.
10-BROAD-36	Cable coaxial Segmentos: máximo de 3600 metros. Velocidad de transmisión: 10 Mb/seg.
100-BASE-X	Fast Ethernet. Velocidad de transmisión: 100 Mb/seg.

Fibra óptica

Este tipo de cable es uno de los más interesantes en los medios de transmisión. La fibra óptica es un medio de transmisión de luz que consiste de dos cilindros coaxiales de vidrio transparente y de diámetro muy pequeño. La capacidad de transmisión es de 10 Mbps hasta 500 Mbps, y pueden lograrse hasta 1 Gbps. Pueden alcanzar distancias de varios kilómetros sin perder su fuerza, y son prácticamente inmunes al ruido y a la interferencia.

4 CALIDAD DE SERVICIO (QoS)

4.1 Introducción

En los últimos años el número de usuarios en Internet ha crecido exponencialmente y lo seguirá haciendo. Los usuarios requieren de nuevas y mejores aplicaciones que le permitan comunicarse más fácilmente y de una manera más real. Aplicaciones de videoconferencia y telefonía, entre otras, han surgido ante esta necesidad. Ahora bien hay recordar que Internet ofrece sus servicios tan rápido como le es posible (best effort, mejor esfuerzo) y esto no garantiza que un paquete sea recibido rápidamente o, peor aún, que sea recibido. Aplicaciones como la voz requieren de un mejor servicio con el fin de que los paquetes sean recibidos lo más pronto posible, ya que este tipo de aplicaciones son intolerantes al retardo.

4.2 Necesidad de Calidad de Servicio

La Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) es un nivel de servicio proporcionado a un cliente permitiéndole obtener el rendimiento requerido para una aplicación en particular.

Actualmente existen soluciones que permiten brindar una buena calidad de servicio. Estas soluciones involucran técnicas de reservación de recursos, calendarizado y eliminación de paquetes y demás mecanismos con el fin de igualar el servicio que brindan los sistemas tradicionales.

4.3 Niveles de QoS

El nivel de calidad de servicio se refiere a la capacidad que tiene una red para entregar un servicio requerido con cierto control en el desempeño de los

parámetros de calidad de servicio (ancho de banda, retardo y pérdida de paquetes). Existen tres niveles de calidad de servicio que puede ofrecer una red, los cuales se describen a continuación:

4.3.1 Servicio de mejor esfuerzo

Este tipo de servicio no ofrece ningún tipo de garantía en la entrega de paquetes, solo lo hace tan pronto le sea posible. Actualmente este tipo de servicio es ofrecido por Internet y no realiza ningún tipo de reservación de recursos.

4.3.2 Servicios Diferenciados (Differentiated Services)

Este tipo de servicio clasifica a los paquetes basados en su requerimiento de servicio permitiendo priorizar los diferentes tipos de tráfico. Este tipo de servicio no garantiza que los paquetes sean atendidos, solamente le da una probabilidad más alta de que sea atendido más rápidamente.

4.3.3 Servicio Garantizado (Guaranteed Service)

Este tipo de servicio brinda reservación de recursos sobre la red para asegurar que un paquete llegue a su destino. Básicamente este servicio involucra asegurar que para cierto tráfico habrá un ancho de banda disponible, un límite de retardo máximo y garantizar que no habrá pérdidas de paquetes mediante herramientas como RSVP (Resource Reservation Protocol, Protocolo de reservación de recursos).

4.4 Desempeño de VoIP

Como se mencionó anteriormente un reto para VoIP es brindar una calidad de servicio por lo menos tan buena como la que se experimenta con los sistemas

tradicionales. La Calidad de servicio se ve afectada por diferentes parámetros que influyen en el desempeño de la red, los cuales son descritos a continuación.

4.4.1 Ancho de banda

El ancho de banda de una red está dado por el número de bits que pueden ser transmitidos sobre la red en un cierto periodo de tiempo. Por ejemplo una red podría tener un ancho de banda 10 Mbps, esto significa que la red tiene la capacidad de transportar 10 millones de bits en un segundo

4.4.2 Retardo o latencia

Es el tiempo total que toma un bit en propagarse de un nodo a otro. La latencia es medida estrictamente en términos de tiempo. Por ejemplo, una red transcontinental podría tener una latencia de 24 milisegundos, lo cual significa que un bit tarda 24 ms en viajar de un país a otro (Davie et al, 1996).

En la transmisión de voz sobre IP existen tres tipos de retardo: retardo de propagación, retardo de procesamiento y retardo de serialización, los cuales definen a la latencia. La latencia puede ser obtenida en base a la siguiente ecuación

$$\text{Latencia} = \text{propagación} + \text{procesamiento} + \text{serialización} \dots\dots\dots(1)$$

Para poder obtener cada uno de estos retardos hay que tener en cuenta varios aspectos del diseño de red, algunos de ellos son el tipo de canal por el cual viaja el paquete y las distancias entre redes, así como de los enrutadores.

Retardo de propagación: Una red puede tener como medio físico al cable coaxial, fibra óptica, etc. El retardo de propagación de la velocidad de la luz en cada uno de estos medios es diferente, por lo cual dependiendo del medio físico con el que contemos tendremos una latencia menor o mayor.

La Tabla V muestra el retardo de propagación de la velocidad de la luz en diferentes medios.

Tabla V. Retardo de propagación de la velocidad de la luz en diferentes medios

Tipo de Cable	Velocidad de la Luz en el canal
Par Trenzado	3.0×10^8 m/seg.
Coaxial	2.3×10^8 m/seg.
Fibra óptica	2.0×10^8 m/seg.

El retardo de propagación puede ser obtenido en base a la siguiente ecuación

$$\text{Propagación} = \text{distancia} / \text{velocidad de la luz en el medio} \dots\dots\dots(2)$$

Retardo de procesamiento: Otro parámetro para obtener la latencia es la cantidad de tiempo que tarda en transmitirse un bit, esto es función del ancho de banda y tamaño del paquete.

$$\text{Procesamiento} = \text{tamaño} / \text{ancho de banda} \dots\dots\dots(3)$$

Retardo de serialización: El último parámetro del cual depende la latencia es la serialización, es decir los retardos de colas que pueden ser generados (González, 2002) en el almacenamiento en memoria (buffers) de los dispositivos de red intermedios.

En la Tabla VI se muestra la calidad de percepción con respecto a la Latencia (González, 2002).

Tabla VI. Calidad de percepción de la voz respecto a la latencia

Excelente	Buena	Pobre	Inaceptable
0 a 150 ms	150 a 300 ms	300 a 450 ms	> 450 ms

4.4.3 Variaciones en el retardo (Jitter)

La variación en el retardo es conocida como Jitter. Si existe cierto retardo en alguna conversación, entonces es posible para todos los grupos ajustar el retardo rápidamente. Ajustar el retardo es algo difícil. Si el retardo sigue variando es importante asegurar que la variación en el retardo está siendo minimizada (Collins, 2001).

La variación en el retardo se puede originar de dos formas, una es que los paquetes tomen rutas diferentes desde el emisor al receptor. La otra manera es que los paquetes enfrenten colas que tarden más tiempo que la que tomó el paquete anterior

4.4.4 Pérdida de paquetes

Un factor importante para la transmisión de buena calidad de voz es que haya la mínima pérdida de paquetes en una conferencia desde el emisor al receptor.

Como se mencionó anteriormente, para aplicaciones en tiempo real como la voz es preferible utilizar UDP en lugar de TCP, pero hay que recordar que éste no es capaz de evitar la pérdida de paquetes. El mejor desempeño que se puede obtener para aplicaciones de tiempo real es la transmisión de paquetes pequeños de manera que si hay pérdidas de paquetes no sean demasiado notorias (Sawashima et al, 2002).

4.5 Soluciones QoS

Un número de soluciones para brindar calidad de servicio han sido desarrolladas y se siguen desarrollando. Las soluciones se acercan al problema de diferentes ángulos. Una forma es asegurarse que los recursos de una sesión estén disponibles y reservados. Esta solución es similar a los sistemas tradicionales de conmutación de circuitos (Circuit Switching), donde el ancho de banda para una llamada es reservado antes de que inicie la comunicación (Collins, 2001).

Otra forma es categorizar el tráfico en diferentes clases de prioridad, con valores de alta prioridad a aplicaciones de tiempo real (como lo es la voz) y con valores de baja prioridad a aplicaciones que no son de tiempo real (correo electrónico) (Collins, 2001).

4.6 Protocolos de calidad de servicio y arquitecturas

4.6.1 Arquitectura IntServ (Servicios Integrados)

En 1994 la IETF (Grupo de Tareas sobre Ingeniería de Internet) formó un grupo de trabajo de servicios integrados para especificar la expansión del modelo de Internet, así como definir y estandarizar comunicaciones y requerimientos necesarios para soportar las diversas aplicaciones emergentes de voz y video.

El objetivo de IntServ es brindar reservación de recursos dinámicamente. La filosofía de IntServ es que los enrutadores reserven recursos para brindar buena calidad de servicio.

IntServ hace uso de un protocolo de señalización de recursos (RSVP), este protocolo habilita a aplicaciones señalar la red con el tipo de calidad de servicio necesario para una aplicación determinada.

4.6.2 Protocolo de reservación de recursos (RSVP)

Básicamente RSVP permite a aplicaciones la reservación de recursos con cada salto de red a lo largo de una ruta desde el punto origen al destino. RSVP permite que enrutadores puedan calendarizar y priorizar paquetes, así como reservar ancho de banda, donde este tipo de servicio será brindado o negado de acuerdo a las condiciones de la red.

La figura 13 muestra los módulos importantes y el control de flujo de la información de nodos y enrutadores utilizando RSVP.

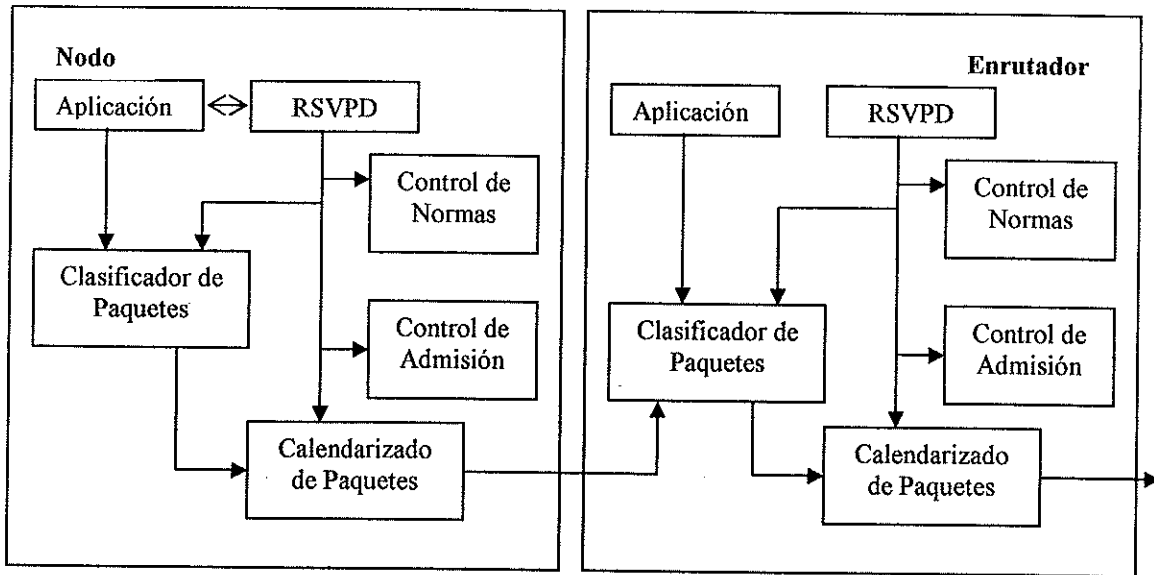


Figura 13. Flujo y módulos de RSVP

El demonio de RSVP antes de realizar reservación de recursos se comunica con dos módulos de decisión en los enrutadores.

4.6.2.1 Módulo de control de admisión

Este módulo se encarga de determinar si un nodo o enrutador tiene los recursos necesarios para brindar la calidad de servicio solicitada, sin impactar a los flujos ya admitidos.

4.6.2.2 Módulo de control de norma

Este módulo se encarga de determinar si un usuario contiene permisos administrativos para realizar reservación de recursos.

Si no se origina ningún tipo de error alguno en alguno de los módulos, RSVP coloca parámetros en el clasificador de paquetes y calendarizado de paquetes para obtener la calidad de servicio deseada.

4.6.2.3 *Calendarizado de paquetes*

El calendarizado de paquetes juega un papel muy importante en la calidad de servicio. Esta disciplina se encarga de determinar el orden de atención de los paquetes que se encuentran en las colas contenidas en enrutadores.

El mecanismo de calendarizado utilizado tradicionalmente en Internet es FIFO (First in, First Out, Primero en Entrar, Primero en Salir), donde el primer paquete que llega es el primero en ser atendido. Además este tipo de calendarizado cuenta con políticas de eliminación de paquetes, las cuales eliminan a los paquetes sin tomar en cuenta parámetros indispensables para brindar calidad de servicio en momentos que se encuentra llena la cola de paquetes.

Existen mecanismos ideales para poder obtener priorización de tráfico y de esta manera obtener calidad de servicio, uno de ellos es WFQ, por sus siglas en inglés Weighted Fair Queuing. Esta disciplina de calendarizado usa diferenciación de tráfico y asigna un peso a cada clase de tráfico, cada uno de los paquetes será atendido proporcionalmente al peso asignado.

Otro mecanismo que permite la priorización de paquetes es RED (Random Early Detection, Detección Temprana Aleatoria), este es un mecanismo de control de congestión que se encarga de eliminar aleatoriamente paquetes antes de períodos de alta congestión.

4.6.2.3.1 *Weighted RED (WRED)*

Elimina paquetes selectivamente basándose en la precedencia IP y con el algoritmo RED. Los paquetes con una precedencia IP más alta tienen una probabilidad menor de ser eliminados que los que tienen una precedencia menor.

4.6.2.4 *Tipos de servicio*

El modelo de servicios integrados ofrece dos clases de servicios para el modelo de mejor esfuerzo ya existente

4.6.2.4.1 *Servicio garantizado*

También llamada hard QoS; Este tipo de servicio involucra dos elementos, primero garantizar que no habrá pérdidas de paquetes y segundo asegurar un retardo mínimo en la entrega del tráfico punto a punto. Servicio Garantizado es ideal para aplicaciones de tiempo real, como teleconferencias.

Básicamente este servicio realiza reservación de recursos, generalmente ancho de banda, lo cual implica reserva de espacio en una memoria temporal (buffer), así como asegurar que las aplicaciones obtendrán el nivel de servicio especificado.

4.6.2.4.2 *Carga controlada (Controlled Load)*

Este tipo de servicio brinda calidad de servicio similar a la de mejor esfuerzo en condiciones de poca carga de tráfico (unloaded). En otras palabras, un porcentaje alto de paquetes será entregado exitosamente y el retardo experimentado por un porcentaje alto de paquetes no excederá el mínimo retardo experimentado por la entrega de paquetes. Controlled load es mejor que mejor esfuerzo, pero no brinda garantía de servicio. Este servicio está diseñado para aplicaciones que requieren confiabilidad y aumento en el esfuerzo de servicio.

4.7 Arquitectura DifServ (Servicios Diferenciados)

Los Servicios Diferenciados (DiffServ) tienen como propósito brindar un medio para priorizar diferentes tipos de tráfico. La arquitectura DiffServ hace uso del DS CodePoint para especificar, manejar y brindar a un paquete el nivel de servicio requerido en particular. El DS CodePoint es especificado dentro de los 6 bits más significativos del campo tipo de servicio (Type of Service field) en IPv4 y en el campo clase de tráfico (Traffic Class field) en IPv6 del encabezado IP de cada paquete. En la figura 14 se muestra el campo original de Tipo de Servicio del encabezado IP, el cual es modificado para poder especificar el DSCP (Differentiated Service Code Point)

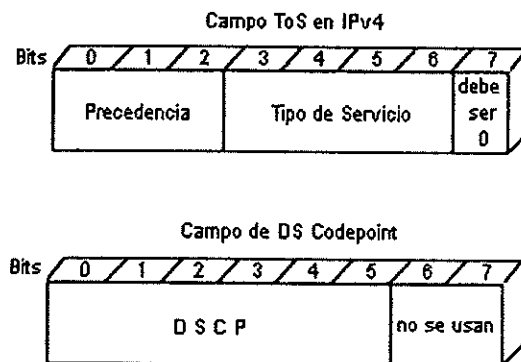


Figura 14. *Campo ToS y DSCP*

En una red de servicios diferenciados los enrutadores en límite y los enrutadores al interior de la red tienen diferentes responsabilidades. Los enrutadores al límite de una red de servicios diferenciados realizan dos tareas principales: clasificación de paquetes y acondicionamiento de tráfico; las cuales incluyen reclasificación, borrado de paquetes inconformes, etc. Los enrutadores al interior de la red solamente envían los paquetes basándose en su clase de tráfico (Wang, 2001).

En la figura 15 se muestra una transmisión punto a punto utilizando una red de servicios diferenciados. En esta figura los paquetes básicamente son

transmitidos a través de la red con distintas prioridades. Enrutadores en el límite de la red deciden transmitirlos por la red basándose en su clase, y los paquetes son recibidos de acuerdo a la prioridad.

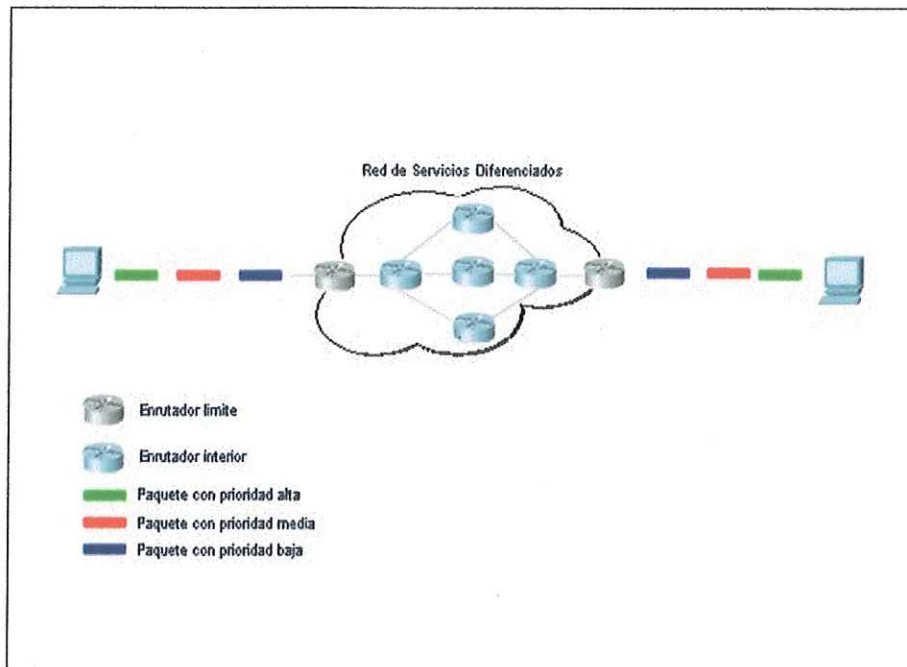


Figura 15. *Transmisión punto a punto utilizando una red DiffServ*

Los paquetes dentro de una red deben de ser especificados con el DS CodePoint correcto y así poder cumplir con el PHB (Per-Hop Behaviors, Comportamiento por Saltos). Es necesario evitar situaciones en las cuales los paquetes reciban un DS CodePoint no adecuado y obtengan una prioridad alta. DiffServ cuenta con un conjunto de funciones conocidas como acondicionamiento de tráfico (traffic conditioning), las cuales se encargan de este problema.

4.7.1 Acondicionamiento de tráfico (Traffic conditioning)

Este es un mecanismo esencial empleado por la arquitectura DiffServ para brindar servicios diferenciados dentro de una red. Este mecanismo provee un clasificador de paquetes, marcador de paquetes y control de tráfico.

4.7.1.1 Clasificador

Esta función se encarga de identificar la clase de tráfico a la que pertenece cada paquete. La identificación de clase de tráfico puede ser obtenida de varias formas, algunas de ellas son:

- Basándose en los parámetros esenciales de cada paquete (número IP origen, número IP destino, puerto origen, puerto destino).
- Basándose en precedencia IP o mediante el campo DSCP.
- Identificación por longitud de paquete.
- Entre otros.

4.7.1.2 Marcador (Marker)

Esta función de acondicionamiento de tráfico se encarga de escribir o reescribir el DSCP de los paquetes basándose en su clase de tráfico. Esta función puede ser utilizada si un paquete no cuenta con un DSCP y existe necesidad de marcarlo, también puede ser utilizado para indicar un nivel de prioridad mediante precedencia IP.

4.7.1.3 Medidor (Metering)

Esta función es utilizada después de que un paquete ha sido clasificado, básicamente metering se encarga de revisar si el paquete no excede los límites de los recursos disponibles. De ser así, sería necesario la reclasificación, eliminación o moldeador del paquete.

4.7.1.4 Moldeador (Shaper)

Esta función se encarga de detener a los paquetes por un tiempo determinado mientras el paquete pueda ser atendido basado en los recursos existentes en la red.

4.7.1.5 Eliminador (Dropper)

Esta función se encarga de eliminar a paquetes que no cumplan con el perfil requerido, y es utilizada cuando la función moldeador ya no tenga espacio para seguir almacenando paquetes.

En la figura 16 se ilustra el proceso de acondicionamiento de tráfico realizado en los enrutadores en el límite de una red de servicios diferenciados

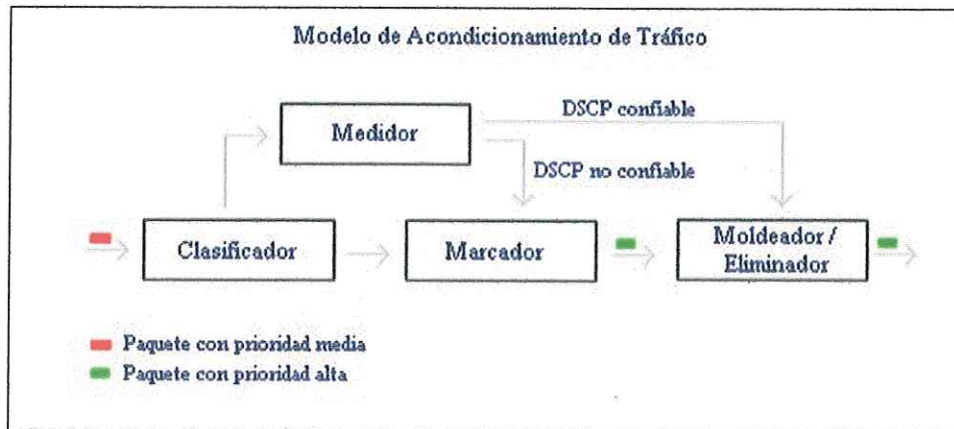


Figura 16. Modelo de acondicionamiento de tráfico

4.7.2 Acuerdos de nivel de servicio

Como se mencionó, los paquetes deben de ser clasificados correctamente y no permitir que aplicaciones abusen de los recursos disponibles. DiffServ utiliza acuerdos de nivel de servicio (SLA, Service Level Agreement) que definen cada una de las clases de tráfico; clientes deberán de estar de acuerdo en la clasificación y de acondicionamiento de tráfico de los paquetes.

Un acuerdo de nivel de servicio (SLA, Service Level Agreement) es un contrato entre un cliente y un proveedor de servicio, este contrato define claramente el perfil del tráfico, reglas de clasificación y de marcado, el comportamiento a ser tomado con los diferentes valores del DSCP, así como el comportamiento de la red cuando se reciban paquetes fuera del perfil acordado.

4.7.2.1 PHB

PHB (Per-Hop Behaviors, Comportamiento por Saltos) es un tratamiento a una clase de tráfico basado en el valor del campo DSCP especificado en el encabezado IP de cada paquete. Enrutadores y Conmutadores hacen uso de PHB para determinar prioridades de servicio en el flujo de paquetes. Los nodos dentro de una red seleccionan un PHB para un paquete, este puede ser definido en términos de su prioridad de recursos o a características requeridas de tráfico (jitter, retardo y pérdida de paquetes). Actualmente existen dos PHB definidos: Expedited Forwarding y Assured Forwarding

4.7.2.1.1 Expedited Forwarding (EF, Reenvío expedito)

Este tipo de PHB se encarga de minimizar la pérdida de paquetes y el retardo experimentado en la red minimizando la cola de retardos, la técnica para poder realizar esto es controlar que el rango de tiempo de salida de paquetes sea menor al de llegada.

4.7.2.1.2 Assured Forwarding (AF, Reenvío asegurado)

Este tipo de PHB tiene como objetivo asegurar que paquetes con alta prioridad sean enviados con un rango mayor de confiabilidad que los paquetes de baja prioridad. Básicamente AF permite que los paquetes sean marcados con una clase AF diferente, además que cada clase sea marcada con un valor diferente de precedencia de eliminación. Si los recursos para esa clase están

congestionados, los paquetes deberán ser borrados, aunque AF permite que se eliminen primero aquellos paquetes que cuentan con un valor alto en la precedencia de eliminación.

Existen 4 clases AF con 3 niveles de precedencia de eliminación. Cada paquete tiene una clase (i), un nivel de precedencia de eliminación (j) y un DSCP AFij. El DSCP está formado con el número de clase y el número de precedencia de eliminación. Los 3 primeros bits pertenecen a la clase y los 3 restantes al número de precedencia de eliminación.

Tabla VII. Niveles de precedencia de eliminación y DSCP correspondiente

Precedencia	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Baja	001010	010010	011010	100010
Media	001100	010100	011100	100100
Alta	001110	010110	011110	100110

4.8 MPLS

Multi-Protocol Label Switching (Conmutación Etiquetada de Múltiples Protocolos) es una herramienta útil para la ingeniería de tráfico. MPLS no se considera una solución de calidad de servicio, sino una arquitectura de enrutamiento (Collins, 2001). MPLS combina las capacidades de conmutación de la capa 2 (Capa de enlace) y capacidades de enrutamiento de la capa 3 (Capa de Red) del modelo de referencia OSI.

Todo paquete MPLS contiene un encabezado, el cual es utilizado por un enrutador MPLS llamado LSR (Label Switched Router, conmutador enrutador de etiquetas) para averiguar el siguiente salto a realizar y de esta manera enviar el mensaje al siguiente enrutador.

MPLS puede utilizar el protocolo IP o cualquier otro, por lo que es llamado Multiprotocol Label Switching. La diferencia entre este tipo de enrutamiento y el enrutamiento estándar IP es que este proceso dispone de decisiones de enrutamiento rápido.

5 Herramienta Educativa

5.1 Desarrollo de herramienta educativa

Hoy en día es fundamental para la construcción y éxito de sistemas de cómputo el uso de metodologías de desarrollo de software. Por tal razón, para el desarrollo de este sistema se empleó la metodología OMT (Object Modeling Technique, técnica de modelado de objetos), ya que permite analizar, comprender y modelar la funcionalidad del sistema así como diseñarlo fácil y eficientemente para su posterior implementación (Rumbaugh et al, 1995).

Este capítulo brinda una visión general del sistema de simulación en cuanto al análisis y diseño del mismo, se brinda la descripción, características, restricciones, comportamiento y escenarios posibles del sistema.

5.2 Descripción del sistema

Este sistema de cómputo es una herramienta didáctica interactiva amigable, la cual tiene como objetivo simular el proceso de transmisión de archivos específicos de voz sobre el protocolo IP desde un nodo origen a un destino a través de redes de cómputo. Este sistema toma en cuenta el tipo de cableado, dispositivos y soluciones de calidad de servicio que intervienen en una transmisión, así como los posibles problemas durante la transmisión, tales como congestión, pérdidas de paquetes, etc.

Esta herramienta permite al usuario realizar la grabación de archivos de voz a transmitir, así como analizar y comprender los parámetros de calidad de servicio

obtenidos mediante las simulaciones generadas durante la ejecución interactiva del sistema. Esta herramienta ofrece además la capacidad de especificar las condiciones de la red de cómputo a utilizar en dicha simulación, desde enrutadores, velocidades de transmisión en enrutadores, niveles de congestiónamiento, entre otros.

Esta herramienta consta también de una sección de ayuda, la cual brinda información básica acerca de temas de la transmisión de voz sobre IP, así como un glosario de términos referentes al trabajo de tesis. Esta herramienta además cuenta con una serie de animaciones interactivas que muestran el funcionamiento del proceso de transmisión de voz sobre redes IP, el enrutamiento de paquetes por servicios diferenciados, entre otros.

5.3 Diseño del sistema

Para diseñar esta herramienta de simulación se utiliza como referencia el modelo que maneja Internet actualmente, es decir un conjunto de redes privadas y/o públicas interconectadas entre sí mediante enrutadores (ver figura 17), donde cada una de estas redes se comunican internamente de acuerdo a su topología.

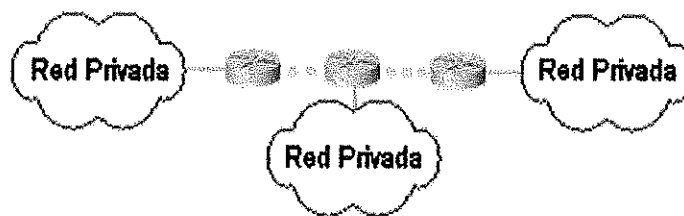


Figura 17. *Comunicación de redes mediante enrutadores*

El esquema básico de transmisión de información que utiliza este sistema es: un nodo origen, el cual transmite un archivo de voz a través de un canal de transmisión, n conmutadores y n enrutadores hacia un nodo destino.

Este esquema básico de transmisión se muestra en la figura 18

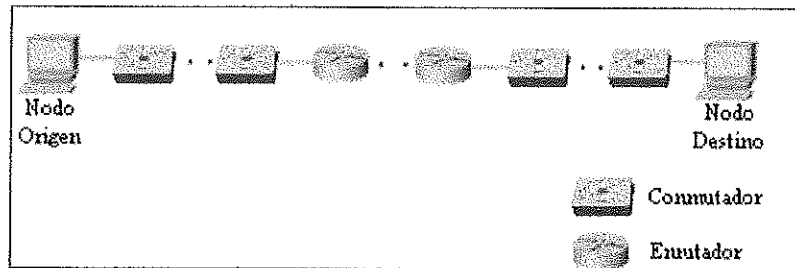


Figura 18. Esquema básico de transmisión

5.4 Modelo para la transmisión

Como se mencionó en capítulos anteriores, las redes de cómputo para posibilitar la transferencia de información entre nodos remotos, toman como referencia modelos de transmisión, los cuales describen la forma de comunicación entre las redes de cómputo. Estos modelos separan el problema en capas con actividades y funciones específicas.

Este sistema utiliza el modelo IP como mecanismo de comunicación punto a punto. Las capas con las que cuenta este modelo y que se tomaron en cuenta para el diseño de este sistema son:

- Capa de aplicación
- Capa de transporte
- Capa Internet
- Capa de red

En la tabla 8 se describen las operaciones de cada una de estas capas.

Tabla VIII. Operaciones de capas del modelo IP

Capa del modelo IP	Operaciones
Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capturar, enviar y recibir la información (voz y parámetros a intervenir) a través del modelo.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Creación segmento (Fragmentar y reensamblar información). ▪ Garantizar el transporte confiable de la información de extremo a extremo; asegurándose que los datos lleguen sin errores y en la orden correcto.
Internet	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Creación de datagrama. ▪ Direccional paquetes entre nodos utilizando su dirección destino. ▪ Uso de tablas de enrutamiento y algoritmos para alcanzar el destino del paquete.
Red	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enviar hacia el medio físico y recibir de éste los flujos de bits.

5.4.1 Descripción del modelo

Para poder simular la transmisión de voz sobre IP este sistema digitaliza la voz y la comprime en pequeños paquetes de datos. Estos paquetes son pasados hacia las capas inferiores del modelo IP cuando se inicia el envío y hacia las capas superiores cuando los datos están siendo recibidos por el nodo destino, donde se reagrupan para convertirlos en voz (ver figura 19).

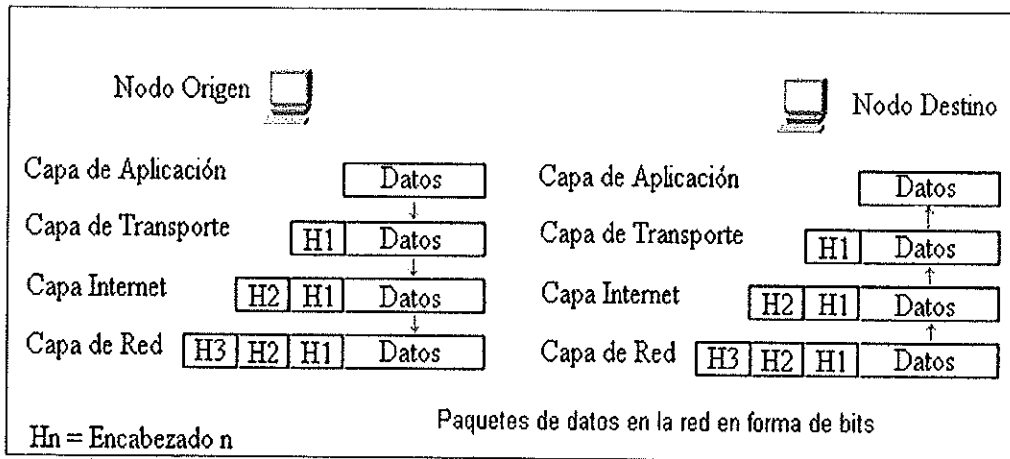


Figura 19. Modelo IP, sus capas y encabezados.

5.5 Especificaciones y restricciones del sistema

En la tabla IX se presentan las especificaciones y restricciones del sistema. Estas se muestran de acuerdo a las capas del modelo IP, el cual se sigue en el desarrollo del sistema

Tabla IX. Especificaciones y restricciones del sistema de acuerdo a las capas de modelo IP

Capa	Especificaciones y restricciones del sistema
Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> Envío de los parámetros necesarios a tomar en cuenta durante la simulación (nombre del archivo de voz a transmitir, número IP origen, número IP destino, nivel de congestionamiento, zona geográfica de transmisión, velocidades de transmisión y mecanismo de calidad de servicio a utilizar).
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> Los protocolo de transmisión UDP y su respectivo encabezado.
Internet	<ul style="list-style-type: none"> Protocolo IP

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Encabezado IP
Red	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La transmisión de información a través de redes de cómputo se realiza mediante protocolos, tarjetas de red, cables, conmutadores, enrutadores, etc. Esta herramienta de cómputo toma en cuenta algunos dispositivos y tipo de cableado reales además de mecanismos para brindar calidad de servicio. ▪ Uso de dispositivos de red: de 1 a 28 enrutadores. ▪ Uso de cableado (Par trenzado, coaxial, fibra óptica). ▪ Velocidades de transmisión de enrutadores (2, 10, 34, 100, 155, 622, 1000 y 1200 Mbps). ▪ Velocidades de propagación en el cableado (par trenzado = 3.0×10^8 m/seg, coaxial = 2.3×10^8 m/seg, fibra óptica = 2.0×10^8 m/seg). ▪ Congestionamiento variable en enrutadores. ▪ Acondicionamiento de tráfico (DiffServ). ▪ Creación del campo DSCP

5.6 Construcción de la herramienta mediante OMT (Object Modeling Technique)

5.6.1 Objetivo

Construcción de un sistema de cómputo didáctico capaz de transmitir los problemas y efectos de transmitir voz a través de redes IP.

5.6.2 Requerimientos

5.6.2.1 *Interfaz*

- Una interfaz amigable que permita al usuario una interacción fácil y rápida.
- Selección de actividades específicas mediante un menú.

5.6.2.2 *Módulos del sistema*

- Tutor didáctico.
- Simulaciones interactivas del transporte de archivos de voz.
- Grabadora de archivos específicos de voz del usuario.

5.6.2.3 *Actividades del sistema*

- Confirmaciones de solicitudes de usuario.
- Solicitar información al usuario.

5.6.2.4 *Tutor*

- Selección de temas y subtemas de interés mediante ligas.
- Desplegar información de interés.

5.6.2.5 *Simulador*

- Captura de parámetros a intervenir en la simulación.
- Reporte con los principales parámetros que intervienen en la simulación.
- Reporte de los parámetros de calidad de servicio obtenidos por la simulación.
- Reporte de resultados de simulaciones mediante gráficas.

5.6.2.6 *Grabadora*

- Grabación de archivos de voz por el usuario.
- Apertura y reproducción de archivos específicos de voz.

5.6.3 Modelo de objetos

El propósito del modelo de objetos es capturar la estructura estática del sistema, así como mostrar los objetos del sistema, las relaciones entre ellos, y sus atributos que caracterizan a cada clase (Rumbaugh et al, 1995).

5.6.3.1 *Identificación de objetos*

A continuación se muestran los objetos identificados a partir de la definición del problema

- Sistema.
- Tutor.
- Red Internet.
- Redes de cómputo.
- Nodo.
- Enrutadores.
- Cables.

- Simulador.
- Modelo IP.
- Capa de aplicación.
- Capa de transporte.
- Capa Internet.
- Capa de red.
- Mecanismo QoS.
- Mejor esfuerzo.
- Servicios Diferenciados.
- Paquete.
- Grabadora

5.6.3.2 *Diccionario de datos*

A continuación se describe el alcance de cada una de las clases identificadas anteriormente.

- **Sistema:** Es el encargado de controlar la interacción con el usuario, así como la funcionalidad correcta del sistema.
- **Tutor:** Módulo del sistema el cual permite obtener la teoría básica del transporte de voz en redes IP.
- **Red Internet:** Módulo que permite especificar las redes de cómputo y elementos de red que intervienen en la transmisión.
- **Red de cómputo:** Son todas aquellas redes de cómputo que pueden intervenir en la transmisión.

- **Nodo:** Este submódulo maneja los nodos existentes en una red de cómputo.
- **Enrutadores:** Este módulo maneja la información de cada uno de los enrutadores existentes en la red.
- **Cables:** Este módulo maneja la información de los tipos de cables que intervienen en la transmisión.
- **Simulador:** Este objeto es el encargado de simular el transporte de voz sobre redes de cómputo.
- **Modelo IP:** Este objeto es el encargado de brindar lo básico para la transmisión de paquetes entre nodos remotos.
- **Capa de aplicación:** Es un submódulo del modelo IP, encargado de enviar y recibir información a través del modelo IP. La información a enviar es capturada por el usuario y la información a recibir es generada por las simulaciones del transporte de archivos específicos de voz.
- **Capa de transporte:** Es un submódulo del modelo IP, encargado de fragmentar y re-ensamblar paquetes, así como de garantizar que los paquetes lleguen sin errores y en orden correcto.
- **Capa Internet:** Es un submódulo del modelo IP, encargado de direccionar los paquetes hacia su destino correcto.
- **Capa de red:** Es un submódulo del modelo IP, encargado de enviar y recibir los flujos de bits a través de dispositivos de red, tales como enrutadores.

- **Mecanismo QoS:** Este módulo consta de los mecanismos de calidad que pueden ser utilizados durante la transmisión.
- **Mejor esfuerzo:** Este objeto se encarga de todas las funciones brindadas por la solución de calidad de servicio mejor esfuerzo.
- **Servicios Diferenciados:** Este objeto se encarga de todas las funciones brindadas por la solución de calidad de servicio servicios diferenciados.
- **Paquete:** Es la Información que es transmitida a través del modelo IP, en este caso es la voz grabada por el usuario, segmentada en forma de paquetes.
- **Grabadora:** Este objeto permite realizar la grabación, apertura y reproducción de archivos específicos de voz.

5.6.3.3 *Identificación de asociaciones*

La identificación de asociaciones permite establecer las relaciones o dependencias existentes entre dos o más clases. A continuación se muestran las asociaciones identificadas para este sistema.

1. El sistema contiene un tutor.
2. El sistema contiene un simulador.
3. El sistema contiene una grabadora.
4. El simulador simula transmisión de voz sobre una red Internet.
5. Una red Internet se basa en el modelo IP para transmitir paquetes.
6. Una red Internet contiene redes de cómputo.
7. Una red Internet utiliza mecanismos QoS.
8. El modelo IP se compone de capa de aplicación.
9. El modelo IP se compone de una capa de transmisión.

10. El modelo IP se compone de una capa de Internet.
11. El modelo IP se compone de una capa de red.
12. La capa de aplicación envía paquetes de información a la capa de transporte.
13. La capa de aplicación recibe paquetes de la capa transporte.
14. La capa de transporte envía paquetes a capa Internet.
15. La capa de transporte recibe paquetes de la capa Internet.
16. La capa Internet envía paquetes a la capa de red.
17. La capa Internet recibe paquetes de la capa de red.
18. Una red Internet contiene enrutadores.
19. Una red Internet contiene cables.
20. Una red de cómputo se comunica con más de una red de cómputo.
21. Una red de cómputo contiene nodos.
22. Una red de cómputo contiene enrutadores.
23. Una red de cómputo contiene cables.
24. El mecanismo de QoS se compone de mecanismo mejor esfuerzo.
25. El mecanismo de QoS se compone de mecanismo servicios diferenciados.

A continuación se utiliza la notación OMT para describir gráficamente las relaciones o dependencias mencionadas anteriormente.

1. El siguiente diagrama modela la asociación “El sistema contiene tutor”.

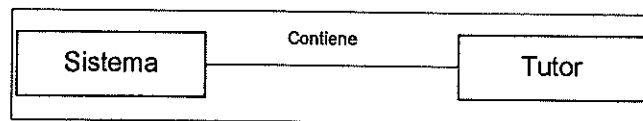


Figura 20. Diagrama de asociación “El sistema contiene tutor”

2. El siguiente diagrama modela la asociación “El sistema contiene de simulador”.

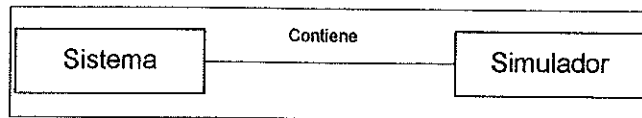


Figura 21. *Diagrama de asociación*
"El sistema contiene simulador"

3. El siguiente diagrama modela la asociación "El sistema contiene de grabadora".

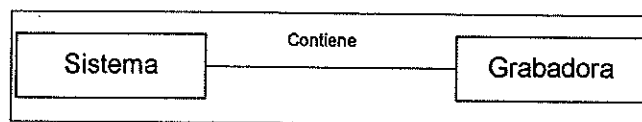


Figura 22. *Diagrama de asociación*
"El sistema contiene grabadora"

4. El siguiente diagrama modela la asociación "El simulador simula transmisión de voz sobre una red de Internet".

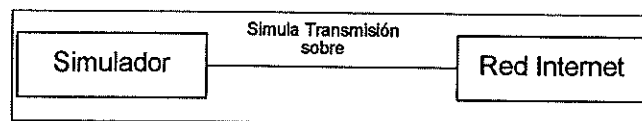


Figura 23. *Diagrama de asociación* "El simulador simula transmisión de voz sobre una red de Internet"

5. El siguiente diagrama modela la asociación "Una red Internet se basa en el modelo IP para transmitir paquetes".

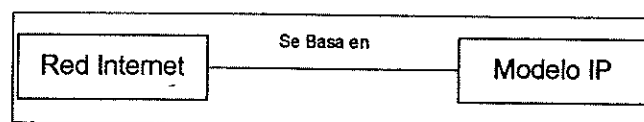


Figura 24. *Diagrama de asociación* "Una red Internet se basa en el modelo IP para transmitir paquetes"

6. El siguiente diagrama modela la asociación “Una red Internet contiene redes de cómputo”.

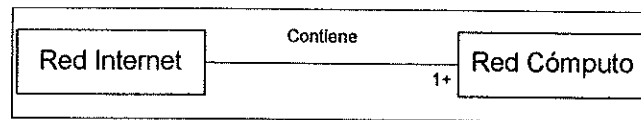


Figura 25. *Diagrama de asociación “Una red Internet contiene redes de cómputo”*

7. El siguiente diagrama modela la asociación “Una red Internet utiliza mecanismo QoS”.

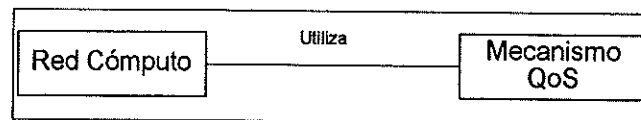


Figura 26. *Diagrama de asociación “Una red Internet utiliza mecanismo QoS”*

8. El siguiente diagrama modela la asociación “El modelo IP se compone de capa de aplicación”.

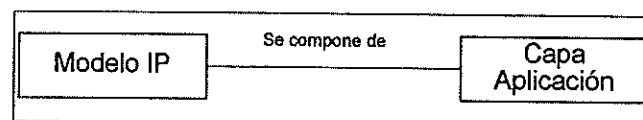


Figura 27. *Diagrama de asociación “El modelo IP se compone de capa de aplicación”*

9. El siguiente diagrama modela la asociación “El modelo IP se compone de capa de transporte”.

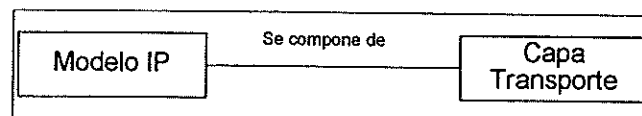


Figura 28. *Diagrama de asociación “El modelo IP se compone de capa de transporte”*

10. El siguiente diagrama modela la asociación “El modelo IP se compone de capa Internet”.

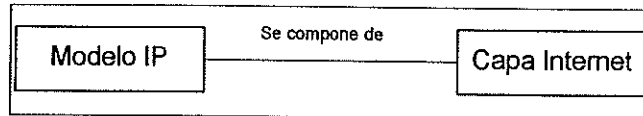


Figura 29. Diagrama de asociación “El modelo IP se compone de capa Internet”

11. El siguiente diagrama modela la asociación “El modelo IP se compone de capa de red”.

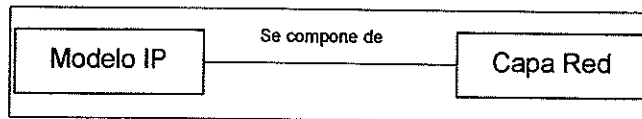


Figura 30. Diagrama de asociación “El modelo IP se compone de capa red”

12. El siguiente diagrama modela la asociación “La capa de aplicación envía paquete de información a capa de transporte” y “La capa de aplicación recibe paquete de la capa de transporte”.

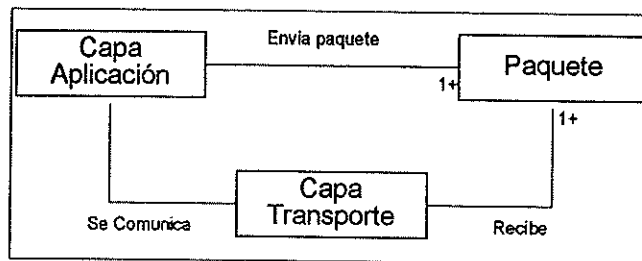


Figura 31. Diagrama de asociación “La capa de aplicación envía paquete de información a capa de transporte” y “La capa de aplicación recibe paquete de la capa de transporte”.

13. El siguiente diagrama modela la asociación “La capa de transporte envía paquetes a capa Internet” y “La capa de transporte recibe paquetes de la capa Internet”.

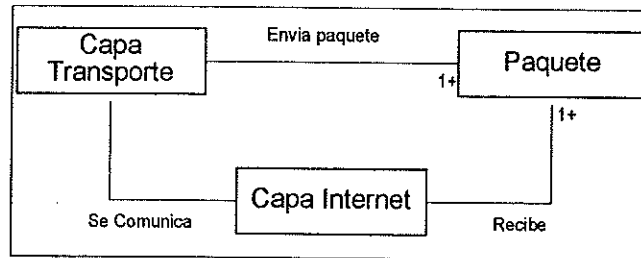


Figura 32. Diagrama de asociación “La capa de transporte envía paquetes a capa Internet” y “La capa de transporte recibe paquetes de la capa Internet”.

14. El siguiente diagrama modela la asociación “La capa Internet envía paquetes a la capa de red” y “La capa Internet recibe paquetes de la capa de red”.

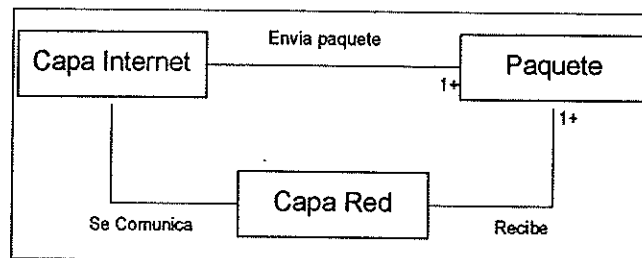


Figura 33. Diagrama de asociación “La capa Internet envía paquetes a la capa de red” y “La capa Internet recibe paquetes de la capa de red”.

15. El siguiente diagrama modela la asociación “La capa de red envía paquetes a la capa de red” y “La capa de red recibe paquetes de la capa red”.

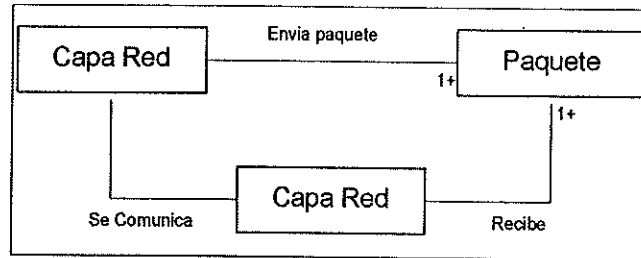


Figura 34. Diagrama de asociación “La capa de red envía paquetes a la capa de red” y “La capa de red recibe paquetes de la capa de red”.

16. El siguiente diagrama modela la asociación “Una red Internet contiene cables”.

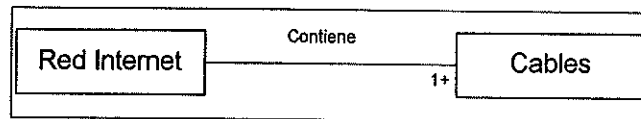


Figura 35. Diagrama de asociación “Una red Internet contiene cables”.

17. El siguiente diagrama modela la asociación “Una red Internet contiene enrutadores”.

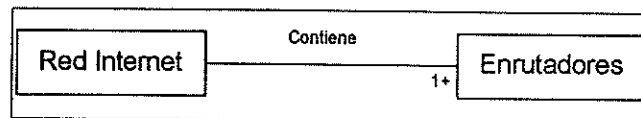


Figura 36. Diagrama de asociación “red Internet contiene enrutadores”.

18. El siguiente diagrama modela la asociación “Una red de cómputo se comunica con más de una red de cómputo”.

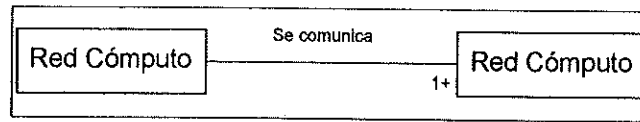


Figura 37. Diagrama de asociación “Una red de cómputo se comunica con más de una red de cómputo”.

19. El siguiente diagrama modela la asociación “Una red de cómputo contiene nodos”.

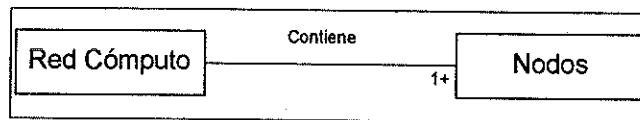


Figura 38. Diagrama de asociación “Una red de cómputo contiene nodos”.

20. El siguiente diagrama modela la asociación “Una red de cómputo contiene enrutadores”.

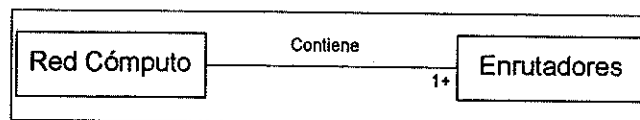


Figura 39. Diagrama de asociación “Una red de cómputo contiene enrutadores”.

21. El siguiente diagrama modela la asociación “Una red de cómputo contiene cables”.

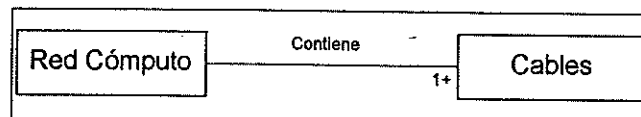


Figura 40. Diagrama de asociación “Una red de cómputo contiene cables”.

22. El siguiente diagrama modela la asociación “El mecanismo de QoS utiliza mecanismo mejor esfuerzo”.



Figura 41. Diagrama de asociación “El mecanismo de QoS utiliza mecanismo mejor esfuerzo”.

23. El siguiente diagrama modela la asociación “El mecanismo de QoS utiliza mecanismo servicios diferenciados”.

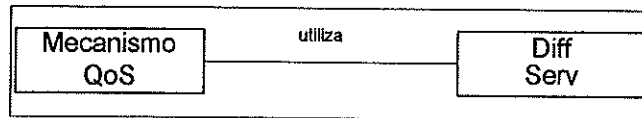


Figura 42. Diagrama de asociación “El mecanismo de QoS utiliza mecanismo servicios diferenciados”.

5.6.3.4 Diagrama modelo de objetos

En el siguiente diagrama (diagrama de objetos) se representan las clases y sus relaciones entre sí, permitiendo comprender la estructura del sistema.

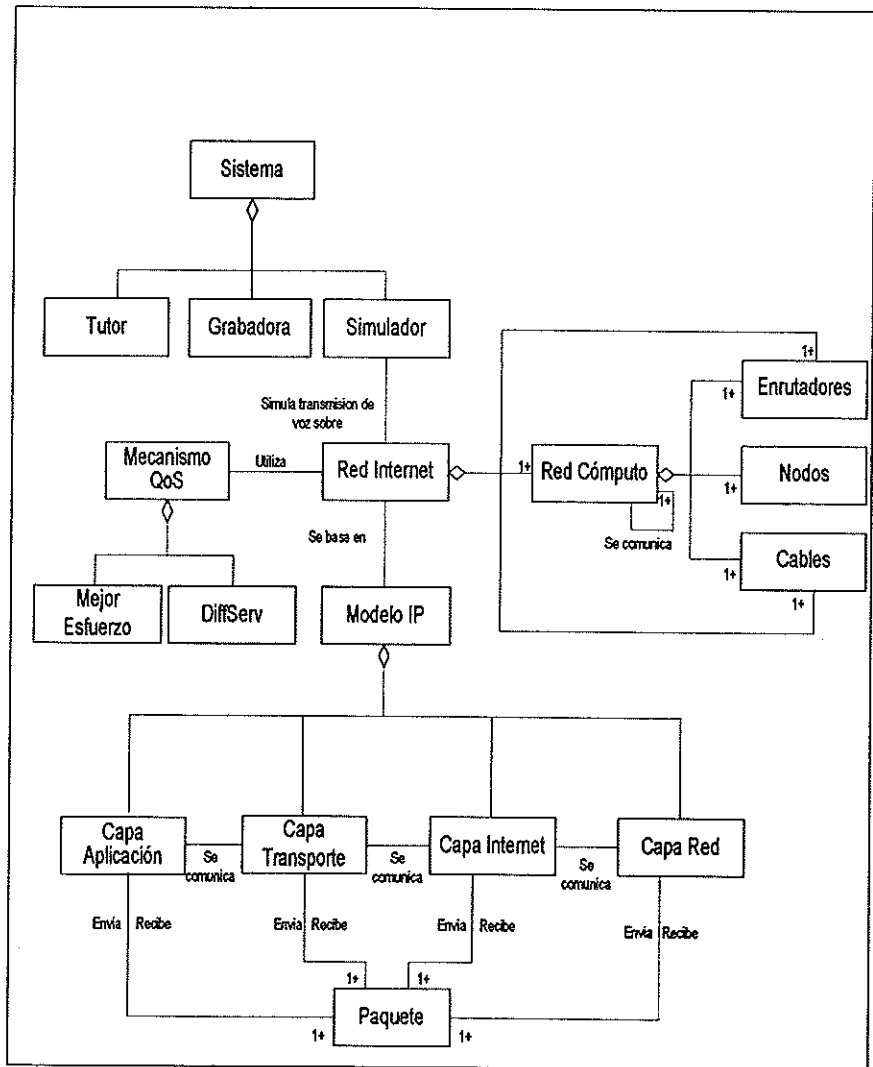


Figura 43. Diagrama modelo de objetos

5.6.3.5 Especificación de atributos y operaciones de las clases

La figura 44 muestra cada una de las clases de la aplicación, con sus atributos y operaciones.

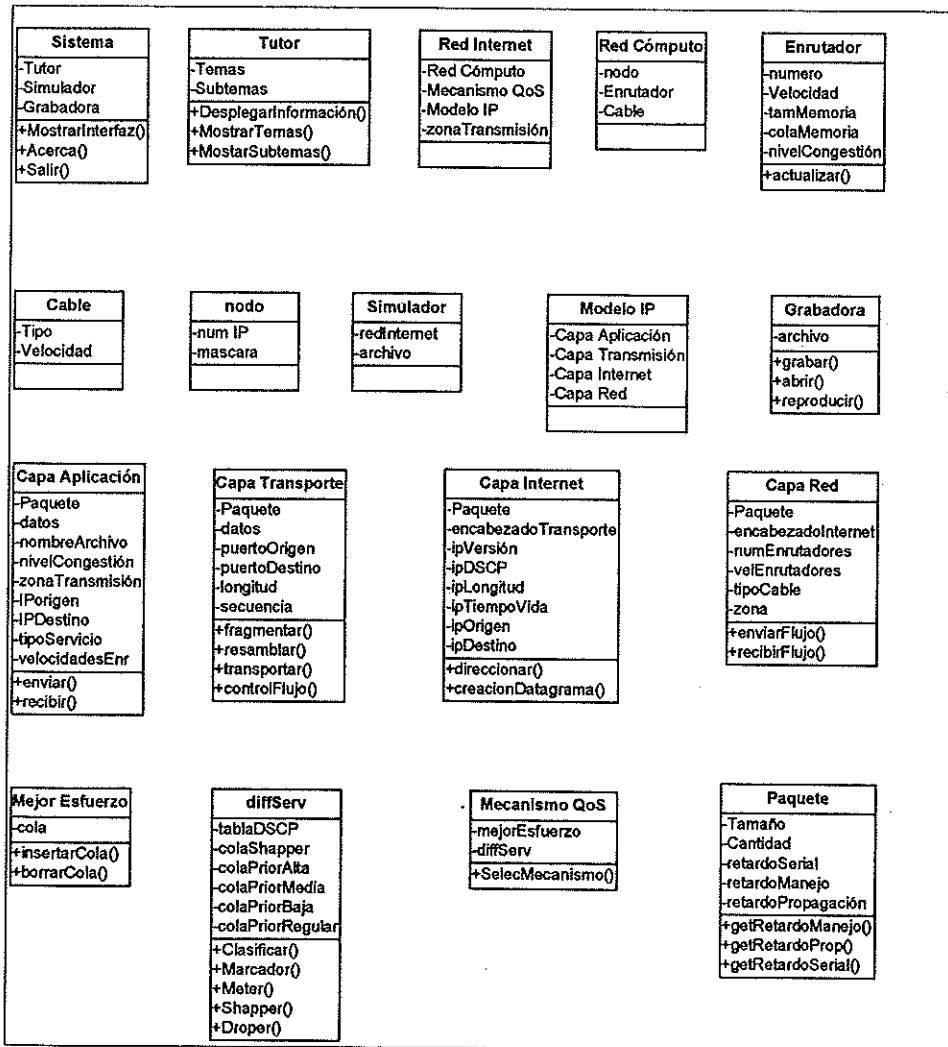


Figura 44. Clases, atributos y operaciones

5.6.4 Modelo Dinámico

El propósito del modelo dinámico es representar el comportamiento de la aplicación, permitiendo describir la secuencia de operaciones que se producen en base a la secuencia de sucesos (Rumbaugh et al, 1995).

5.6.4.1 Escenarios

A continuación se muestran los escenarios más importantes del sistema, éstos permiten describir la secuencia de sucesos que se producen durante la ejecución de la aplicación.

5.6.4.1.1 Ejecución del sistema

1. El usuario ejecuta el sistema.
2. El sistema muestra pantalla de bienvenida.
3. El sistema cierra pantalla de bienvenida.
4. El sistema muestra pantalla principal.
5. El sistema espera evento.

5.6.4.1.2 Instruirse con Tutor

1. El usuario selecciona opción tutor.
2. El sistema llama a tutor.
3. El tutor muestra temas disponibles.
4. El usuario selecciona tema del tutor.
5. El tutor muestra subtemas disponibles.
6. El usuario selecciona subtema del tutor.
7. El tutor muestra ventana con información de subtema.

5.6.4.1.3 Realizar simulaciones de transmisión de archivos de voz

1. El usuario activa opción simulador.
2. El sistema llama a simulador

3. El usuario especifica parámetros a intervenir en simulación (archivo a transmitir, nivel congestión, zona de transmisión, mecanismo de calida de servicio).
4. El usuario presiona botón ejecutar mediante la interfaz gráfica.
5. El sistema trasmite la información a través del modelo IP.
6. La capa de aplicación envía el paquete de datos hacia la capa de transporte del modelo IP.
7. La capa de transporte fragmenta, transmite y controla flujo de los paquetes hacia capa Internet.
8. La capa Internet crea segmento y lo direcciona hacia la capa de red.
9. La capa de red recibe y envía los flujos de bits hacia su destino utilizando mecanismo QoS.
10. La capa de red envía los datos a capa Internet.
11. La capa Internet revisa si ya alcanzo su destino, si no sigue direccionando hacia capa de red.
12. La Internet envía los datos a la capa de transporte si ya alcanzo su destino.
13. La capa de transporte reensambla los paquetes.
14. La capa de transporte envía paquete a capa aplicación.
15. La capa de transporte envía información a la interfaz gráfica.
16. La interfaz gráfica muestra la información.
17. El usuario analiza resultados (Basados en retardos y/o # enrutadores) mediante la interfaz gráfica.
18. El usuario analiza resultados (Basados en mejor esfuerzo y/o servicios diferenciados) mediante la interfaz gráfica.

5.6.4.1.4 Ver gráficas

1. El usuario selecciona opción simulador.
2. El sistema llama a simulador.

3. El simulador muestra pantalla.
4. El usuario presiona botón de gráfica deseada.
5. El simulador muestra gráficas.
6. El simulador espera confirmación para cerrar ventana de gráfica.
7. El usuario confirma.
8. Se cierra ventana de gráfica.

5.6.4.1.5 Grabación de archivos de voz

1. El usuario activa opción grabar.
2. El sistema muestra interfaz para grabación y reproducción de archivos.
3. El usuario presiona botón guardar.
4. La grabadora espera introducción de voz.
5. El usuario introduce voz por micrófono.
6. El usuario presiona botón guardar.
7. La grabadora solicita nombre de la grabación.
8. El usuario nombra grabación con nombre deseado.
9. La grabadora guarda grabación.

5.6.4.1.6 Reproducción de archivos grabados

1. El usuario activa opción Grabar.
2. El usuario presiona botón abrir de la interfaz.
3. El usuario selecciona archivo de voz deseado y lo abre mediante la interfaz gráfica.
4. El usuario presiona tocar mediante la interfaz gráfica.
5. El sistema reproduce archivo de voz.

5.6.4.1.7 Ver información acerca del sistema

1. El usuario activa opción acerca.

2. Se muestra ventana con información relevante del sistema.
3. El sistema espera confirmación para cerrar ventana.
4. El usuario confirma.
5. El sistema cierra ventana.

5.6.4.1.8 *Salirse del sistema*

1. El usuario activa opción salir
2. Se muestra ventana de confirmación.
3. Se solicita confirmación.
4. El usuario realiza confirmación.
5. Finaliza la ejecución.

5.6.4.2 *Trazos de eventos*

Los trazos de eventos nos permiten modelar la secuencia de sucesos entre las distintas clases, a continuación se muestran los trazos de eventos de los escenarios descritos anteriormente.

1. La figura 45 muestra los trazos de eventos para la ejecución del sistema, es necesario tener en cuenta que los trazos de eventos de las figuras 45 a la 52 son alternativas sucesivas a este trazo de eventos.

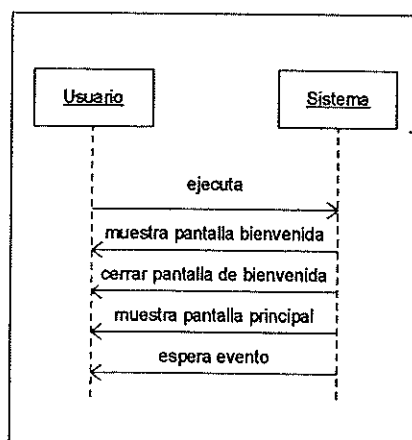


Figura 45. *Trazos de eventos para ejecución del sistema*

2. La figura 46 muestra los trazos de eventos para instruirse con el tutor.

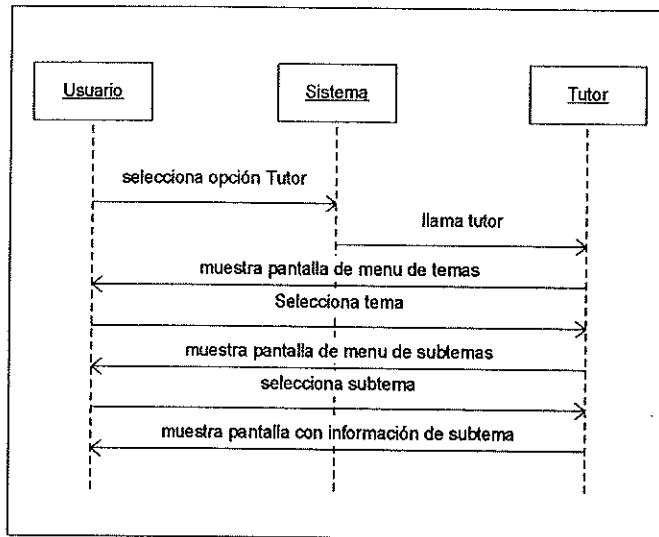


Figura 46. Trazos de eventos para instruirse con Tutor

3. La figura 47 muestra los trazos de eventos para la grabación de archivos de voz.

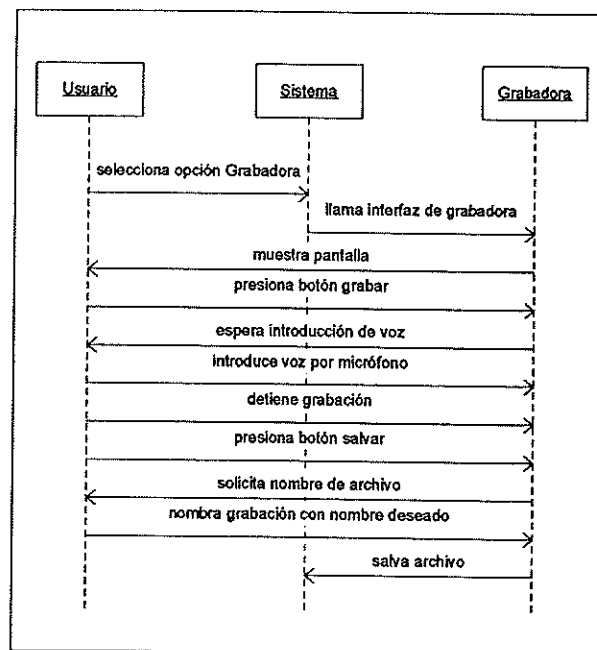


Figura 47. Trazos de eventos para grabación de archivos de voz

4. La figura 48 muestra los trazos de eventos para la reproducción de archivos de voz.

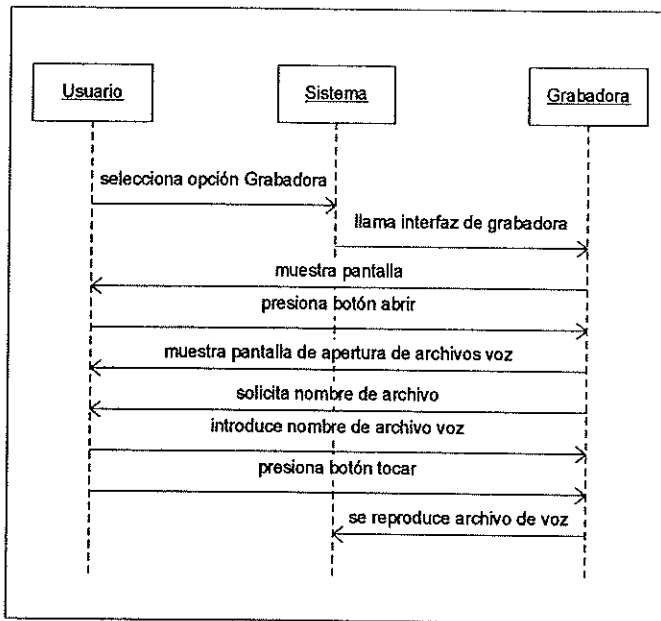


Figura 48. Trazos de eventos para reproducción de archivos de voz

5. La figura 49 muestra los trazos de eventos para realizar simulaciones del transporte de archivos de voz.

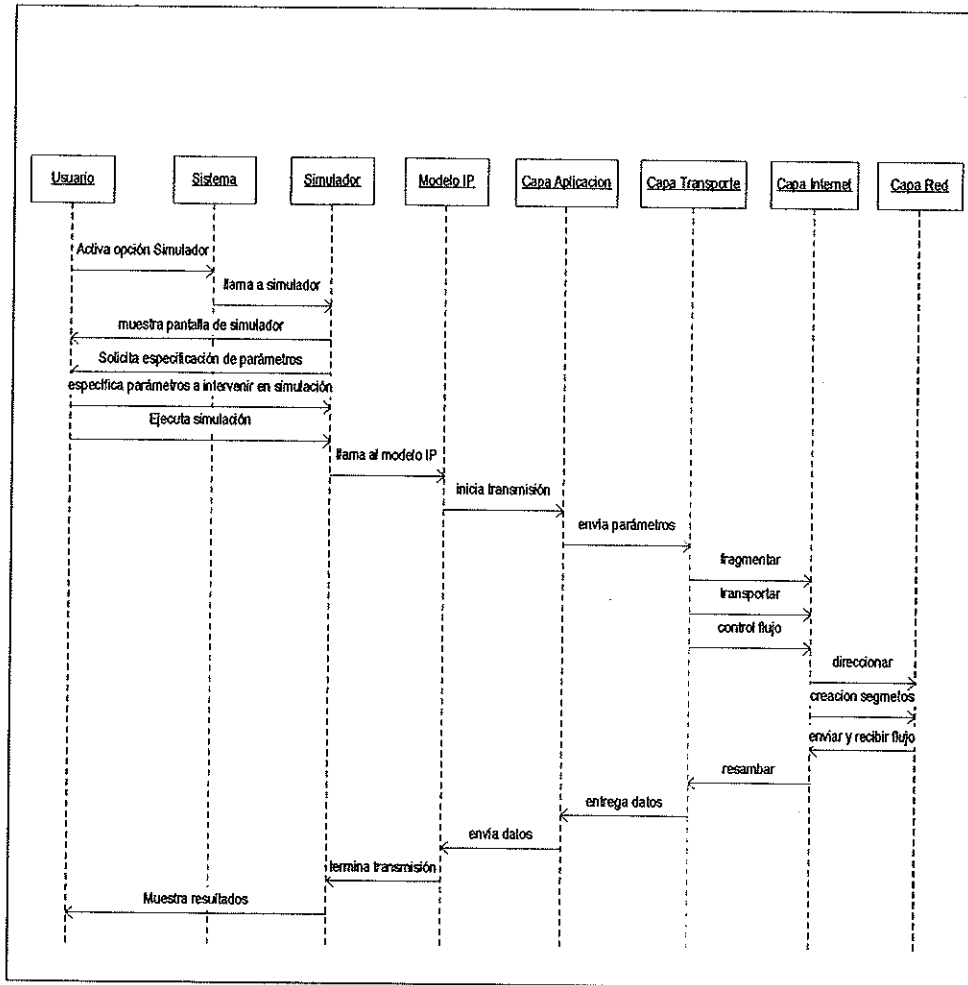


Figura 49. Trazos de eventos para realizar simulaciones de transporte de archivos de voz.

6. La figura 50 muestra los trazos de eventos para ver las gráficas de resultados.

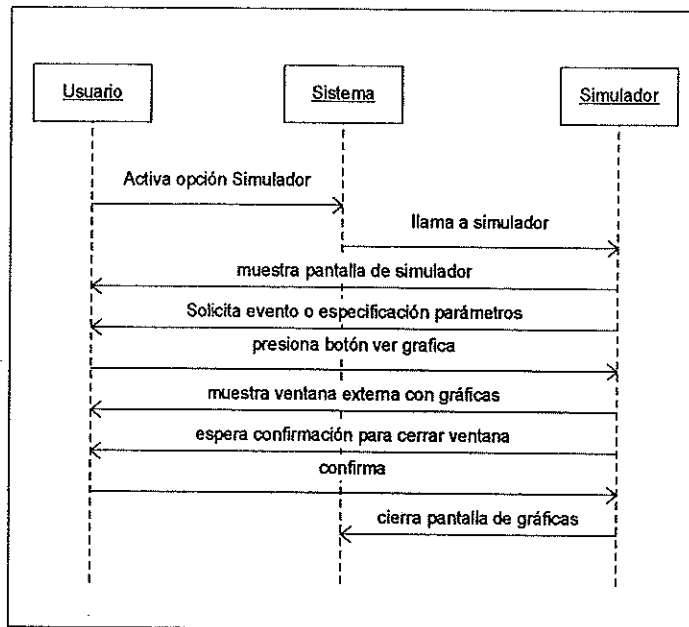


Figura 50. Trazos de eventos para ver gráficas de resultados

7. La figura 51 muestra los trazos de eventos para ver la información del sistema.

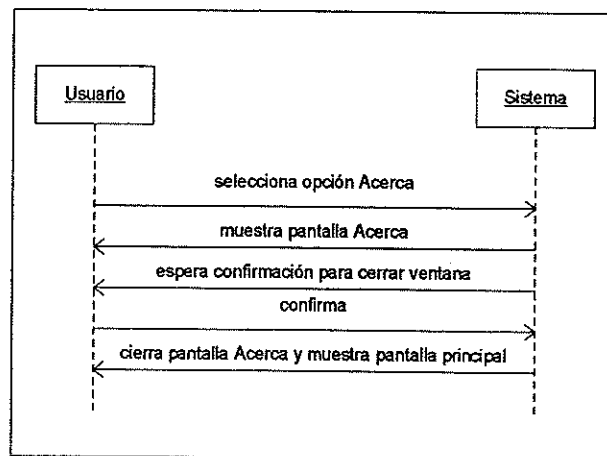


Figura 51. Trazos de eventos para ver información del sistema

8. La figura 52 muestra los trazos de eventos para salir del sistema.

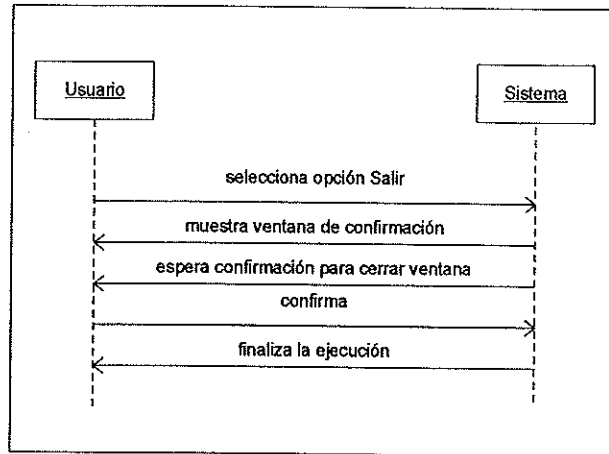


Figura 52. Trazos de eventos para salir del sistema

5.6.4.3 Diagramas de estados

Los diagramas de estados permiten especificar la secuencia de estados que causa una secuencia de sucesos en una clase (Rumbaugh et al, 1995). A continuación se muestran los diagramas de estados más importantes del sistema.

1. La figura 53 muestra el diagrama de estados para la clase sistema.

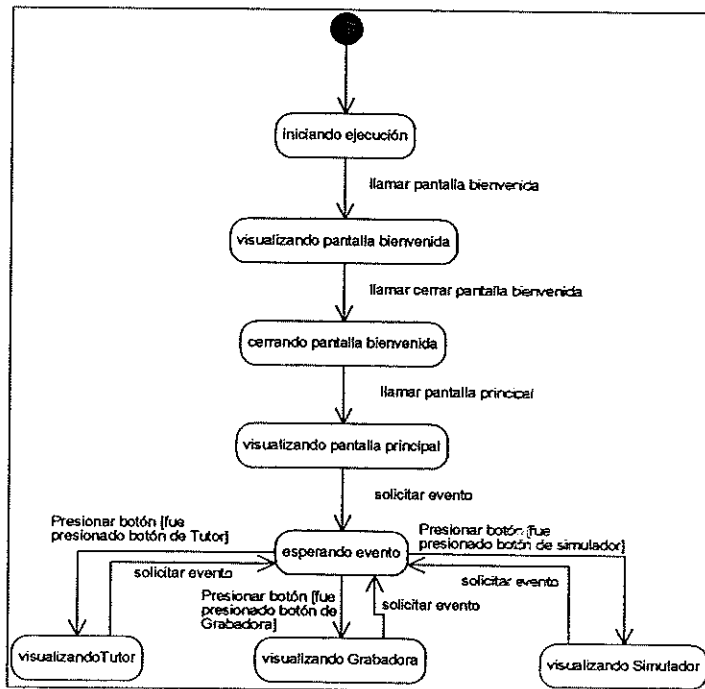


Figura 53. Diagrama de estados para clase Sistema

2. La figura 54 muestra el diagrama de estados para la clase tutor.

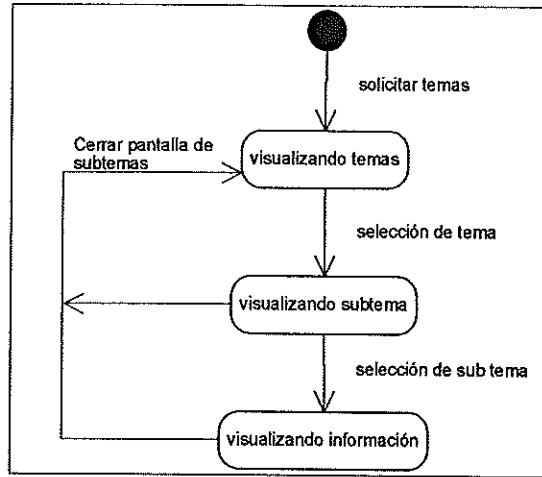


Figura 54. Diagrama de estados para clase Tutor.

3. La figura 55 muestra el diagrama de estados para la clase grabadora.

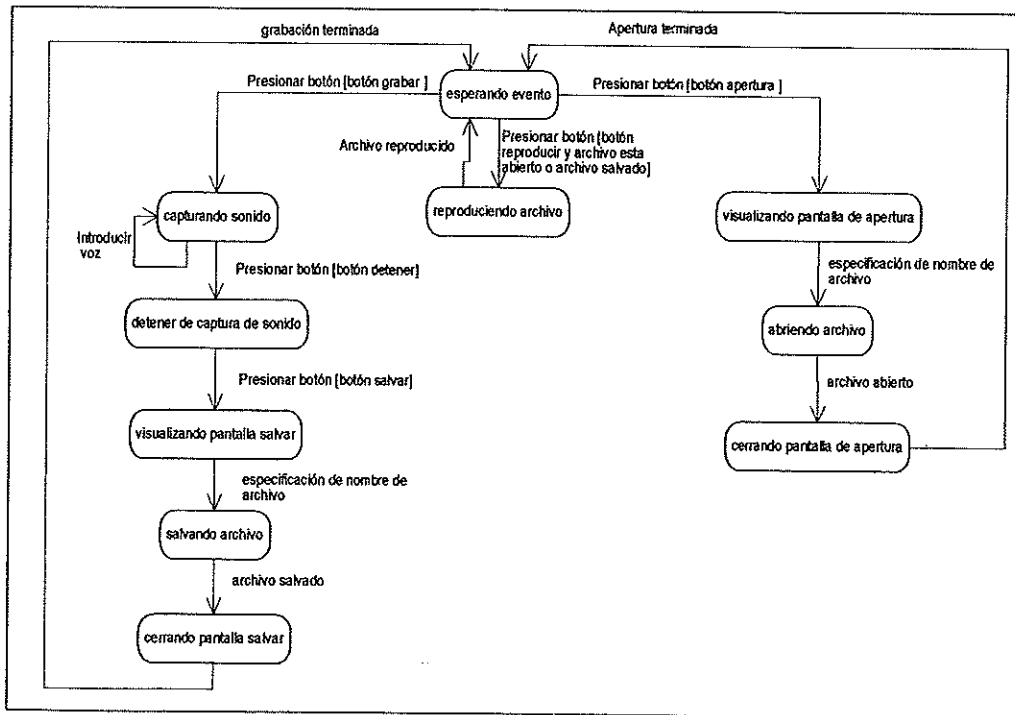


Figura 55. Diagrama de estados para clase grabadora

4. La figura 56 muestra el diagrama de estados para la clase simulador.

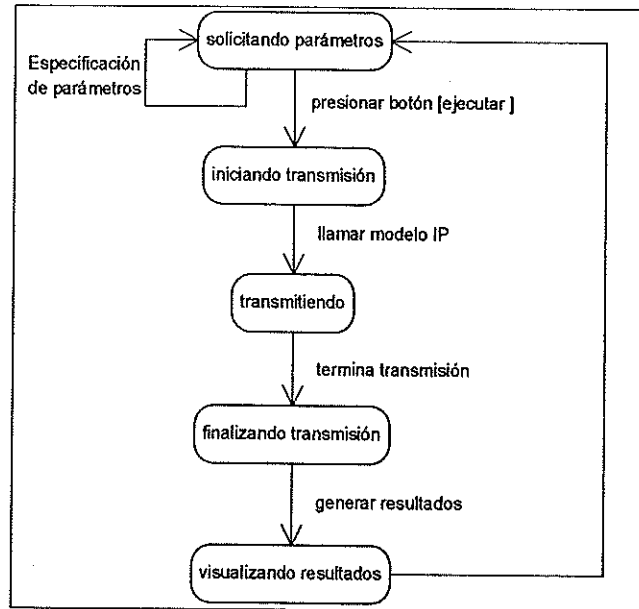


Figura 56. Diagrama de estados para clase simulador

5.6.5 Modelo funcional

El modelo funcional se encarga de mostrar qué valores dependen de qué otros valores, y las funciones que los relacionan. Este modelo utiliza los diagramas de flujos de datos, los cuales permiten modelar el cálculo de cada valor de salida a partir de los valores de entrada (Rumbaugh et al,1995). A continuación se muestran los diagramas de flujos de datos de este sistema.

1. La figura 57 muestra el diagrama de flujo de datos para el proceso de instruirse con tutor.

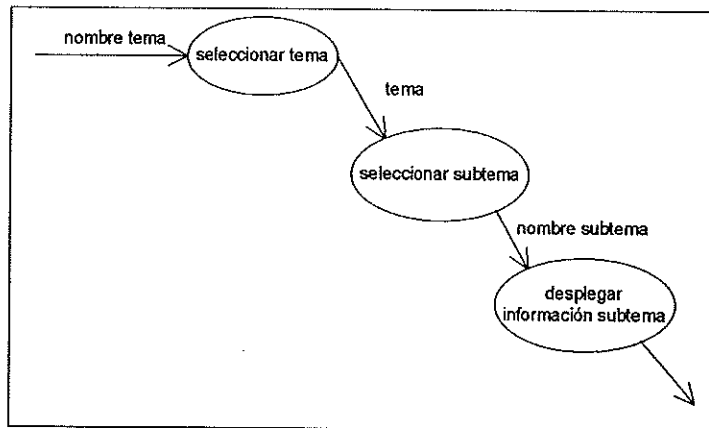


Figura 57. Diagrama de flujo de datos para el proceso de instruirse con tutor.

2. La figura 58 muestra el diagrama de flujo de datos para el proceso de grabación de archivos de voz.

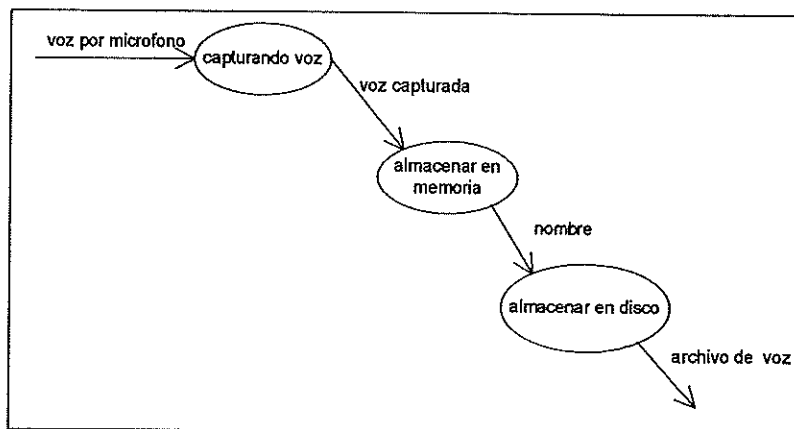


Figura 58. Diagrama de flujo de datos para el proceso de grabación de archivos de voz.

3. La figura 59 muestra el diagrama de flujo de datos para el proceso de reproducción de archivos de voz en memoria.

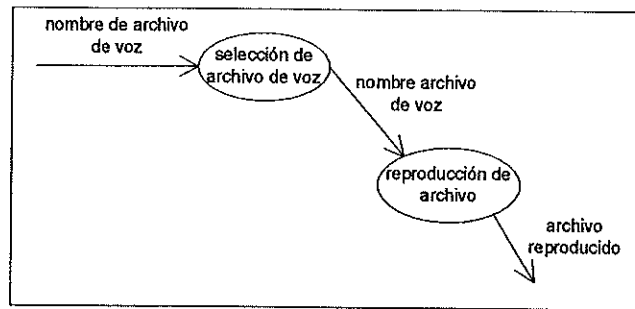


Figura 59. Diagrama de flujo de datos para el proceso de reproducción de archivos de voz en memoria.

4. La figura 60 muestra el diagrama de flujo de datos para el proceso de reproducción de archivos de voz en memoria.

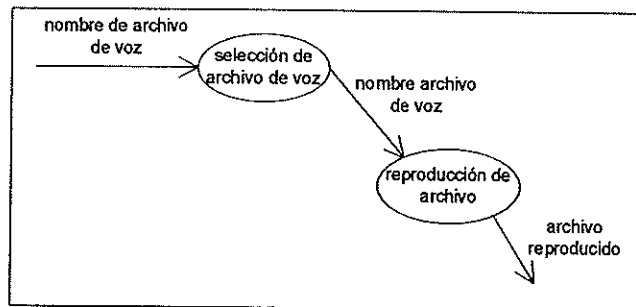


Figura 60. Diagrama de flujo de datos para el proceso de apertura de archivos de voz.

5. La figura 61 muestra el diagrama de flujo de datos para el proceso de simulación del transporte de archivos de voz.

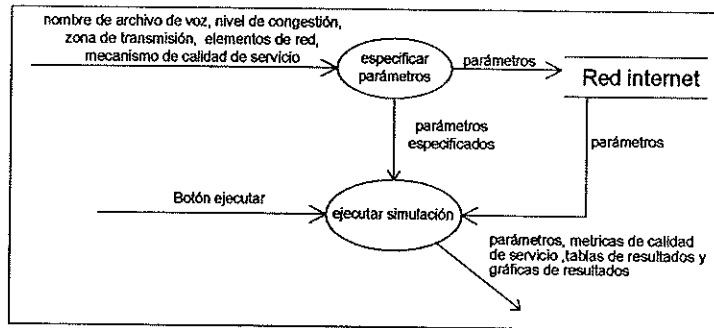


Figura 61. Diagrama de flujo de datos para el proceso de simulación del transporte de archivos de voz.

6 Simulaciones

Como se mencionó anteriormente, la herramienta de simulación computacional desarrollada en este trabajo de investigación permite simular el transporte de voz paquetizada en las redes de cómputo a través de los mecanismos de mejor esfuerzo y servicios diferenciados. Con la finalidad de conocer, analizar y comprender los efectos en los parámetros de calidad de servicio y el desempeño de las redes de cómputo ante la transmisión de tráfico de voz, se realizaron una serie de pruebas o experimentos a un conjunto de escenarios posibles mediante el uso de la herramienta de simulación.

6.1 Escenarios

A continuación se muestra la descripción de algunos de los escenarios a los cuales se les realizaron experimentos. Además se brindan los resultados obtenidos con sus respectivas gráficas, las cuales muestran el desempeño obtenido correspondiente al retardo promedio total de transmisión por paquete.

6.1.1 Escenario 1 – Redes nivel estado/ mejor esfuerzo/congestión baja

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de mejor esfuerzo para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento bajo y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel estado.

Tabla X. Experimentos para escenario 1.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	Retardo	Jitter
1	32	610	4	Bajo	0	.5511 ms	.0561 ms
2	32	610	6	Bajo	0	.5534 ms	.0588 ms
3	32	610	8	Bajo	0	.5545 ms	.0590 ms
4	64	305	4	Bajo	0	.6103 ms	.0544 ms
5	64	305	6	Bajo	0	.6106 ms	.0573 ms
6	64	305	8	Bajo	0	.6183 ms	.0531 ms

La figura 62 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 1.

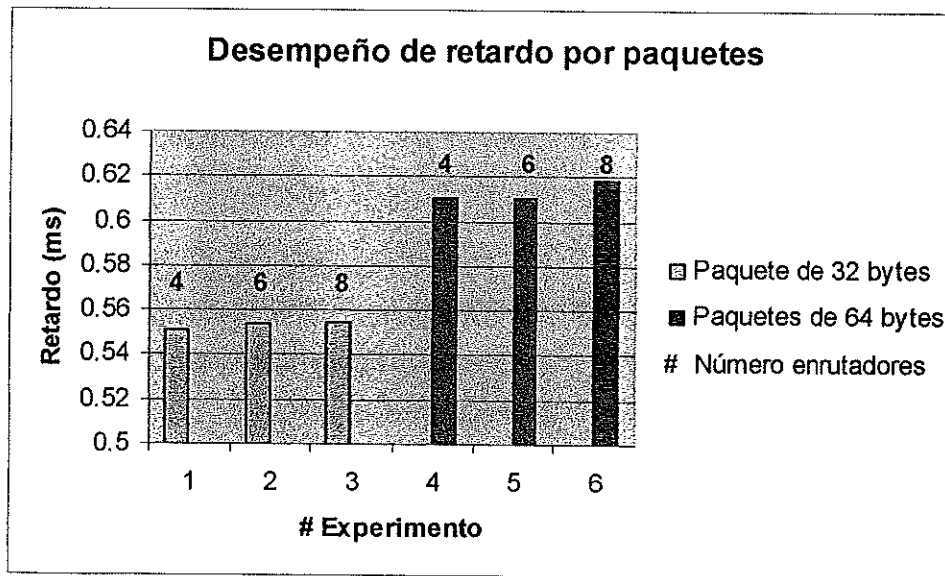


Figura 62. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 1)

6.1.2 Escenario 2 - Redes nivel país/ mejor esfuerzo/congestión baja

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de mejor esfuerzo para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento bajo y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel país.

Tabla XI. Experimentos para escenario 2.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	retardo	Jitter
1	32	610	6	Bajo	0	8.6229 ms	1.5414 ms
2	32	610	11	Bajo	0	8.7142 ms	1.5691 ms
3	32	610	16	Bajo	0	8.7664 ms	1.6519 ms
4	64	305	6	Bajo	0	8.7632 ms	1.4964 ms
5	64	305	11	Bajo	0	8.9895ms	1.5606 ms
6	64	305	16	Bajo	0	9.0443 ms	1.5985 ms

La figura 63 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 2.

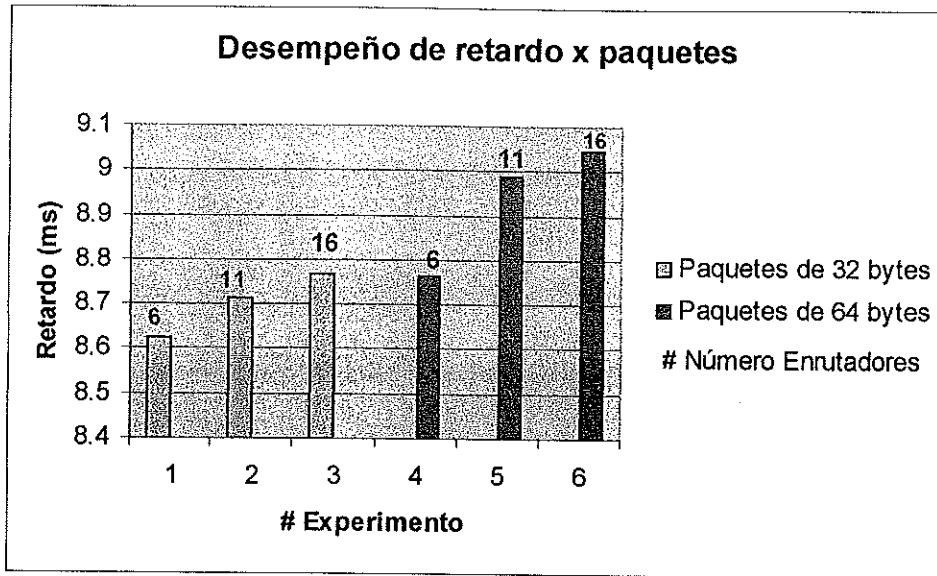


Figura 63. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 2)

6.1.3 Escenario 3 - Redes internacionales/mejor esfuerzo/congestión baja

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de mejor esfuerzo para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento bajo y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel internacional.

Tabla XII. Experimentos para escenario 3.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	retardo	Jitter
1	32	610	8	Bajo	0	60.515 ms	13.490 ms
2	32	610	18	Bajo	0	61.654 ms	13.172 ms
3	32	610	28	Bajo	0	62.099ms	13.563 ms
4	64	305	8	Bajo	0	60.758 ms	12.758 ms

5	64	305	18	Bajo	0	62.034 ms	13.902 ms
6	64	305	28	Bajo	0	62.660 ms	14.095 ms

La figura 64 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 3.

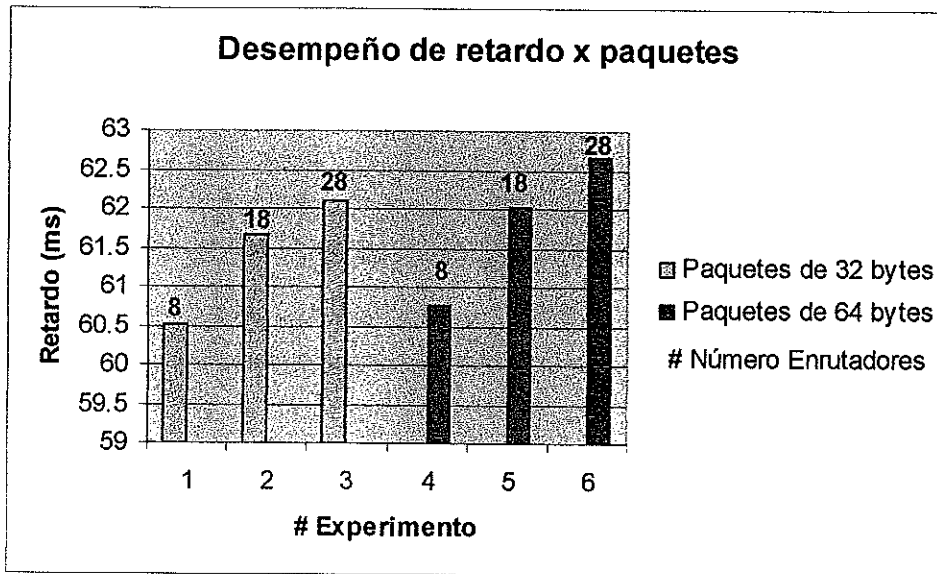


Figura 64. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 3)

6.1.4 Escenario 4 - Redes nivel estado/mejor esfuerzo/congestión media

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de mejor esfuerzo para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento medio y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel estado.

Tabla XIII. Experimentos para escenario 4.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	retardo	Jitter
1	32	610	4	Medio	0	9.9366 ms	.0893 ms
2	32	610	6	Medio	0	11.528 ms	.0896 ms
3	32	610	8	Medio	0	11.629 ms	.0999 ms
4	64	305	4	Medio	0	9.8624 ms	.1194 ms
5	64	305	6	Medio	0	11.393 ms	.1275 ms
6	64	305	8	Medio	0	12.330 ms	.1381 ms

La figura 65 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 4.

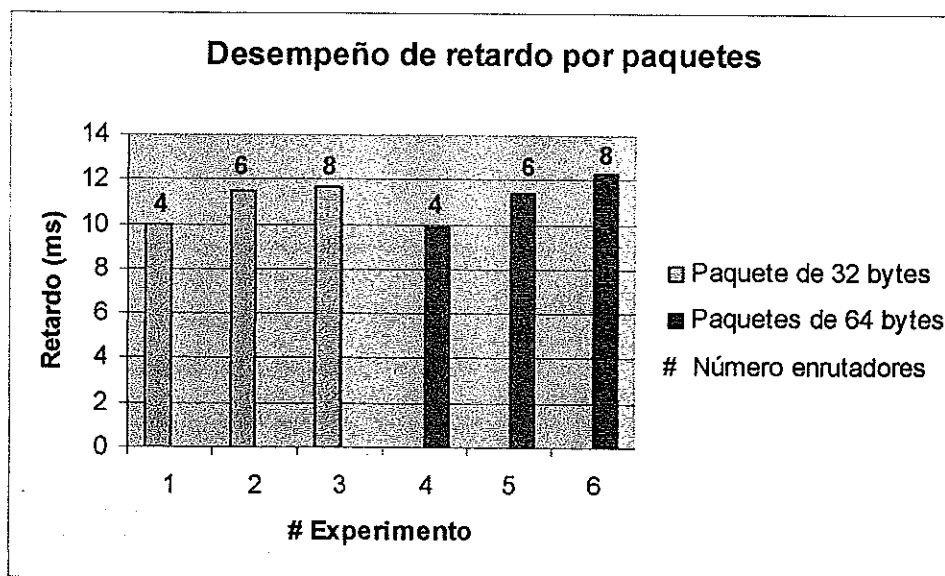


Figura 65. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 4)

6.1.5 Escenario 5 - Redes nivel país/mejor esfuerzo/congestión media

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de mejor esfuerzo para la

transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestión medio y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel país.

Tabla XIV. Experimentos para escenario 5.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	retardo	Jitter
1	32	610	6	Medio	0	19.770 ms	1.6126 ms
2	32	610	11	Medio	0	43.128 ms	1.6292 ms
3	32	610	16	Medio	0	44.357 ms	1.6536 ms
4	64	305	6	Medio	0	19.499 ms	1.4303 ms
5	64	305	11	Medio	0	43.231 ms	1.6579 ms
6	64	305	16	Medio	0	47.203 ms	1.7591 ms

La figura 66 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 5.

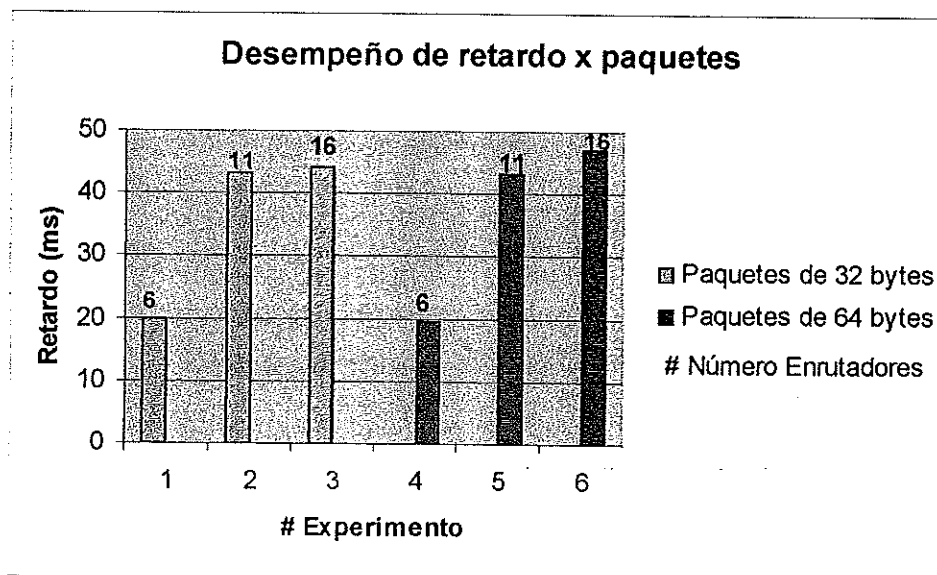


Figura 66. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 5)

6.1.6 Escenario 6 - Redes internacionales/ mejor esfuerzo/congestión media

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de mejor esfuerzo para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento medio y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel internacional.

Tabla XV. Experimentos para escenario 6.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	retardo	Jitter
1	32	610	8	Medio	0	72.779 ms	13.596 ms
2	32	610	18	Medio	0	98.272 ms	13.556 ms
3	32	610	28	Medio	0	110.58 ms	13.622 ms
4	64	305	8	Medio	0	70.635 ms	12.503 ms
5	64	305	18	Medio	0	103.05 ms	13.649 ms
6	64	305	28	Medio	0	110.44 ms	13.695 ms

La figura 67 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 6.

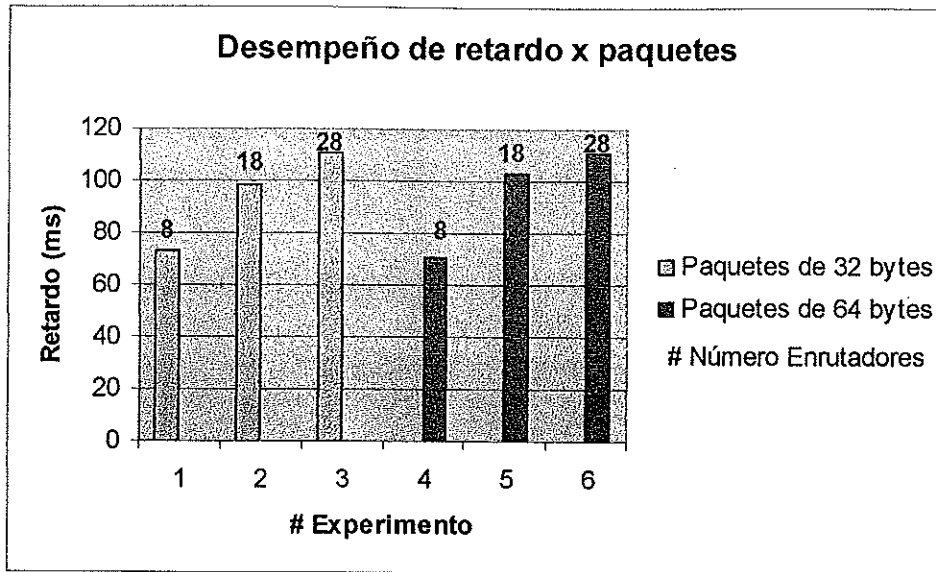


Figura 67. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 6)

6.1.7 Escenario 7 - Redes nivel estado/ mejor esfuerzo/congestión alta

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de mejor esfuerzo para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento alto y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel estado.

Tabla XVI. Experimentos para escenario 7.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	Retardo	Jitter
1	32	610	4	Alto	0	15.243 ms	.1053 ms
2	32	610	6	Alto	0	15.892 ms	.1158 ms
3	32	610	8	Alto	0	17.248 ms	.1215 ms
4	64	305	4	Alto	0	15.548 ms	.1728 ms
5	64	305	6	Alto	0	15.431 ms	.1584 ms

6	64	305	8	Alto	0	16.798 ms	.1809 ms
---	----	-----	---	------	---	-----------	----------

La figura 68 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 7.

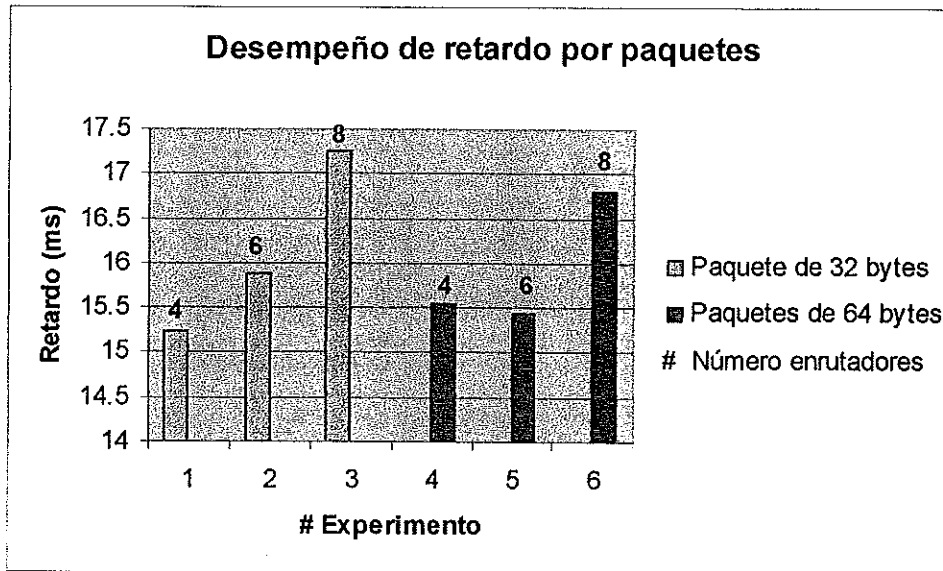


Figura 68. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 7)

6.1.8 Escenario 8 - Redes nivel país/ mejor esfuerzo/congestión alta

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de mejor esfuerzo para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento alto y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel país.

Tabla XVII. Experimentos para escenario 8.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	Retardo	Jitter
1	32	610	6	Alto	0	24.485 ms	1.5657 ms
2	32	610	11	Alto	0	59.661 ms	1.7189 ms
3	32	610	16	Alto	0	64.626 ms	1.6823 ms
4	64	305	6	Alto	0	23.145 ms	1.4627 ms
5	64	305	11	Alto	0	59.674 ms	1.6956 ms
6	64	305	16	Alto	0	65.161 ms	1.8791 ms

La figura 69 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 8.

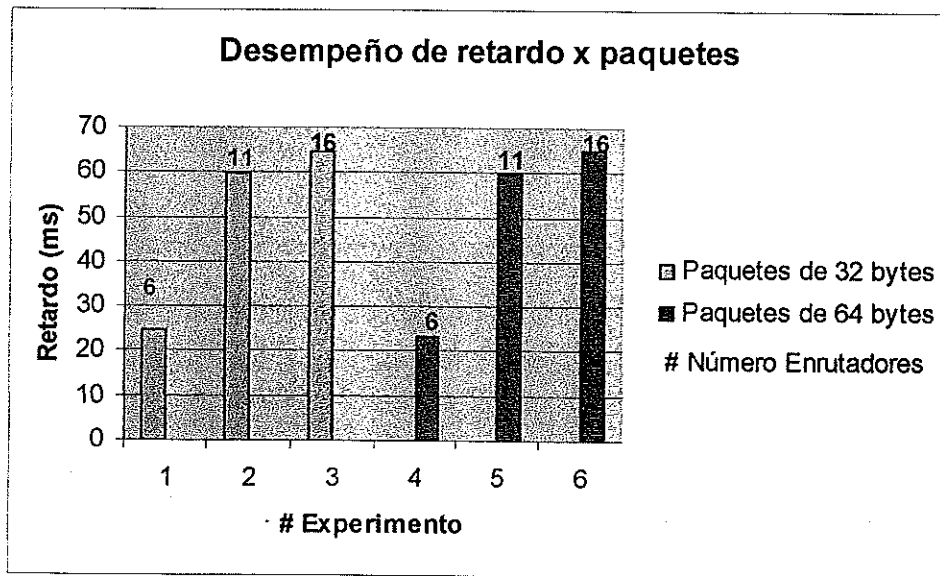


Figura 69. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 8)

6.1.9 Escenario 9 - Redes internacionales/ mejor esfuerzo/congestión alta

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de mejor esfuerzo para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento alto y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel internacional.

Tabla XVIII. Experimentos para escenario 9.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	Retardo	Jitter
1	32	610	8	Alto	0	76.543 ms	13.031 ms
2	32	610	18	Alto	0	118.75 ms	13.744 ms
3	32	610	28	Alto	0	132.00 ms	13.199 ms
4	64	305	8	Alto	0	76.323 ms	12.580 ms
5	64	305	18	Alto	0	118.64 ms	13.567 ms
6	64	305	28	Alto	0	127.31 ms	13.036 ms

La figura 70 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 9.

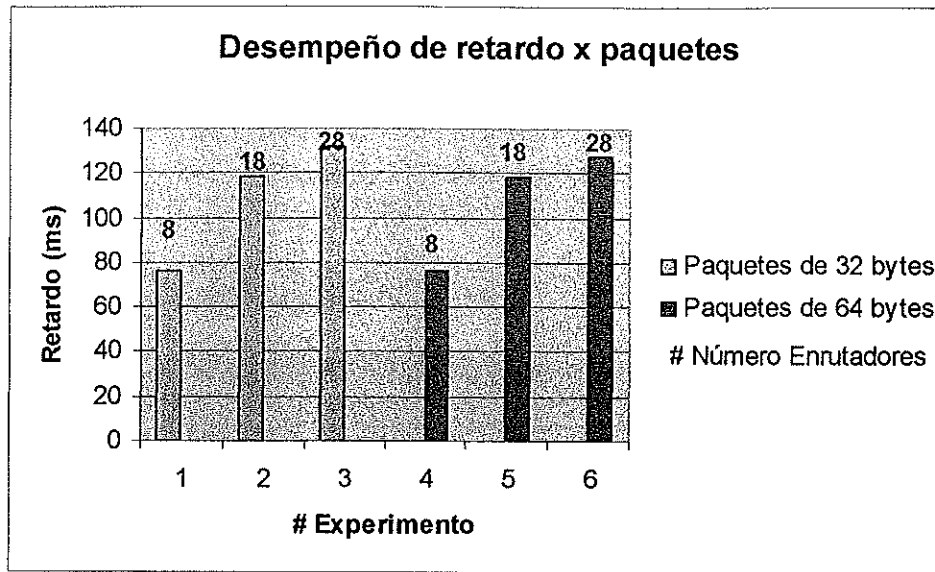


Figura 70. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 9)

6.1.10 Escenario 10– Red nivel estado/diffServ/congestión baja

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de servicios diferenciados para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento bajo y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel estado.

Tabla XIX. Experimentos para escenario 10.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	retardo	Jitter
1	32	610	4	Bajo	0	.5515 ms	.0529 ms
2	32	610	6	Bajo	0	.5539 ms	.0571 ms
3	32	610	8	Bajo	0	.5555 ms	.0567 ms
4	64	305	4	Bajo	0	.6044 ms	.0552 ms

5	64	305	6	Bajo	0	.6132 ms	.0539 ms
6	64	305	8	Bajo	0	.6172 ms	.0558 ms

La figura 71 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 10.

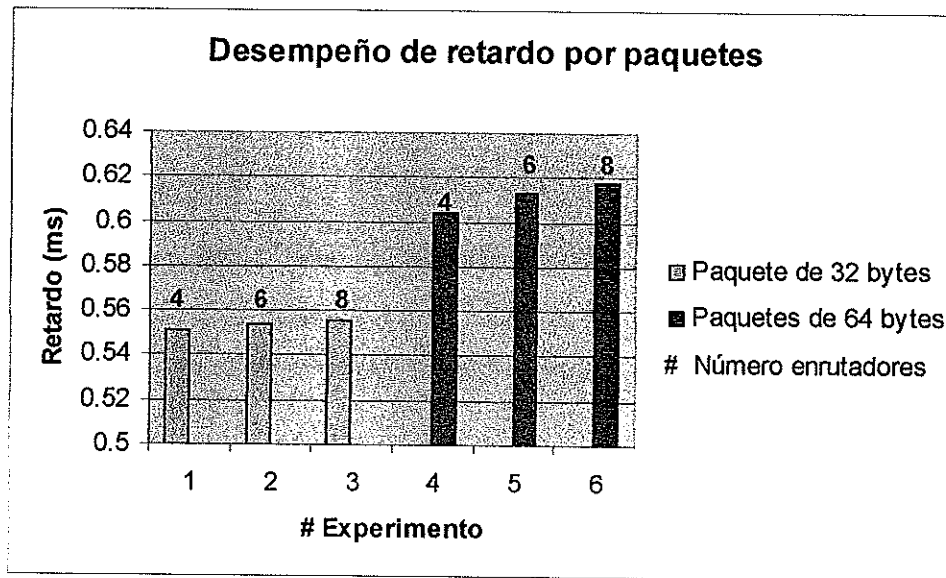


Figura 71. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 10)

6.1.11

6.1.12 Escenario 11 Red nivel país/diffServ/congestión baja.

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de servicios diferenciados para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento bajo y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel país.

Tabla XX. Experimentos para escenario 11.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	retardo	Jitter
1	32	610	6	Bajo	0	8.5958 ms	1.7843 ms
2	32	610	11	Bajo	0	8.7480 ms	1.5365 ms
3	32	610	16	Bajo	0	8.8102 ms	1.6312 ms
4	64	305	6	Bajo	0	8.5591 ms	1.6117 ms
5	64	305	11	Bajo	0	8.9325 ms	1.5185 ms
6	64	305	16	Bajo	0	9.0398 ms	1.6806 ms

La figura 72 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 11.

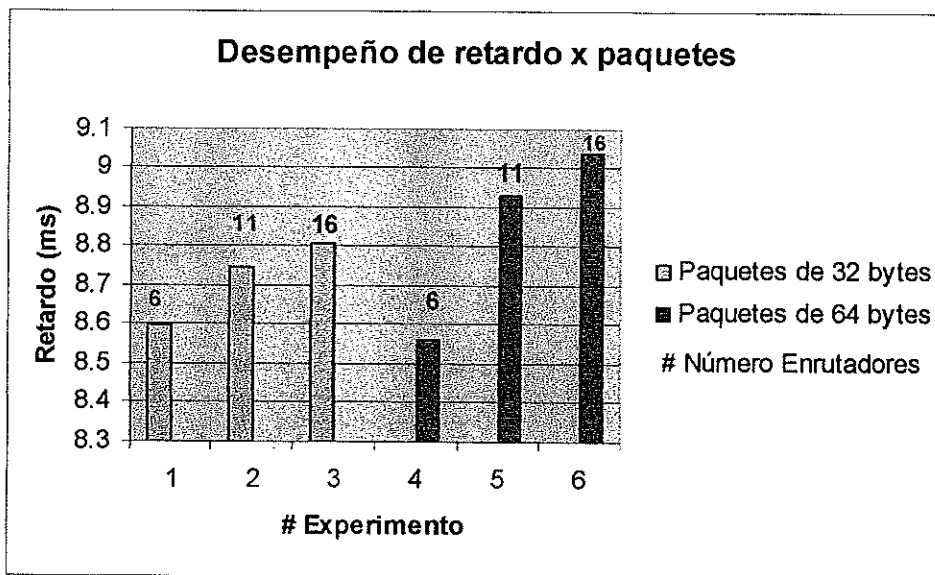


Figura 72. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 11)

6.1.13 Escenario 12 - Redes internacionales/diffServ/congestión baja

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de servicios diferenciados para

la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestión bajo y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel internacional.

Tabla XXI. Experimentos para escenario 11.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	retardo	Jitter
1	32	610	8	Bajo	0	62.715 ms	13.260 ms
2	32	610	18	Bajo	0	61.881 ms	13.700 ms
3	32	610	28	Bajo	0	63.139 ms	12.510 ms
4	64	305	8	Bajo	0	61.179 ms	13.274ms
5	64	305	18	Bajo	0	62.478 ms	13.325 ms
6	64	305	28	Bajo	0	61.715 ms	12.974 ms

La figura 73 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 11.

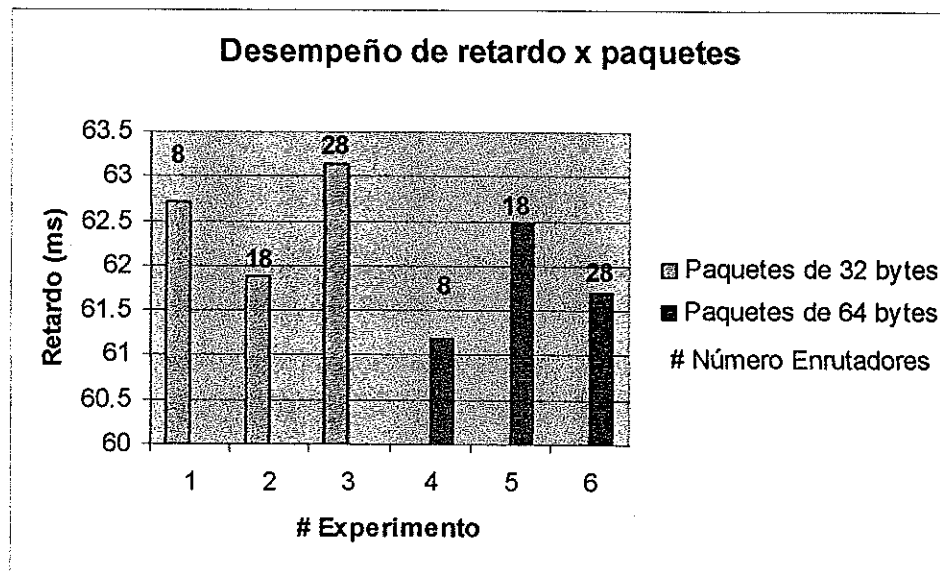


Figura 73. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 12)

6.1.14 Escenario 13 - Red nivel estado/diffServ/Congestión media

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de servicios diferenciados para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestión medio y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel estado.

Tabla XXII. Experimentos para escenario 13.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	retardo	Jitter
1	32	610	4	Medio	0	8.0483 ms	.0654ms
2	32	610	6	Medio	0	8.9843 ms	.0641 ms
3	32	610	8	Medio	0	9.3216 ms	.0654 ms
4	64	305	4	Medio	0	8.7302 ms	.0891 ms
5	64	305	6	Medio	0	9.0573 ms	.0881 ms
6	64	305	8	Medio	0	9.5986 ms	.0925 ms

La figura 74 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 13.

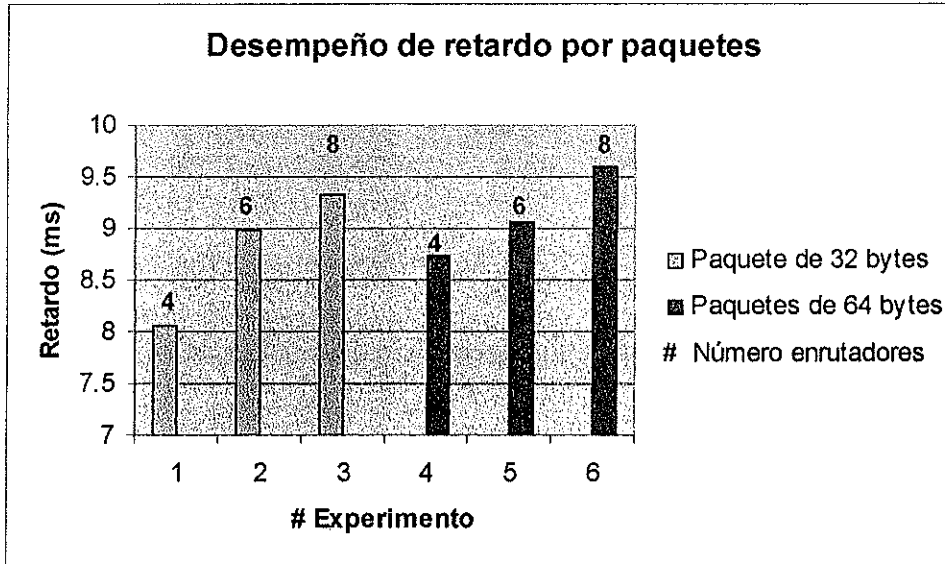


Figura 74. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 13)

6.1.15 Escenario 14 - Red nivel país/diffServ/congestión media

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de servicios diferenciados para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento medio y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel país.

Tabla XXIII. Experimentos para escenario 14.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	retardo	Jitter
1	32	610	6	Medio	0	16.990 ms	1.4715 ms
2	32	610	11	Medio	0	36.287 ms	1.6224 ms
3	32	610	16	Medio	0	39.789 ms	1.6101 ms

4	64	305	6	Medio	0	16.476 ms	1.5108 ms
5	64	305	11	Medio	0	36.759 ms	1.4641 ms
6	64	305	16	Medio	0	39.044 ms	1.6519 ms

La figura 75 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 14.

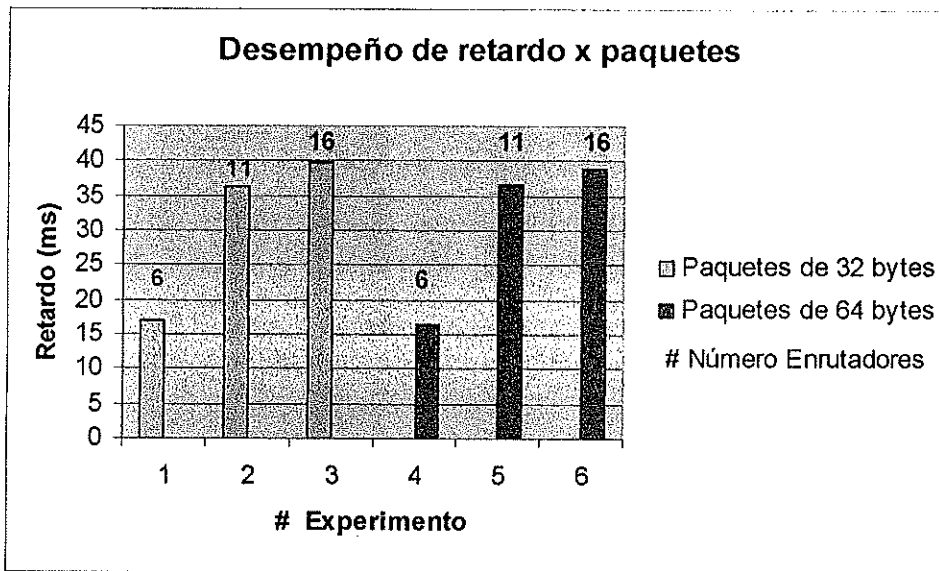


Figura 75. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 14)

6.1.16 Escenario 15 - Red internacional/diffServ/Congestión media

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de servicios diferenciados para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestión medio y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel internacional.

Tabla XXIV. Experimentos para escenario 15.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	retardo	Jitter
1	32	610	8	Medio	0	69.630 ms	13.536 ms
2	32	610	18	Medio	0	89.672 ms	13.348 ms
3	32	610	28	Medio	0	96.903 ms	13.994 ms
4	64	305	8	Medio	0	68.957 ms	12.139 ms
5	64	305	18	Medio	0	92.923 ms	12.193 ms
6	64	305	28	Medio	0	96.827 ms	13.828 ms

La figura 76 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 15.

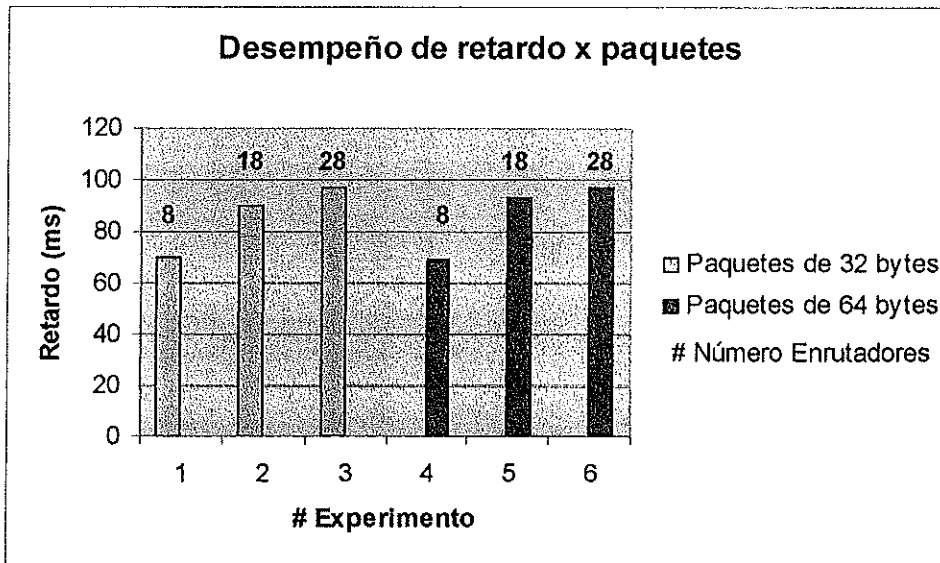


Figura 76. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 15)

6.1.17 Escenario 16 - Red nivel estado/diffServ/congestión alta

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de servicios diferenciados para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento alto y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel estado.

Tabla XXV. Experimentos para escenario 16.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	retardo	Jitter
1	32	610	4	Alto	0	10.539 ms	.0680 ms
2	32	610	6	Alto	0	11.531 ms	.0678 ms
3	32	610	8	Alto	0	12.501 ms	.0699 ms
4	64	305	4	Alto	0	10.462 ms	.0900 ms
5	64	305	6	Alto	0	10.550 ms	.0927 ms
6	64	305	8	Alto	0	11.133 ms	.1008 ms

La figura 77 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 16.

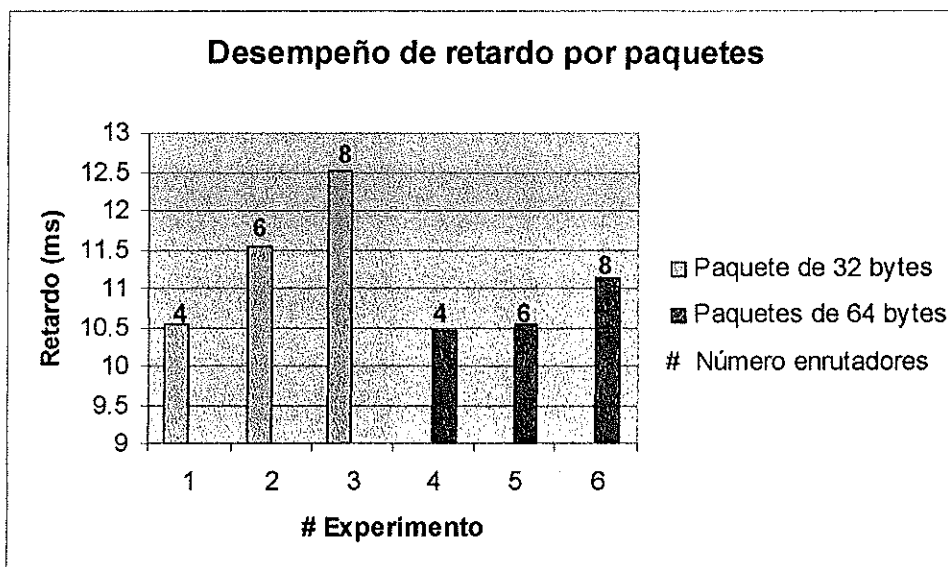


Figura 77. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 16)

6.1.18 Escenario 17 - Red nivel país/diffServ/congestión alta

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de servicios diferenciados para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento alto y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel país.

Tabla XXVI. Experimentos para escenario 17.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	retardo	Jitter
1	32	610	6	Alto	0	19.776 ms	1.5552 ms
2	32	610	11	Alto	0	44.448 ms	1.4730 ms
3	32	610	16	Alto	0	45.192 ms	1.5621 ms
4	64	305	6	Alto	0	19.504 ms	1.5334 ms
5	64	305	11	Alto	0	43.224 ms	1.5600 ms
6	64	305	16	Alto	0	45.508 ms	1.6432 ms

La figura 78 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 17.

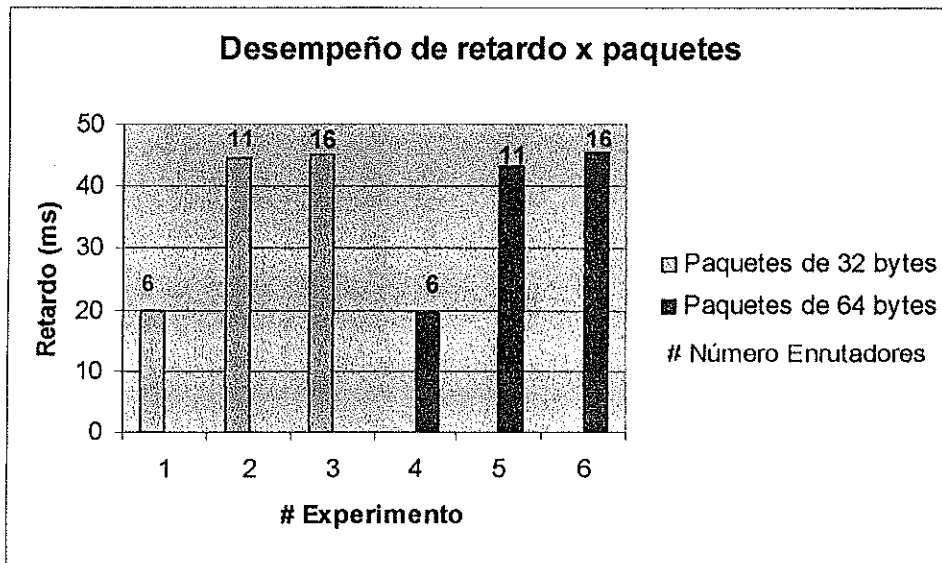


Figura 78. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 17)

6.1.19 Escenario 18 - Red internacional/diffServ/congestión alta

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 19 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de servicios diferenciados para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento alto y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 32 y 64 bytes entre redes de nivel internacional.

Tabla XXVII. Experimentos para escenario 18.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	Retardo	Jitter
1	32	610	8	Alto	0	72.881 ms	13.031 ms
2	32	610	18	Alto	0	103.59 ms	13.676 ms
3	32	610	28	Alto	0	110.46 ms	12.610 ms
4	64	305	8	Alto	0	71.292 ms	13.693ms
5	64	305	18	Alto	0	99.922 ms	13.375 ms
6	64	305	28	Alto	0	111.21 ms	12.641 ms

6.1.20

La figura 79 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 18.

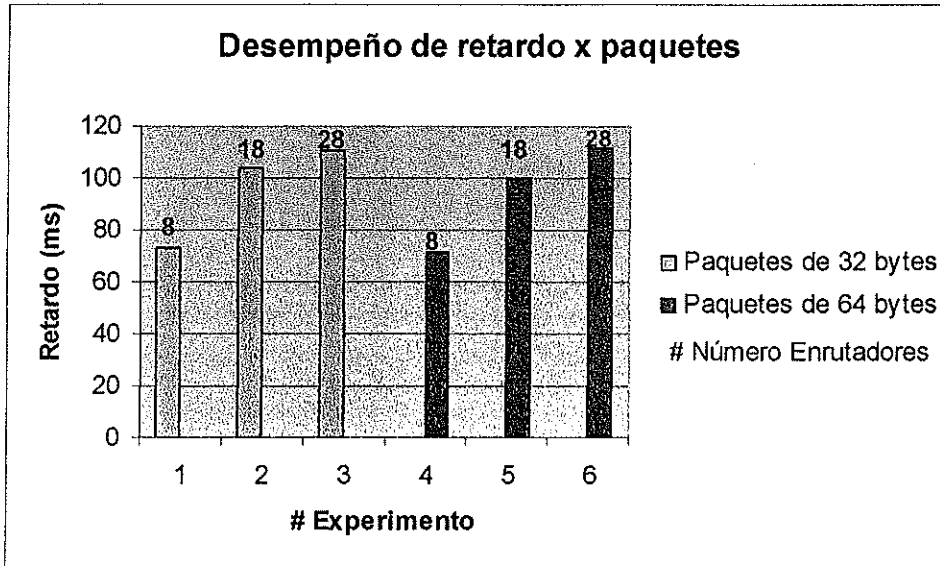


Figura 79. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 18)

6.1.21 Escenario 19 - Red estatal/mejor esfuerzo

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 31 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de mejor esfuerzo para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento bajo, medio y alto y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 64 bytes entre redes de nivel estado.

Tabla XXVIII. Experimentos para escenario 19.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	Retardo	Jitter
1	64	494	4	Bajo	0	.6097 ms	.0527 ms
2	64	494	8	Bajo	0	.6210 ms	.0620 ms
3	64	494	4	Medio	0	16.923 ms	.1441 ms

4	64	494	8	Medio	0	18.415 ms	.1514 ms
5	64	494	4	Alto	62	18.801 ms	.1488 ms
6	64	494	8	Alto	69	21.534 ms	.1570 ms

La figura 80 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 19.

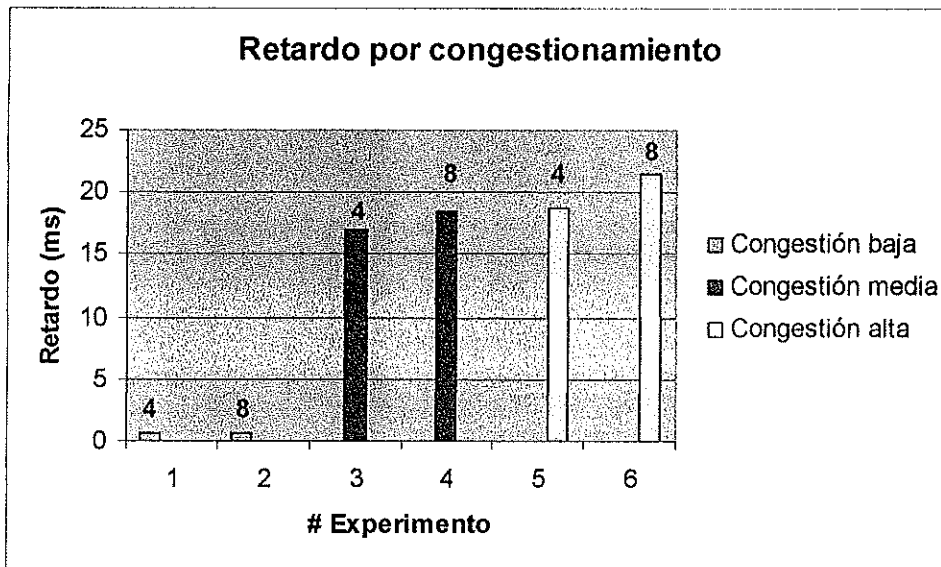


Figura 80. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 19)

6.1.22 Escenario 20 - Red nivel país/mejor esfuerzo

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 31 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de mejor esfuerzo para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento bajo, medio y alto y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 64 bytes entre redes de nivel país.

Tabla XXIX. Experimentos para escenario 20.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número de Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	Retardo	Jitter
1	64	494	6	Bajo	0	8.6726 ms	1.5558 ms
2	64	494	16	Bajo	0	8.9932 ms	1.6487 ms
3	64	494	6	Medio	0	26.040ms	1.5613 ms
4	64	494	16	Medio	0	68.266 ms	1.6334 ms
5	64	494	6	Alto	68	25.791 ms	1.3137 ms
6	64	494	16	Alto	82	79.739ms	1.7553 ms

La figura 81 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 20.

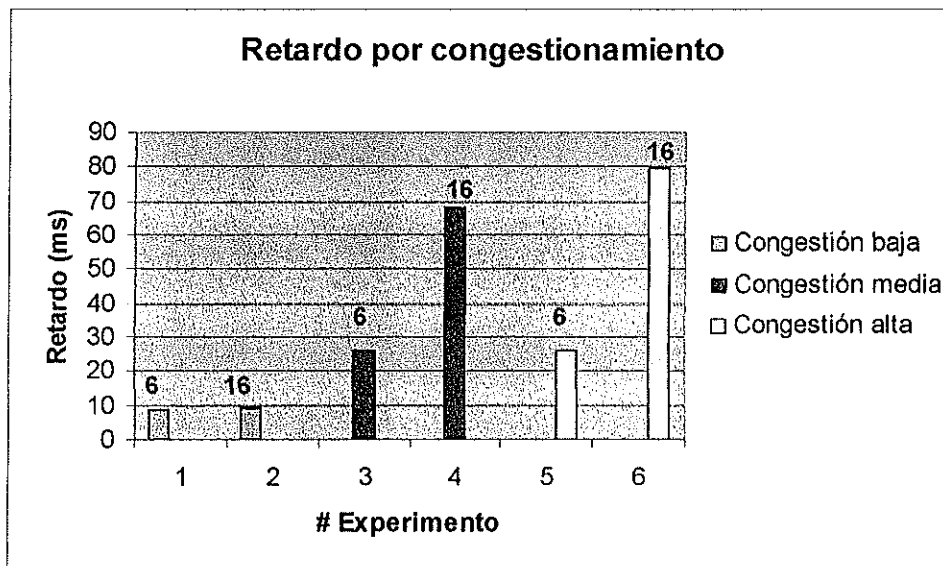


Figura 81. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 20)

6.1.23 Escenario 21 - Redes internacionales/ mejor esfuerzo

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 31 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de mejor esfuerzo para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestión bajo, medio y alto y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 64 bytes entre redes de nivel internacional.

Tabla XXX. Experimentos para escenario 21.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	Retardo	Jitter
1	64	494	14	Bajo	0	62.102 ms	14.536 ms
2	64	494	28	Bajo	0	61.846 ms	14.063 ms
3	64	494	14	Medio	0	118.09 ms	13.996 ms
4	64	494	28	Medio	0	140.80 ms	14.364 ms
5	64	494	14	Alto	73	121.86 ms	11.020 ms
6	64	494	28	Alto	69	144.65 ms	11.090 ms

La figura 82 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 21.

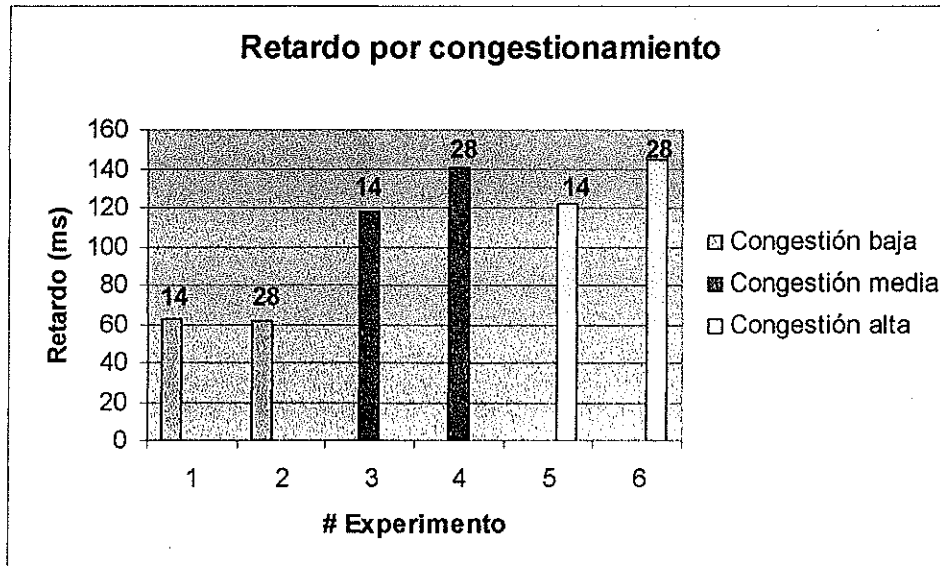


Figura 82. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 21)

6.1.24 Escenario 22 - Red estatal/diffServ

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 31 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de servicios diferenciados para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento bajo, medio y alto y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 64 bytes entre redes de nivel estado.

Tabla XXXI. Experimentos para escenario 22.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	Retardo	Jitter
1	64	494	4	Bajo	0	.6076 ms	.0569 ms
2	64	494	8	Bajo	0	.6224 ms	.0563 ms
3	64	494	4	Medio	0	12.065 ms	.0856 ms

4	64	494	8	Medio	0	14.951 ms	.0910 ms
5	64	494	4	Alto	0	17.361 ms	.0913 ms
6	64	494	8	Alto	0	20.187 ms	.0983 ms

La figura 83 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 22.

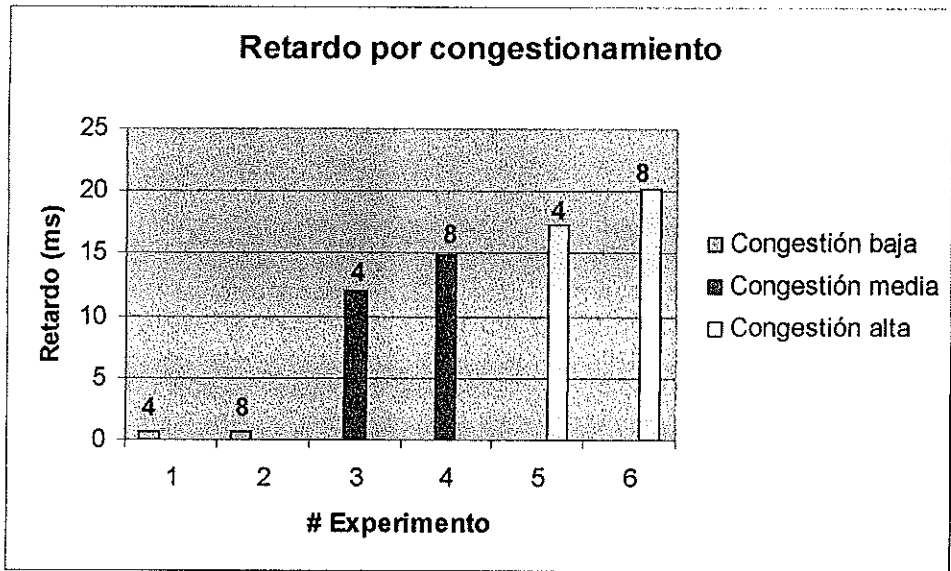


Figura 83. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 22)

6.1.25 Escenario 23 - Red nivel país/diffServ

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 31 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de servicios diferenciados para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestionamiento bajo, medio y alto y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 64 bytes entre redes de nivel país.

Tabla XXXII. Experimentos para escenario 23.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	Retardo	Jitter
1	64	494	6	Bajo	0	8.7815 ms	1.6778 ms
2	64	494	16	Bajo	0	9.0256 ms	1.6015 ms
3	64	494	6	Medio	0	22.277 ms	1.6753 ms
4	64	494	16	Medio	0	55.503 ms	1.6609ms
5	64	494	6	Alto	0	25.723 ms	1.6615 ms
6	64	494	16	Alto	0	74.401 ms	1.6159 ms

La figura 84 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 23.

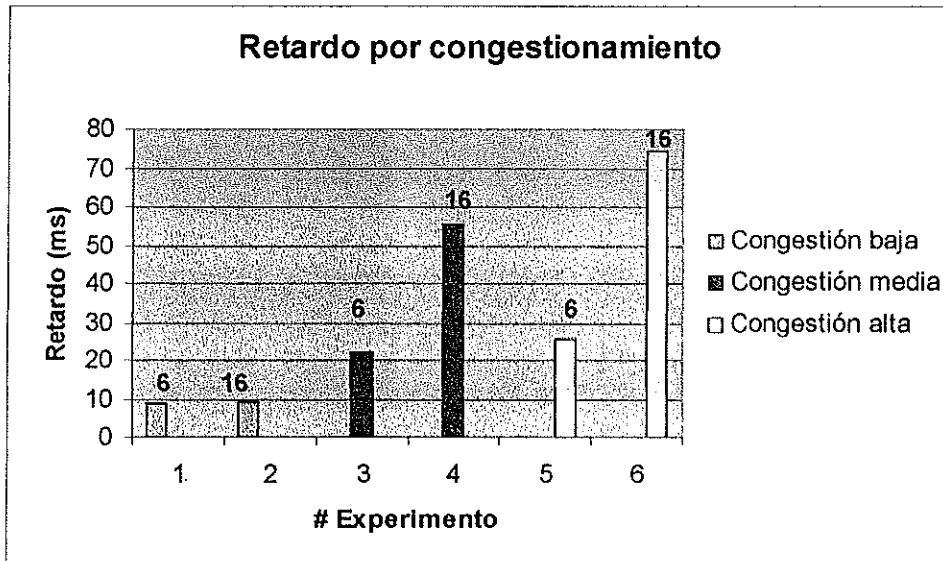


Figura 84. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 23)

6.1.26 Escenario 24 - Redes internacional/diffServ

Este escenario consiste en simular el transporte de un archivo de 31 KB a través de redes de cómputo que utilizan el mecanismo de servicios diferenciados para la transmisión de paquetes. Las condiciones de la red para este escenario son las siguientes: nivel de congestión bajo, medio y alto y tamaño de buffer de 20 KB. El objetivo de este experimento es analizar los efectos de la transmisión de paquetes de 64 bytes entre redes de nivel internacional.

Tabla XXXIII. Experimentos para escenario 24.

# de prueba	Tamaño de Paquetes (Bytes)	Número de Paquetes	Número Enrutadores	Nivel de congestión	# de paquetes Perdidos	Retardo	Jitter
1	64	494	14	Bajo	0	61.359 ms	12.463 ms
2	64	494	28	Bajo	0	62.100 ms	13.146ms
3	64	494	14	Medio	0	110.60 ms	14.371 ms
4	64	494	28	Medio	0	117.14 ms	13.790 ms
5	64	494	14	Alto	0	126.88 ms	13.174 ms
6	64	494	28	Alto	0	139.64 ms	13.878 ms

La figura 85 muestra el retardo promedio extremo a extremo correspondiente a los experimentos realizados al escenario 24.

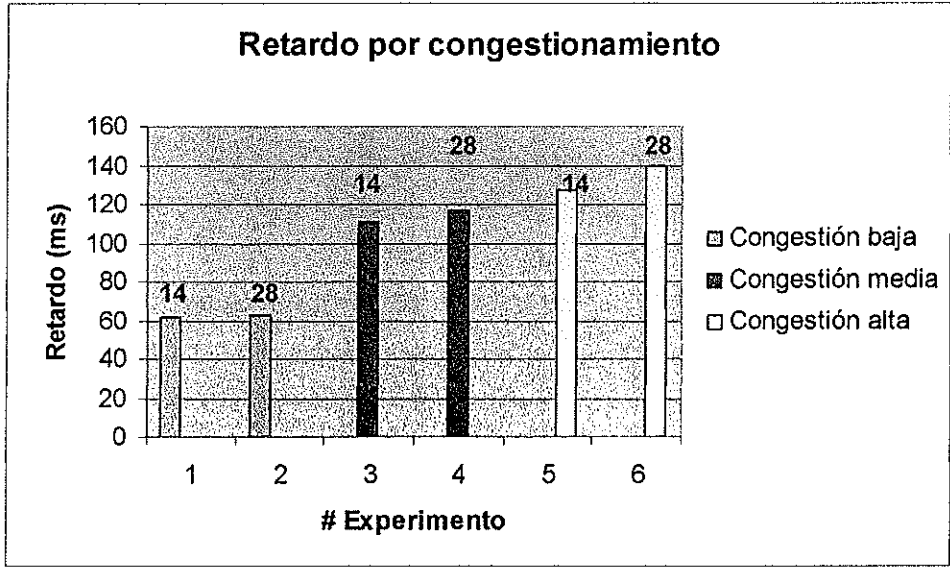


Figura 85. Retardo promedio extremo a extremo de experimentos (escenario 24)

7 Análisis y discusión de Resultados

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos a partir los escenarios generados a través del uso de la herramienta de simulación en el capítulo anterior. La simulación consistió de 24 escenarios (12 escenarios modelados a través del mecanismo de mejor esfuerzo y 12 modelados a través del mecanismo de servicios diferenciados), a los cuales se les realizaron una serie de experimentos con diferentes condiciones en la red.

Antes de iniciar con el análisis de resultados, es necesario destacar que la calidad de servicio durante una transmisión en las redes de cómputo se ve influida por varios parámetros, éstos suelen ser el nivel de congestión, distancia extremo a extremo, capacidad de transmisión en enrutadores, tamaño en los buffers de los enrutadores, velocidades de transmisión en cables, y por supuesto, el mecanismo de calidad de servicio ofrecido por las redes de cómputo. Todos y cada uno de los experimentos realizados involucran el análisis de los efectos de la calidad de transmisión en base a los parámetros mencionados anteriormente.

Además es necesario recalcar que el número de enrutadores que intervienen en la simulación depende de la zona geográfica en la que se realiza la transmisión, así como la distancia entre extremo a extremo, ambas generadas aleatoriamente por el simulador.

Otro aspecto de gran importancia a considerar es la capacidad de enlace de los enrutadores. La herramienta de simulación permite manejar hasta 28 enrutadores, a los cuales se le puede especificar cierta capacidad de enlace, las

cuales son de: 2 Mbps, 10 Mbps, 34 Mbps, 100 Mbps, 155 Mbps, 622 Mbps, 1000 Mbps y 1200 Mbps. Es necesario tener en cuenta que todos los experimentos realizados a los escenarios cuentan con las capacidades de enlace por omisión en los 28 enrutadores existentes en la herramienta de simulación, esto con el fin de comparar los distintos experimentos realizados bajo diferentes condiciones. A continuación se brindan las capacidades de enlace por omisión de cada uno de los enrutadores.

Tabla XXXIV. Capacidades por omisión de enrutadores.

# de Enrutador	Capacidad del enlace (Mbps)
1	10
2	10
3	100
4	100
5	155
6	1000
7	100
8	155
9	2
10	34
11	155
12	155
13	34
14	155
15	622
16	622
17	155
18	34

19	155
20	34
21	622
22	155
23	1000
24	1000
25	1000
26	100
27	100
28	10

Aparte de la capacidad de enlace de los enrutadores, el tamaño de los buffers en los enrutadores juega un papel muy importante, ya que pueden generar la pérdida de paquetes si éstos no tienen la capacidad de almacenar el flujo de paquetes que llegan. Hay que tener en cuenta que la herramienta de simulación maneja tamaños de buffers de 20 KBytes, 30 KBytes, 40 KBytes y 50 KBytes.

7.1 Análisis de Resultados

Una vez que se han considerado los aspectos que influyen en desempeño de los experimentos realizados a los escenarios descritos anteriormente, se procede con el análisis de resultados.

7.1.1 Análisis de experimentos a escenario 1 - Redes nivel estado/mejor esfuerzo/congestión baja

Como se mencionó anteriormente el escenario 1 consiste en transmitir un paquete de voz a través de una red que brinda sus servicios mediante del

mecanismo de mejor esfuerzo (ver descripción del escenario en capítulo anterior). En cada uno de los experimentos de este escenario se modeló el transporte de tráfico a través de 4, 6 y 8 enrutadores con un nivel de congestión bajo, en una zona de nivel estado.

En la tabla X de resultados de este escenario se puede observar que no hubo pérdidas de paquetes para ninguno de los experimentos, esto se debe a que las condiciones de la red, tales como memoria en los buffers, capacidad de enlace, nivel de congestión especificado y tamaño del archivo transmitido, no permitieron más paquetes de los que se pueden ser atendidos por los enrutadores. Por otra parte, en la figura 62 se puede observar que entre más enrutadores intervienen en la transmisión, la cantidad de retardo extremo a extremo tiende a aumentar.

Analizando la prueba 1 y 4 del escenario 1 (ver figura 62), en la prueba 1 se transmitieron 610 paquetes de 32 bytes, obteniendo un retardo promedio por paquete de .5511 ms, mientras que en la prueba 4 se transmitieron 305 paquetes de 64 bytes. Esto generó un retardo de .6103 ms, ahora bien, ¿por qué la diferencia de retardos? , si se pasó por la misma cantidad de enrutadores, esto puede generarse por diferentes razones (tamaño de los paquetes, congestión existente y/o la distancia entre enrutadores dentro de la misma zona geográfica.). Se debe tener en cuenta que entre más pequeño sea el tamaño del paquete, éste será transmitido más rápido, aunque también el tamaño del archivo siendo transmitido generaría mayor número de paquetes.

7.1.2 Análisis de experimentos a escenario 2 - Redes nivel país/ mejor esfuerzo/congestión baja

Al igual que el escenario 1, este escenario consiste en transmitir un paquete de voz a través de una red que brinda sus servicios mediante del mecanismo de

mejor esfuerzo (ver descripción del escenario en capítulo anterior), a diferencia del escenario 1 en este escenario se modeló el transporte de tráfico a través de 6, 11 y 16 enrutadores con un nivel de congestión bajo, en una zona nivel país.

En estos experimentos realizados a este escenario, los cuales son presentados en la tabla XI se puede observar que el nivel de congestión no es lo suficientemente grande como para que los enrutadores no sean capaces de manejar el flujo de los paquetes recibidos.

Analizando la prueba 2 del escenario 1 y la prueba 1 del escenario 2, la gráfica 86 ilustra el desempeño en el retardo extremo a extremo de la prueba 2 del escenario 1 y la prueba 2 del escenario 2.

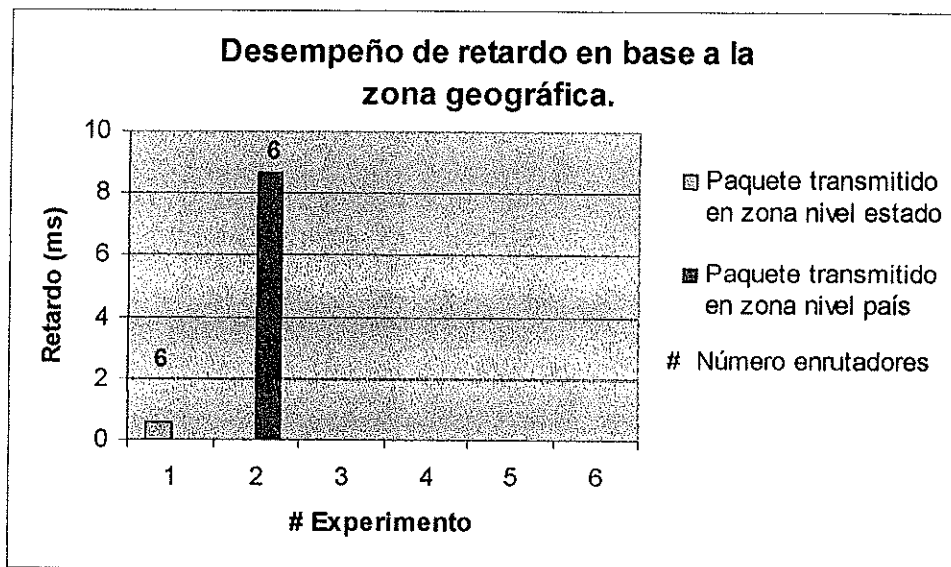


Figura 86. Comparación del desempeño en el retardo extremo a extremo de la prueba 2 del escenario 1 y de la prueba 2 del escenario 2.

Con la finalidad de ver los efectos que se generan en base a la zona de transmisión involucrada, se realiza el análisis de la gráfica 86. En ambas pruebas se transmitieron 610 paquetes de 32 bytes a través de 6 enrutadores, en el caso

de la prueba 2 del escenario 1 se transmitió en una zona de nivel estado, mientras que en la prueba 1 del escenario 2 se transmitió en una zona de nivel país, los retardos obtenidos fueron .5534 ms y 8.6229 ms respectivamente. Estos resultados indican que el desempeño en los parámetros de calidad de servicio se ven influidos por la zona de transmisión debido a que aumenta la distancia entre extremos, así como el número de enrutadores participantes en la transmisión podría aumentar, lo cual añade más retardo a la transmisión.

Además, en la figura 63 se muestran los retardos extremo a extremo generados mediante los experimentos realizados a este escenario, se puede constatar que entre más enrutadores intervienen en la transmisión, la cantidad de retardo extremo a extremo tiende a incrementar.

7.1.3 Análisis de experimentos a escenario 3 - Redes internacionales/mejor esfuerzo/congestión baja

Este escenario consistió en transmitir un paquete de voz a través de una red que brinda sus servicios mediante del mecanismo de mejor esfuerzo (ver descripción de escenario en capítulo anterior). Este escenario modela el transporte de tráfico a través de 8, 18 y 28 enrutadores con un nivel de congestionamiento bajo, en una zona nivel Internacional.

Con la finalidad de conocer los efectos durante una transmisión a través de diferentes zonas geográficas, a partir de las figuras 63 y 64 se generó una gráfica comparativa del desempeño del retardo extremo a extremo entre los experimentos que involucran el envío de paquetes de 32 bytes de los escenarios 2 y 3.

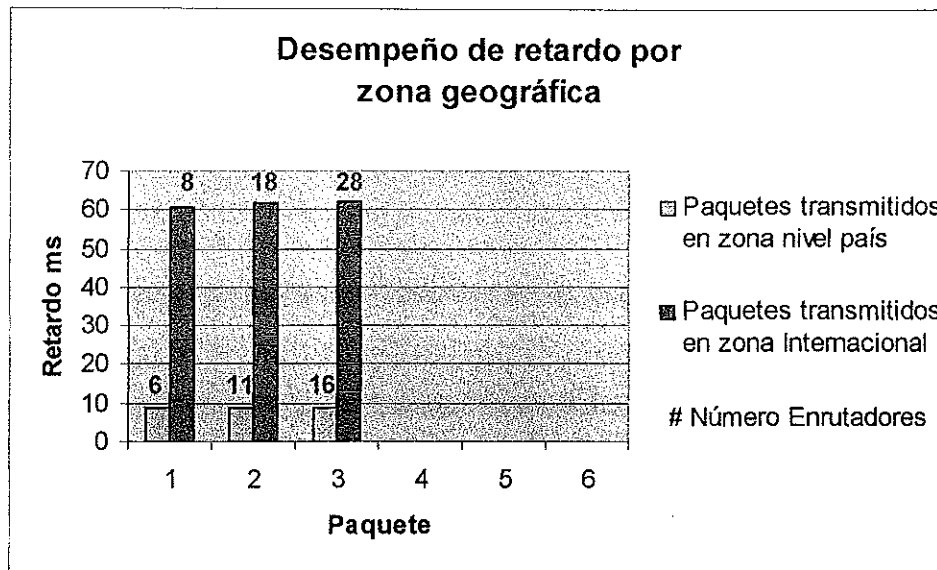


Figura 87. Gráfica comparativa del desempeño de retardo obtenido mediante los escenarios 2 y 3.

Cabe señalar que en este experimento se cuenta con el mismo nivel de congestión en los escenarios 2 y 3. Sin embargo, en el análisis de la gráfica 87 se puede observar fácilmente que los retardos de extremo a extremo obtenidos por la transmisión en una zona de nivel internacional es mucho mayor a la experimentada en una transmisión de nivel país. Esto se debe a que la distancia entre extremos es mayor y el número de enrutadores involucrados tiende a ser mayor, por tal razón el retardo sufre un incremento.

7.1.4 Análisis de experimentos a escenario 4 - Redes nivel estado/mejor esfuerzo/congestión media

Este escenario consistió en transmitir un paquete de voz a través de una red que brinda sus servicios mediante del mecanismo de mejor esfuerzo (ver descripción de escenario en capítulo anterior). Este escenario modela el transporte de tráfico a través de 4, 6 y 8 enrutadores con un nivel de congestionamiento medio, en una zona a nivel estado.

Con la finalidad de ver los efectos en el desempeño de los parámetros de calidad de servicio en base al nivel de congestión, se analizan los resultados obtenidos de la prueba 1 del escenario 1 (ver tabla X) en comparación a los obtenidos mediante la prueba 1 del escenario 4 (ver tabla XIII). En ambos escenarios se cuenta con las mismas zonas de transmisión, tamaño de paquete y números de enrutadores involucrados, las diferencias entre estos dos escenarios es el nivel de congestión especificado. Analizando los resultados de ambos escenarios se ve que para la prueba 1 del escenario 1 se obtuvo un retardo de extremo a extremo de .1511 y una variación de retardo de .0566, mientras que en la prueba 1 del escenario 4 se obtuvo un retardo extremo a extremo de 9.9366 ms y una variación entre retardos de .0893 ms. Si se presta atención a los parámetros de calidad de servicio, éstos se vieron afectados por el congestión. De aquí la necesidad de utilizar mecanismos de calidad de servicio que le den mayor probabilidad de entrega a este tipo de tráfico en situaciones de congestión excesivo, lo que puede ocasionar la pérdida de paquetes de voz.

7.1.5 Análisis de experimentos a escenario 5 - Redes nivel país/mejor esfuerzo/congestión media

Este escenario consistió en transmitir un paquete de voz a través de una red que brinda sus servicios mediante del mecanismo de mejor esfuerzo (ver descripción en capítulo anterior). Este escenario modela el transporte de tráfico a través de 6, 11 y 16 enrutadores con un nivel de congestión medio, en una zona nivel país.

Prestando atención en los resultados obtenidos en la tabla XIV, así como en los resultados de los escenarios anteriores, se puede observar que el retardo extremo a extremo generado por los experimentos en base al tamaño del paquete tienden

a ser menores con paquetes de menor tamaño. Esta situación se puede ver fácilmente observando la prueba 3 del escenario 5 en comparación con la prueba 6 del mismo escenario (ver figura 66), en las cuales se obtienen retardos extremo a extremo de 44.357 ms y 47.203 ms respectivamente. Por los distintos parámetros que influyen en la simulación habría que realizar un análisis más profundo para asegurar esta situación, lo que si se puede asegurar es que si hay pérdidas de paquetes con paquetes de tamaño menor durante una transmisión, la calidad de la voz será mejor que si se pierden la misma cantidad de paquetes de tamaño mayor.

7.1.6 Análisis de experimentos a escenario 6 - Redes internacionales/ mejor esfuerzo/congestión media

Este escenario consiste en transmitir un paquete de voz a través de una red que brinda sus servicios mediante del mecanismo de mejor esfuerzo (ver descripción de escenario en capítulo anterior). Este escenario modela el transporte de tráfico a través de 8, 18 y 28 enrutadores con un nivel de congestiónamiento medio, en una zona de nivel internacional.

Este escenario permite reafirmar que el nivel de congestiónamiento afecta el desempeño de los parámetros de calidad de servicio. Esto se puede observar analizando los resultados de los experimentos del escenario 3 en la tabla XII con los experimentos del escenario 6 en la tabla XV. En el escenario 3, el cual maneja congestiónamiento bajo, se puede observar que el retardo extremo a extremo obtenido promedio de todos los experimentos es de 61.62 ms. Por otro lado, en el escenario 6, el cual maneja las mismas condiciones en la red, pero con congestiónamiento medio, se observa que el retardo extremo a extremo promedio de todos los experimentos obtenido es 94.29 ms.

7.1.7 Análisis de experimentos a escenario 7 - Redes nivel estado/ mejor esfuerzo/congestión alta

Este escenario consistió en transmitir un paquete de voz a través de una red que brinda sus servicios mediante del mecanismo de mejor esfuerzo (ver descripción de escenario en capítulo anterior). Este escenario modela el transporte de tráfico a través de 4 y 8 enrutadores con un nivel de congestionamiento alto en una zona nivel estado.

Mediante la tabla XVI de resultados de los experimentos realizados a este escenario se analiza la variación de retardos obtenidos en comparación con las tablas X y XIII de resultados de los experimentos de los escenarios 1 y 4 respectivamente. Estos escenarios comparten las mismas condiciones de red, a diferencia en el nivel de congestionamiento generado por los distintos escenarios, por lo que corresponde al escenario 1 maneja nivel de congestionamiento bajo, el nivel de congestionamiento para el escenario 4 es medio, mientras que para el escenario 7 el nivel de congestionamiento es alto. Si se analizan las variaciones de los retardos de estos escenarios, vemos que para el escenario 1 obtenemos un promedio en la variación de .05645 ms, para el escenario 4 un promedio en la variación de .1106 ms y para este escenario un promedio en la variación de .14245 ms, lo que indica que entre mayor congestionamiento en la red, habrá mayor variación entre retardos.

7.1.8 Análisis de experimentos a escenario 10 – Red nivel estado/diffServ/ congestión baja

El escenario 10 consiste en transmitir un paquete de voz a través de una red que brinda sus servicios mediante del mecanismo de servicios diferenciados (ver descripción del escenario en capítulo anterior). En cada uno de los experimentos de este escenario se modeló el transporte de tráfico a través de 4, 6 y 8

enrutadores con un nivel de congestión bajo, en una zona de nivel estado.

Debido a que el mecanismo de servicios diferenciados brinda los medios para priorizar diferentes tipos de tráfico, es de gran interés analizar el comportamiento de este mecanismo ante situaciones en que el nivel de congestión es prácticamente nulo. Con ese objetivo en mente, a continuación se muestran gráficas comparativas del desempeño obtenido por los experimentos del escenario 1 con los desempeño de los experimentos de éste escenario. Cabe señalar que las condiciones de tráfico de ambos escenarios son las mismas, lo que varía es el mecanismo utilizado para el transporte. En el escenario 1 se utiliza el mecanismo de mejor esfuerzo, mientras que en el escenario (escenario 10) se utiliza el mecanismo de servicios diferenciados.

La siguiente gráfica muestra una comparación en el desempeño del retardo extremo a extremo entre los experimentos que involucran el envío de paquetes de 32 bytes de los escenarios 1 y 10.

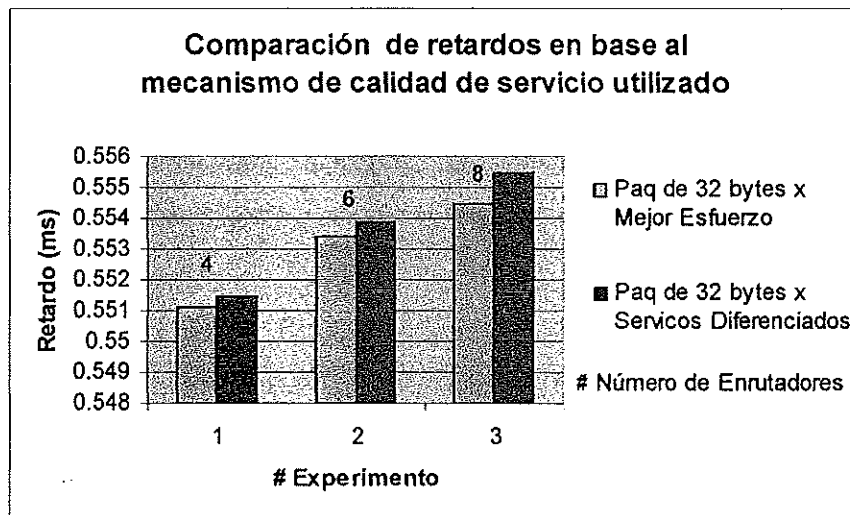


Figura 88. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 1 y 10 (paq de 32 bytes).

En la gráfica 89 se muestra una comparación en el desempeño del retardo extremo a extremo entre los experimentos que involucran el envío de paquetes de 64 bytes de los escenarios 1 y 10.

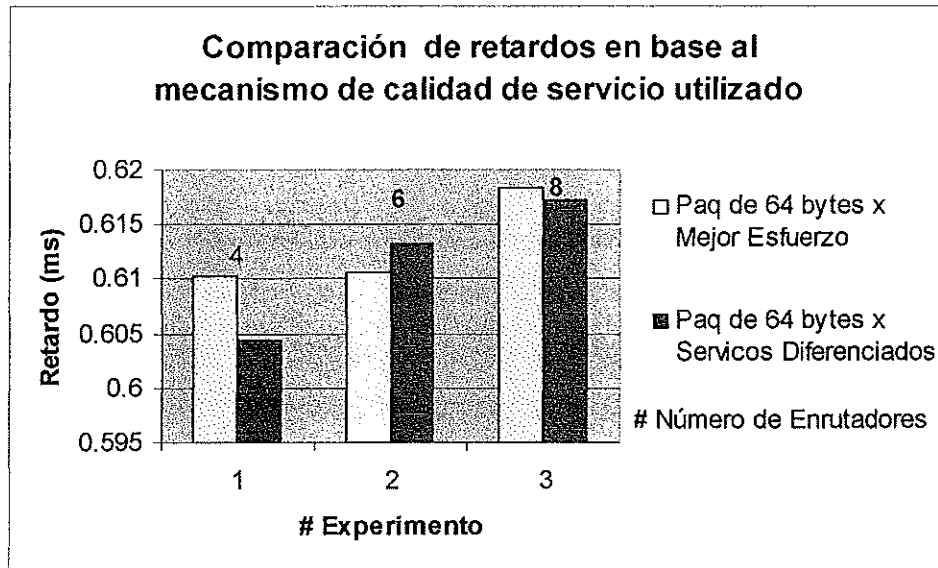


Figura 89. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 1 y 10 (paq de 64 bytes).

En base a las gráficas anteriores se puede observar que el desempeño del retardo extremo a extremo de cada una de las pruebas de ambos escenarios son muy similares e incluso parecería que se está utilizando el mismo mecanismo. Esto se debe a que el mecanismo de servicios diferenciados obtiene un desempeño similar que el de mejor esfuerzo en casos donde prácticamente no existe otro tipo de tráfico.

7.1.9 Análisis de experimentos a los escenario 11 y 12- Red nivel país e internacional/diffServ/congestión baja

Los escenarios 11 y 12 consisten en transmitir un paquete de voz a través de una red que brinda sus servicios mediante del mecanismo de servicios diferenciados

(ver descripción en capítulo anterior de escenarios). En ambos escenarios se considera un nivel de congestión baja, pero en diferentes zonas geográficas de transmisión.

Debido a que estos escenarios utilizan el mecanismo servicios diferenciados, se esperaría obtener un desempeño mejor en los parámetros de calidad de servicio en comparación al de escenarios que utilicen el mecanismo de mejor esfuerzo. Sin embargo, estos escenarios manejan un nivel de congestionamiento bajo, basándose en el comportamiento obtenido en el análisis del escenario 10, se puede decir que el desempeño de los parámetros de calidad de servicio con ambos mecanismos es prácticamente el mismo. Con la finalidad de reafirmar lo anterior, se muestran las gráficas de comparación de los escenarios 3 y 12 generadas a partir de las tablas de resultados XII. y XXI.

En la siguiente gráfica 90 se muestra una comparación en el desempeño del retardo extremo a extremo entre los experimentos que involucran el envío de paquetes de 32 bytes de los escenarios 3 y 12.

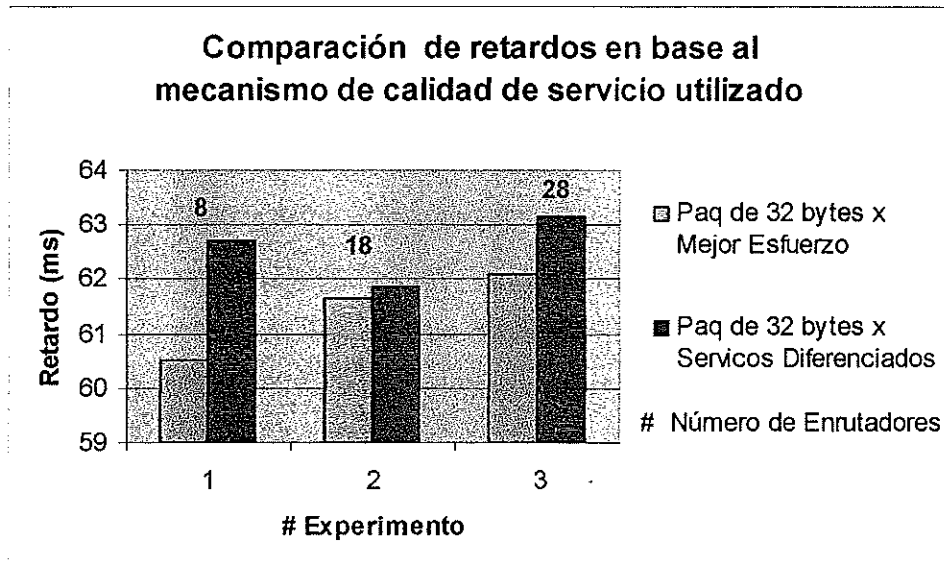


Figura 90. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 3 y 12.

En la gráfica 90, claramente se puede observar que el desempeño de ambos mecanismos generan prácticamente el mismo desempeño. Ahora bien, si se observa detenidamente en estas pruebas el retardo extremo a extremo generado a través del mecanismo de servicios diferenciados es mayor que el generado mediante el mecanismo de mejor esfuerzo. Este comportamiento se explica recordando que las distancias entre extremos es generada aleatoriamente en cada experimento. Por lo tanto, si en un experimento dado la distancia entre nodos es mayor por consecuencia el retardo es mayor.

7.1.10 Análisis de experimentos a escenario 13 - Red nivel estado/diffServ/ congestión media

El escenario 13 consiste en transmitir un paquete de voz a través de una red que brinda sus servicios mediante del mecanismo de servicios diferenciados (ver descripción de escenario en capítulo anterior). En cada uno de los experimentos de este escenario se modeló el transporte de tráfico a través de 4, 6 y 8 enrutadores con un nivel de congestionamiento medio, en una zona de nivel estado.

Como se mencionó anteriormente es de gran interés analizar el desempeño brindado mediante el mecanismo de servicios diferenciados ante distintas condiciones en el nivel de congestionamiento. Por tal razón se analiza el desempeño generado por este mecanismo en situaciones de congestionamiento medio (ver tabla XXII), por lo que será necesario realizar un análisis comparativo de los resultados de la tabla XIII del escenario 4, el cual comparte las mismas condiciones de tráfico que el éste escenario (13). Es importante tener en cuenta que lo que varía es solamente el mecanismo utilizado para el transporte. En el escenario 4 se utiliza el mecanismo de mejor esfuerzo, mientras

que en este escenario (escenario 13) se utiliza el mecanismo de servicios diferenciados.

En la gráfica 91 se muestra una comparación en el desempeño del retardo extremo a extremo entre los experimentos que involucran el envío de paquetes de 32 bytes de los escenarios 4 y 13.

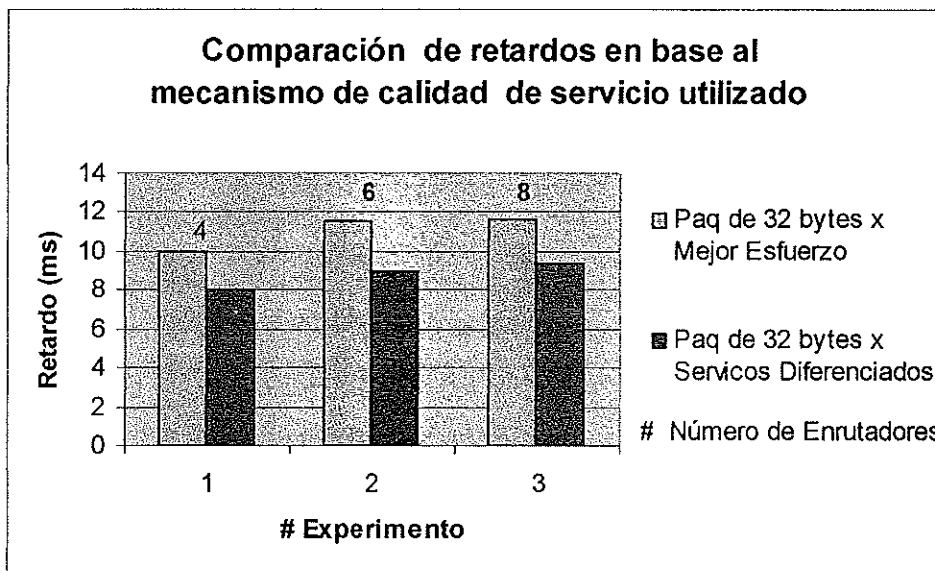


Figura 91. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 4 y 13 (paq de 32 bytes).

En la gráfica 92 se muestra una comparación en el desempeño del retardo extremo a extremo entre los experimentos que involucran el envío de paquetes de 64 bytes de los escenarios 4 y 13.

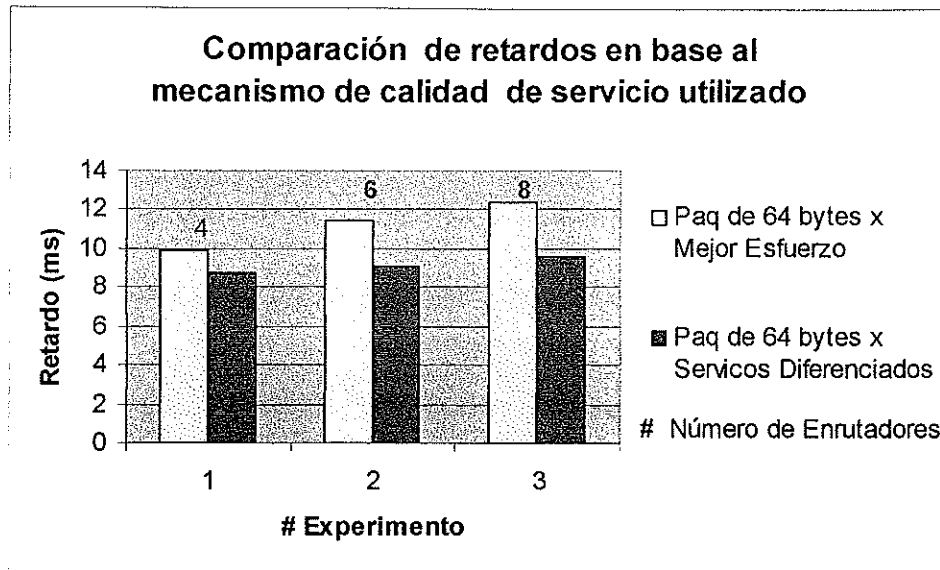


Figura 92. *Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 4 y 13 (paq de 64 bytes).*

Basándonos en la tabla de resultados de los escenarios 4 y 13, así como con las gráficas comparativas anteriores, se puede observar que el desempeño en el retardo extremo a extremo generado por el mecanismo de servicios diferenciados tiende a ser mejor que al generado por el mecanismo de mejor esfuerzo en situaciones que existe congestionamiento.

7.1.11 Análisis de experimentos a escenario 14 y 15 - Red nivel país e internacional/diffServ/congestión media

Los escenarios 14 y 15 consisten en transmitir un paquete de voz a través de una red que brinda sus servicios mediante del mecanismo de servicios diferenciados (ver descripción de escenarios en capítulo anterior). En ambos escenarios se considera un nivel de congestión media, pero tienen diferentes zonas geográficas de transmisión.

Mediante el análisis de estos escenarios se desea reafirmar el hecho de que el mecanismo de servicios diferenciados brinda un mejor desempeño del retardo extremo a extremo que al generado por el mecanismo de mejor esfuerzo. A continuación se brindan las gráficas comparativas de los escenarios que permiten analizar esta situación.

La gráfica 93 muestra una comparación en el desempeño del retardo extremo a extremo entre los experimentos que involucran el envío de paquetes de 32 bytes de los escenarios 5 y 14.

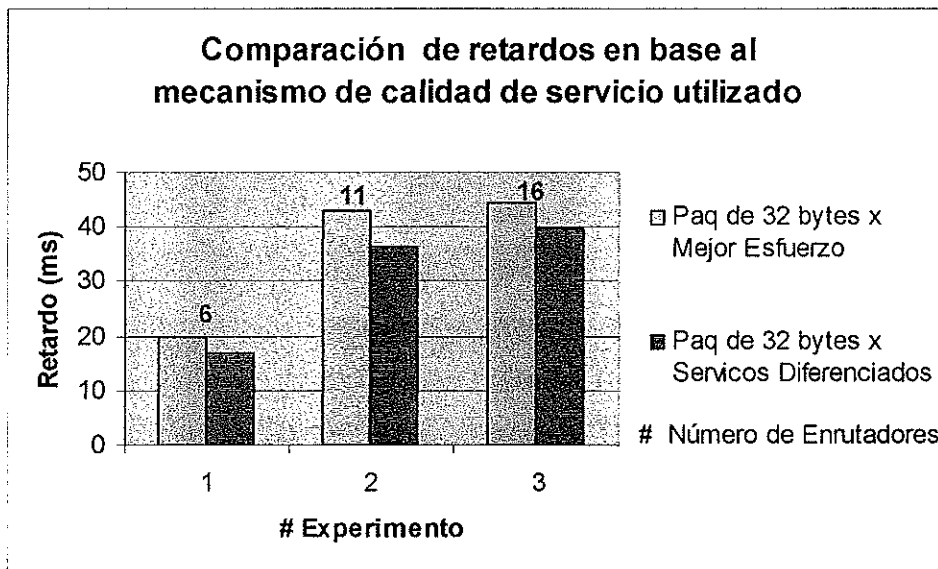


Figura 93. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 5 y 14.

La gráfica 94 muestra una comparación en el desempeño del retardo extremo a extremo entre los experimentos que involucran el envío de paquetes de 32 bytes de los escenarios 6 y 15.

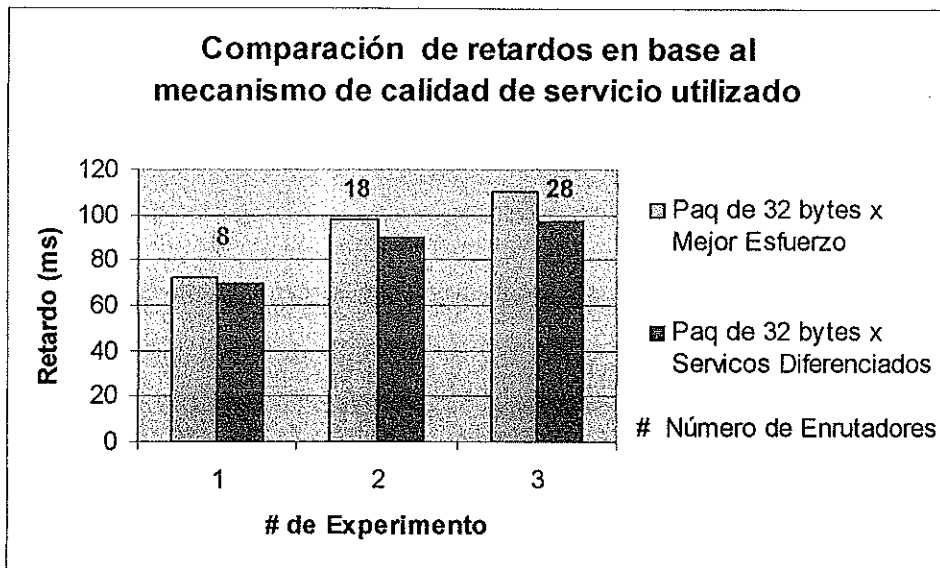


Figura 94. *Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 6 y 15.*

Mediante la comparación de gráficas de los escenarios 14 y 15 con los escenarios 5 y 6 modelados por el mecanismo de mejor esfuerzo, se reafirma que con el mecanismo de servicios diferenciados se obtiene un desempeño mejor al generado a través del mecanismo de mejor esfuerzo.

7.1.12 Análisis de experimentos a escenario 16 - Red nivel estado/diffServ/ congestión alta

El escenario 16 consiste en transmitir un paquete de voz a través de una red que brinda sus servicios mediante del mecanismo de servicios diferenciados (ver descripción de escenario en capítulo anterior). En cada uno de los experimentos de este escenario se modeló el transporte de tráfico a través de 4, 6 y 8 enrutadores con un nivel de congestión alto, en una zona nivel estado.

Mediante los resultados generados por los experimentos realizados a este escenario se quiere demostrar que el desempeño en la variación de retardos también se ve beneficiada por el uso del mecanismo de servicios diferenciados, para esto se analizarán las gráficas comparativas del escenario 7 con los resultados de este escenario.

La siguiente gráfica muestra una comparación en el desempeño de la variación de retardo entre los experimentos que involucran el envío de paquetes de 32 bytes de los escenarios 7 y 16.

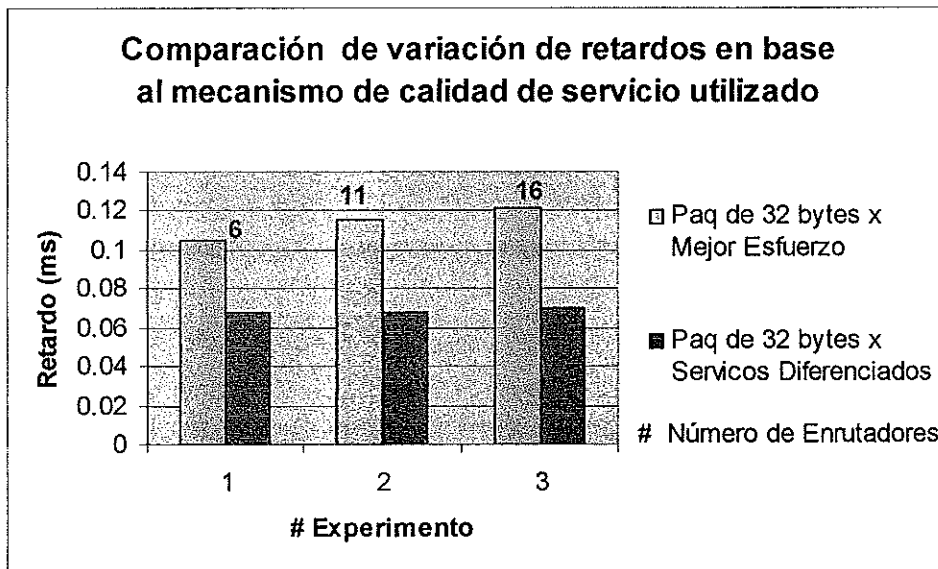


Figura 95. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 7 y 16 (paq de 32 bytes).

Analizando la gráfica anterior, se observa que el mecanismo de servicios diferenciados mejora el desempeño tanto del retardo extremo a extremo, como la variación de retardos.

7.1.13 Análisis de experimentos a escenario 17 - Red nivel país/diffServ/ congestión alta

Este escenario consiste en transmitir un paquete de voz a través de una red que brinda sus servicios mediante del mecanismo de servicios diferenciados (ver descripción de escenario en capítulo anterior). Este escenario modela el transporte de tráfico a través de 6, 11 y 16 enrutadores con un nivel de congestión alto en una zona nivel país.

Con la finalidad de analizar los resultados de los experimentos de este escenario, la siguiente gráfica muestra una comparación en el desempeño del retardo extremo a extremo entre los experimentos que involucran el envío de paquetes 32 bytes de los escenarios 8 y 17. Cabe destacar que el escenario 8 utiliza el mecanismo de mejor esfuerzo como mecanismo de calidad de servicio, mientras el escenario 17 utiliza el mecanismo de servicios diferenciados.

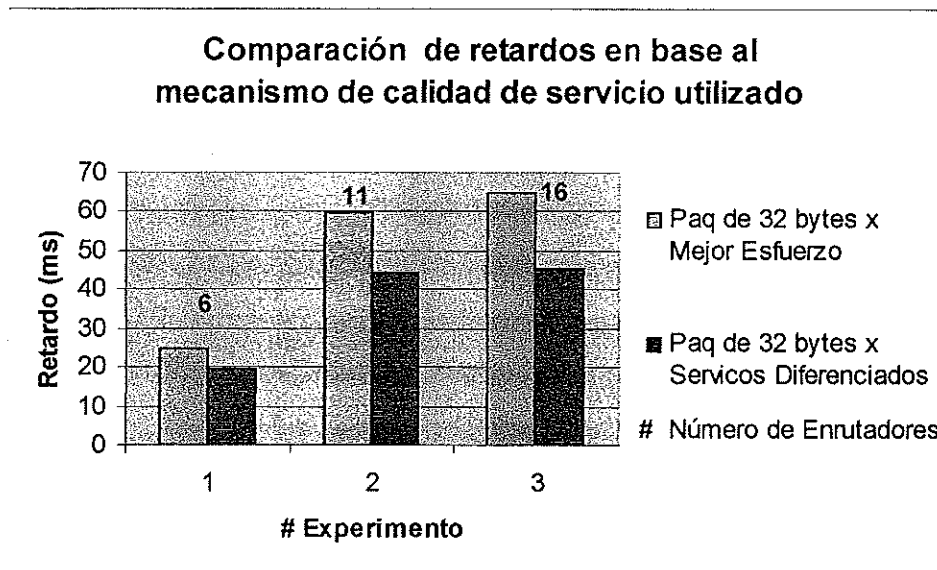


Figura 96. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 8 y 17 (paq de 32 bytes).

Además se muestra 97 que realiza una comparación en el desempeño del retardo extremo a extremo entre los experimentos que involucran el envío de paquetes 64 bytes de los mismos escenarios.

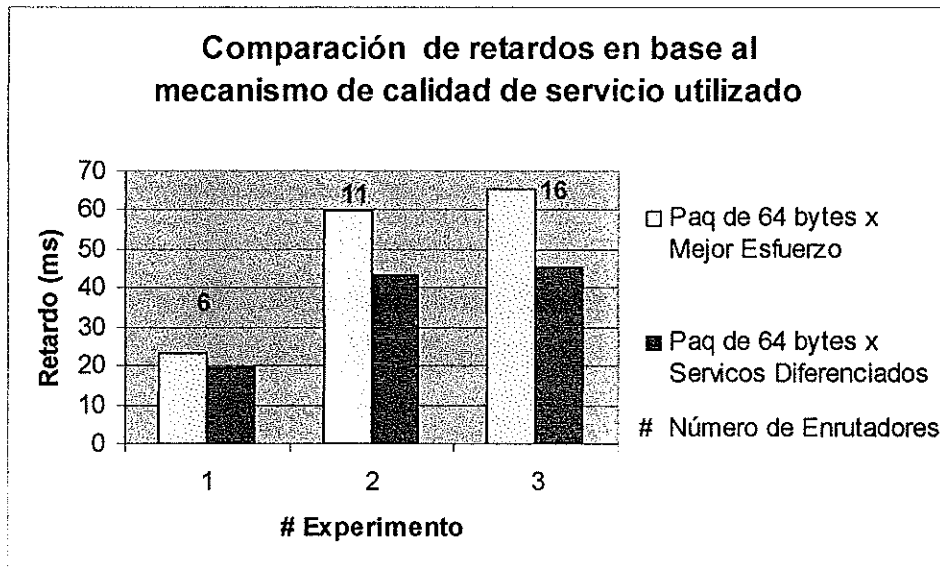


Figura 97. Gráfica comparativa del desempeño obtenido mediante los escenarios 8 y 17 (paq de 64 bytes).

Realizando el análisis de las gráficas anteriores, claramente se observa que el mecanismo de servicios diferenciados brinda un desempeño mejor al obtenido por el mecanismo de mejor esfuerzo. Con la finalidad de comprobar este comportamiento, se calcula el promedio de retardos extremo a extremo de los experimentos realizados a ambos escenarios, obteniendo un retardo promedio extremo a extremo de 49.47 ms, mientras los experimentos del escenario 17 generaron un retardo promedio extremo a extremo de 36.27 ms. Comparando ambos retardos promedio, se reafirma el mejor desempeño brindado por el mecanismo de servicios diferenciados.

7.1.14 Análisis de experimentos a escenario 18 - Red internacional/diffServ/ congestión alta

Este escenario consistió en transmitir un paquete de voz a través de una red que brinda sus servicios mediante del mecanismo de servicios diferenciados (ver descripción de escenario en capítulo anterior). Este escenario modela el transporte de tráfico a través de 8, 18 y 28 enrutadores con un nivel de congestionamiento alto en una zona nivel internacional.

En este escenario se analiza el desempeño obtenido en las variaciones de retardo de los escenarios

En este escenario se analiza el desempeño en retardo promedio extremo a extremo de este escenario en comparación al escenario 9. Como se mencionó anteriormente, el escenario 9 utiliza el servicio de mejor esfuerzo, mientras que el escenario 18 utiliza el mecanismo de servicios diferenciados. El retardo promedio extremo a extremo es de 108.231 y de 94.892 respectivamente para los escenarios 9 y 18, lo cual nuevamente reafirma el mejor desempeño del mecanismo de servicios diferenciados.

7.1.15 Análisis de experimentos a escenarios 19, 20 y 21 – Redes nivel estado, país e internacionales / mejor esfuerzo/ congestión bajo, media y alta

Los experimentos realizados a estos escenarios (ver descripción en capítulo anterior) tienen como objetivo conocer los efectos de transmitir un archivo relativamente grande para la capacidad que los enrutadores pueden manejar en momentos de alto congestionamiento.

Si se observan los resultados obtenidos en las tablas XXVIII, XXIX y XXX de estos escenarios, se observa que en el caso de congestión alto en los enrutadores hubo pérdidas de paquetes, caso contrario cuando se manejaron niveles de congestión bajo y medio.

Las pruebas en el escenario 19 indican que para las pruebas 1, 2, 3 y 4 no hubo pérdidas de paquetes, mientras que las pruebas 5 y 6 tuvieron pérdidas de paquetes de 62 y 69 paquetes respectivamente. Además se puede observar que las pruebas 3 y 4 obtuvieron casi el mismo desempeño que las pruebas 5 y 6. Existe bastante diferencia en base a la calidad obtenida, ya que la pérdida de paquetes de las pruebas 5 y 6 decrementa considerablemente la calidad de la transmisión. En las pruebas realizadas a los escenarios 20 y 21 sucede la misma situación, la solución posible a este problema es el uso del mecanismo de servicios diferenciados, el cual le da mayor prioridad a los paquetes que se desean transmitir y obtendríamos un número menor de paquetes perdidos. Sin embargo hay que tener en cuenta que se puede incrementar la memoria en buffers de los enrutadores, pero hay que considerar que si hay congestión excesivo o no hay control de flujo de paquetes, el retardo de espera de los paquetes en los enrutadores se verá afectado, o incluso la pérdida de paquetes podría aumentar.

7.1.16 Análisis de experimentos a escenarios 22, 23 y 24 – Redes nivel estado, país e internacionales /diffServ/ congestión bajo, media y alta

Las pruebas realizadas a estos escenarios son las mismas que los escenarios 19, 20 y 21, la diferencia es que se utiliza el mecanismo de servicios diferenciados en lugar del mecanismo de mejor esfuerzo.

Los resultados obtenidos por los experimentos a estos escenarios (ver tablas XXXI, XXXII y XXXIII), a diferencia de los resultados obtenidos en los

escenarios 19, 20 y 21, no tuvieron pérdidas de paquetes durante la transmisión, lo cual mejoró la calidad de la transmisión.

Basándose en las investigaciones realizadas en este trabajo, se puede decir que el desempeño de retardo de extremo a extremo, así como la variación de retardo obtenido en estos experimentos, generarían una transmisión de buena calidad.

7.2 Conclusiones de los experimentos

En este capítulo se estudiaron los problemas y efectos que enfrentan las redes de cómputo ante la transmisión de voz en términos del desempeño de los parámetros de calidad de servicio. En base a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- Entre más enrutadores intervienen en una transmisión, el retardo total extremo a extremo tiende a incrementar, este comportamiento es generado por el procesamiento de los paquetes en los enrutadores, así como por el incremento de la distancia entre nodos distantes. Estas situaciones añaden retardo de propagación y de manejo a la transmisión respectivamente.
- El nivel de congestión durante una transmisión influye considerablemente, ya que un nivel de congestión alto puede generar pérdidas de paquetes, así como el aumentar los retardos de transmisión.
- En situaciones donde el nivel de congestión es prácticamente nulo, el desempeño brindado por las redes de cómputo a través de los mecanismos de mejor esfuerzo o de servicios diferenciados es similar.

- El mecanismo de servicios diferenciados brinda un desempeño mejor de los parámetros de calidad de servicio en comparación al mecanismo de mejor esfuerzo en situaciones donde hay congestión, ya permite priorizar a los paquetes en base a su importancia, lo cual disminuye el retardo de la transmisión.

- El incrementar el tamaño de los buffer en los enrutadores puede ayudar a decrementar la pérdida de paquetes, sin embargo si hay congestión excesivo o no hay control de flujo en el envío de paquetes, el retardo de espera de los paquetes en los enrutadores incrementara considerablemente e incluso la pérdida de paquetes, ocasionando un mal desempeño en la transmisión.

- La variación del retardo de los paquetes incrementa si éstos toman distintas rutas o si enfrentan diferentes niveles de congestión durante la transmisión.

8 Conclusiones

8.1 Conclusiones generales

- En la actualidad la red de telefonía conmutada es utilizada para el transporte de voz; sin embargo, los individuos cada vez desean comunicarse entre sí de una manera más fácil y económica, lo que ha propiciado la búsqueda de nuevas alternativas de comunicación.
- El transporte de voz sobre redes IP es una buena alternativa para realizar llamadas telefónicas, ya que el uso de esta tecnología permite obtener grandes ahorros.
- Debido a que las redes de cómputo no fueron diseñadas para el transporte de voz, es necesario contar con mecanismos que garanticen una calidad de servicio comparable a la experimentada en las redes de telefonía conmutada en la actualidad.
- La optimización y búsqueda de soluciones de calidad de servicio, deberán ser desarrolladas con la finalidad de obtener un mejor desempeño durante la transmisión de voz en las redes de cómputo.
- Un número mayor de enrutadores involucrados durante una transmisión, no indica un retardo mayor al obtenido con un número menor de enrutadores – el nivel de congestionamiento (tráfico) influye en este parámetro.

- El uso del simulador permite comprender los efectos de transmitir voz en las redes IP de una manera sencilla y clara.
- El uso del simulador permite conocer y determinar los parámetros capaces u óptimos para obtener un buen desempeño y calidad en el transporte de la voz, tales como velocidades en enrutadores, mecanismos de calidad de servicio, capacidades en memoria, nivel de congestión, entre otros.

8.2 Aportaciones

- Se proporciona una descripción y análisis de los protocolos para el transporte de voz sobre IP, así como de las distintas soluciones de calidad de servicios existentes.
- Se Desarrolló un sistema de cómputo capaz de simular el transporte de voz a través de redes de cómputo (IP), con interfaz amigable y de fácil comprensión como apoyo didáctico a estudiantes de licenciatura y de postgrado.
- El estudio de los diferentes escenarios mediante el uso de la herramienta de cómputo permite tener un panorama o referencia de los principales elementos que influyen en la calidad del transporte de voz. Cada uno de los resultados obtenidos puede ser de gran utilidad para personas o empresas que deseen implementar el transporte de voz a través de redes de cómputo.

8.3 Trabajo futuro

Como sugerencias para mejorar este trabajo, se recomienda lo siguiente:

- Aumentar el nivel de congestiónamiento existente de cada uno de los enrutadores de la herramienta de simulación, con la finalidad de observar casos en donde la calidad de la transmisión sea fuertemente afectada.
- Reproducción de la transmisión realizada con el fin de comprender de una manera mas fácil los parámetros de calidad de servicio estudiados en este trabajo.
- Integración de solución de calidad de ‘Servicios Integrados’ para el simulador, con el fin de comparar los efectos en los parámetros de calidad de servicio ya obtenidos mediante mejor esfuerzo y servicios diferenciados.
- Implementación de mejores mecanismos de control de flujo y congestiónamiento.
- Alimentar con más información el tutor del simulador.
- Investigación de nuevas soluciones y mecanismos para obtener mejor desempeño en el transporte de voz paquetizada.
- Promoción de uso de simulador por universidades y escuelas en materias de las áreas de cómputo, electrónica y telecomunicaciones.

LITERATURA CITADA

Beltrán J. 1999. Impactos al Implementar El Servicio de Voz A Través de Una Red IP. Tesis. División de Física Aplicada, CICESE. Ensenada. B.C.

Cohen S, Graham N, Grant D y Ray K. 2002. Voice over IP... The Next Generation of Telephony. <http://www.stanford.edu/~dcgrant/VoIP>.

Collins D. 2001. Carrier Grade Voice Over IP. 2^{da} Edición. McGraw-Hill. Estados Unidos.

Cruz P. 2001. Análisis y Modelado de Mecanismos para La Implementación de Redes con Calidad de Servicio. Tesis. División de Física Aplicada, CICESE. Ensenada, B.C.

Davidson J y Peters J. 2001. Fundamentos de Voz Sobre IP. Cisco Press. España.

Davie B, Peterson L y Clark D. 1996. Computer Networks, A Systems Approach. 2^{da} Edición. Morgan Kufmann.

García A. 2002. Mobile Communication Architecture with Quality of Service. Tesis. Institut National Politechnique de Grenoble. Francia.

González R. 2002. Análisis del Sistema de Señalización No.7 para el Transporte de Voz Mediante El Protocolo IP. Tesis. División de Física Aplicada. CICESE. Ensenada, B.C.

Hunt C. 1998. TCP/IP Network Administration. 2^{da} Edición. O'REILLY. Estados Unidos.

Parker T. 1997. Aprendiendo TCP/IP en 14 días. 2^{da} Edición. SAMS PUBLISHING. México.

Rumbaugh J, Blaha M, Premerlani W, Eddy F y Lorensen W. 1995. Modelado y Diseño Orientado a Objetos. Prentice hall. España.

Santifaller M. 1991. TCP/IP and NFS Interworking in UNÍX Environment. 2^{da} Edición. Addison Wesley. Inglaterra.

Sawashima H, Hori Y y Sunahara H. 2002. Characteristics of UDP Packet Loss. http://www.isoc.org/isoc/whatis/conferences/inet/97/proceedings/F3/F3_1.HTM.

Sidnie F. 1998. TCP/IP. 1^{ra} Edición. Osborn McGrawHill. España.

Sportack M. 1999. IP Routing Fundamentals. Cisco Press. Estados Unidos.

Tanenbaum A. 1996. Computer Networks. 3^{ra} Edición. Prentice Hall. Estados Unidos.

TELEDDDES. 2000. Glosario de Telecomunicaciones y Redes de Información. <http://www.praxistelecom.com/glos-hdr.html>.

Vegesna S. 2002. IP Quality of Service. 3^{ra} Edición. Cisco Press. Estados Unidos.

Wang Z. 2001. Internet QoS: Architectures and Mechanisms for Quality of Service. Morgan Kaufmann. Estados Unidos.

Xiao X y Ni L. 1999. Internet QoS: A Big Picture. <http://citeseer.nj.nec.com/xiao99internet.html>. IEEE Network.

Zhao W, Olshefski D y Schulzrinne H. 2000. Internet Quality of Service: An Overview, <http://citeseer.nj.nec.com/zhao00internet.html>.

1 Instalación ambiente ejecución java y simulador.

Es necesario recalcar que para la implementación del simulador de voz brindado en este trabajo de tesis se utilizó el lenguaje de programación JAVA y que para poder ejecutar aplicaciones desarrolladas en este lenguaje de programación, el usuario debe de contar con el ambiente de ejecución Java (Java Runtime Enviroment); este es brindado gratuitamente por la compañía Sun Microsystems.

Las aplicaciones desarrolladas en el lenguaje de programación Java pueden ser ejecutadas en diferentes plataformas (Windows / Linux / Mac). En estas notas se brinda el proceso de instalación para una plataforma Windows.

1.1 Instalación de ambiente ejecución java

Se deberá contar con el equipo de cómputo mínimo recomendable, el cual se muestra a continuación

**Tabla XXXV. Equipo mínimo para instalación
ambiente Java**

Computadora	Pentium o mejor
Memoria RAM	64 MB
Sistema Operativo	Windows 95 o superior / Linux
Espacio en disco Duro	40 Mb disponibles

Existen diferentes versiones disponibles del ambiente de ejecución Java; aunque para ejecutar el simulador de voz se utilizó la versión 1.3.1; por lo cual se recomienda bajar el archivo `j2re-1_3_1_<versión>-windows-i586.exe`

El archivo de instalación de este ambiente de ejecución puede ser obtenido a través de Internet desde el sitio de Sun Microsystems <http://java.sun.com>.

Después de haber bajado el archivo de instalación de este ambiente, deberá ejecutarlo y luego seguir las instrucciones y aceptar cada una de las preguntas.

Deberá recibir un mensaje de instalación exitosa por parte del instalador.

Si desea puede borrar el archivo de instalación con el propósito de liberar espacio en disco duro

Si sufre problemas durante la instalación, favor recurrir al sitio de Sun Microsystems <http://java.sun.com/j2se/1.3/install-windows.html#troubleshooting>.

1.2 Instalación del simulador de voz

Una vez que ya se tiene instalado el ambiente de ejecución Java se puede proceder a instalar el simulador de voz; para esto solo basta con copiar el directorio “simulador” del cd-rom en el disco duro de su computadora.

Se recomienda que se grabe como shortcut el archivo `simulador.bat` al escritorio de Windows.

Los requisitos adicionales para poder realizar la instalación y ejecución del simulador de voz son los siguientes

Tabla XXXVI. Requisitos para instalación del simulador

Espacio en disco Duro	3 Mb disponibles
Dispositivo	Micrófono
Dispositivo	Sistema de Audio

Si logró con éxito la instalación del ambiente de ejecución Java y del simulador de voz, ya está todo listo para poder ejecutar el simulador de voz.

2 Manual de Usuario

2.1 Ejecución del Simulador

La manera más fácil para iniciar la ejecución del simulador dentro de una plataforma Windows es dando doble clic sobre el icono con el nombre simulador contenido en el escritorio de Windows (ver figura 98).



Figura 98. Icono Simulador

Otras alternativas de ejecutar el simulador puede ser utilizando el Windows Explorer o utilizar el dialogo Run de Windows para localizar el archivo ejecutable del simulador.

En el caso de estar utilizando una plataforma ambiente Linux, deberá ejecutar desde consola el comando 'java simulador' desde la ruta donde realizó la instalación.

2.2 Uso del simulador

Después de haber ejecutado el simulador, éste le dará la bienvenida mostrándole una pantalla semejante a la de la figura 99.

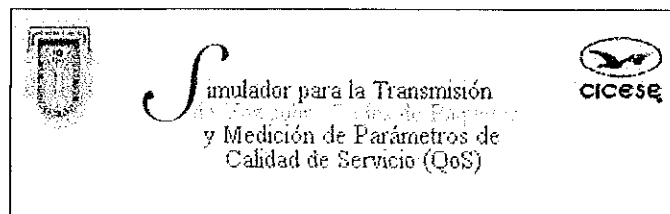


Figura 99. Bienvenida al Simulador

Entonces, se abrirá la pantalla principal, la cual pertenece al tutor del sistema y es el punto de partida para interactuar con el sistema (ver figura 100).

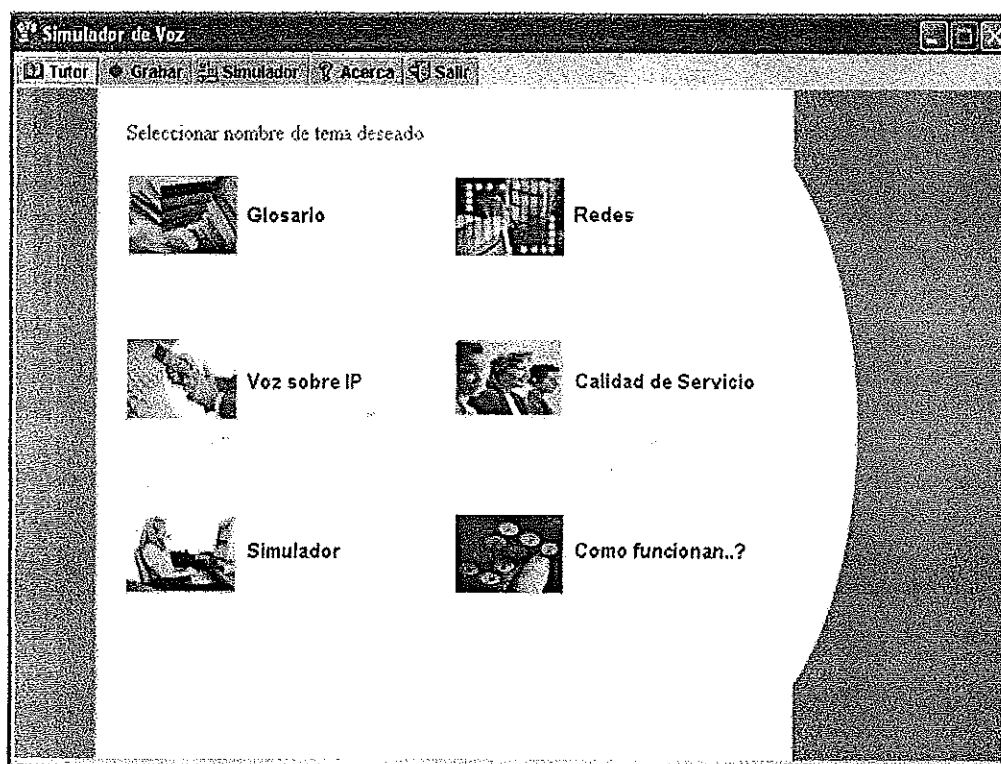


Figura 100. Pantalla inicial del simulador

2.2.1 Barra de iconos

Este sistema cuenta con una barra de iconos en la parte superior, los cuales permiten cambiar de pantalla y realizar distintas actividades dentro de este sistema. La figura 101 muestra la barra de iconos.



Figura 101. Barra de iconos.

Para elegir alguno de estos iconos, solo basta con posicionarse sobre el icono deseado y dar un clic, dicho icono se iluminara cuando este seleccionado.

A continuación se describirá a detalle el funcionamiento y características de cada una de las pantallas obtenidas al dar clic sobre cada elemento de la barra de iconos.

2.2.1.1 Tutor

Al seleccionar el elemento Tutor en la barra de iconos (ver figura 102),



Figura 102. Icono Tutor

se obtiene una pantalla similar a la figura 100. Esta pantalla tiene como propósito dar a conocer al usuario del sistema la información básica relevante del transporte de voz sobre redes de cómputo, así como del funcionamiento del simulador.

Esta pantalla consta con 6 imágenes con enlaces a los temas necesarios, para poder acceder a algunos de estos temas solo basta con dar un clic sobre el nombre del tema.

Al seleccionar alguno de los temas que se cubren, se presenta una pantalla de subtemas similar a la figura 103.

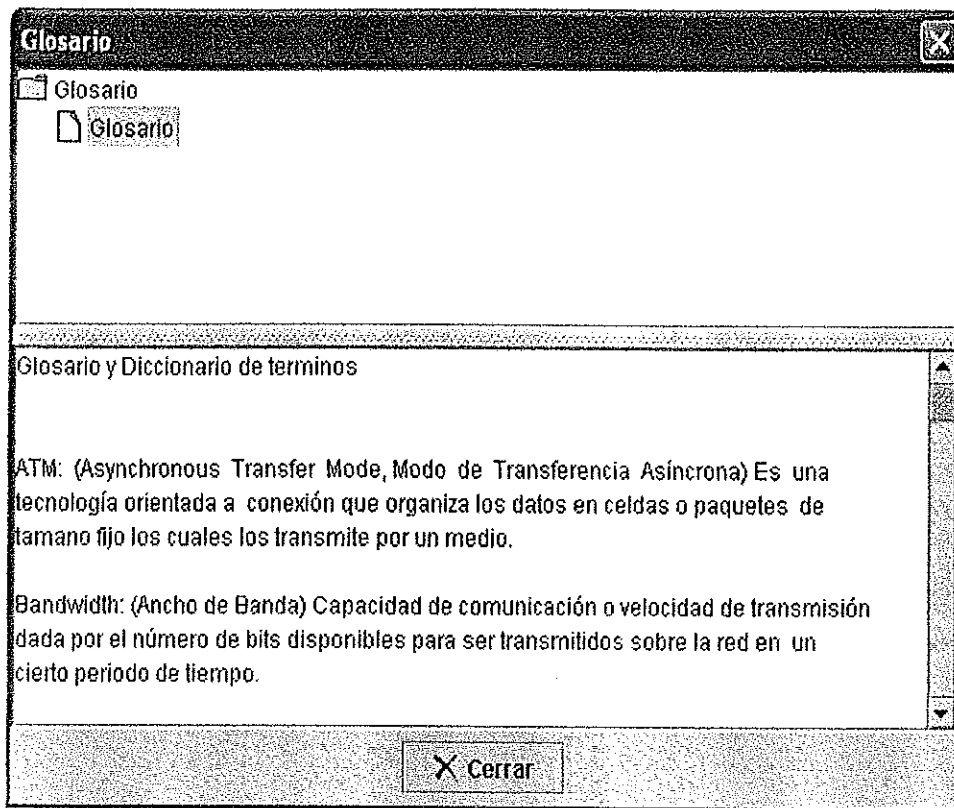


Figura 103. Pantalla con tema Glosario.

Los temas que se cubren son los siguientes:

2.2.1.1.1 *Glosario*

Presenta un glosario de términos relacionados con el transporte de voz en redes de cómputo.

2.2.1.1.2 *Redes*

Información básica sobre redes de cómputo (Modelo OSI, Redes y subredes, Mascaras, etc.).

2.2.1.1.3 *Voz Sobre IP*

Información básica sobre el transporte de voz sobre IP.

2.2.1.1.4 *Calidad de Servicio*

Información sobre parámetros y mecanismos de calidad de servicio.

2.2.1.1.5 *Simulador*

Información de cómo utilizar el simulador de voz.

2.2.1.1.6 *Como funcionan...?*

Se presenta el funcionamiento interactivo del transporte de voz y de enrutamiento en redes de cómputo.

2.2.1.2 *Grabar*

Al seleccionar el elemento Grabar en la barra de iconos (ver figura 104).



Figura 104. *Icono Grabar*

se obtiene una pantalla similar a la figura 105. Esta pantalla permite la grabación de archivos de voz, así como escucharlos.

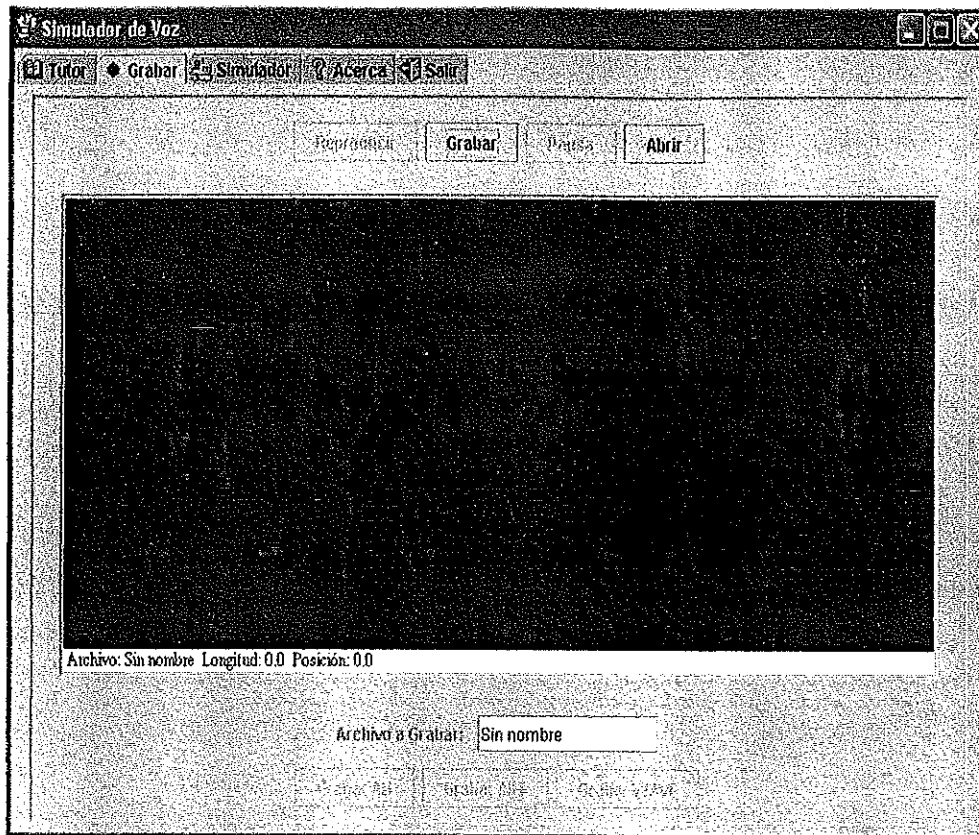


Figura 105. Pantalla Grabar

Para poder grabar estos archivos es necesario contar con un micrófono y presionar el botón grabar, en el momento de querer parar la grabación presionar el botón parar. Si desea escucharlo un archivo de voz, presionar el botón abrir, escoger archivo y cargarlo, presionar tocar.

2.2.1.3 *Simulador*

Al seleccionar el elemento Simulador en la barra de iconos (ver figura 106)



Figura 106. Icono Simulador a detalle

se obtiene una pantalla similar a la figura 107. Esta pantalla tiene como propósito realizar la simulación del transporte de archivos específicos de voz bajo diferentes condiciones en la red.

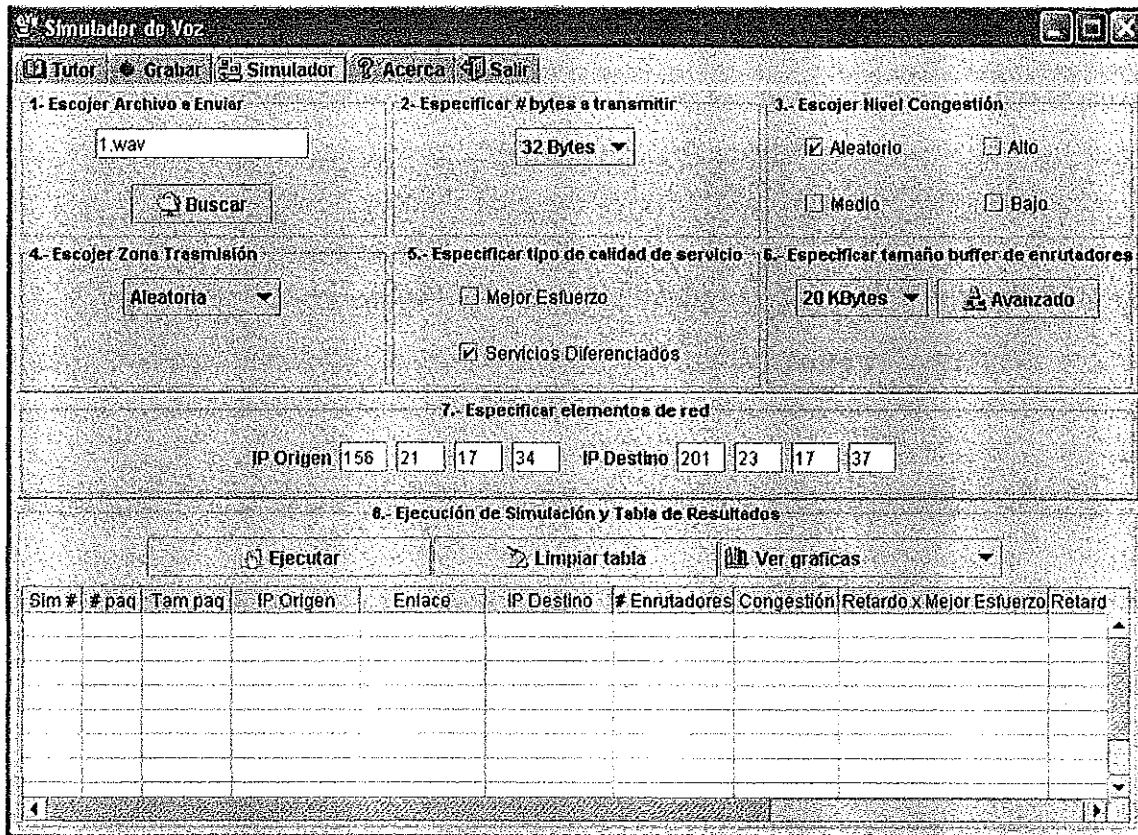


Figura 107. Pantalla Simulador a detalle

Esta pantalla se divide en ocho secciones, las cuales permiten especificar los parámetros necesarios y deseados a tomar en cuenta durante la ejecución de las simulaciones, así como el análisis de los resultados obtenidos durante la simulación.

A continuación se explica cada una de las secciones

2.2.1.3.1 *Escojer archivo a enviar*

Aquí se especifica el nombre del archivo de voz a transmitir. Solo basta con dar un clic sobre el botón “Buscar”, el nombre es especificado mediante un dialogo de apertura de archivos; por omisión ya se tiene especificado un archivo a transmitir.

2.2.1.3.2 *Especificar # de bytes a transmitir*

Aquí se especifica el tamaño de cada paquete que será transmitido, el simulador maneja tamaños de 32 bytes y 64 bytes

2.2.1.3.3 *Escojer nivel de congestión*

Aquí se especifica el nivel de congestión en los enrutadores (Aleatorio, Alto, Medio y Bajo) mediante componentes check box, para seleccionar un nivel de congestión solo basta con un clic sobre el nivel de congestión deseado.

Es necesario señalar que en base al nivel de congestionamiento, los enrutadores tendrán más paquetes que transmitir, por consecuencia afectará el retardo de transmisión de los paquetes.

2.2.1.3.4 *Escojer zona de transmisión*

Aquí se especifica la zona de transmisión (Aleatoria, Estado, País, Internacional) mediante un combo box, para especificar la zona solo debe de presionar sobre el combo box y dirigirse a la zona deseada y dar un clic.

Hay que tener en cuenta que en base a la zona de transmisión existe un rango de enrutadores a recorrer durante la simulación, entre más grande sea la zona geográfica, un mayor enrutadores intervendrán.

2.2.1.3.5 *Especificar tipo de Calidad de Servicio*

En esta sección se especifica el mecanismo de calidad de servicio a utilizar durante la simulación, los mecanismos pueden ser Mejor Esfuerzo o Servicios Diferenciados. Para especificar el mecanismo solo basta con dar clic mediante el check box.

2.2.1.3.6 *Especificar tamaño de buffer en enrutadores*

Aquí se especifica el tamaño de buffer en los enrutadores (10 KB, 20 KB, 30 KB, 40 KB y 50 KB) mediante un combo box, para especificar el tamaño solo debe de presionar sobre el combo box y dirigirse al tamaño deseado y dar un clic.

Además dentro de esta sección se puede especificar las velocidades de transmisión de cada uno de los enrutadores, estas velocidades pueden ser de 2 Mbps, 10 Mbps, 34 Mbps, 100 Mbps, 155 Mbps, 622 Mbps, 1000 Mbps y 1200 Mbps. Para especificar la velocidad, solo basta con dar un clic sobre la velocidad existente de cada enrutador y modificarla seleccionando la velocidad (ver pantalla 108).

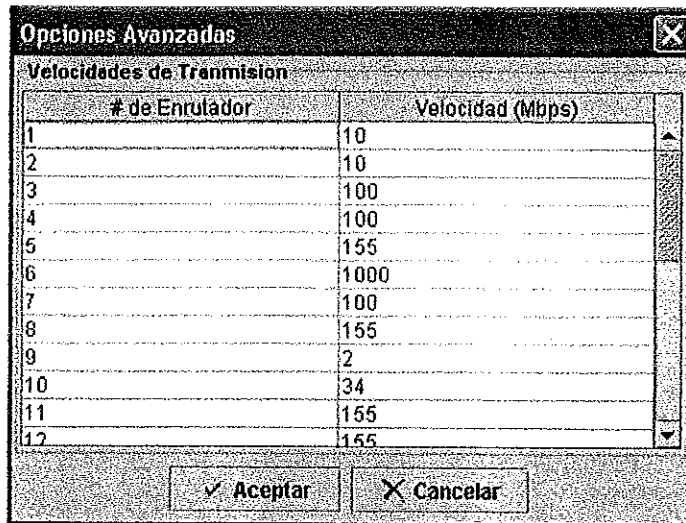


Figura 108. Pantalla Opciones Avanzadas.

2.2.1.3.7 *Números IP*

En esta sección se muestran los números IP del extremo fuente y del extremo destino, los cuales intervienen en el la simulación.

2.2.1.3.8 *Ejecución de simulación y tabla de resultados*

En esta sección se muestran los resultados de la simulación, así como los parámetros que intervinieron, permitiendo analizar el nivel de retardo de los paquetes de acuerdo a las diferentes condiciones de la red.

Para poder realizar la simulación, en base a los parámetros especificados se debe de presionar el botón de ejecutar contenido dentro de esta sección.

Además en esta sección se muestran los resultados de la simulación mediante gráficas, de manera que permite un análisis más fácil de los datos. Para ver los resultados en forma de gráficas solo debe de presionar sobre el combo box y dirigirse a la gráfica deseada y dar un clic.

La forma en que se exhiben los datos en la gráfica es similar a la figura 109

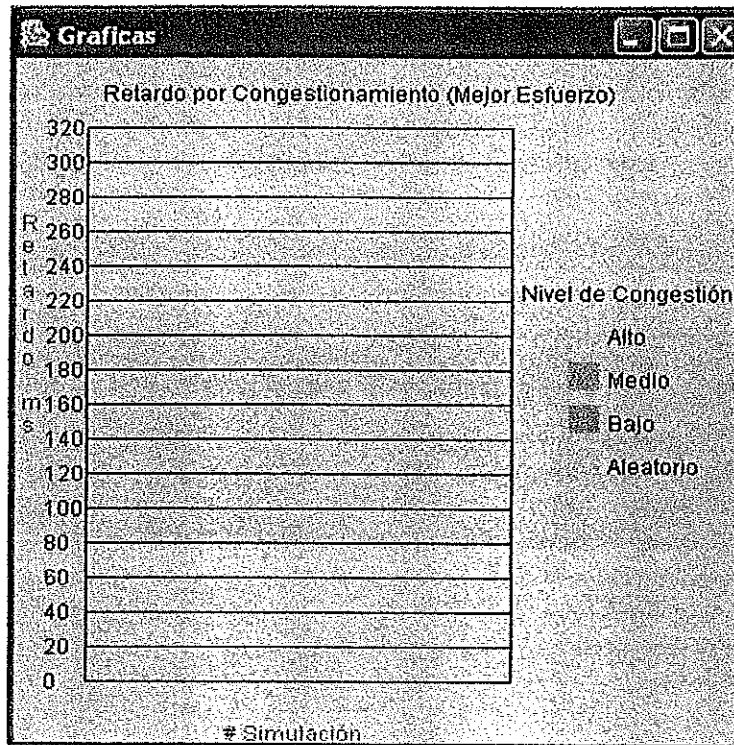


Figura 109. Gráficas de Resultados.

2.2.1.4 Acerca

Al seleccionar el elemento Acerca en la barra de iconos (ver figura 110).



Figura 110. Icono Acerca

Se obtiene una pantalla similar a la figura 111. Esta tiene como propósito brindar la información del simulador, como lo es nombre del simulador, personas involucradas en el desarrollo del sistema, entre otros.

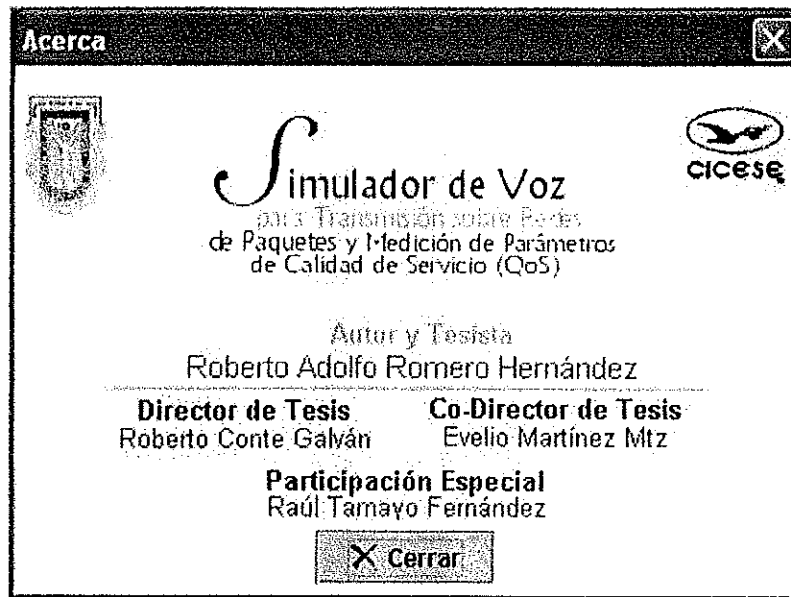


Figura 111. Pantalla Acerca.

2.2.1.5 *Salir*

Al seleccionar el elemento Salir de la barra de de iconos (ver figura 112)



Figura 112. Icono Salir

se obtiene una pantalla similar a la figura 113.

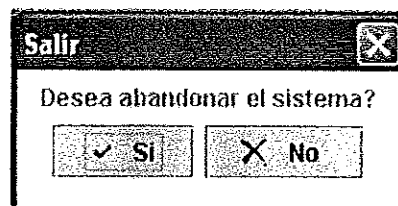


Figura 113. Pantalla Salir

Esta pantalla tiene como propósito confirmar la salida del simulador. Esta pantalla también aparecerá si se presiona el icono cerrar de cualquiera de las pantallas iniciales.

3 Resumen de voz sobre IP (VoIP)

3.1 Que es voz sobre IP?

Existe una amplia gama de definiciones de voz sobre IP (VoIP), básicamente VoIP es una tecnología de transmisión de telefonía sobre el protocolo IP, la cual consiste en convertir la voz de formato análogo a digital, la cual es transmitida en pequeños paquetes IP a través de redes de cómputo hacia un punto destino, donde posteriormente la voz será reconstruida en su formato original.

3.2 La naturaleza de la voz

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, las aplicaciones en tiempo real, como la voz, cuentan con características y requerimientos diferentes a las aplicaciones de datos. La voz a diferencia de los datos, es altamente sensible al retardo e intolerante a la pérdida de paquetes, por tal razón, el transporte de voz a través de redes de cómputo requiere de mecanismos que aseguren una transmisión de buena calidad.

3.3 Calidad de Servicio

La calidad de percepción de la voz varía y depende de un conjunto de factores, tales como el equipo y dispositivos de cómputo existentes, proveedores de servicios, así como el rendimiento de la red a cierta hora del día. El obtener una buena calidad en el transporte de la voz es necesario, por tal razón mecanismos de calidad de servicio están siendo brindados por proveedores de servicios, entre

los que se encuentran los servicios diferenciados y servicios integrados, estos mecanismos de calidad de servicio se comportan de diferente manera, por lo cual los administradores de redes de cómputo pueden diseñar o obtener el servicio que se le adecue a sus necesidades.

3.4 Métricas en las redes de cómputo

3.4.1 Tiempo de propagación de enlace físico

Es el tiempo que tarda una señal en recorrer el medio físico de un nodo a otro.

3.4.2 Tiempo de transmisión de enlace físico

Es el tiempo necesario para transmitir cierto número de bits por segundo.

3.4.3 Ancho de banda en enlace físico

Es la máxima capacidad de bits por segundo que pueden ser transmitidos a través del medio, las velocidades más comunes de transmisión son de 10 Mbps y 100 Mbps.

3.4.4 Tamaño de memoria en enrutadores

Es el máximo número de bytes que pueden ser almacenados en colas de los enrutadores.

3.4.5 Latencia

Es el tiempo total que tarda un bit en transmitirse de un nodo a otro.

3.4.6 Latencia de serialización

Es el tiempo de espera de un paquete en un enrutador hasta ser atendido.

3.4.7 Variación de retardo

Es la diferencia de tiempo que tarda un paquete en comparación a otro en alcanzar su destino.

3.5 Protocolos de transporte para VoIP

Generalmente para el transporte de voz en redes de cómputo se utiliza el protocolo de transmisión UDP, y no TCP, ya que UDP es un protocolo no orientado a conexión y no realiza retransmisiones en el caso de pérdida de paquetes. Esto permite minimizar el tiempo en la transmisión, sin embargo la pérdida excesiva de paquetes UDP pueden afectar la calidad de la voz, una solución posible recomendable es transportar paquetes pequeños, y de esta manera evitar un efecto altamente notorio en la calidad de percepción de la voz.

3.6 Control de flujo

Las aplicaciones que utilizan UDP como protocolo de transmisión, envían los paquetes uno tras de otro, sin importarle si estos pueden ser atendidos.

Diferentes mecanismos de control de flujo pueden ser implementados para evitar pérdidas de paquetes, un mecanismo posible es almacenar en una cola los paquetes UDP que se están transmitiendo y retenerlos por cierto período límite de tiempo mientras puedan ser atendidos.

3.7 Congestionamiento

Como se mencionó anteriormente, el congestionamiento en la redes de cómputo puede ser generado por distintos factores, tales como falta de mecanismos de control de flujo, tamaño de memoria en enrutadores, velocidades de transmisión, etc.

Existen una gran variedad de algoritmos y técnicas para controlar el congestionamiento en las redes de cómputo y de esta manera evitar la pérdida de paquetes. Una forma de evitar el congestionamiento es el dimensionamiento de la memoria de los enrutadores, pero si hay demasiada memoria y los paquetes no pueden ser procesados, estos perderán su tiempo de vida, lo cual puede ser contraproducente. Otras soluciones posibles es el control de admisión, atención de paquetes por prioridades, eliminación de paquetes en base a su importancia, etc.

4 Glosario y Diccionario de términos

ATM: (Asynchronous Transfer Mode, Modo de Transferencia Asíncrona) Es una tecnología orientada a conexión que organiza los datos en celdas o paquetes de tamaño fijo los cuales los transmite por un medio.

Bandwidth: (Ancho de Banda) Capacidad de comunicación o velocidad de transmisión dada por el número de bits disponibles para ser transmitidos sobre la red en un cierto periodo de tiempo.

Bps: (Bits per Second, Bits por Segundo) Medida de velocidad de transmisión de datos.

Bus: (Canal) Vía de telecomunicaciones con una determinada capacidad entre dos ubicaciones de la red, por la cual se envían señales.

Circuit Switching: (Conmutación de Circuitos) Técnica de comunicación en la que interviene un canal durante toda la duración de la comunicación.

Compression: (Compresión) Método para reducir el número de bits de datos transmitidos por un enlace, reduciendo el ancho de banda requerido.

Datagram: (Datagrama) Paquete con información necesaria para llegar de un punto origen a un destino.

DiffServ: (Differentiated Services, Servicios Diferenciados) Arquitectura que tiene como propósito brindar un medio para priorizar diferentes tipos de tráfico.

DSCP: (Differentiated Services CodePoint) La arquitectura DiffServ hace uso del DS CodePoint para especificar, manejar y brindar a un paquete el nivel de servicio requerido en particular.

Header: (Cabecera) Parte inicial de un paquete para manejar y controlar su transmisión sobre la red.

IntServ: (Integrated Services, Servicios Integrados) Este tipo de servicio brinda reservación de recursos sobre la red para asegurar que un paquete llegue a su destino. Básicamente este servicio involucra asegurar que para cierto tráfico habrá un ancho de banda disponible, un límite de retardo máximo y garantizar que no habrá pérdidas de paquetes mediante herramientas como RSVP.

IP: (Internet Protocol, Protocolo Internet) Este es un protocolo de comunicación entre redes sin conexión, este protocolo es el más común, ya que se encuentra prácticamente en todas partes; IP realiza el mejor esfuerzo en el envío de paquetes, aunque este servicio no es garantizado.

ISP: (Internet Service Provider, Proveedor de Servicios Internet) Compañía dedicada a revender el acceso a Internet. Puede proveer desde enlaces dial-up hasta enlaces dedicados de alta velocidad. También suele ofrecer servicios adicionales como desarrollo y mantenimiento de sitios de Internet, de servidores de correo electrónico, etc.

IETF: (Internet Engineering Task Force, Grupo de Tareas sobre Ingeniería de Internet) Organismo encargado de proponer y establecer los estándares en Internet.

Jitter: (Variación de Retardo) Diferencia entre el retardo más alto y más bajo.

Latency: (Latencia, Retardo) Tiempo total que toma un bit en propagarse de un lugar a otro.

MPLS: Multi-Protocol Label Switching.

NAck: (Negative Acknowledgement, Reconocimiento Negativo) Carácter de control utilizado para indicar que el bloque de transmisión previo fue erróneo y que el receptor está listo para la retransmisión (TELEDDDES, 2001).

OSI Model: (Modelo OSI, Modelo de referencia para la interconexión de sistemas Abiertos) Es un modelo de referencia para la interconexión de redes, desarrollado por Organización Internacional de estándares; este modelo brinda lo básico para definir la interconexión de sistemas de cómputo

Packet Switching: Conmutación de Paquetes.

PHB: Per-Hop Behavior, Comportamiento por Saltos.

Protocol: (Protocolo) Para que las redes de cómputo puedan comunicarse entre sí, es necesario un conjunto de reglas que definan su interconexión; a este conjunto de reglas se les conoce como protocolos.

PSTN: (Public Switched Telephone Network, Red Publica de Telefonía Conmutada) Sistema telefónico internacional para el transporte de voz analógica.

QoS: (Quality of Service, Calidad de Servicio) Nivel de servicio proporcionado a un cliente permitiéndole obtener el rendimiento requerido para una aplicación en particular.

Router: (Enrutador) Dispositivo inteligente utilizado para enrutar paquetes entre redes utilizando el mejor camino (TELEDDDES, 2000).

Routing: (Enrutamiento) Selección del mejor camino a tomarse por paquetes mientras transitan la red (TELEDDDES, 2000).

RSVP: Resource Reservation Protocol, Protocolo de Reservación de Recursos. RSVP permite a aplicaciones la reservación de recursos con cada salto de red a lo largo de una ruta desde el punto origen al destino; RSVP habilita a enrutadores calendarizar y priorizar paquetes, así como reservación de ancho de banda, este tipo de servicio será brindado o negado de acuerdo a las condiciones de la red.

RTP: Real Time Transport Protocol, Protocolo de Transporte en Tiempo Real.

SLA: (Service Level Agreement, Acuerdo de Nivel de Servicio) Contrato o acuerdo entre un cliente y un proveedor de servicio, el cual define las reglas de clasificación, marcado y comportamiento a ser tomado con los diferentes valores especificados en el DSCP.

ToS: (Type of Service, Tipo de Servicio) Nivel de servicio que permite a un datagrama ser procesado de manera adecuada. Este valor puede ser especificado en el encabezado IP

TCP: Transmisión Control Protocol, Protocolo de Control de Transmisión.

Throughput: (Caudal Eficaz) Indicador de la capacidad de manejo de datos. Mide que tantos datos son procesados como salida de una computadora, dispositivo, enlace, red o sistema (TELEDDDES, 2000).

TTL: (Time to Live, Tiempo de Vida) Tiempo en segundos que un datagrama puede permanecer dentro de la red antes que se deseche; este valor es especificado en el datagrama IP.

UDP: (User Datagram Protocol, Protocolo de datagramas de usuario) Protocolo libre de conexión, como TCP, corre en redes IP. No como TCP/IP, UDP/IP provee pocos servicios de recuperación de errores, ofreciendo a su vez un modo directo para enviar y recibir datagramas sobre la red IP (TELEDDDES, 2000).

VoIP: (Voice over IP, Voz sobre IP) Tecnología basada en la telefonía sobre IP, la cual se encarga de digitalizar la voz y comprimirla en pequeños paquetes de datos para luego trasmitirla a un punto donde se reagrupan para reconvertirlos en voz.