

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN EMULADOR DE TRÁFICO  
CON SEÑALES DE VOZ PARA LA APLICACIÓN  
DE CALIDAD DE SERVICIO SOBRE UNA RED IP**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de  
Venezuela por el Br. Rouliez L., Juan C.  
Para optar al Título  
de Ingeniero Electricista

Caracas, 2005

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **IMPLEMENTACIÓN DE UN EMULADOR DE TRÁFICO CON SEÑALES DE VOZ PARA LA APLICACIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO SOBRE UNA RED IP**

Profesor Guía: Ing. Carolina Regoli

Tutor Industrial: Lic. Fermín Giner

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de  
Venezuela por el Br. Rouliez L., Juan C.  
Para optar al Título  
de Ingeniero Electricista

Caracas, 2005


## CONSTANCIA DE APROBACIÓN


Caracas, 27 de abril de 2005

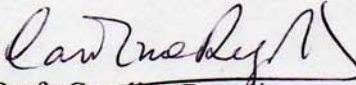
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Juan C. Rouliez L, titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN EMULADOR DE TRAFICO CON SEÑALES DE VOZ PARA LA APLICACIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO SOBRE UNA RED IP”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

  
Prof. Francisco Varela  
Jurado

  
Prof. Carlos Moreno  
Jurado

  
Prof. Carolina Regoli  
Prof. Guía

## **RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS**

A Dios.

A mi familia.

**Rouliez L., Juan C.**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN EMULADOR DE TRÁFICO CON  
SEÑALES DE VOZ PARA LA APLICACIÓN DE CALIDAD DE  
SERVICIO SOBRE UNA RED IP**

**Profesor Guía: Ing. Carolina Regoli. Tutor Industrial: Lic.Fermín Giner.  
Tesis. Caracas. UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Eléctrica. Ingeniero  
Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: CANTV. 2005. 143 h. +  
anexos.**

**Palabras Claves:** VoIP; QoS; H.323; Windows.

**Resumen.** Debido al gran desarrollo de la tecnología de voz sobre el Protocolo de Internet (*VoIP – “Voice over Internet Protocol”*), cuyo éxito depende en gran medida de la calidad de servicio (*QoS – “Quality of Service”*) que pueda ofrecer la red para telefonía, y a la gran probabilidad que existe que esta tecnología sea implementada en Venezuela por parte de la Compañía Anónima de Teléfonos de Venezuela CANTV para telefonía fija, se plantea el siguiente trabajo para el desarrollo e implementación de una herramienta de software que permita la generación de tráfico con señales de voz y la medición de los parámetros de QoS en llamadas de VoIP entre dos computadores personales dentro de una red de área local (*LAN – “Local Area Network”*), utilizando el Protocolo de Señalización H.323 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (*ITU – “International Telecommunication Union”*). Se espera que esta solución permita a la Corporación CANTV realizar pruebas necesarias en redes IP para determinar la calidad de servicio de éstas para el servicio de VoIP, antes de implementar una solución de VoIP, y así realizar una mejor planificación en cuanto a equipos de red y cantidad de teléfonos IP que soporta la red. Para el desarrollo de esta aplicación se utilizaron herramientas de programación basadas en la Licencia Mozilla y en el sistema operativo Windows.

## ÍNDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN .....	II
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS .....	III
RESUMEN.....	IV
ÍNDICE GENERAL .....	V
LISTA DE TABLAS .....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	XI
ACRÓNIMOS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
OBJETIVOS .....	6
OBJETIVO GENERAL .....	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
JUSTIFICACIÓN .....	7
CAPÍTULO I .....	8
1 VOZ SOBRE IP.....	8
1.1 Ventajas y beneficios de VoIP.....	9
1.2 Voz sobre IP.....	10
1.3 Calidad de servicio (QoS) en redes IP .....	11
1.3.1 Parámetros de calidad de servicio.....	11
1.3.2 Factores que influyen en la calidad de la voz. ....	14
1.3.2.1 Claridad.....	14
1.3.2.2 Codecs de audio .....	15
1.3.2.3 Supresión de silencio .....	16
1.3.2.4 Eco .....	16
1.3.3 Parámetros ajustables en equipos de VoIP. ....	16
1.3.3.1 Jitter buffer.....	16
1.3.4 Métodos para medir la calidad de la voz. ....	17
1.3.5 Mediciones recomendadas para determinar la calidad de la voz.....	18
1.3.5.1 Medición de retraso.....	18
1.3.5.2 Medición de calidad de la voz .....	18

1.3.5.3 Medición de calidad de los tonos multifrecuencia (DTMF – “Dual Tone Multi Frequency”) .....	19
1.4 Elementos básicos de una red VoIP.....	20
1.4.1 El Gatekeeper.....	20
1.4.2 El Gateway.....	20
1.5 Escenarios para VoIP .....	21
1.5.1 Telefonía por Internet. ....	21
1.5.2 Telefonía en una Intranet. ....	22
1.5.3 Acceso telefónico a través de Internet. ....	23
1.5.4 Telefonía multimedia. ....	24
1.6 Interoperabilidad y estandarización.....	24
1.7 Características necesarias para un buen sistema de transmisión sobre redes de datos .....	25
1.7.1 Soporte de voz y fax de forma transparente.....	25
1.7.2 Escalabilidad. ....	25
1.7.3 Herramientas de administración. ....	25
1.7.4 Capacidad.....	26
1.7.5 Conexión con PBX. ....	26
1.8 Voz sobre redes de paquetes.....	26
1.8.1 ATM.....	26
1.8.1.1 IP sobre ATM .....	26
1.8.1.2 Inconvenientes del transporte ATM.....	26
1.8.1.3 Encapsulamiento IP .....	26
1.8.1.4 TCP sobre ATM.....	27
1.8.1.5 Voz sobre ATM .....	28
1.8.2 Frame Relay.....	29
1.8.2.1 IP sobre Frame Relay.....	29
1.8.2.2 Voz sobre Frame Relay.....	29
1.8.3 Conclusiones de la comparación de las diferentes redes para la transmisión de voz. ....	30
CAPÍTULO II .....	32
2 SEÑALIZACIÓN EN TELEFONÍA IP .....	32
2.1 ¿Qué es señalización en telefonía?.....	32
2.2 H.323.....	33
2.2.1 Referencias normativas.....	34
2.2.2 Componentes de H.323.....	36
2.2.2.1 Recomendación H.225.....	37

2.2.2.1.1 Señalización RAS. ....	38
2.2.2.1.2 Señalización Q.931. ....	39
2.2.2.1.3 Señalización H.245. ....	41
2.2.3 Establecimiento de la conexión. ....	42
2.3 <i>Protocolos de tiempo real</i> . ....	45
2.3.1 Protocolo de transporte en tiempo real. ....	45
2.3.1.1 La cabecera de RTP. ....	45
2.3.2 Protocolo de control RTP (RTCP – “RTP Control Protocol”). ....	46
2.3.2.1 Funciones del Protocolo de Control RTP. ....	47
2.3.3 Principales características de los protocolos de tiempo real. ....	48
2.4 <i>Avances en el protocolo H.323</i> . ....	48
2.4.1 Protocolo H.323 Versión 2. ....	48
2.4.2 Protocolo H.323 Versión 3. ....	49
2.4.3 Protocolo H.323 Versión 4. ....	50
2.4.4 Protocolo H.323 Versión 5. ....	51
2.5 <i>Codecs de Audio</i> ....	52
CAPÍTULO III.....	57
3 PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN .....	57
3.1 <i>Definición de la metodología</i> .....	57
3.2 <i>Establecimiento de los requerimientos</i> .....	59
3.3 <i>Análisis general de la solución</i> .....	60
3.4 <i>Determinación de la factibilidad</i> .....	62
3.5 <i>Diseño lógico</i> .....	63
CAPÍTULO IV.....	67
4 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....	67
4.1 <i>Módulo de interfaz con los usuarios</i> .....	67
4.2 <i>Módulo de prueba de ancho de banda</i> .....	78
4.3 <i>Módulo de prueba de tráfico</i> .....	83
CAPÍTULO V .....	86
5 PRUEBAS, RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTAD.....	86
5.1 <i>Prueba de ancho de banda</i> .....	86
5.2 <i>Prueba de tráfico</i> .....	115
5.3 <i>Análisis de resultados</i> .....	118
CONCLUSIONES .....	122
RECOMENDACIONES.....	124
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125



ANEXO 1..... 128

## LISTA DE TABLAS

TABLA II.1 PRINCIPALES MENSAJES RAS .....	38
TABLA II.2 PRINCIPALES MENSAJES Q.931 .....	40
TABLA II.3 PRINCIPALES MENSAJES H.245 .....	41
TABLA II.4 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS PROTOCOLOS DE TIEMPO REAL. ....	48
TABLA II.5 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS CODECS H.323 .....	55
TABLA II.6 CARACTERÍSTICAS DE LOS CODECS H.323 .....	56
TABLA II.7 CODECS UTILIZADOS EN VOIP.....	56
TABLA V.1 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ANCHO DE BANDA PARA EL CODEC G.711 LEY $\mu$ . .....	87
TABLA V.2 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ANCHO DE BANDA PARA EL CODEC G.711 LEY A.....	88
TABLA V.3 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ANCHO DE BANDA PARA EL CODEC G.726 32-K.....	88
TABLA V.4 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ANCHO DE BANDA PARA EL CODEC SPEEX NARROW 5.95K.....	89
TABLA V.5 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ANCHO DE BANDA PARA EL CODEC SPEEX NARROW 8K.....	89
TABLA V.6 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ANCHO DE BANDA PARA EL CODEC iLBC 13-K3.....	90
TABLA V.7 PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO PROMEDIO DE LA PRUEBA DE ANCHO DE BANDA UTILIZANDO EL CODEC G.711 LEY $\mu$ . .....	91
TABLA V.8 PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO PROMEDIO DE LA PRUEBA DE ANCHO DE BANDA UTILIZANDO EL CODEC G.711 LEY A. ....	91
TABLA V.9 PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO PROMEDIO DE LA PRUEBA DE ANCHO DE BANDA UTILIZANDO EL CODEC G.726 32-K.....	92
TABLA V.10 PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO PROMEDIO DE LA PRUEBA DE ANCHO DE BANDA UTILIZANDO EL CODEC SPEEX NARROW 5.95-K. ....	92
TABLA V.11 PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO PROMEDIO DE LA PRUEBA DE ANCHO DE BANDA UTILIZANDO EL CODEC SPEEX NARROW 8-K. ....	93
TABLA V.12 PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO PROMEDIO DE LA PRUEBA DE ANCHO DE BANDA UTILIZANDO EL CODEC iLBC 13-K3.....	93
TABLA V.13 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TRÁFICO PARA EL CODEC G.711 LEY $\mu$ . ....	115

TABLA V.14 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TRÁFICO PARA EL CODEC G.711 LEY A. .....	116
TABLA V.15 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TRÁFICO PARA EL CODEC G.726-32-K. .....	116
TABLA V.16 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TRÁFICO PARA EL CODEC SPEEX NARROW 5.95-K. ....	117
TABLA V.17 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TRÁFICO PARA EL CODEC SPEEX NARROW 8-K. ....	117
TABLA V.18 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TRÁFICO PARA EL CODEC iLBC 13-K3. .....	118

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA I.1. USO DE INTERNET COMO UNA PORTADORA DE TELEFONÍA DE LARGA DISTANCIA.....	21
FIGURA I.2. RED EMPRESARIAL BASADA EN IP UTILIZADA PARA TRÁFICO DE VOZ Y DATOS. ....	22
FIGURA II.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS PRINCIPALES PROTOCOLOS UTILIZADOS EN LA RECOMENDACIÓN H.323. ....	36
FIGURA II.2. ESTABLECIMIENTO DE LA CONEXIÓN.....	43
FIGURA II.3. ESTABLECIMIENTO Y LIBERACIÓN DE UNA LLAMADA H.323, TÍPICA (PRIMERA PARTE).....	43
FIGURA II.4. ESTABLECIMIENTO Y LIBERACIÓN DE UNA LLAMADA H.323, TÍPICA (CONTINUACIÓN).....	44
FIGURA II.5. FORMATO DE CABECERA RTP. ....	46
FIGURA III.1. ESQUEMA GENERAL DE LOS MÓDULOS DEL PROGRAMA. ....	60
FIGURA III.2. ESQUEMA DETALLADO DE LOS MÓDULOS DEL PROGRAMA.....	62
FIGURA III.3. DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DEL PROGRAMA. ....	65
FIGURA IV.1. CUADRO “HACER LLAMADA”. ....	70
FIGURA IV.2. CUADRO “PRUEBA DE TRÁFICO”. ....	71
FIGURA IV.3. CUADRO “GENERADOR DE LLAMADAS”. ....	72
FIGURA IV.4. CUADRO “ESTADÍSTICAS RTP”. ....	73
FIGURA IV.5. CUADRO “OPCIONES GENERALES”. ....	75
FIGURA IV.6. CUADRO “FUENTE”. ....	75
FIGURA IV.7. CUADRO “OPCIONES DE RED”. ....	76
FIGURA IV.8. CUADRO “OPCIONES DE TRANSFERENCIA”.....	76
FIGURA IV.9. CUADRO “OPCIONES DEL DISPOSITIVO DE AUDIO”. ....	77
FIGURA IV.10. CUADRO “OPCIONES DE CODEC DE AUDIO”.....	77
FIGURA IV.11. CUADRO “OPCIONES DE REGISTRO”.....	78
FIGURA IV.12 SEÑALIZACIÓN PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UNA LLAMADA. ....	81
FIGURA V.1 VALORES PROMEDIO DE PAQUETES PERDIDOS PARA LA PRUEBA DE ANCHO DE BANDA. ....	94
FIGURA V.2 VALORES PROMEDIO DE JITTER PARA LA PRUEBA DE ANCHO DE BANDA.....	95
FIGURA V.3 VALORES PROMEDIO DE RETRASO PARA LA PRUEBA DE ANCHO DE BANDA. ....	95

FIGURA V.4 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.711 LEY $\mu$ -5 LLAMADAS. ....	97
FIGURA V.5 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.711 LEY $\mu$ -10 LLAMADAS. ..	97
FIGURA V.6 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.711 LEY $\mu$ -25 LLAMADAS. ..	98
FIGURA V.7 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.711 LEY $\mu$ -50 LLAMADAS. ..	98
FIGURA V.8 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.711 LEY $\mu$ -74 LLAMADAS. ..	99
FIGURA V.9 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.711 LEY $\mu$ -89 LLAMADAS. ..	99
FIGURA V.10 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.711 LEY A-5 LLAMADAS. ....	100
FIGURA V.11 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.711 LEY A-10 LLAMADAS. ....	100
FIGURA V.12 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.711 LEY A-25 LLAMADAS. ....	101
FIGURA V.13 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.711 LEY A-50 LLAMADAS. ....	101
FIGURA V.14 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.711 LEY A-74 LLAMADAS. ....	102
FIGURA V.15 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.711 LEY A-83 LLAMADAS. ....	102
FIGURA V.16 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.726 32-K-5 LLAMADAS. ....	103
FIGURA V.17 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.726 32-K-10 LLAMADAS. ....	103
FIGURA V.18 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.726 32-K-24 LLAMADAS. ....	104
FIGURA V.19 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.726 32-K-49 LLAMADAS. ....	104
FIGURA V.20 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.726 32-K-43 LLAMADAS. ....	105
FIGURA V.21 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC G.726 32-K-50 LLAMADAS. ....	105
FIGURA V.22 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC SPEEX NARROW 5.95-K - 5 LLAMADAS. ....	106
FIGURA V.23 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC SPEEX NARROW 5.95-K - 9 LLAMADAS. ....	106
FIGURA V.24 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC SPEEX NARROW 5.95-K - 25 LLAMADAS. ....	107
FIGURA V.25 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC SPEEX NARROW 5.95-K - 49 LLAMADAS. ....	107
FIGURA V.26 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC SPEEX NARROW 5.95-K - 55 LLAMADAS. ....	108
FIGURA V.27 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC SPEEX NARROW 5.95-K - 67 LLAMADAS. ....	108
FIGURA V.28 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC SPEEX NARROW 8-K - 5 LLAMADAS. ....	109
FIGURA V.29 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC SPEEX NARROW 8-K - 10 LLAMADAS. ....	109
FIGURA V.30 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC SPEEX NARROW 8-K - 25 LLAMADAS. ....	110
FIGURA V.31 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC SPEEX NARROW 8-K - 36 LLAMADAS. ....	110

FIGURA V.32 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC SPEEX NARROW 8-K - 61 LLAMADAS. ....	111
FIGURA V.33 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC SPEEX NARROW 8-K - 56 LLAMADAS. ....	111
FIGURA V.34 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC iLBC 13-K3-5 LLAMADAS...	112
FIGURA V.35 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC iLBC 13-K3-10 LLAMADAS.	112
FIGURA V.36 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC iLBC 13-K3-24 LLAMADAS.	113
FIGURA V.37 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC iLBC 13-K3-48 LLAMADAS.	113
FIGURA V.38 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC iLBC 13-K3-74 LLAMADAS.	114
FIGURA V.39 COMPARACIÓN DE SEÑALES – CODEC iLBC 13-K3-83 LLAMADAS.	114

## ACRÓNIMOS

<b>AAL</b>	“ <i>ATM Adaptation Layer</i> ” – Capa de Adaptación ATM.
<b>A-CELP</b>	“ <i>Algebraic Code Excited Linear Prediction</i> ” – Predicción Lineal con Excitación por Código Algebraico.
<b>ATM</b>	“ <i>Asynchronous Transfer Mode</i> ” – Modo de Transferencia Asíncrono.
<b>AUU</b>	“ <i>ATM layer User to User</i> ” – Capa de Usuario a Usuario de ATM.
<b>CBR</b>	“ <i>Constant Bit Rate</i> ” – Tasa de Bit Constante.
<b>CELP</b>	“ <i>Code Excited Linear Prediction</i> ” – Predicción Lineal con Excitación por Código.
<b>CS-ACELP</b>	“ <i>Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction</i> ” - Predicción Lineal con Excitación por Código Algebraico de Estructura Conjugada.
<b>DNS</b>	“ <i>Domain Name Server</i> ” – Servidor de Nombre de Dominio.
<b>DTMF</b>	“ <i>Dual Tone Multi Frequency</i> ” – Tonos Multifrecuencia.
<b>ETSI</b>	“ <i>European Telephone Standards Institute</i> ” – Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo.
<b>FRAD</b>	“ <i>Frame Relay Access Device</i> ” – Dispositivo de Acceso Frame Relay.
<b>IETF</b>	“ <i>Internet Engineering Task Force</i> ” – Fuerza de Trabajo Ingenieril de Internet.
<b>IP</b>	“ <i>Internet Protocol</i> ” – Protocolo de Internet.
<b>ISDN</b>	“ <i>Integrated Services Digital Network</i> ” – Red Digital de Servicios Integrados.

<b>ISP</b>	<i>“Internet Service Provider”</i> - Proveedor de Servicio de Internet.
<b>ITU</b>	<i>“International Telecommunication Union”</i> – Unión Internacional de Telecomunicaciones.
<b>LAN</b>	<i>“Local Area Network”</i> – Red de Área Local.
<b>LD-CELP</b>	<i>“Low Delay Code Excited Linear Prediction”</i> – Predicción Lineal con Excitación por Código de Bajo Retraso.
<b>MC</b>	<i>“Multipoint Controller”</i> – Controlador Multipunto.
<b>MCU</b>	<i>“Multipoint Control Unit”</i> – Unidad de Control Multipunto.
<b>MIPS</b>	<i>“Million Instructions per Second”</i> – Millones de Instrucciones por Segundo.
<b>MOS</b>	<i>“Mean Opinion Score”</i> – Valor de la Opinión.
<b>MP</b>	<i>“Multipoint Processor”</i> – Procesadores Multipunto.
<b>MPMLQ</b>	<i>“Multipulse Maximum Likelihood Quantization”</i> – Excitación Multipulsos.
<b>NAT</b>	<i>“Network Address Translator”</i> – Traductor de Dirección de Red.
<b>PC</b>	<i>“Personal Computer”</i> – Computadora personal.
<b>PAMS</b>	<i>“Perceptual Análisis / Measurement System”</i> – Análisis Porcentual / Sistema de Medición.
<b>PBX</b>	<i>“Private Branch Exchange”</i> – Central Telefónica Privada.
<b>PCM</b>	<i>“Pulse Code Modulation”</i> – Modulación por Código de Pulsos.
<b>PDU</b>	<i>“Protocol Data Unit”</i> – Unidades de Datos de Protocolo.
<b>PSQM</b>	<i>“Perceptual Speech Quality Measurement”</i> – Medida Porcentual de la Calidad del Audio.
<b>PSTN</b>	<i>“Public Switched Telephone Network”</i> – Red de Telefonía Pública Conmutada.
<b>QoS</b>	<i>“Quality of Service”</i> – Calidad de Servicio.
<b>RAM</b>	<i>“Random Access Memory”</i> – Memoria de Acceso Aleatorio



<b>RAS</b>	<i>“Registration, Admission Control and Status”</i> – Control de Admisión y Estado.
<b>ROM</b>	<i>“Read Only Memory”</i> – Memoria de Sólo Lectura.
<b>RSVP</b>	<i>“Resource Reservation Protocol”</i> – Protocolo de Reservación de Recursos.
<b>RTCP</b>	<i>“RTP Control Protocol”</i> – Protocolo de Control RTP.
<b>RTP</b>	<i>“Real Time Transport Protocol”</i> – Protocolo de Transporte en Tiempo Real.
<b>SIP</b>	<i>“Session Initiation Protocol”</i> – Protocolo de Iniciación de Sesión.
<b>SNA</b>	<i>“System Network Architecture”</i> – Arquitectura de Sistema de Red.
<b>SONET</b>	<i>“Synchronous Optical Network”</i> – Red Óptica Síncrona.
<b>TCP</b>	<i>“Transmission Control Protocol”</i> – Protocolo de Control de Transmisión.
<b>UDP</b>	<i>“User Datagram Protocol”</i> – Protocolo de Datagrama de Usuario.
<b>URL</b>	<i>“Uniform Resource Locator”</i> – Localizador de Recursos Uniforme.
<b>VAD</b>	<i>“Voice Activity Detector”</i> – Detector de Actividad de Voz.
<b>VBR</b>	<i>“Variable Bit Rate”</i> – Tasa de Bit Variable.
<b>VoIP</b>	<i>“Voice over IP”</i> – Voz sobre IP.
<b>WAV</b>	<i>“Waveform Audio”</i> – Audio de Forma de Onda.

## INTRODUCCIÓN

La tecnología de voz sobre el Protocolo de Internet (*VoIP* – “*Voice over Internet Protocol*”) se refiere a las comunicaciones telefónicas a través de redes IP. Debido al gran desarrollo en las redes de datos, la transmisión de voz a través de éstas surge como una alternativa al método tradicional de voz a través de redes de circuitos. En las redes de datos el proceso de comunicación telefónica es el siguiente: una llamada viaja a través de la Red de Telefonía Pública Conmutada (*PSTN* – “*Public Switched Telephone Network*”) al “*Gateway*” más cercano, el cual digitaliza la señal analógica de voz utilizando modulación por código de pulsos, la comprime en paquetes

Las ventajas que ofrece esta tecnología son el ahorro en la implementación y mantenimiento de redes IP, la disminución en los costos de telefonía de larga distancia y el gran desarrollo de los algoritmos de compresión de voz, entre otras.

En las redes de datos existen ciertos parámetros que sirven para determinar su calidad de servicio (*QoS* – “*Quality of Service*”), entre ellos se encuentran: retraso, *jitter* y pérdida de paquetes. El retraso se refiere al tiempo total que tarda la voz en ser procesada y transmitida desde el origen hasta el destino. El *jitter* se refiere a la variación en el tiempo de llegada de los paquetes debido al retraso variable de transmisión en la red. La pérdida de paquetes ocurre debido a que las redes IP no pueden garantizar que los paquetes sean entregados. Todos estos parámetros deben mantenerse entre ciertos límites recomendados para que el servicio de VoIP al menos iguale la calidad de servicio ofrecida por las redes de circuitos para la telefonía tradicional.

El éxito de esta tecnología dependerá de la calidad de servicio que pueda ofrecer la red para la telefonía, debido a que IP no fue diseñada para manejar voz.

Entre los elementos básicos de una red de VoIP se encuentran el “*Gatekeeper*”; el cual puede ser considerado como el controlador de la red de VoIP, y el “*Gateway*”; cuya función es convertir la señal de voz proveniente de la PSTN a paquetes de voz para ser enviados a la red IP y viceversa.

El Protocolo de Señalización más utilizado para esta tecnología proviene de la recomendación H.323 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (*ITU – International Telecommunication Union*). Esta recomendación provee los fundamentos necesarios para la comunicación de audio, video y datos a través de una red de paquetes, pero no garantiza calidad de servicio.

En la actualidad los grandes proveedores de servicio de telecomunicaciones en el mundo están en proceso de migración de sus redes de telefonía, hacia una nueva plataforma VoIP.

Para seguir siendo competitiva en el mercado venezolano, CANTV debe garantizar una alta calidad de servicio para todos sus abonados de telefonía en los procesos de migración hacia una plataforma VoIP.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dado que la tecnología de paquetes es cada vez más importante en la industria de las redes, las operadoras de telefonía están considerando migrar los sistemas de voz basados en redes de circuitos a las redes bajo el Protocolo de Internet (*IP – “Internet Protocol”*), y mantener la calidad de la voz en el nivel aceptable que tradicionalmente se ofrece a través de las centrales telefónicas.

En las redes de circuitos cuando se van a instalar las centrales telefónicas, se realizan distintas pruebas para garantizar el buen funcionamiento de éstas. Una de ellas es la Prueba de Tráfico, donde se utiliza un equipo generador de llamadas. En la central telefónica se realizan ciertas conexiones entre los distintos equipos y se programa el generador de llamadas para que realice un alto número de llamadas a nivel interno de la central telefónica. Luego de finalizada la prueba, se analizan las estadísticas arrojadas en cuanto a llamadas contestadas, llamadas completadas, llamadas fallidas y llamadas no contestadas. Si existe un porcentaje alto en llamadas no completadas y/o llamadas fallidas, esto indica que la central telefónica presenta fallas, no puede ser puesta en funcionamiento y se deben hacer las correcciones respectivas en ella.

En las redes de datos se realizan también pruebas de desempeño cuando se va a poner en funcionamiento el servicio de voz sobre IP (*VoIP – “Voice over Internet Protocol”*). La Prueba de Tráfico sirve para medir el rendimiento de la calidad de la voz y el manejo de los paquetes durante la congestión de la red. Cuando la voz se transmite en paquetes y tiene que compartir el medio de transmisión con otro tráfico que es desconocido e impredecible, se necesita una calidad de servicio alta para proteger el tráfico de voz. Los resultados obtenidos por estas pruebas pueden llevar a tomar decisiones desde cambiar los parámetros de los

equipos de la red, hasta sustituir los mismos por otros que manejen calidad de servicio, así como también son fuente importante para el diseño de la solución de VoIP a ser implementada en la red.

El diseño y desarrollo de una herramienta que permita la realización de pruebas de capacidad y calidad de servicio sobre redes operativas IP para el servicio de VoIP, responde a la necesidad de disponer de una aplicación que permita a personal de la CANTV obtener datos necesarios para poder realizar la posterior planificación de una solución de VoIP en la red bajo estudio. Entre los datos que se requieren se encuentran:

- ✓ Conocimiento de la calidad de la red IP para el servicio de VoIP.
- ✓ Conocimiento de la cantidad de teléfonos de VoIP que pueden ser instalados en la red IP.
- ✓ Desempeño de la red IP bajo una prueba de tráfico.
- ✓ Funcionamiento de distintos esquemas de codificación de voz en la red IP.

En los actuales momentos la corporación CANTV no cuenta con ninguna herramienta que permita obtener estos datos de una manera automatizada. La obtención de alguna aplicación que satisfaga estas necesidades, significaría una inversión muy elevada para la corporación. La implementación de la tecnología de VoIP para el servicio de telefonía fija podría ocurrir en un futuro muy cercano en Venezuela por parte de CANTV debido a su gran desarrollo y la aceptación por muchas empresas de telecomunicaciones en el mundo como AT&T (Estados Unidos), Skype (A nivel mundial), Fastweb (Italia), Verizon (Estados Unidos), entre otras.

En este sentido la corporación CANTV ha mostrado interés en desarrollar una herramienta automatizada que permita obtener de manera eficiente los datos referentes a capacidad y calidad de servicio de una red IP, con el objeto de implementar una solución de VoIP o corregir cualquier defecto en una red IP.

Esta herramienta ha sido definida como Generador VoIP y ha sido concebida para ejecutar pruebas para el servicio de VoIP en redes IP. Su desarrollo e implementación ha sido dividida en fases, atendiendo a las distintas pruebas que debe ejecutar la herramienta.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un emulador que genere tráfico de señales de voz analógicas sobre una red IP utilizando el protocolo H.323, para realizar pruebas de calidad de servicio en la transmisión de la voz.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El emulador debe ser capaz de:

- ✓ Determinar qué versión del protocolo H.323 está configurada en la red para ofrecer los distintos servicios permitidos por la versión.
- ✓ Establecer un registro en cuanto a los parámetros de calidad de servicio por medio del envío y recepción de tonos en la frecuencia vocal a una red IP para compararlo con las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (*ITU – “International Telecommunication Union”*).
- ✓ Generar tráfico de señales de voz sobre una red IP para determinar el límite de tráfico telefónico que soporte la red, tomando en cuenta las distintas aplicaciones que se estén cursando en ellas.
- ✓ Realizar pruebas para verificar la eficiencia y funcionalidad de la herramienta desarrollada.

## JUSTIFICACIÓN

En los actuales momentos a nivel mundial la tecnología VoIP está teniendo un gran desarrollo y aceptación por parte de las empresas fabricantes de equipos, compañías operadoras y abonados, los cuales han soportado una evolución de la telefonía tradicional a una telefonía más compleja sin mayores inconvenientes. Venezuela no se escapa de este desarrollo tecnológico, es por eso que existe una alta probabilidad que esta tecnología sea implementada por la empresa operadora más importante en cuanto a telefonía fija en el país como lo es CANTV.

CANTV en los actuales momentos no dispone de una herramienta automatizada que permita generar llamadas de VoIP y medir los parámetros de calidad de servicio de estas llamadas sobre una red IP utilizando el protocolo de señalización H.323, para poder realizar un análisis en cuanto a los equipos utilizados en la red IP y hacer un diseño apropiado de una solución de VoIP. Por lo tanto, se hace necesario diseñar e implementar una herramienta de software que permita de una manera automática generar llamadas simultáneas de VoIP para medir los parámetros de calidad de servicio, determinar la cantidad de llamadas simultáneas que soporta una red IP y observar cómo reaccionan los equipos de la red IP al constante establecimiento, mantenimiento y finalización de llamadas de VoIP.



# Capítulo I

## 1 VOZ SOBRE IP

Las comunicaciones a través de redes de datos como el Protocolo de Internet (*IP* - “*Internet Protocol*”), Modo de Transferencia Asíncrono (*ATM* - “*Asynchronous Transfer Mode*”) y Relevos de Tramas (“*Frame Relay*”), se han convertido en la estrategia preferida para las redes tanto públicas como privadas. Se piensa que el tráfico de datos pronto excederá el tráfico telefónico, si ya no lo ha hecho. Como resultado de esto, ha surgido un gran interés en transmitir voz a través de redes de datos, en oposición al método siempre utilizado de voz a través de redes de circuitos.


Anteriormente se pensaba que la telefonía e Internet eran temas aislados, pero en los últimos años se desarrolló una tecnología llamada voz sobre IP (*VoIP* – “*Voice over IP*”), que permite comunicaciones telefónicas a través de Internet.

Entre los factores más relevantes que ofrece esta tecnología, se destaca el gran ahorro en la implementación y mantenimiento de una red IP, así como también los avances en la tecnología de compresión de voz <sup>[1]</sup>.

El éxito de esta tecnología depende en gran medida de la calidad de servicio (*QoS* – “*Quality of Service*”), ofrecida por la red para la telefonía, debido a que IP no fue diseñada para manejar voz.

Típicamente existen tres escenarios para llamadas de VoIP. Puede ser de una computadora personal (*PC* - “*Personal Computer*”) a otro PC, de un PC a un teléfono o de teléfono a teléfono <sup>[2]</sup>.

---

<sup>[1]</sup>  (*White Paper: Voice over IP*)

## **1.1 Ventajas y beneficios de VoIP**

Entre las ventajas que ofrece la tecnología VoIP para convertirse en una alternativa para los usuarios de la telefonía, se destacan las siguientes <sup>[3]</sup>:

- 1. Costo del tráfico.** La reducción de los costos de telefonía de larga distancia siempre es un tema popular y justifica la implementación de VoIP. Estos ahorros se deben a que para tráfico telefónico se deben pagar cargos por acceso y tarifas pre-establecidas entre los países, y para Internet generalmente se aplican las tarifas planas.
- 2. Simplificación.** Una infraestructura que soporte varios tipos de comunicación, permite una mayor estandarización y reduce la cantidad de equipos necesarios. El ahorro en transmitir diferentes tipos de tráfico sobre una red IP, llevará a las compañías en esta dirección, pues IP actuará como el agente de unión para las distintas comunicaciones. Esta infraestructura combinada permite una optimización dinámica del ancho de banda.
- 3. Eficiencia en el transporte.** Permite comunicaciones discontinuas (por paquetes y no por conexión), esto significa que el medio sólo se utiliza cuando se transmite la información, manteniéndose libre el resto de la comunicación. En las conversaciones de voz los períodos de silencio son de aproximadamente un 50% del tiempo total de la conexión, lo que permite la utilización de este período de tiempo para la transmisión de otras comunicaciones.
- 4. Aplicaciones integradas.** Las computadoras son herramientas que permiten la combinación de voz con otras aplicaciones, tales como la navegación web, aplicaciones compartidas y conferencias multimedia.

---

<sup>[2]</sup>  (Venkataraghavan)

<sup>[3]</sup>  (Venkataraghavan)

5. **Protocolo común.** El Protocolo de Internet se ha convertido en el estándar para las redes de computadoras en todo el mundo, su alcance está creciendo gracias a la expansión de Internet.
6. **Compresión de voz.** En los últimos años se han logrado grandes avances en los algoritmos de compresión de voz, lo que permite un mayor aprovechamiento del ancho de banda.

## **1.2 Voz sobre IP**

El Protocolo de Internet es un protocolo utilizado para el envío de información digital empaquetada entre interfaces identificadas por direcciones IP. El protocolo es transparente para la información transportada en los paquetes. Voz sobre IP se refiere al uso del Protocolo de Internet entre aplicaciones que manejan señales para la transmisión en tiempo real de voz sobre una red IP. En el punto transmisor la voz es codificada en una representación digital adecuada, que es dividida en paquetes y enviada hacia la dirección IP del destinatario. En el punto receptor, la información es desempaquetada y decodificada hasta recuperar la señal de voz. Para reducir la necesidad de ancho de banda en la red, se utilizan algoritmos de compresión de voz.

Para asegurar la calidad de servicio para tráfico de voz interactivo, el retardo de la voz debe mantenerse bajo. En sesiones interactivas, los interlocutores pueden percibir un retardo de ida y vuelta mayor a 100 ms, lo que aumenta la necesidad de canceladores de eco en la red. Retardos por encima de 300 ms, que son claramente percibidos como una deficiencia, requieren compensación por parte de los interlocutores quienes deben esperar que su contraparte responda.

Algunas características de las redes IP difieren de las redes isócronas de telefonía por conmutación de circuitos. Estas diferencias deben ser consideradas cuando redes IP transportan aplicaciones de voz interactivas. En redes telefónicas isócronas, todos los bytes de información son transmitidos con un retardo pequeño y constante, lo que quiere decir que la información de voz es transmitida con baja

latencia <sup>[4]</sup> (“*Latency*”) y bajo “*jitter*” <sup>[5]</sup>. La transmisión de errores usualmente no causa mayor degradación de la calidad de voz.

Cuando se transmite voz sobre una red IP, todos los paquetes poseen un intervalo de tiempo (por ejemplo 40 ms) de información de voz. Para reproducir la información de voz, la próxima secuencia de paquetes debe ser manejada por la aplicación receptora, tan pronto como se termine de reproducir el paquete anterior. Hoy en día las redes IP no garantizan que todos los paquetes sean entregados en el orden que fueron enviados y tampoco garantizan su entrega. Algunos paquetes pueden ser retardados dependiendo de la carga en los enrutadores y el número de conexiones. En redes donde las conexiones son pocas y la carga de paquetes en los enrutadores es ligera, el retardo y el número de paquetes perdidos es pequeño.

Aunque una transmisión sin defecto no puede ser garantizada en una red IP, protocolos de transporte tales como el protocolo de control de transmisión (*TCP* – “*Transmission Control Protocol*”), garantizan la transmisión libre de fallas de datos sobre la red. Sin embargo, para la transmisión de voz sobre IP, la retransmisión de paquetes (característica de TCP) causaría retardos desproporcionados. Por lo tanto, voz sobre IP hace uso predominante del protocolo de datagrama de usuario (*UDP* - “*User Datagram Protocol*”). Para dar características controladas a la voz sobre IP, el protocolo de reservación de recursos (*RSVP* – “*Resource Reservation Protocol*”) está siendo considerado cada vez más, aunque todavía no es común.

### **1.3 Calidad de servicio (QoS) en redes IP**

#### ***1.3.1 Parámetros de calidad de servicio.***

Las redes tradicionales de telefonía son construidas para proveer un servicio óptimo para aplicaciones de voz sensibles al tiempo. Por otro lado las redes IP han

---

<sup>[4]</sup> “***Latency***”: Período de tiempo que tarda en transmitirse una señal, desde que es procesada en el equipo del transmisor hasta que es recuperada por el receptor.

<sup>[5]</sup> “***Jitter***”: Variación en la latencia de una señal.

sido construidas para soportar aplicaciones de datos en tiempo no real como por ejemplo transferencia de datos o correo electrónico. Estas aplicaciones se caracterizan por poseer tráfico de ráfagas, con picos ocasionales en la demanda de ancho de banda, pero no son sensibles a retraso. La calidad de servicio en redes IP es todavía objeto de investigación.

El deseo de combinar redes de telefonía y datos en una sola red de paquetes capaz de transmitir servicios integrados, requiere que las nuevas redes públicas estén equipadas con mecanismos que aseguren una calidad de servicio (QoS) razonable y predecible para todas las aplicaciones. Esto es especialmente importante considerando que los usuarios de la red de telefonía pública conmutada (*PSTN – “Public Switched Telephone Network”*) están acostumbrados a una gran calidad de servicio. A continuación se presentan los factores que se utilizan para determinar la calidad de servicio en redes IP, ellos son:

1. **Retraso (“*Delay*”).** Dos problemas que resultan del retraso son eco y sobreposición de la llamada <sup>[6]</sup>. El eco es causado por la reflexión en el equipo telefónico del destino de las señales de voz originadas en el origen. El eco se convierte en un problema cuando el retraso de vuelta completa (“*Round Trip Delay*”), sobrepasa los 50 milisegundos. Debido a que el eco es considerado como un gran problema de calidad, los sistemas de VoIP tienen que poseer equipos para control y cancelación de eco. La sobreposición de la llamada es el problema de un usuario interfiriendo en el diálogo del otro usuario. Esto es significativo si el retraso de un sentido (“*One Way Delay*”) sobrepasa los 250 milisegundos. El retraso puede ser dividido en componentes de retraso fijo y componentes de retraso variable. Los componentes de retraso fijo incluyen propagación y procesamiento. Los componentes de retraso variable incluyen retraso por cola, “*buffers*” para eliminar el “*jitter*” y el tamaño variable de los paquetes.

---

<sup>[6]</sup>  (Venkataraghavan)

Los siguientes factores son fuente de retraso en una llamada de VoIP.

- Retraso acumulado (“*Accumulation delay*”), que también es llamado retraso algorítmico, es causado por la necesidad de obtener una trama de muestras de voz para ser procesada por el codificador de voz. Esto depende del tipo de codificador de voz utilizado y varía de un tiempo de muestreo de 125 milisegundos a muchos milisegundos.
  - Retraso de procesamiento (“*Processing delay*”), es causado por el proceso de codificar y empaquetar las muestras codificadas para la transmisión a través de la red IP. El retraso de codificación es función tanto del tiempo de ejecución como del tipo de algoritmo utilizado. Para reducir este retraso lo que usualmente se hace es colocar muchas muestras codificadas en un solo paquete.
  - Retraso de red (“*Network delay*”), es causado por el medio físico y los protocolos utilizados para transmitir voz y datos, y por los “*buffers*” utilizados para eliminar el “*jitter*” en el lado receptor. Este retraso es función de la capacidad de los enlaces en la red así como también del procesamiento que ocurre cuando los paquetes fluyen en la red. Los “*jitters buffers*” agregan retraso, utilizado para eliminar la variación en el retraso que cada paquete sufre cuando es transmitido por la red de datos. Este retraso de red puede ser una parte significativa del retraso total, pues los retrasos de los paquetes pueden ser tan altos como 70 milisegundos hasta 100 milisegundos en una red IP.
2. **Jitter.** Es la variación en el tiempo de llegada de los paquetes debido al retraso variable de transmisión en la red <sup>[7]</sup>. Eliminar el “*jitter*” requiere recolectar paquetes y detenerlos el tiempo suficiente para permitir que los paquetes más lentos lleguen al destino en el tiempo justo para ser escuchados en la secuencia correcta, que al final causa un retraso adicional.

---

<sup>[7]</sup>  (Venkataraghavan)

El conflicto entre las metas de minimizar el retraso y eliminar el “*jitter*” ha llevado al desarrollo de varios esquemas que adaptan el tamaño del “*jitter buffer*” para que se puedan enlazar los requerimientos de tiempo con la eliminación del “*jitter*” de la red.

3. **Pérdida de paquetes (“*Packet Loss*”).** Las redes IP no pueden garantizar que los paquetes sean entregados, y mucho menos que sean entregados en orden <sup>[8]</sup>. Algunos paquetes no serán transmitidos durante picos de tráfico y períodos de congestión de la red. Debido a la sensibilidad en el tiempo de las transmisiones de voz, los esquemas de retransmisión del protocolo de control de transmisión no son útiles. Se deben diseñar esquemas que compensen la pérdida de paquetes para solventar este problema.
4. **Disponibilidad de ancho de banda (“*Bandwidth Availability*”).** El ancho de banda es la porción de la red que está disponible para una aplicación para transmitir información en la red <sup>[9]</sup>. El nivel de confiabilidad y la calidad del sonido aceptable entre los usuarios todavía no han sido alcanzados, esto es principalmente por limitaciones en el ancho de banda, lo cual lleva a una mayor pérdida de paquetes. En comunicaciones de voz, la pérdida de paquetes se manifiesta como pequeños períodos de silencio en la conversación, lo cual en el negocio de las comunicaciones es inaceptable.

### ***1.3.2 Factores que influyen en la calidad de la voz.***

#### ***1.3.2.1 Claridad***

La claridad está relacionada con la inteligibilidad de la voz, siendo una medida subjetiva de cuánta información puede ser extraída de una conversación. La claridad de la voz depende de una variedad de factores y sólo algunos de ellos son

---

<sup>[8]</sup>  (Venkataraghavan)

<sup>[9]</sup>  (Venkataraghavan)

entendidos. Por ejemplo, ciertas bandas de frecuencia en el espectro de audio son más importantes para la inteligibilidad de la voz que otras. La banda de frecuencia de 250 – 800 Hz es menos importante para la inteligibilidad de la voz que las frecuencias contenidas entre la banda de 1000 – 1200 Hz.

Los componentes de una red de datos tienen cierto impacto en la claridad de la voz en el camino de una llamada:

- Los dispositivos telefónicos en ambos lados de la llamada afectan la claridad de la voz debido a la calidad del micrófono y la posibilidad de la no compensación del eco generado entre el micrófono y el usuario. Este es un parámetro no relacionado al tipo de red utilizado para el transporte de la voz, pero todos los factores que degraden la calidad de la voz deben ser considerados.
- La digitalización tiene un impacto menor en la claridad de la voz debido a que el incremento en la relación señal a ruido es mínimo.
- La red IP puede afectar la claridad de la voz si no posee calidad de servicio garantizada, y esto resulta en excesivo *jitter* y pérdida de paquetes.
- El tráfico de la red también afecta la claridad de la voz. Cuando el tráfico de la red es alto, y especialmente en redes con acceso estadístico como la recomendación Ethernet IEEE 802.3 , la pérdida de paquetes y el *jitter* típicamente aumentan. Por ejemplo, cuando se utiliza Ethernet, el tráfico alto en la red lleva a mayores colisiones. Después de un cierto nivel de colisiones, ocurren grandes pérdidas de paquetes.

#### 1.3.2.2 Codecs de audio

Un CODEC de audio transforma la señal de voz analógica en tramas digitales y viceversa. Además, algunos CODECs de audio utilizan técnicas de compresión, eliminando información redundante o poco importante para reducir el ancho de banda requerido. La compresión en particular es un proceso de balance entre calidad de la voz, poder computacional local, retraso y requerimientos de



ancho de banda en la red <sup>[10]</sup>. La compresión de señales de voz requiere de altos niveles computacionales. Mientras mayor es la reducción de ancho de banda, mayor es el costo computacional del CODEC para un nivel de calidad dado. Además, grandes ahorros en ancho de banda generalmente producen un retraso mayor en la comunicación.

CODECs como G.729 y G.723.1 de baja tasa de bits hacen una reproducción subjetiva de la señal, en lugar de reproducir la forma de la onda. Esto indica que cualquier pérdida de información produce un efecto mucho mayor que si se utilizasen CODECs de alta tasa de bits o el método de compresión G.711.

#### 1.3.2.3 Supresión de silencio

Un detector de actividad de voz (VAD – “Voice Activity Detector”) es una “puerta de audio”. Cuando el usuario está hablando, la puerta VAD se abre y los paquetes son transmitidos. Cuando el usuario está en silencio, la puerta se cierra y no se envían paquetes. Como las conversaciones humanas son generalmente en los dos sentidos, el uso del VAD puede realizar una reducción del ancho de banda requerido entre 40% y 50%.

#### 1.3.2.4 Eco

El eco es la reflexión de la señal a través de la red, con suficiente retraso para convertirse perceptible al usuario.


Los canceladores de eco son dispositivos que se utilizan en redes de voz para reducir o eliminar el eco.

### ***1.3.3 Parámetros ajustables en equipos de VoIP.***

#### 1.3.3.1 Jitter buffer

Es un “buffer” de paquetes que retiene paquetes entrantes por un tiempo específico antes de enviarlos a descomprimirlos. Esto tiene el efecto de suavizar el flujo de paquetes. Sin embargo, la desventaja del “jitter buffer” es que agrega un

---

[10]  (Douskalis, 2000)

retraso significativo. El tamaño del “*jitter buffer*” es configurable. Si el tamaño del “*jitter buffer*” es muy pequeño, las perturbaciones en la red como pérdida de paquetes y “*jitter*” causarían efectos audibles en la voz recibida. Si el tamaño del “*jitter buffer*” es muy grande, la calidad de la voz estará bien, pero la conversación de dos sentidos se puede convertir en una conversación de un sentido donde las personas no pueden hablar simultáneamente por el gran retraso <sup>[11]</sup>.

#### **1.3.4 Métodos para medir la calidad de la voz.**

Con todos los factores que afectan la calidad de la voz, se hace necesario un mecanismo para medirla. La ITU ha desarrollado dos importantes recomendaciones: Valor de la Opinión (*MOS* – “*Mean Opinion Score*”) P.800 y Medida Porcentual de la Calidad del Audio (*PSQM* – “*Perceptual Speech Quality Measurement*”) <sup>[12]</sup> P.861. La recomendación P.800 se encarga de definir un método para derivar un valor de opinión de la calidad de la voz. La prueba consiste en grabar muestras de voz pre-seleccionadas sobre el medio de transmisión deseado y luego reunir a un grupo de hombres y mujeres para que escuchen la grabación. Luego estas personas califican la grabación entre uno y cinco, donde uno es el peor y cinco es el mejor valor. Un *MOS* de cuatro es considerado de gran calidad.

La recomendación P.861 define un algoritmo a través del cual una computadora puede derivar resultados muy cercanos a los arrojados por el *MOS*. Aunque *PSQM* es útil, se tienen algunas dudas acerca de su adaptación para redes de datos. *PSQM* fue diseñada para redes de circuitos y no toma en cuenta el efecto de parámetros importantes como “*jitter*” y pérdida de paquetes que son relevantes para *VoIP*.

Como resultado de las limitaciones de *PSQM*, los investigadores están tratando de desarrollar una alternativa para medir la calidad de la voz. Una propuesta es el Análisis porcentual / sistema de medición (*PAMS* – “*Perceptual*

---

<sup>[11]</sup>  (*Fine – Tuning Voice over Packet Services*)

<sup>[12]</sup>  (*Kerker, 2002*)

*Analysis / Measurement System*), desarrollado por British Telecom. Las pruebas hechas por esta compañía muestran una buena correlación entre los resultados automatizados de PAMS y los resultados manuales de MOS.

### ***1.3.5 Mediciones recomendadas para determinar la calidad de la voz.***

#### ***1.3.5.1 Medición de retraso***

El retraso desde el origen hasta el destino es la suma de todos los retrasos en los diferentes equipos de la red y a través de los enlaces de ésta por donde el tráfico de voz es transmitido, incluyendo redes de circuitos y redes de VoIP. El retraso no afecta la inteligibilidad de la voz, pero sí afecta la conversación entre los usuarios.

Una simple medición de retraso en una red de VoIP es de uso limitado y deben tomarse múltiples muestras. El retraso en redes de VoIP puede variar en el tiempo por muchas razones. Especialmente en topologías donde los paquetes IP pueden tomar rutas diferentes, es importante saber si las rutas alternas son permitidas en horas de alto tráfico en la red. Si en algún momento se seleccionan rutas alternas, la calidad de la voz puede ser afectada debido a la configuración de la red, algoritmos de enrutamiento entre dominios administrativos distintos, y otras razones que pueden causar que se seleccionen caminos utilizando distintos criterios en ciertos períodos de tiempo.

Las mediciones de retraso permiten determinar el retraso promedio en una red, así como también los retrasos mínimo y máximo experimentados. Esto es de mucha ayuda para caracterizar el comportamiento de la red bajo distintas condiciones de tráfico.

#### ***1.3.5.2 Medición de calidad de la voz***

El algoritmo PSQM fue diseñado originalmente para medir la calidad del audio procesado por los CODECs de audio, y no toma en cuenta factores de la red como distorsiones severas. Para una medición más precisa es necesario el uso de una versión mejorada del algoritmo PSQM, llamada PSQM+ que sí toma estos factores de red en cuenta.

El uso de muestras de una conversación en redes de VoIP para medidas de calidad de la voz es más importante que el uso de tonos de frecuencia o señales de ruido <sup>[13]</sup>. Los CODECs de baja tasa de bits utilizados en VoIP tratan de recrear lo escuchado por el oído humano en el destino y no son sintonizados para recrear tonos o señales de ruido, lo que puede causar una falsa impresión de la calidad de la voz en la red.


Las pruebas de claridad son realizadas entre los dos puntos de una llamada en la red. Para medir la claridad en una manera constante, se debe enviar una muestra de voz conocida y compararla con la señal recibida. La señal recibida puede ser la que se obtiene en el destino final, o la que es obtenida en el destino final y es retransmitida al origen.

#### 1.3.5.3 Medición de calidad de los tonos multifrecuencia (DTMF – “Dual Tone Multi Frequency”)

La degradación de la calidad de la señal puede afectar el reconocimiento de los tonos DTMF. El transporte de los tonos DTMF en redes de voz es muy importante, porque la red no sólo transporta el número marcado, sino también activa funciones básicas de telefonía como correo de voz, llamadas cobradas con tarjetas de crédito, etc. Los tonos DTMF distorsionados pueden causar que algunos de estos servicios no puedan ser operados.

Los tonos DTMF son generados por el teclado del teléfono utilizando una frecuencia alta y una baja de igual amplitud. Los CODECs de baja tasa de bit en redes de voz tienen dificultades transmitiendo tonos DTMF y reproduciéndolos con alta fidelidad. Sintonizados para voz a diferencia de señales sinusoidales, los CODECs pueden alterar la frecuencia y amplitud de los dos tonos hasta el punto que no puedan ser reconocidos.

---

[13]  (Douskalis, 2000)

La medición de los tonos DTMF puede ayudar a investigar problemas con la degradación de los tonos en la red al medir los parámetros de distorsión. Los parámetros importantes al medir la calidad de los tonos DTMF son la variación de frecuencia y de amplitud que pueden sufrir los dos tonos.

## **1.4 Elementos básicos de una red VoIP**

### ***1.4.1 El Gatekeeper.***

El “*Gatekeeper*” puede ser considerado como el controlador de la red de VoIP<sup>[14]</sup>. Entre las funcionalidades básicas de un “*Gatekeeper*” están el determinar la identidad de los usuarios, tal como el nombre de usuario o su número telefónico, al igual que la dirección IP de la interfaz donde el usuario puede ser localizado, y las características de la comunicación asociadas a ese usuario en la interfaz.

La equivalencia entre la dirección IP y un usuario no es siempre estática. La dirección IP de un usuario por discado es asignada usualmente en forma dinámica cuando accede al proveedor del servicio de Internet (*ISP* – “*Internet Service Provider*”). De forma similar, en dominios donde la ubicación de las direcciones IP es fija, los usuarios suelen moverse entre distintas computadoras. Estos “*Gatekeeper*” deben poseer algún mecanismo que permita el manejo dinámico de la información, para registrar características actuales de los usuarios.

### ***1.4.2 El Gateway.***

Las aplicaciones primitivas de telefonía por Internet solamente permitían a los usuarios de computadoras conectados a la red IP realizar conversaciones entre ellos. Sin embargo, para que sea realmente útil para propósitos telefónicos, los usuarios con computadoras también deben poder realizar llamadas a usuarios con teléfonos convencionales, y estos usuarios a su vez realizar llamadas a usuarios de computadoras. La función del “*Gateway*” es saltar la brecha que existe entre la red telefónica (la PSTN o la red digital de servicios integrados, ISDN) y la red IP,

---

[14]  (Venkataraghavan)

traduciendo la información de direccionamiento (asignada por el “*Gatekeeper*”) y manejando el proceso de establecimiento de llamada entre las dos redes. Cuando una llamada está en progreso, el “*Gateway*” convierte la señal de voz proveniente de una línea telefónica analógica o digital a paquetes de voz que serán enviados a la red IP, y viceversa.

## **1.5 Escenarios para VoIP**

### ***1.5.1 Telefonía por Internet.***

En este escenario Internet es utilizado para la transmisión de voz en llamadas de larga distancia. Los “*Gateways*” son localizados cerca de los usuarios telefónicos. Usar la red IP para tráfico de larga distancia significa que son realizadas sólo llamadas locales (y facturadas) dentro de la red telefónica. En la figura I.1 se muestra el esquema de este escenario.

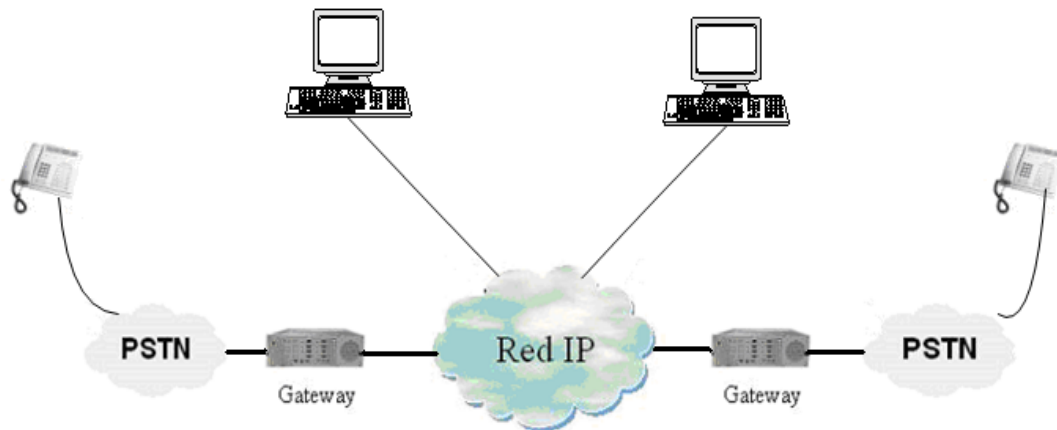


Figura I.1. Uso de Internet como una portadora de telefonía de larga distancia.

El tráfico de voz por una red IP generalmente requiere de un ancho de banda mucho menor al utilizado en las redes de telefonía convencional (5,3 Kbps si se utiliza el estándar G.723.1). Aún cuando actualmente se está comenzando a incorporar la compresión de voz en algunas redes telefónicas (como lo son las líneas transatlánticas), la gran mayoría sigue utilizando el estándar G.711, que

utiliza canales de 64 Kbps. Pero algo que no tiene discusión, es la firme evidencia de economía en la producción de servicios de voz por una red IP en comparación con una red de conmutación de circuitos.

Existen dos consideraciones importantes a ser tomadas en cuenta en este escenario:

1. **Calidad de Servicio.** La calidad de servicio asociada a una llamada de voz por una red IP puede fácilmente ser menor que la ofrecida por una llamada telefónica sobre una red de conmutación de circuitos. En especial, el retardo puede ser considerable así como impredecible (causado por el tráfico en la red y el exceso de saltos entre los puntos finales). En una red IP bien estructurada, el retardo puede ser manejado controlando el tráfico y limitando el número de saltos posibles entre los puntos finales.
2. **Alcance.** Para que el servicio sea útil en la realización de llamadas entre muchos destinos, los proveedores de servicio deben ponerse de acuerdo y planificar la colocación de los “Gateways” en toda el área de cobertura.

### ***1.5.2 Telefonía en una Intranet.***

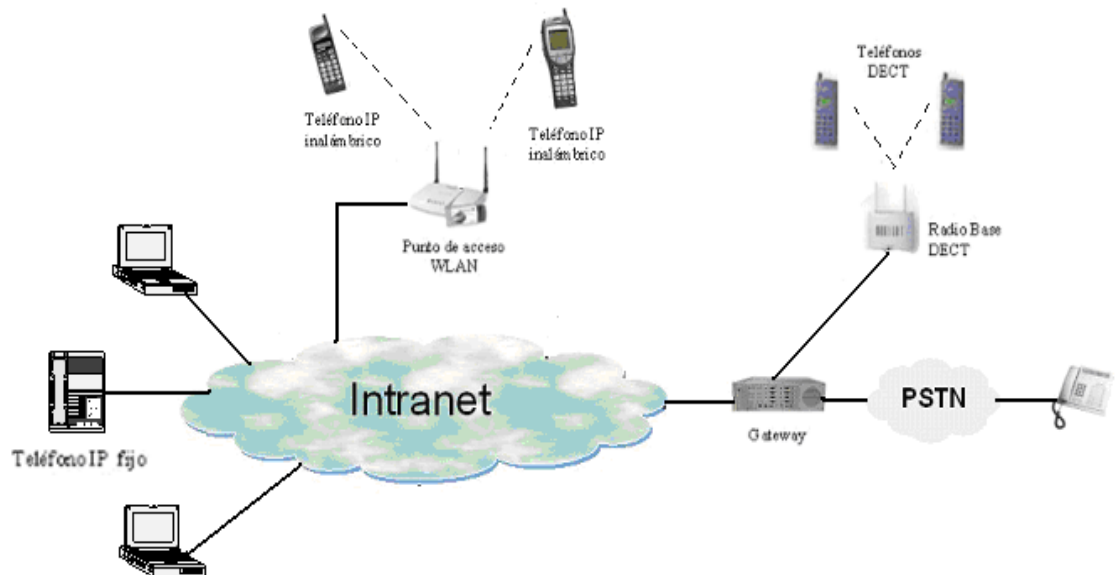


Figura I.2. Red empresarial basada en IP utilizada para tráfico de voz y datos.

Las compañías con una buena red interna (“Intranet”), donde todos, o al menos la mayoría de los empleados posean una computadora conectada a la red, pueden utilizar esta misma red para la transmisión de datos. De esta manera, se puede prescindir de la red telefónica interna de la compañía y manejar sólo una red, donde se manejen datos y voz al mismo tiempo. La intranet puede estar distribuida entre lugares distantes y éstos pueden estar conectados por líneas rentadas u otro medio que ofrezca una calidad de servicio adecuada.

De acuerdo con este escenario no se tienen teléfonos convencionales en la compañía. Es a través de las computadoras conectadas a la intranet, las cuales poseen aplicaciones telefónicas, que se realizan las comunicaciones de voz. También se pueden utilizar teléfonos IP, ya sea fijos o inalámbricos, como se muestra en la figura I.2.

Debido a que la red es administrada por una sola organización, la calidad de servicio puede ser controlada para mantener el nivel necesario para la transmisión de voz, incluso para llamadas entre sitios distantes. En este escenario, la manera más fácil de localizar a un usuario, es a través de su identificación de usuario (la cual se puede hacer igual al nombre de dicho usuario). Un servicio de directorio (en el “*Gatekeeper*”) mantiene la pista de donde se conectan a la red los distintos usuarios, lo que facilita la movilidad del personal.

Por supuesto, los empleados deben poder realizar conversaciones con personas fuera de la intranet. Para ello todos los usuarios deben poseer un número telefónico, a través del cual puedan ser alcanzados por dichas personas. Además, la intranet debe estar conectada a la red PSTN por al menos un “*Gateway*”. El “*Gateway*” también puede conectarse a una central telefónica privada (*PBX – Private Branch Exchange*).

### ***1.5.3 Acceso telefónico a través de Internet.***

Este escenario está orientado a aquellos usuarios que se conectan a Internet utilizando un acceso por discado, y necesitan mantener contacto con los usuarios telefónicos. Estos usuarios utilizan su línea telefónica para conectarse a Internet,



manteniéndola ocupada por un gran período. Las aplicaciones para voz por una red IP, ofrecen una segunda línea (virtual) a través de la cual pueden llamar y ser llamados por usuarios telefónicos, sin tener que desconectarse de Internet.

En este escenario, la calidad de comunicación y la conectividad son más importantes que el costo. Por eso los “*Gateways*” deben ser ubicados lo más cerca del usuario de PC, para aumentar el trayecto que la información de voz viaja sobre la red telefónica.

#### ***1.5.4 Telefonía multimedia.***

La telefonía multimedia se refiere al uso de llamadas de voz para complementar una sesión multimedia. Este escenario abarca una amplia gama de aplicaciones, entre las que se encuentran:

Aplicaciones de “*Call Center*”. Cuando un usuario navega a través de Internet (a la página de una agencia de viajes, por ejemplo) y desea comunicarse con un determinado agente para obtener ayuda adicional, tiene que presionar un ícono ubicado en la pantalla para realizar una conversación directa con dicho agente.

De esta manera los usuarios disfrutarán de nuevos medios de comunicación. Al igual que en el escenario anterior, la calidad de servicio es muy importante, por lo que se puede utilizar la red telefónica para asegurar la calidad en la transmisión de la voz.

Se prevé para el futuro próximo una importante integración de aplicaciones basadas sobre redes IP.

### **1.6 Interoperabilidad y estandarización**

Para el adecuado surgimiento de las comunicaciones de voz a través de redes de datos, es imprescindible asegurar la interoperabilidad entre todos los componentes. Las comunicaciones deben ser transparentes para usuarios con diferentes equipos, en diferentes redes, y utilizando diferentes aplicaciones. Mucho trabajo de estandarización ya se ha llevado a cabo, pero todavía falta mucho por determinar.

Entre los principales organismos involucrados en este proceso, se encuentran: La Unión Internacional de Telecomunicaciones (*ITU – “International Telecommunication Union”*), el Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo (*ETSI – “European Telephone Standards Institute”*), y la Fuerza de Trabajo Ingenieril de Internet (*IETF – “Internet Engineering Task Force”*).

## **1.7 Características necesarias para un buen sistema de transmisión sobre redes de datos**

En el mercado existe una gran cantidad de plataformas que ofrecen la transmisión de voz por redes de datos, pero las diferencias técnicas, de facilidades y servicios, capacidad soportada son muy grandes entre las distintas opciones. A continuación se delinearán algunas de las características de un buen sistema para la transmisión de voz por una red de datos.

### ***1.7.1 Soporte de voz y fax de forma transparente.***

El fax es aún un medio de transmisión de información muy usado en los negocios, adicionalmente al correo electrónico. Por esta razón, un sistema que ofrezca la transmisión de voz, también debe permitir la transmisión de fax. Más allá de permitir su transmisión, los “*Gateways*” deberían poder distinguir fácilmente entre una llamada de voz y una de fax, con lo que se eliminaría la necesidad de puertos separados para cada tipo de llamada.

### ***1.7.2 Escalabilidad.***

Los elementos de la plataforma deben ser escalables, de tal manera que el operador del sistema pueda ir creciendo según sus necesidades, de una forma sencilla y sin que esta ampliación signifique un trastorno en su red actual.

### ***1.7.3 Herramientas de administración.***

Debe existir una herramienta de administración para todo el sistema, que haga uso de una buena interfaz gráfica de usuario. Esta interfaz no sólo debe ser fácil de utilizar, sino también inteligente, para prevenir el establecimiento de configuraciones no válidas.

#### ***1.7.4 Capacidad.***

La plataforma debe ser capaz de manejar un número de usuarios registrados y un número de sesiones simultáneas, adecuado a los requerimientos del sistema a implementar.

#### ***1.7.5 Conexión con PBX.***

Los “Gateways” deben permitir la conexión con centrales telefónicas privadas, por lo que deben ofrecer conexiones E1 o T1.

### **1.8 Voz sobre redes de paquetes**

#### ***1.8.1 ATM.***

##### ***1.8.1.1 IP sobre ATM***

El despliegue de la tecnología IP sobre ATM dentro de Internet, es aún nuevo. Sin embargo, ya es posible ver subredes IP tradicionales desplegadas sobre ATM. El transporte de IP sobre redes ATM, está estandarizado por la petición de comentario RFC 1577.


##### ***1.8.1.2 Inconvenientes del transporte ATM***

El mayor inconveniente de transporte de señal ATM es la seguridad. En las redes IP las políticas de seguridad pueden ser manejadas fácilmente haciendo uso de las características de seguridad, acceso, enrutamiento y capacidad de filtrado, suministrado por gateways, enrutadores, proxy y firewall. Mientras que ATM no ofrece un mecanismo similar, con lo que se puede arriesgar la seguridad de la corporación <sup>[15]</sup>.

##### ***1.8.1.3 Encapsulamiento IP***

La capa de adaptación ATM (AAL – “ATM Adaptation Layer”) toma los datagramas suministrados por los protocolos de capas superiores y los fragmenta para ubicarlos dentro de células ATM de tamaño fijo (53 bytes), y fija el parámetro de capa de usuario a usuario de ATM (AUU – “ATM layer User to User”) en la

---

[15]  (Goncalves, 1999)

última célula para marcar el final del datagrama. Estas células son transportadas posteriormente por la red ATM y reensambladas en el destino, para obtener el mismo datagrama.

Dentro del entorno ATM podemos encontrar 5 capas AAL y entre éstas se escogió como estándar para la transmisión de datos, la capa AAL5. Esta capa puede fragmentar datagramas hasta de 65.635 octetos más un *trailer* de 8 octetos.

#### 1.8.1.4 TCP sobre ATM

Manejar TCP directamente sobre ATM no ofrece un buen desempeño, siendo significativamente peor que el suministrado por el estándar TCP/IP. Esto ocurre a causa de la segmentación introducida por la capa AAL. Cuando un paquete TCP/IP entra en una red ATM, es segmentado en muchos paquetes ATM de 53 bytes. La pérdida de un solo paquete ATM implica la pérdida de todo el paquete TCP. Cuando una célula ATM se corrompe a causa de la ocurrencia de errores, o es desechado por algún nodo congestionado en el transcurso de la transmisión, el resto de las células también son transmitidas hasta el destino, contribuyendo con la congestión del canal al introducir paquetes innecesarios.

Esta situación puede empeorar con cualquiera de los factores abajo listados, pues contribuyen a la pérdida de células en los enrutadores.

- **Pequeños “buffers”.** Cuando un nodo posee un “buffer” pequeño, éste es desbordado con gran facilidad. Al desbordarse un “buffer” el nodo comienza a tirar paquetes, hasta poder liberar espacio suficiente para seguir procesando la información que se le está entregando.
- **Paquetes TCP grandes.** Los paquetes TCP con un tamaño mayor de 48 bytes (la mayoría), son fragmentados en la capa de adaptación ATM para ajustarlos al tamaño fijo de 53 bytes.
- **Tamaño ineficiente de la ventana de recepción.** La ventana de recepción es el espacio del “buffer” de recepción que no está actualmente ocupado. El tamaño de esta ventana debe ser múltiplo del tamaño máximo de segmentos,

y suficientemente grande como para manejar al menos un paquete TCP de tamaño máximo. Aunado a esto se debe implementar un algoritmo de rendimiento (por ejemplo: arranque lento), para evitar la congestión de los nodos.

- **Incremento en el número de conexiones activas.** En ciertas ocasiones los usuarios envían grandes cantidades de datos a la red, todos al mismo tiempo. Un ejemplo de esto ocurre cuando todo el mundo llega a la oficina y revisa su correo electrónico. Si no se toma una medida adecuada, este fenómeno puede congestionar la red con mucha facilidad.

El período de los temporizadores propios de TCP es otra de las limitaciones de la transmisión de TCP sobre ATM, ya que son inapropiados para las redes ATM de alta velocidad. Cuando los paquetes TCP son desechados a causa de la congestión, el temporizador de retransmisión está fijo en un valor relativamente grande, lo que obliga la espera innecesaria del transmisor.

#### *1.8.1.5 Voz sobre ATM*

Los administradores de sistemas portadores de voz por ATM están decepcionados, pues esta tecnología ha demostrado ser un medio más costoso e ineficiente para el transporte de voz que TDM sobre líneas rentadas<sup>[16]</sup>.

De acuerdo con el Forum ATM, la voz debe ser transmitida como un tráfico a una tasa de bit constante (*CBR* – “*Constant Bit Rate*”). *CBR* es un método que obliga la reservación de ancho de banda para la voz, aún cuando existen períodos de silencio (aprox. 50 % del tiempo) donde no se hacen envíos, resultando en un uso ineficiente del canal. Una solución obvia a este inconveniente, es la utilización de tráfico de tasa de bit variable (*VBR* - “*Variable Bit Rate*”) para la transmisión de voz. Pero se debe tener muy en cuenta que este método no está aún

---

[16]  (Goncalves, 1999)

estandarizado para la transmisión de este tipo de información, con lo que se corre el riesgo de la no interoperabilidad de los productos de distintos proveedores.

## ***1.8.2 Frame Relay.***

### ***1.8.2.1 IP sobre Frame Relay***

Hace algunos años, la mayoría de las redes de paquetes estaban basadas en X.25. Se utilizaban circuitos digitales de poca velocidad y se sobrecargaban de un gran retardo, a causa de la gran cantidad de comprobaciones propias de este protocolo. A partir de 1990, Frame Relay comenzó a desplazar a X.25 de su posición privilegiada.

Frame Relay toma ventaja de la alta confiabilidad de las redes digitales modernas, para el transporte de los paquetes de datos con una sobrecarga por chequeo de errores y retransmisiones reducida. En la actualidad, Frame Relay juega un papel importante en muchas redes y compañías que comenzarán a migrar hacia aplicaciones de voz y fax sobre sus redes Frame Relay actuales.

IP y Frame Relay no son mutuamente excluyentes, de hecho IP puede trabajar sobre Frame Relay, PSTN y cualquier otro tipo de red. Como IP, Frame Relay también es un protocolo basado en paquetes, y por consiguiente las ventajas y limitaciones inherentes al transporte de voz por IP, también se aplican.

IP introduce, incluso, más desafíos de desempeño que Frame Relay para aplicaciones de voz. Sin embargo, IP ha llegado a ser omnipresente como resultado de la explosión de Internet / intranet. Más allá de esto, IP ofrece una nueva dimensión en términos de integración de aplicaciones de voz y datos.

### ***1.8.2.2 Voz sobre Frame Relay***

Existe un importante grupo de factores que hacen de Frame Relay una excelente opción para el transporte de voz, entre los que resalta su marcada economía. En la actualidad existen dispositivos de acceso Frame Relay (*FRAD* - "*Frame Relay Access Device*") especializados para el transporte de voz, quienes además de seguir ofreciendo las funciones básicas de un FRAD, como lo son el

transporte de datos para la interconexión de LAN y manejo de protocolos como Arquitectura de sistema de red (*SNA* - “*System Network Architecture*”) y X.25, brindan el transporte de voz paquetizada. Sin embargo, el principal desafío en la adopción de esta tecnología es precisamente técnico, porque deben vencerse varias barreras técnicas para lograr una implementación que asegure una buena calidad de la voz.

Frame Relay usa avanzados algoritmos de compresión para la voz, tal como los algoritmos de predicción lineal con excitación por código (*CELP* – “*Code Excited Linear Prediction*”), para disminuir el ancho de banda requerido para una comunicación de voz, de 64 Kbps a 8 o 16 Kbps. Estos algoritmos hacen uso del mecanismo de detección de actividad de voz (*VAD* – “*Voice Activity Detector*”).

VAD toma ventaja de la característica esencialmente “*half dúplex*” de las conversaciones normales. Es decir, las conversaciones se realizan en un solo sentido a la vez, manteniendo en silencio la otra dirección. Por esta razón, asumir que el 50% del tiempo la línea está en silencio, es una buena suposición. En realidad este tiempo es aún mayor, si se consideran las pausas entre las palabras y oraciones. VAD detecta los períodos de silencio y en ellos no transmite paquetes, permitiendo un uso más adecuado del ancho de banda disponible en la red, al no enviar información innecesaria.

La combinación de estos factores resulta en una compresión de al menos ocho a uno, comparado con la voz tradicional. Esto es calculado suponiendo una compresión de voz a 16 Kbps, la cual provee una disminución de cuatro a uno del ancho de banda requerido. Esta es doblada al usar VAD, pues ofrece una compresión adicional de al menos dos a uno, lo cual resulta en una compresión total de al menos ocho a uno.

### ***1.8.3 Conclusiones de la comparación de las diferentes redes para la transmisión de voz.***

La importancia de la visión de una plataforma de telefonía basada en redes de datos radica en la eficiencia de los sistemas de datos para la transmisión de voz y

del crecimiento exponencial de dichas redes en los últimos años a nivel mundial. Entre las principales redes de datos utilizadas en la actualidad para el transporte de voz se destacan: ATM, Red óptica síncrona (*SONET* – “*Synchronous Optical Network*”), Frame Relay e IP.

ATM, representa una excelente opción por su eficiente poder de conmutación a altas velocidades, es ideal para las nuevas aplicaciones multimediales que requieren de un gran ancho de banda. Pero, también posee importantes desventajas. No ofrece buenas políticas de seguridad, es muy ineficiente para el transporte de paquetes TCP y en los últimos años ha demostrado ser más ineficiente y costosa para el transporte de voz, incluso, que las líneas rentadas TDM.

SONET, realiza el transporte en los grandes “*Backbones*” utilizados para la interconexión de múltiples subredes; gracias al medio físico empleado permite el manejo de grandes cantidades de información por segundo. La utilización de la tecnología ATM para la conmutación será complementada a nivel de transporte con SONET, haciendo de ésta la solución ideal para manejos de grandes cantidades de información paquetizada.

Las redes Frame Relay, ofrecen una solución muy importante debido a su gran planta instalada y su marcada economía. Sin embargo, aún deben vencer algunos desafíos técnicos.

La tecnología IP, además de ofrecer las ventajas propias de una red de transporte eficiente no orientada a conexión, está tomando un papel omnipresente en todas las redes de computadoras, gracias a la explosión que ha tenido Internet en los últimos años. Entre las múltiples ventajas que ofrece la tecnología IP para el transporte de voz, destaca su facilidad de integración con aplicaciones multimediales.



## CAPÍTULO II

### 2 SEÑALIZACIÓN EN TELEFONÍA IP

#### **2.1 ¿Qué es señalización en telefonía?**

La señalización en telefonía se refiere al establecimiento, supervisión y liberación de una sesión entre dos terminales específicos, éstos deben estar identificados de forma inequívoca siguiendo un plan de direccionamiento predefinido <sup>[17]</sup>.

El protocolo de señalización utilizado en las redes modernas de conmutación de circuitos es el SS7 (“*Signalling System N° 7*”). En una red SS7, el manejo de la llamada se ubica normalmente en un canal distinto al utilizado para la conexión de voz.

La señalización requerida en una red de Voz sobre IP es mucho más compleja, esto se debe a la gran diversidad en las características de los terminales. Los terminales IP poseen una amplia variedad en los requerimientos de ancho de banda, CODEC de voz y vídeo, capacidad de datos, etc.

En cuanto a la implementación de la arquitectura del control de llamadas, existe una importante discusión entre dos posibles modelos. El primero, es llamado Protocolo de Iniciación de Sesión (*SIP* – “*Session Initiation Protocol*”) y plantea el manejo de la señalización a través de un entorno web, mientras que el segundo, llamado H.323 prefiere que la señalización sea tratada como un modelo independiente de control en tiempo real.

---

<sup>[17]</sup> ↗ En la telefonía tradicional, el esquema de direccionamiento está basado en la numeración telefónica establecida por el estándar E.164 de la ITU-T.

El modelo basado en web, es muy atractivo para los proveedores de servicio de Internet (*ISP – “Internet Service Provider”*), quienes desean proveer el servicio de telefonía sobre IP como un servicio adicional a los que ya están ofreciendo.

El modelo dedicado, es más adecuado para aquellos operadores que deseen proveer el servicio de telefonía sobre IP como un servicio principal. En este caso los operadores deben implementar una arquitectura de control de llamadas que maximice el control de los recursos y el tasamiento de la facturación.

El control de acceso tiene implicaciones distintas en una red IP y en una red de conmutación de circuitos. En una red conmutada, los usuarios están conectados a la central a través de un lazo local fijo. En una red IP, los usuarios pueden conectarse de diversas formas, a través de una conexión por discado, utilizando una LAN con conexión a una WAN, entre otras. Otra complicación está en la capacidad de movilidad de los usuarios, quienes pueden desplazarse incluso entre redes distintas, lo que imposibilita identificar al usuario por la conexión.

El control de acceso adecuado debe permitir al operador autenticar a cada usuario cuando éste requiera de un servicio. Incluso cuando existen varios operadores, debe existir un control de acceso entre sus dominios. Esto no sólo es necesario para el control de acceso y uso de los servicios, sino también para el establecimiento de los acuerdos en el nivel de servicio. Para un operador puede ser difícil garantizar un nivel de servicio a un usuario, si la llamada está atravesando redes de distintos operadores.

A continuación se estudiará la principal iniciativa de estandarización: la recomendación H.323 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

## **2.2 H.323**

Es una recomendación “paraguas” (ya que abarca a su vez, una gran cantidad de recomendaciones) que provee los fundamentos para la comunicación de audio, video y datos a través de una red de paquetes, que no garantiza una calidad

de servicio <sup>[18]</sup>. Define las entidades necesarias para cada comunicación, la funcionalidad de cada una de estas entidades, y la interconexión entre ellas. Esto incluye las especificaciones de paquetización, la señalización, el control de llamadas, y la codificación del audio y vídeo.

La versión 1 del protocolo H.323 fue aprobada por el Grupo de Estudio 16 del ITU - T en 1.996, la versión 2 en Febrero de 1.998, la versión 3 fue aprobada en Noviembre de 1.999, la versión 4 en Noviembre de 2.000 y la versión 5 en Julio de 2.003. La versión 1 fue diseñada para entornos LAN, donde los retardos en la señalización son muy pequeños, pero a partir de la versión 2 el alcance de la recomendación se amplió para abarcar las redes de paquetes en general. *Lucent Technologies*, a través de los laboratorios *Bell*, contribuyó significativamente en el desarrollo de este estándar.

H.323 versión 2 también incluye el manejo de servicios suplementarios establecidos en la recomendación H.450, tales como: transferencia y desvío de llamadas, llamadas en espera, etc. Estos servicios son manejados haciendo uso del canal de señalización de llamada.

### ***2.2.1 Referencias normativas.***

La recomendación H.323 se caracteriza por hacer referencia a una gran cantidad de recomendaciones de la ITU-T (36 aproximadamente), entre las que resaltan las siguientes:

- H.225, protocolo de señalización de llamada y paquetización de corriente de medios <sup>[19]</sup>, para sistemas de comunicación multimedias basados en paquetes.
- H.245, protocolo de control de comunicaciones multimedios.
- CODEC de audio:
  - ✓ G.711. Modulación por impulsos codificados de frecuencias vocales.

---

[18]  (Packetizer, Inc. 2002)

[19]  **Medios:** Audio, video o datos.

- ✓ G.722. Codificación de audio de 7 kHz dentro de 64 kbit/s.
- ✓ G.723.1. Codificadores vocales: Codificador de voz de doble velocidad para transmisión en comunicaciones multimedios a 5,3 y 6,3 kbit/s.
- ✓ G.728. Codificación de señales vocales a 16 kbit/s utilizando predicción lineal con excitación por código de bajo retardo.
- ✓ G.729. Codificación de voz a 8 kbit/s mediante predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada.
- CODEC de vídeo:
  - ✓ H.261. Codificación de vídeo para servicios audiovisuales a p x 64 Kbps.
  - ✓ H.263. Codificación de vídeo para comunicación a baja velocidad binaria.
- Servicios de datos: T.120 – T.127.
  - ✓ H.321: adopción de H.320 Sistemas de Telefonía Visual en Entornos de Banda Ancha.
  - ✓ H.322: Sistema Telefónico Visual en Entornos LAN.
  - ✓ H.324: Terminal multimedios para baja tasa de bit.
  - ✓ H.310: Terminal para sistemas de banda ancha.
  - ✓ H.246: Interconexión de terminales de medios de la serie H y redes de telefonía conmutada global (*GSTN – “Global Switched Telephone Network”*).
  - ✓ H.235: Seguridad y cifrado para la serie H.
  - ✓ H.450.2 – 7 Servicios: Transferencia, desvío, retención, depósito y captura de llamadas, llamadas y mensajes en espera.

Varias especificaciones de Internet, por ejemplo: Protocolo de transporte en tiempo real (*RTP – “Real-time Transport Protocol”*), Protocolo de control en tiempo real (*RTCP – “RTP Control Protocol”*).

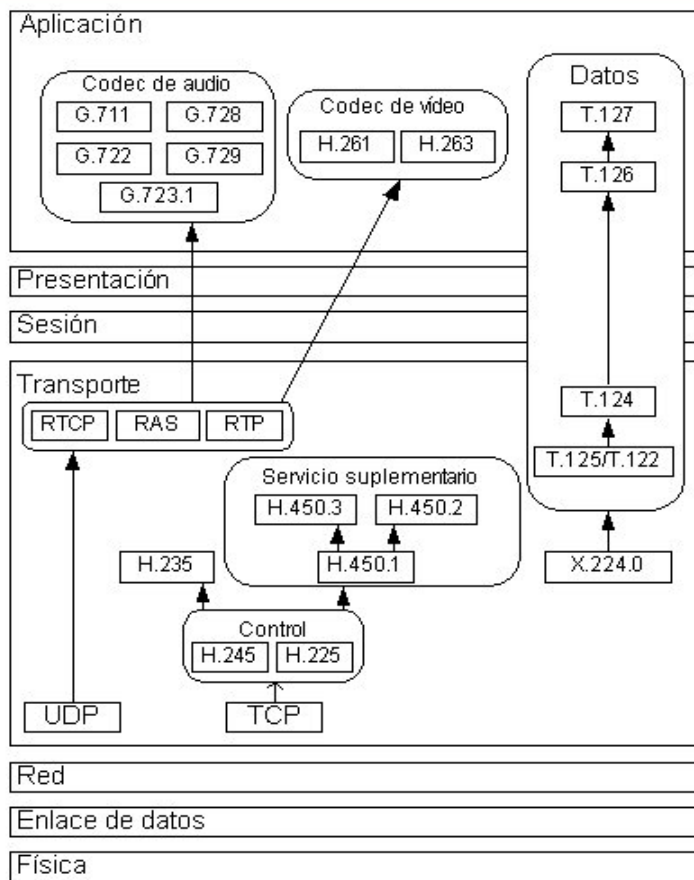


Figura II.1. Distribución de los principales protocolos utilizados en la recomendación H.323.

### 2.2.2 Componentes de H.323.

H.323 introduce los conceptos de “Gatekeeper”, “Gateway”, Unidad de Control Multipunto (MCU - “Multipoint Control Unit”), y terminal H.323 <sup>[20]</sup>.

El “Gatekeeper” es la unidad de control para el resto de las entidades, las cuales son llamadas de forma genérica como puntos extremos. El “Gatekeeper” debe realizar la traducción de direcciones E.164 a direcciones IP y viceversa, control de admisión, y control del ancho de banda. También debe realizar el control

<sup>[20]</sup> (Fine – Tuning Voice over Packet Services)

y encaminamiento de llamadas, control del uso de los recursos, y proveer políticas de seguridad.

El “*Gateway*” proporciona la interconexión entre redes diferentes, convirtiendo la señalización y los medios. Los “*Gateways*” para la interconexión entre la red IP y la PSTN son los más comunes.

El **MCU**, se encarga de las funciones necesarias para soportar conferencias entre tres o más puntos extremos. Está formado por un controlador multipunto (*MC* - “*Multipoint Controller*”) (obligatorio) y varios procesadores multipunto (*MP* - “*Multipoint Processor*”) (opcionales).

El **MC** se encarga del control de los terminales que participan en una conferencia multipunto. Proporciona la capacidad de negociación con todos los terminales para conseguir niveles comunes de comunicación y también puede tomar el control de los recursos de la conferencia, pero no efectúa el mezclado o la conmutación de los medios.

El **procesador multipunto** se encarga del mezclado, la conmutación y cualquier otro procesamiento de los trenes de audio, vídeo y/o datos bajo el control del MC, en una conferencia multipunto.

Un **terminal H.323**, es un punto extremo que soporta comunicaciones en los dos sentidos con otra entidad H.323. Debe soportar comunicaciones de voz y señalización (Q.931, H.245, RAS), y opcionalmente video y datos. Un PC-teléfono, un video-teléfono y un teléfono Ethernet son ejemplos de estos terminales.

Estas entidades son organizadas en H.323, por zonas. Una **zona** está formada por un “*Gatekeeper*” y varios puntos extremos. Estas zonas proveen el medio para controlar el acceso de los usuarios a los recursos de la red y la carga a serles aplicada por su uso. Una zona es independiente de la topología de la red.

#### 2.2.2.1 Recomendación H.225.

La recomendación H.225, describe los requerimientos de señalización en la red para el establecimiento de la conexión, esto incluye señalización de registro,

control de admisión y estado (RAS - “*Registration, Admission Control and Status*”), señalización de control de llamada (Q.931), y la transmisión a través de la red, incluyendo las sesiones RTP.

El canal RAS, el canal Q.931 y el canal de control H.245 manejan las tres fases. Cada uno operando de forma independiente, haciendo uso de un número de puerto bien conocido.

Si un “*Gatekeeper*” está presente, él debe encargarse de la señalización RAS, mientras que las otras dos fases de la conexión pueden ser realizadas directamente por los puntos extremos, o a través del “*Gatekeeper*”. El “*Gatekeeper*” decide cuál método se va a utilizar.

#### **2.2.2.1.1 Señalización RAS.**

El canal RAS está basado en una conexión bajo el protocolo de datagrama de usuario UDP (“*User Datagram Protocol*”) y es utilizado para el registro, control de admisión, petición de cambio en el ancho de banda, y el control del estado de los puntos extremos.

Un punto extremo puede emitir una petición al “*Gatekeeper*” con el mensaje GRQ o el “*Gatekeeper*” puede ser configurado manualmente. Antes que cualquier punto extremo pueda realizar cualquier llamada, debe registrarse en el “*Gatekeeper*”, para ello utiliza el mensaje de petición de registro RRQ. Para confirmar el registro se envía el mensaje de confirmación de acceso ARQ, y es iniciada la llamada a la dirección del punto extremo y el ancho de banda requerido.

#### **Principales mensajes RAS:**

Tabla II.1 Principales mensajes RAS

Mensaje	Función
RegistrationRequest (RRQ)	Petición de registro de un terminal o “ <i>Gateway</i> ” en un “ <i>Gatekeeper</i> ”. El “ <i>Gatekeeper</i> ” puede confirmar o rechazar la solicitud (RCF o RRJ).

AdmissionRequest (ARQ)	Petición de acceso a la red de paquetes, por un terminal a un “ <i>Gatekeeper</i> ”. El “ <i>Gatekeeper</i> ” puede confirmar o rechazar la petición (ACF o ARJ).
BandwidthRequest (BRQ)	Petición de cambio de ancho de banda, de un terminal a un “ <i>Gatekeeper</i> ”. El “ <i>Gatekeeper</i> ” puede aceptar o rechazar la petición (BCF o BRJ).
DisengageRequest (DRQ)	Si es enviado por un punto extremo a un “ <i>Gatekeeper</i> ”, DRQ informa al “ <i>Gatekeeper</i> ” que el punto extremo está comenzando a cortar; si es enviado por un “ <i>Gatekeeper</i> ” a un punto extremo, DRQ obliga el corte de la llamada. “ <i>Gatekeeper</i> ” puede confirmar o rechazar (DCF o DRJ). Si DRQ es enviado por un “ <i>Gatekeeper</i> ”, el punto extremo debe responder con DCF.
InfoRequest (IRQ)	Petición de información de estado, desde un “ <i>Gatekeeper</i> ” a un terminal.
InfoRequestResponse (IRR)	Respuesta a un IRQ. Puede ser enviado sin solicitud, por un terminal a un “ <i>Gatekeeper</i> ” en un intervalo predeterminado.
RAS timers and Request in Progress (RIP)	Valores de temporización recomendados por defecto para respuestas a mensajes RAS y contador de subsecuentes reintentos si la respuesta no es recibida.

### 2.2.2.1.2 Señalización Q.931.

El canal Q.931 está basado en el protocolo de control de transmisión, y es utilizado en el establecimiento y liberación de la llamada. Este protocolo está basado en la red digital de servicios integrados (*ISDN* - “*Integrated Services*



*Digital Network*”) y provee una gran cantidad de servicios suplementarios relativos a la conexión y permite la interconexión con la red de conmutación de circuitos (*SCN* - “*Switched Circuit Network*”).

**Principales mensajes Q.931:**

Tabla II.2 Principales mensajes Q.931

Mensaje	Función
Alerting	El usuario llamado ha sido avisado - "el teléfono repica". Enviado al usuario llamado.
Call Proceeding	La petición de establecimiento de la llamada está siendo iniciada y no se aceptará más información de establecimiento de llamada. Enviado por el usuario llamado.
Connect	Aceptación de la llamada por la entidad llamada. Enviado por la entidad llamada a la entidad que origina la llamada.
Setup	Indica el deseo de una entidad H.323 de establecer la conexión a la entidad llamada.
Release Complete	Indica la liberación de la llamada si el canal de señalización H.225.0 (Q.931) está abierto. Enviado por un terminal.
Status	Respuesta a un mensaje de señalización de llamada desconocida o a un mensaje de indagación de estado. Provee de información de estado.
Status Inquiry	Una petición del estado de la llamada. Puede ser enviado por un punto extremo o por un “ <i>Gatekeeper</i> ”

	para otro punto extremo.
--	--------------------------

### 2.2.2.1.3 Señalización H.245.

El canal de control H.245 está basado en el protocolo TCP, y es utilizado para la señalización de control de los medios, maneja el establecimiento y liberación del canal lógico, y la señalización del ancho de banda usado por los canales de medios. Los mensajes H.245, proveen los mecanismos para negociar los diferentes formatos de medios en cada dirección. Este canal también se utiliza para el transporte de los tonos duales de multifrecuencia (*DTMF* - “*Dual Tone Multiple Frequency*”), entre los puntos extremos. Los mensajes H.245 se transmiten en banda a través de la conexión H.225 ya establecida.

### Principales mensajes H.245

Tabla II.3 Principales mensajes H.245

Mensaje	Función
Master-Slave Determination	Determina cuál es el terminal maestro y cuál es el terminal esclavo. Posibles respuestas: confirmación, rechazo o liberación (en caso de finalizar el temporizador).
Terminal Capability Set	Contiene información sobre la capacidad de un terminal para transmitir y recibir flujos multimedia. Posibles respuestas: confirmación, rechazo o liberación.
Open Logical Channel	Apertura de un canal lógico para el transporte de información audiovisual y de datos. Posibles respuestas: reconocimiento, rechazo o confirmación.

Close Logical Channel	Clausura de un canal lógico entre dos puntos extremos. Posibles respuestas: reconocimiento.
Request Mode	Usado por un terminal receptor para realizar la petición de un modo particular de transmisión del terminal transmisor. Tipos de modo general incluyen: modo de video, modo de audio, modo de datos y modo de cifrado. Posibles respuestas: reconocimiento, rechazo o liberación.
Send Terminal Capability Set	El terminal lejano indica la transmisión y recepción de capacidades enviando uno o varios " <i>Terminal Capability Sets</i> ".
End Session Command	Indica el fin de una sesión H.245. Después de su transmisión, el terminal no enviará más mensajes H.245.

### ***2.2.3 Establecimiento de la conexión.***

El establecimiento de la conexión entre uno o más puntos extremos, se realiza en tres pasos:

1. Control del registro y admisión de los puntos extremos.
2. Ubicación y encaminamiento a través de la red para el establecimiento de la llamada.
3. Negociación de las capacidades de medio y control entre los puntos extremos.

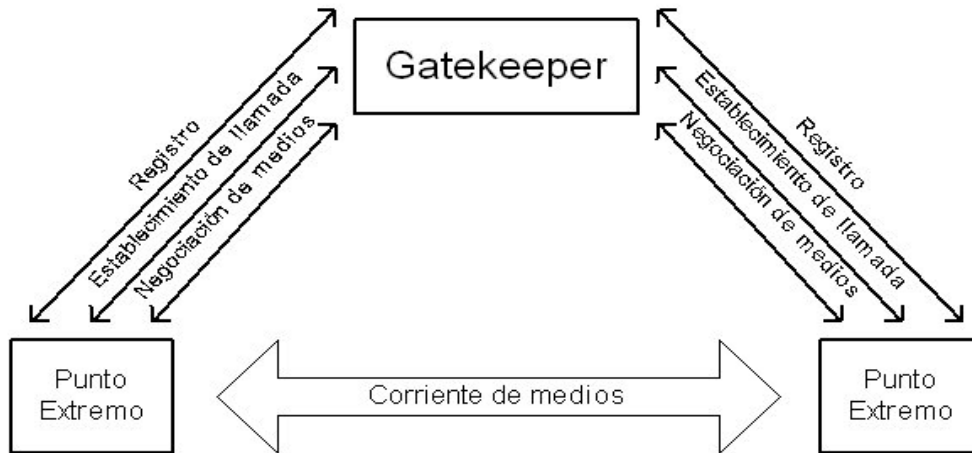


Figura II.2. Establecimiento de la conexión.

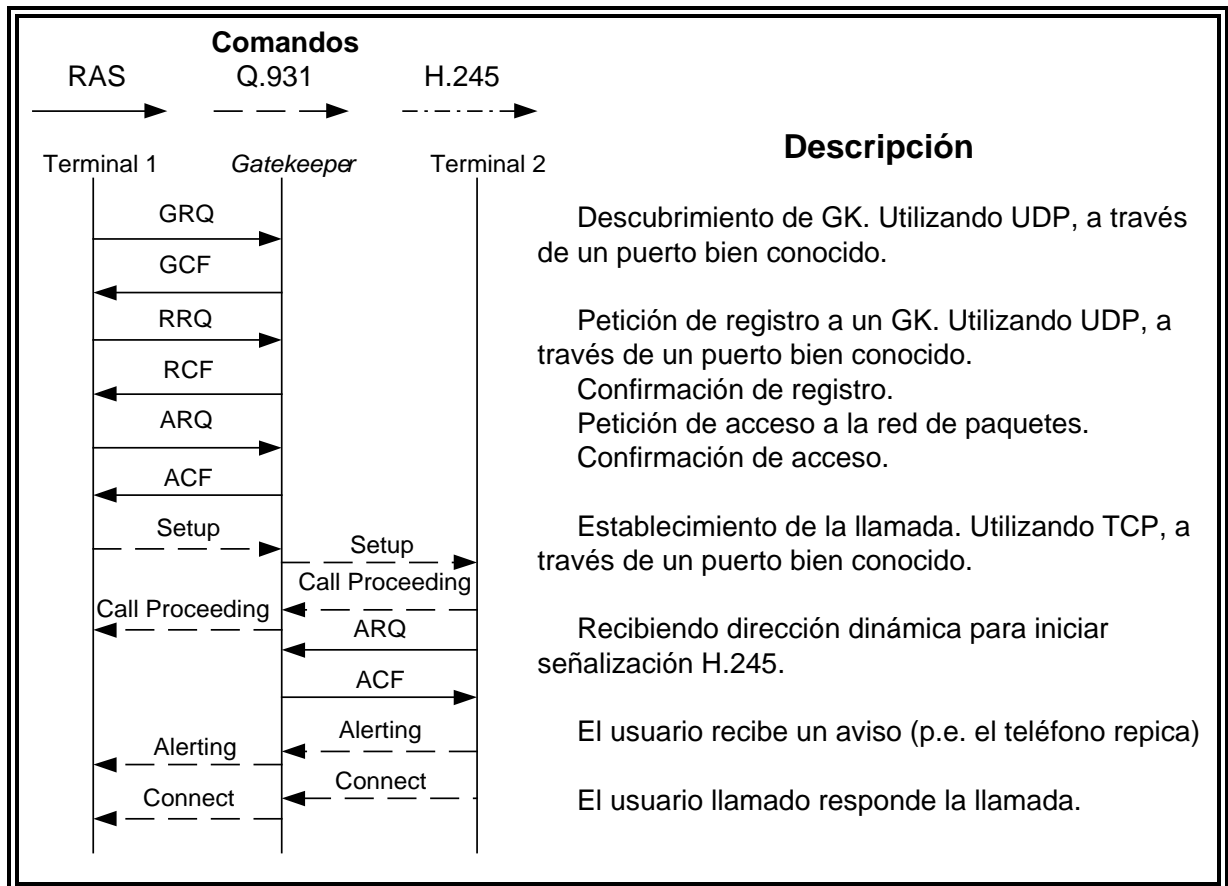


Figura II.3. Establecimiento y liberación de una llamada H.323, típica (primera parte).

Después del acuerdo para el uso de los medios, una sesión RTP se establece para el control de la corriente de medios. Una sesión RTP/RTCP se inicia para cada medio a ser utilizado.

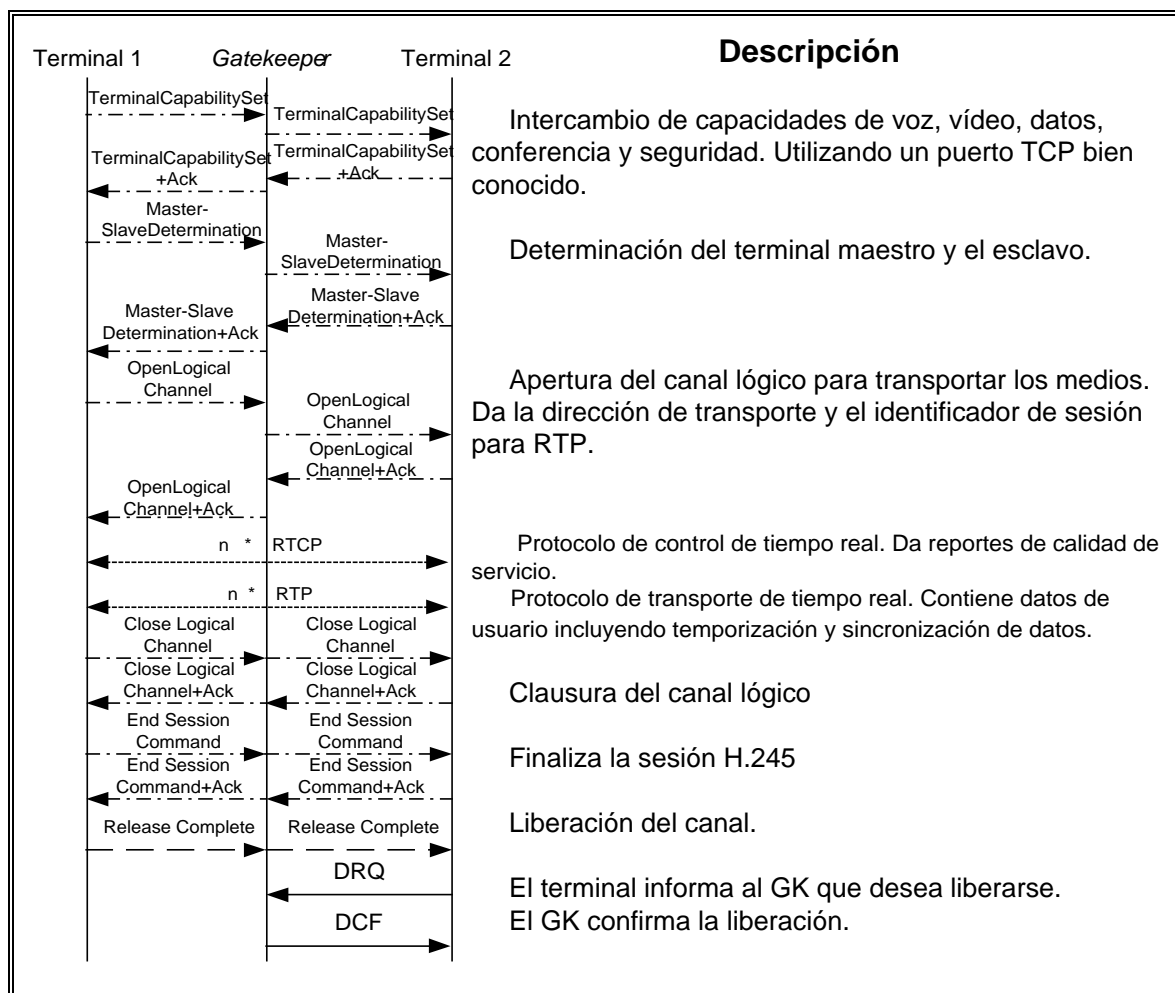


Figura II.4. Establecimiento y liberación de una llamada H.323, típica (continuación).

Para servicios no relativos a las llamadas, se requiere del establecimiento de un canal de señalización H.225 independiente. Esto quiere decir que el manejo de estos servicios suplementarios se puede hacer en conjunto con una llamada o de forma independiente. En cualquiera de estos casos, el procedimiento permite al “Gatekeeper” controlar y facturar la invocación y uso de estos servicios.

## **2.3 Protocolos de tiempo real**

### ***2.3.1 Protocolo de transporte en tiempo real.***

RTP es aprobado como un estándar de Internet a finales de 1.995. RTP fue desarrollado para proveer varias características deseables para el manejo de aplicaciones con propiedades de tiempo real, incluyendo la capacidad de reconstrucción temporal, detección de pérdidas, seguridad, e identificación del contenido de los paquetes <sup>[21]</sup>.

RTP provee los mecanismos de estampado del tiempo en los paquetes, tal que los retardos aleatorios resultantes de la carga de tráfico en los "switchs" y encaminadores en la red, puedan ser compensados por el uso de "buffers" en el destino. El estampado del tiempo permite que los paquetes entren en un "buffer" donde son removidos en la secuencia correcta según el tiempo, para minimizar la distorsión potencial que puede ser producida si el video o el audio llega con un retardo aleatorio entre paquetes. RTP está diseñado para ser independiente de las capas inferiores de transporte y red.

RTP fue desarrollado como un servicio de entrega de extremo a extremo para datos con características de tiempo real. Estos servicios incluyen el estampado del tiempo, numeración de secuencia, monitoreo de la entrega, e identificación del tipo de datos transportados. En la actualidad el monitoreo de la calidad de servicio es realizada por el protocolo de control RTP (*RTCP* – "*RTP Control Protocol*"). Aplicaciones como telefonía por Internet, usualmente ejecutan RTP sobre UDP, con UDP y RTP formando distintas porciones de la funcionalidad de transporte requerida para soportar transferencia de datos en tiempo real.

#### **2.3.1.1 La cabecera de RTP.**

La figura II.56 ilustra el formato de la cabecera de RTP. Esta cabecera contiene 10 campos, de los cuales el último es opcional y es incluido cuando

---

<sup>[21]</sup>  (Schulzrinne)

paquetes de audio son resincronizados para reconstruir un espaciado constante de 20 ms.



Figura II.5. Formato de cabecera RTP.

V = Campo de versión.

P = Campo de relleno.

X = Campo de extensión.

CC = Contador de identificación de fuente de contribución.

M = Campo de marcador.

PT = Campo de tipo de carga útil.

A diferencia de otros protocolos de transporte que usan el contenido de los campos en la cabecera del protocolo para propósitos de control, RTP usa un mecanismo de control separado, definiéndose un protocolo distinto para realizar dicho control, este protocolo se conoce como RTCP.

### ***2.3.2 Protocolo de control RTP (RTCP – “RTP Control Protocol”).***

Este protocolo está íntimamente ligado al protocolo RTP, de hecho, está descrito en las mismas RFC que definen a RTP, es decir las RFC 1889 y 1890, y al igual que éste es independiente de los protocolos de capa inferior, de transporte y de red. RTCP se encarga del monitoreo de la calidad de servicio, es decir, se encarga de monitorear la entrega de los datos de una manera escalable para grandes redes multienvío, y provee un control mínimo y funcionalidad de identificación. RTCP está basado en la transmisión periódica de paquetes de control a todos los

participantes en la sesión, usando el mismo mecanismo de distribución de los paquetes de datos. El protocolo de capa inferior debe proveer multiplexación de los datos y control de los paquetes, por ejemplo utilizando números de puertos separados con UDP.

#### 2.3.2.1 Funciones del Protocolo de Control RTP.

La función principal es proveer realimentación de la calidad de distribución de los datos. La realimentación está relacionada con las funciones de control de congestión y flujo de otros protocolos de transporte. El envío de reportes de realimentación a todos los participantes, permite a quien está observando los problemas, evaluar si estos problemas son locales o globales.

RTCP transporta un identificador de nivel de transporte persistente para cada fuente RTP, llamado nombre canónico o CNAME. Los destinatarios requieren el CNAME para asociar múltiples corrientes de datos provenientes de un participante dado, en un conjunto de sesiones RTP relacionados. Por ejemplo, para sincronizar el audio con el vídeo.

Las dos primeras funciones requieren que todos los participantes envíen paquetes RTCP, sin embargo la velocidad debe ser controlada. Como cada participante envía paquetes de control a todos los demás, cada uno puede independientemente observar el número de participantes. Este número es usado para calcular la velocidad en que los paquetes serán enviados.

Una función opcional es poseer información mínima del control de sesión, por ejemplo para mostrar la identificación del participante en la interfaz de usuario.

Las primeras tres funciones son obligatorias cuando se usa RTP en entornos IP multienvío, y es recomendable para todos los demás entornos.



### 2.3.3 Principales características de los protocolos de tiempo real.

Tabla II.4 Principales características de los protocolos de tiempo real.

Protocolo	RFC	Publicado	Tamaño de la cabecera	Capa del modelo OSI	Función
RTP	1889 1890	1.995	128 bits	Transporte	Ofrece características deseables para el transporte de aplicaciones en tiempo real: Capacidad de reconstrucción temporal. Detección de pérdidas. Identificación del contenido de los paquetes.
RTCP	1889 1890	1.995		Transporte	Se encarga del monitoreo de la entrega de los datos transportados por RTP.

## 2.4 Avances en el protocolo H.323.

### 2.4.1 Protocolo H.323 Versión 2.

Aprobada en Enero de 1.998, esta versión introduce nuevas funciones relacionadas con protocolos existentes como H.245 y H.225 <sup>[22]</sup>.

1. **Seguridad.** El estándar H.235 menciona cuatro puntos generales relativos a seguridad: Autenticación, Integridad, Privacidad y no-Rechazo. La Autenticación es un mecanismo que permite asegurarse que los dos terminales que participan en la comunicación son quien ellos dicen ser. La Integridad permite validar que los datos enviados no han sido modificados. La Privacidad permite que los datos no puedan ser vistos en caso de interceptación, utilizando mecanismos de encriptación y decriptación. No-Rechazo es una protección contra alguien que niega haber participado en una comunicación, cuando se sabe que estuvo ahí.

---


<sup>[22]</sup> (Packetizer, Inc, 1999)

2. **Conexión rápida.** La conexión rápida es un nuevo método que disminuye el tiempo de establecimiento de la llamada. Además de la mejora en velocidad, la conexión rápida permite que los canales de medios estén operativos antes que el mensaje “*connect*” sea enviado, el cual es un requerimiento para ciertos procedimientos de tasación.
3. **Servicios suplementarios.** Los servicios suplementarios para H.323 son transferencia y desvío de llamadas, los cuales han sido definidos por la serie H.450. La transferencia de llamadas permite que una llamada establecida entre un terminal A y un terminal B, sea transformada en una nueva llamada entre el terminal B y un tercer terminal C. El desvío de llamadas ofrece los servicios suplementarios: desvío de llamada permanente, desvío de llamada en ocupado, desvío de llamada cuando no contesta y fin de llamada.
4. **Tunneling.** Es el proceso de enviar unidades de datos de protocolo (*PDU – “Protocol Data Unit”*) H.245 a través del canal Q.931. El mismo socket TCP/IP que está siendo utilizado por el canal de señalización de la llamada, también es utilizado por el canal de control H.245.
5. **Identificador de la llamada.** El método de identificar una llamada en la Versión 1 no era efectivo cuando pasaba por un “*gatekeeper*”. En la Versión 2 existe una identificación única y global de la llamada, por lo tanto siempre se puede identificar correctamente a qué llamada hace referencia un paquete, aunque pase por un “*gatekeeper*”.

#### ***2.4.2 Protocolo H.323 Versión 3.***

Aprobada el 30 de Septiembre de 1.999, la Versión 3 del protocolo H.323 hace pequeñas mejoras a la Versión 2 <sup>[23]</sup>.

---


<sup>[23]</sup>  (Packetizer, Inc, 2000)

1. **Manteniendo y reutilizando conexiones.** Para proveer un mejor desempeño y conservar los recursos del sistema, la Versión 3 permite especificar a un terminal si tiene la capacidad de “reutilizar” un canal de señalización y si puede soportar el uso del mismo canal de señalización para múltiples llamadas. Esto es importante principalmente para “gateways” que pueden tener miles de llamadas simultáneas en algún momento. Por lo tanto, un “gateway” puede mantener una sola conexión TCP entre él y un “gatekeeper” para toda la señalización.
2. **Transferencia sin consultar.** Si un usuario A llama a un usuario B y una recepcionista contesta el teléfono, típicamente pondrá la llamada en espera mientras ella llama al usuario B. La recepcionista luego conectará la llamada con el destino, y ahora la llamada sólo será entre el usuario A y el usuario B. Esta función de transferencia sin consultar es introducida en la Versión 3.
3. **Anexo E/H.323 – Protocolo para transporte de señalización de llamada multiplexado.** En una red IP, los equipos H.323 normalmente utilizan el TCP para establecer las llamadas. Esto funciona bien en una escala pequeña, pero cuando un terminal desea manejar miles de llamadas simultáneas, TCP no es suficiente. TCP introduce tiempos altos en el establecimiento de llamadas y consume recursos del sistema. El anexo E especifica un mecanismo de señalización basado en UDP que puede ser utilizado para mejorar el desempeño e incrementar el volumen de llamadas.

#### **2.4.3 Protocolo H.323 Versión 4.**

Aprobada en Noviembre de 2.000, la Versión 4 contiene mejoras en las áreas de confiabilidad y flexibilidad <sup>[24]</sup>.

---

<sup>[24]</sup>  (Packetizer, Inc, 2001)


1. **Transmisión multiplexada.** Una debilidad del uso actual de RTP es la dificultad en sincronizar el audio y video. La Versión 4 incluye un procedimiento opcional que permite al audio y video ser multiplexados en una sola trama. Esto permitirá a los terminales que la presentación luzca más natural para los usuarios.
2. **Ofrecimiento de llamada.** Este servicio permite a un terminal ofrecer una llamada a otro terminal que está ocupado, así la llamada se completará cuando el usuario ocupado la acepte.
3. **Llamada intrusa.** Este servicio permite a un terminal interrumpir una llamada existente entre otros dos terminales.
4. **Tonos y anuncios.** La Versión 4 detalla el procedimiento para indicar la presencia de tonos en banda y anuncios. Estos tonos y anuncios se escuchan usualmente cuando el número de destino es incorrecto o no puede ser alcanzado.
5. **Administración del ancho de banda.** Antes de la Versión 4, un terminal podía solicitar mucho más ancho de banda del que necesitaba y eso causaba que recursos de la red no se utilizaran. Con la Versión 4, es obligatorio que el terminal solicite ancho de banda de un valor pequeño, si en ese momento el terminal está usando menos ancho de banda que el que solicitó al establecerse la llamada.

#### ***2.4.4 Protocolo H.323 Versión 5.***

Aprobada en Julio de 2.003. A diferencia de anteriores revisiones de la recomendación, la Versión 5 de H.323 trata de mantener estabilidad en el protocolo al introducir pequeñas modificaciones al protocolo base <sup>[25]</sup>.

1. **Anexo O – Uso de Localizador de Recursos Uniforme (*URL – “Uniform Resource Locator”*) y Servidor de Nombres de Dominio**

---

<sup>[25]</sup>  (Packetizer, Inc, 2003)

(*DNS – “Domain Name Server”*). Este anexo describe cómo utilizar DNS para reconocer las direcciones en la forma de H.323 URLs. Si se desea llamar a alguien y la dirección que se tiene es “h323:alguien@ejemplo.com”. Se puede utilizar esta dirección en el origen (que después la pasará a su “*gatekeeper*”, si existe), para realizar una operación de resolución de dirección. Dependiendo en la composición de la URL, el protocolo H.323 puede utilizar cualquier tipo de registros DNS para realizar la conversión de dirección.

2. **H.460.9 – Monitoreo y Reporte de Calidad de Servicio.** H.460.9 provee la ventaja de entregar RTCP estadísticas al “*gatekeeper*”. Actualmente existen trabajos para aumentar las capacidades de las estadísticas RTCP.

## **2.5 Codecs de Audio**

Los canales de audio en telefonía ocupan 64 kbps usando modulación por código de pulsos (*PCM – “Pulse Code Modulation”*) cuando se transmiten por enlaces E1 o T1. A lo largo de los años, las técnicas de compresión han sido desarrolladas permitiendo una reducción en el ancho de banda requerido mientras se mantiene la calidad de la voz.

Aunque existen en la actualidad muchos esquemas de compresión propietarios de distintos fabricantes, la mayoría de los dispositivos H.323 utilizan CODECs que han sido estandarizados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones para garantizar la interoperabilidad entre ellos. Los diferentes esquemas de compresión pueden ser comparados utilizando estos parámetros:

- ✓ **Tasa de bit.** La tasa de bit es la velocidad binaria necesaria para transportar información, en este caso la voz, a una determinada velocidad digital. Los CODECs comprimen la voz desde 64 kbps hasta cierta tasa de transmisión. Algunos diseños de redes tienen una gran preferencia por tasas de transmisión muy bajas. Muchos CODECs poseen diferentes tasas de transmisión como 8, 6.4 e incluso 5.3 kbps. Estas tasas de transmisión son

para audio solamente. Cuando se transmite voz empaquetada a través de la red, cada protocolo agrega una cabecera a cada paquete (RTP/UDP/IP/Ethernet), aumentando la tasa de transmisión.

- ✓ **Complejidad.** La complejidad puede medirse en términos de velocidades de cómputo en millones de instrucciones por segundo (*MIPS* – “*Million Instructions per Second*”), memoria de acceso aleatorio (*RAM* – “*Random Access Memory*”) y de memoria de sólo lectura (*ROM* – “*Read Only Memory*”). Mientras la complejidad de implementar el CODEC es mayor, existen más requerimientos de CPU. Los codificadores que utilizan menos de 15 MIPS se consideran de baja complejidad, mientras que los que emplean más de 30 MIPS son considerados de alta complejidad.
- ✓ **Calidad de la compresión.** El objetivo principal de la compresión de la voz es aproximarse a las características de la voz. Comprimir la voz en algunos CODECs resulta en gran calidad de la voz, como lo es la recomendación G.729, mientras que otros causan una gran degradación de ésta.
- ✓ **Retraso por digitalización.** Cada algoritmo requiere que diferentes cantidades de audio sean almacenadas en un “*buffer*” antes de la compresión. Este tiempo de espera se agrega al retraso punto-punto en la comunicación. Redes con retraso punto-punto demasiado largo siempre causan problemas a los usuarios y no se presta un buen servicio de telefonía.

A continuación se presentan las características principales de los CODECs recomendados por la ITU – T <sup>[26]</sup>.

1. **G.711.** Esta recomendación codifica la voz con alta calidad a una tasa de bits de 64 kbps. El estándar especifica que la señal de voz se muestrea

---

<sup>[26]</sup>  (*Voice Coding Algorithms*)

8000 veces por segundo y cada muestra se codifica con una precisión de 8 bits. También se especifican los modos de compansión con la ley A y la ley  $\mu$ . Esta recomendación posee la ventaja de ser poco compleja, robusta a los errores del canal y ofrecer excelente calidad de voz.

2. **G.723.1.** Este estándar fue empleado inicialmente para desarrollar comunicaciones multimedia sobre la PSTN y redes móviles. La recomendación especifica dos tasas de bits diferentes y de carácter obligatorio a 5.3 y 6.3 kbps. El codificador provee excelente calidad cuando se opera a la tasa más alta, mientras que a la tasa más baja, la calidad se reduce. La diferencia principal entre los dos codificadores de la recomendación G.723.1 es el código de excitación empleado. A la tasa de 6.3 kbps el codificador utiliza excitación multipulsos (*MPMLQ* – “*Multipulse Maximum Likelihood Quantization*”), mientras que a 5.3 kbps se utiliza una excitación de predicción lineal por código algebraico (*A-CELP* – “*Algebraic Code Excited Linear Prediction*”).
3. **G.728.** Este estándar produce una alta calidad de la voz a 16 kbps. Se utiliza una excitación de predicción lineal por código con bajo retraso (*LD-CELP* – “*Low Delay Code Excited Linear Prediction*”). La codificación CELP modela las características de la voz humana y las propiedades del oído. La tasa de muestreo es de 8000 muestras por segundo. Para este caso se utiliza el método de cuantización vectorial convencional, en el cual se contienen 1024 registros o señales de excitación, que requieren a su vez códigos de 10 bits, que son transmitidos a una tasa de 1600 palabras por segundo, obteniéndose una velocidad de transmisión final de 16 kbps.
4. **G.729.** Fue desarrollado originalmente para aplicaciones de redes móviles. Este codificador utiliza una excitación de predicción lineal por código algebraico con estructura conjugada (*CS-ACELP* – “*Conjugate*

Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction”), empleando 8 kbps de ancho de banda.

Este codificador introduce un retardo computacional, algorítmico y de transmisión de aproximadamente 35 ms.

La versión original de esta recomendación es muy compleja. La ITU aprobó el anexo A del ITU – T G.729 en 1996, el cual es menos complejo.

Tabla II.5 Principales características de los CODECs H.323

<b>Estándar</b>	<b>Tasa de Bits (kbps)</b>	<b>Recursos de CPU requeridos</b>	<b>Calidad de la voz</b>	<b>Retraso agregado</b>
<b>G.711</b>	64 (sin compresión)	No requerido	Excelente	N/A
<b>G.723.1</b>	6.3	Moderado	Buena	Alto
<b>G.723.1</b>	5.3	Moderado	Regular	Alto
<b>G.728</b>	16	Muy alto	Buena	Bajo
<b>G.729</b>	8	Alto	Buena	Bajo

No existe el “CODEC adecuado”. La elección del esquema de compresión a utilizar depende en los parámetros que son importantes para un diseño específico. En la práctica, los CODECs G.723.1 y G.729 son más populares que G.726 y G.728.

En la tabla II.6 se hace una comparación entre tres CODECs estándar usados en VoIP.



Tabla II.6 Características de los CODECs H.323

Esquema de Compresión	Tamaño del frame (μs)	Duración de la muestra (ms)	Paquetes por segundo
<b>G.711</b>	125	15	66
<b>G.723.1</b>	30	10	100
<b>G.729</b>	10	30	33

Los datos de la tabla II.6 son para un solo canal de voz; para una comunicación completa que posee dos canales, estos valores serán el doble.

A continuación se presentan en la tabla II.7 otros CODECs que son utilizados en VoIP.

Tabla II.7 CODECs utilizados en VoIP.

Esquema de Compresión	Tasa de bits (kbps)	Recursos de CPU requeridos	Calidad de la voz	Duración de la muestra (ms)
<b>G.726 32 k</b>	32	Moderado	Buena	15
<b>Speex Narrow 5.95 k</b>	5.95	Alto	Buena	20
<b>Speex Narrow 8 k</b>	8	Alto	Buena	20
<b>Speex Narrow 11 k</b>	11	Alto	Buena	20
<b>ILBC 13k3</b>	13.33	Alto	Buena	30
<b>ILBC 15k2</b>	15.2	Alto	Buena	20

## CAPÍTULO III

### 3 PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN

En capítulos anteriores se describieron de una manera muy resumida las pruebas que se realizan para determinar la calidad de la voz y los parámetros de calidad de servicio de una aplicación de VoIP en una red de datos. La Gerencia de Soporte a las Redes requiere contar con un proceso automatizado y continuo que permita realizar pruebas de capacidad y de calidad de servicio en una red IP.

Esta necesidad es interpretada por la Gerencia como un requerimiento para diseñar, desarrollar e implementar una herramienta automatizada y de fácil manejo para la ejecución de dichas pruebas. Esta herramienta se ha denominado Generador VoIP.

A este trabajo de investigación le ha correspondido realizar el estudio y desarrollo de dicha aplicación para que funcione en una red de área local (*LAN – “Local Area Network”*) y red de área amplia (*WAN – “Wide Area Network”*). Esta herramienta deberá estar instalada y configurada en dos PCs (origen y destino de la comunicación), para poder emular el tráfico de VoIP. A continuación se establecen los puntos más importantes que fueron analizados para definir una solución para el problema antes descrito.

#### **3.1 Definición de la metodología**

La metodología empleada para el diseño del programa consistió en el enfoque descendente (*Top – Down*). Este enfoque consiste en partir desde lo general hasta llegar a lo específico, definiendo los detalles necesarios en los niveles inferiores del proceso de diseño. El método permite tener una imagen general del sistema, es decir, concebir el problema principal como un todo para luego dividirlo en partes más pequeñas denominadas módulos.

Para la aplicación de esta técnica ha sido necesario primero entender el problema y los objetivos que se persiguen, los cuales deben ser alcanzados por esta solución.


Dentro de las ventajas que provee la utilización del enfoque descendente para el diseño lógico de un sistema destacan <sup>[27]</sup>:


- ✓ Evitar el caos originado al tratar de diseñar un sistema en un solo paso.
- ✓ Se puede enfrentar el diseño y desarrollo de los subsistemas o módulos atacando módulo por módulo, es decir, uno a la vez, en el caso que exista un solo recurso asignado.
- ✓ Se mantienen siempre presentes los objetivos principales del sistema.

Después que se ha adoptado el diseño descendente, resulta muy conveniente complementarlo con una programación de enfoque modular, lo que significa descomponer la programación en diferentes módulos de fracciones lógicas y manejables. Este tipo de programación se relaciona perfectamente con el diseño descendente porque hace énfasis en las interfaces entre los módulos, en lugar de mantenerlas ignoradas hasta el final del desarrollo del sistema. El diseño de programas modulares tiene tres ventajas básicas <sup>[28]</sup>:

- ✓ Los módulos son fáciles de escribir y realizar ya que están bien delimitados y definidas sus funciones, es decir, están autocontenidos. La detección de errores dentro de un módulo es menos complicada, ya que los problemas asociados a un módulo no llegarán a trascender a otro.
- ✓ El mantenimiento de cada uno de los módulos es más fácil, las modificaciones, cambios o correcciones pueden limitarse a un conjunto de módulos y no al sistema.

---

<sup>[27]</sup>  (Kendall y Kendall, 1998)

<sup>[28]</sup>  (Kendall y Kendall, 1998)

- ✓ El diseño modular facilita el entendimiento de la función realizada por cada uno de los módulos y en sí por el sistema en general.

### **3.2 Establecimiento de los requerimientos**

Una vez conocido el problema, los objetivos y justificaciones, puntos que ya fueron expuestos en este documento, se hace necesario establecer y definir los requerimientos realizados por la Coordinación de Soporte y Conmutación. Esta coordinación delimitó el alcance y la funcionalidad de la solución propuesta para su implementación en redes LAN y WAN, de acuerdo a lo siguiente:

- ✓ La ejecución de las pruebas de tráfico y calidad de servicio para VoIP deben realizarse de forma automatizada.
- ✓ La solución debe poseer una interfaz gráfica de fácil manejo y entendimiento para los usuarios.
- ✓ Poder crear automáticamente un archivo de texto por cada prueba, que registre todos los eventos ocurridos durante la prueba, así como también los parámetros de calidad de servicio.
- ✓ Mostrar mensajes en pantalla, indicando el estado de la prueba realizada.
- ✓ Los parámetros de entrada requeridos por cada prueba deben ser introducidos por cada usuario manualmente, respetando ciertos límites de funcionamiento.
- ✓ Permitir seleccionar el archivo de audio a transmitir deseado por el usuario, bien sea de señales de audio, de muestras de voz humana, etc.
- ✓ Poder crear automáticamente un archivo de audio por llamada en cada prueba, que contenga la información de audio transmitida durante la misma.
- ✓ Mostrar los parámetros de calidad de servicio en tiempo real durante cada prueba.
- ✓ El protocolo de señalización utilizado debe ser H.323.

### 3.3 Análisis general de la solución

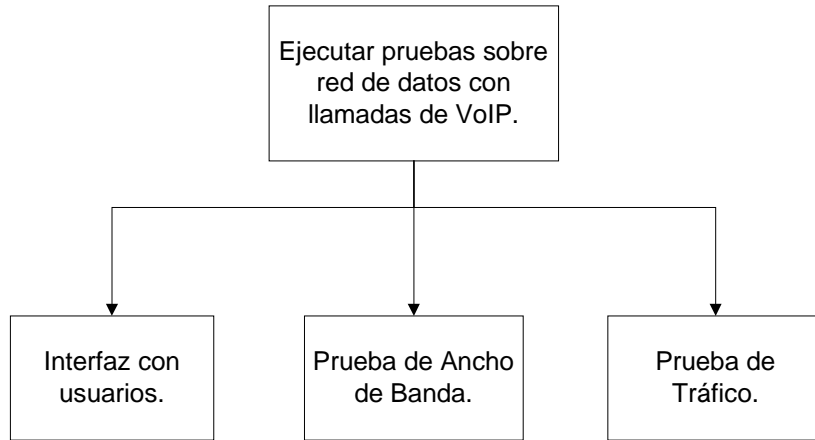


Figura III.1. Esquema general de los módulos del programa.

La elaboración de una secuencia básica y sencilla de las etapas que conforman el conjunto de pruebas, ha puesto en claro las funciones de cada módulo y están resumidas de la siguiente manera:

1. **Recepción de los parámetros de entrada.** El primer paso realizado en cualquiera de las pruebas, es la selección de los parámetros de entrada por parte del usuario de la aplicación. Existen parámetros que el usuario puede seleccionar entre varias opciones como el CODEC utilizado, el archivo de audio, etc.; otros parámetros pueden quedar por defecto si el usuario no los selecciona como por ejemplo los puertos TCP, UDP y RTP; y otros parámetros que deben ser introducidos por el usuario como la dirección IP destino.
2. **Generación de una llamada de VoIP utilizando el protocolo de señalización H.323.** El proceso de hacer una llamada de VoIP utilizando el protocolo H.323 requiere el empleo de otros protocolos como H.225.0 y H.245 que permiten la creación de los canales lógicos de señalización para establecimiento, control, mantenimiento y finalización de la llamada,

así como también se debe crear el canal de audio para poder transmitir el audio digitalizado y empaquetado de un punto a otro en la comunicación.

3. **Generación de “n” llamadas simultáneas de VoIP.** Las pruebas requeridas para esta aplicación indican que se deben generar un gran número de llamadas simultáneas de VoIP entre dos puntos en una red IP. Esto permite la emulación del servicio de VoIP sobre la red, para determinar el desempeño de ésta y sus equipos, así como también la calidad de la voz en las comunicaciones.
4. **Presentación de mensajes en tiempo real.** La generación de mensajes en pantalla durante la realización de cada prueba es de suma importancia para indicarle al usuario el estado de la misma. Mensajes de establecimiento, transferencia de información y finalización permiten que el usuario conozca el desarrollo de la prueba.
5. **Ejecución de archivo de señales de voz.** Para la realización de un análisis de la red bajo estudio, en cada prueba cada una de las llamadas debe transmitir el contenido de un archivo de audio de forma de onda (WAV – “*Waveform Audio*”) de señales de voz digitalizadas para poder medir los parámetros de calidad de servicio. Además, para poder determinar la calidad de la voz, la información de audio transmitida por cada llamada se guarda en un archivo de audio .WAV.
6. **Parámetros de calidad de servicio en una llamada de VoIP.** Para determinar la calidad de una red de datos para el servicio de VoIP, los parámetros de calidad de servicio son un factor muy importante. Como la voz es transmitida sobre el protocolo UDP para evitar las retransmisiones de paquetes, tener una medida del retraso, sus variaciones y la pérdida de paquetes permite evaluar la red para este servicio y tomar decisiones en cuanto a los equipos utilizados en ella.
7. **Generación del registro de eventos en una llamada de VoIP.** Los eventos que ocurren en una llamada de VoIP están relacionados

principalmente a todos los protocolos involucrados en la señalización. Permiten al usuario luego de finalizada cada prueba observar como se estableció cada llamada, los puertos utilizados, los canales lógicos de señalización y de medios creados, etc.

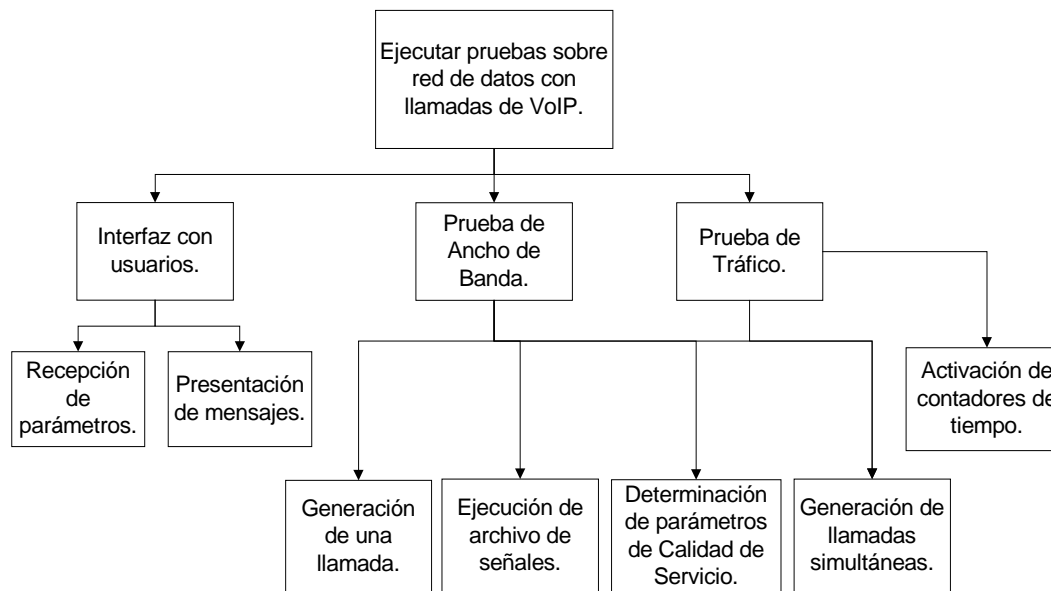


Figura III.2. Esquema detallado de los módulos del programa.

### **3.4 Determinación de la factibilidad**

Para poder evaluar y determinar la factibilidad de un proyecto o una solución en el área de ingeniería, se deben examinar tres principios básicos: los aspectos técnicos, los aspectos económicos y los aspectos operativos asociados a la propuesta. Luego que el proyecto o la solución satisfagan estos tres principios, entonces se establece la posibilidad cierta para su posterior desarrollo. Básicamente factibilidad quiere decir que la propuesta o solución sugerida auxilia a la organización o ente a lograr sus objetivos principales y cubre las metas con los actuales recursos de la organización en las tres áreas siguientes:

#### **1. Factibilidad técnica.**

- Actualmente la corporación cuenta con los recursos tecnológicos en cuanto al hardware y al software para soportar el desarrollo de la solución propuesta. Además, se tomarán en cuenta las características de los equipos, de los paquetes de desarrollo y de los programas de aplicación propios de la empresa que podrían ser utilizados para este desarrollo, de manera de no incurrir en costos o gastos adicionales.

## **2. Factibilidad económica.**

- Los costos y gastos asociados al personal empleado para este desarrollo radicarían en la contratación de un pasante para realizar el estudio, diseño e implementación del programa, y en la ocupación de una cantidad de horas de algunos integrantes de la Gerencia de Soporte a las Redes como personal de apoyo.
- El desarrollo de este programa permite a la corporación poseer una herramienta que satisfaga sus necesidades, y así se evita la obtención de costosas licencias de software y hardware desarrollados por compañías de soluciones para telecomunicaciones.

## **3. Factibilidad operativa.**

- Una vez realizadas las pruebas al programa, éste deberá operar según las condiciones y requerimientos de los usuarios permitidos por la aplicación, siguiendo las instrucciones del manual de operación del programa.

### **3.5 Diseño lógico**

El diseño lógico se refiere a lo que va a ser la herramienta, cómo es concebido el Generador VoIP, cómo opera, cuáles son sus principales funciones, sus componentes, entradas y salidas. Los puntos mencionados en la sección 3.3 de este capítulo, orientaron de manera definitiva el análisis y diseño necesario para



desarrollar cada uno de los módulos en los cuales se ha dividido el desarrollo e implementación de este proyecto. En el esquema de la Figura III.1, se indican los tres módulos que conforman el diseño lógico de la solución propuesta, a saber:

**Módulo 1: Interfaz con el usuario.**

Conjunto de menús y ventanas mediante los cuales el usuario puede introducir y seleccionar los parámetros correspondientes a cada prueba, así como también la activación de las mismas.

**Módulo 2: Prueba de ancho de banda.**

Permite dentro de una red IP la conexión, señalización, transferencia y captura de datos de un número de llamadas seleccionadas por el usuario; realizadas entre los computadores presentes en la prueba, para determinar el desempeño de la red en cuanto al ancho de banda, la calidad de la voz y los parámetros de calidad de servicio de cada llamada; tomando en cuenta las distintas aplicaciones que estén cursando en la red.

**Módulo 3: Prueba de tráfico.**

Permite dentro de una red IP la conexión, señalización, transferencia, captura de datos y finalización automática de un número de llamadas seleccionadas por el usuario junto con otros parámetros; realizadas entre los computadores presentes en la prueba para determinar el desempeño de los equipos de la red en cuanto al constante establecimiento, mantenimiento y finalización de llamadas de VoIP.

Para establecer más claramente la lógica que sustenta el sistema, tanto la manera como fluyen los datos, qué datos entran y qué datos salen, así como los principales procesos involucrados en la captura de los datos, se presenta un esquema gráfico del Generador VoIP. En este punto se desea representar el sistema y la relación entre los módulos, antes de comenzar prematuramente la realización

del mismo. En la figura III.3 se muestra el diagrama de flujo asociado al Generador VoIP.

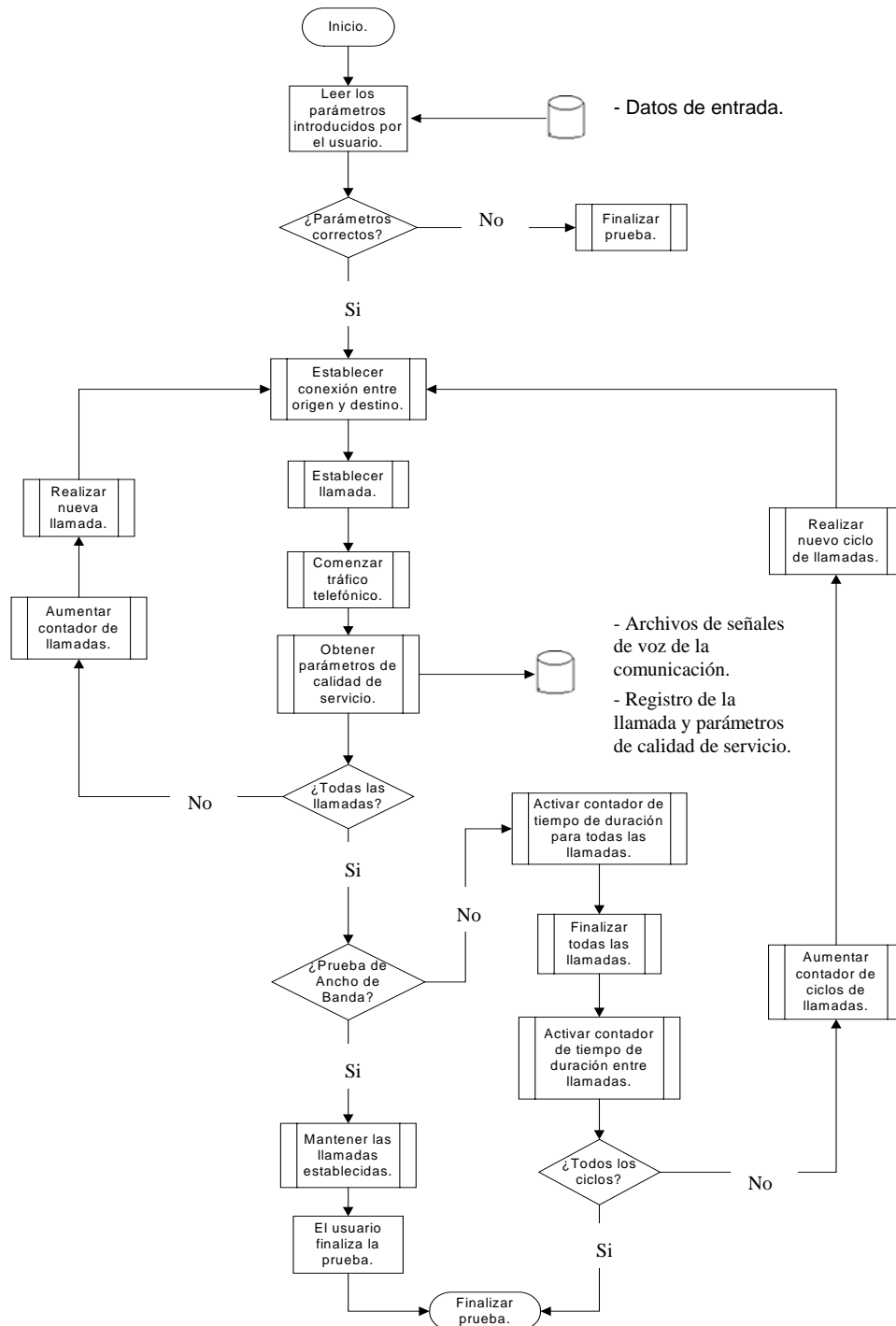


Figura III.3. Diagrama de Flujo general del Programa.

Las funciones expuestas en el punto 3.3 de este capítulo se pueden distribuir y agrupar en los tres módulos definidos anteriormente de la siguiente manera:

**Módulo 1. Interfaz con el usuario.**

- ✓ Recepción de los parámetros introducidos por el usuario para la ejecución de las pruebas.
- ✓ Activación de las distintas pruebas.
- ✓ Presentación de mensajes en tiempo real informando el estado de la prueba.

**Módulo 2. Prueba de ancho de banda.**

- ✓ Generación de “n” llamadas simultáneas de VoIP, utilizando el protocolo de señalización H.323.
- ✓ Envío de la información contenida en un archivo de audio por cada llamada.
- ✓ Determinación de los parámetros de calidad de servicio de cada llamada.

**Módulo 3. Prueba de tráfico.**

- ✓ Generación de “n” llamadas simultáneas de VoIP, utilizando el protocolo de señalización H.323.
- ✓ Envío de la información contenida en un archivo de audio por cada llamada.
- ✓ Activación de contadores de tiempo para controlar la duración de todas las llamadas.
- ✓ Finalización automática de la prueba luego de haber realizado todas las llamadas seleccionadas.

La división utilizada para desarrollar el Generador VoIP, atiende básicamente a estas características:

- ❖ Funciones claramente definidas y diferenciadas.
- ❖ Interfaces, interrelaciones e interdependencias claramente definidas
- ❖ Momentos de ejecución diferentes.

## CAPÍTULO IV

### 4 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

Para desarrollar la solución propuesta, se tomó como base fundamental el proyecto público OpenH323, y la aplicación Openphone, la cual forma parte del mismo. Generalmente, los proyectos públicos se refieren a una aplicación de software donde el código fuente está disponible para el público en general para el uso y/o modificación de su diseño original sin costo alguno. Los proyectos públicos son típicamente creados como un esfuerzo conjunto en donde los programadores realizan mejoras al código y comparten los cambios. Los proyectos públicos surgieron en la comunidad tecnológica como una respuesta a los software propietarios obtenidos y desarrollados por las grandes corporaciones.

El proyecto OpenH323 busca crear una aplicación que posea todas las características y que permita la interoperabilidad del protocolo de la ITU-T H.323, para que pueda ser utilizado por desarrolladores personales y usuarios comerciales sin ningún cargo.

El proyecto OpenH323 es coordinado por Quicknet Technologies Inc., pero está abierto para cualquier persona o empresa interesada. El uso comercial o privado del código OpenH323, incluyendo su uso en productos comerciales, es permitido a través de la licencia pública Mozilla.

#### **4.1 Módulo de interfaz con los usuarios**

Para lograr una interfaz efectiva, el usuario debe permanecer en la mente del que está desarrollando la herramienta, mientras éste realiza el análisis y diseño de un punto tan importante en una aplicación como lo es la interfaz con los usuarios.

Considerando que para la mayoría de los usuarios de sistemas computarizados, la interfaz gráfica es el sistema, todo lo demás es transparente para él, es importante que ésta satisfaga tanto en forma como en contenido sus

requerimientos y necesidades, por lo cual se plantea como objetivo principal de este módulo el diseño de una interfaz que ayude a los usuarios a introducir y a obtener información referida a las pruebas de VoIP. Para lograr este objetivo se siguieron las siguientes pautas de diseño:

- ✓ Eficacia, al lograr mediante el diseño de interfaces, que el usuario tenga acceso al módulo deseado de tal forma que se adapte a sus necesidades.
- ✓ Eficiencia, demostrada a través de una interfaz que mejore la velocidad de captura de los datos y reduzca los errores.
- ✓ Consideración, al demostrar un diseño adecuado de interfaz que favorezca la retroalimentación del sistema para los usuarios de forma apropiada.

Como técnica de representación para el despliegue de las distintas opciones ofrecidas por la aplicación, se escogió la técnica de selección a través de Menús. En los casos que aplicaban se establecieron menús animados, de manera que el usuario los solicite en el momento que los requiera como por ejemplo los parámetros de calidad de servicio.

La selección a través de menús es la técnica que permite al usuario que elija una opción entre un número bien definido de opciones. Actualmente esta técnica es utilizada ampliamente por herramientas básicas de escritorio, así como por aplicaciones de uso específico, debido a que provee una interfaz sencilla, favoreciendo el hecho que el usuario no tiene que conocer el sistema pero sí necesita saber qué tareas se pueden realizar.

Básicamente este módulo permite al usuario introducir los parámetros necesarios para realizar las pruebas de VoIP y visualizar el proceso, por lo cual el diseño se centra en el formato de las ventanas para la implementación de cada una de las opciones que serán definidas. Con el fin de apoyar los lineamientos básicos en el diseño de ventanas referidos a eficacia, precisión, facilidad de uso, consistencia, sencillez y atracción, se establecieron los siguientes objetivos:

- ✓ Crear y mantener un formato de pantalla sencillo y claro.

- ✓ Facilitar los movimientos del usuario dentro de las ventanas del sistema.
- ✓ Manejar de forma natural y lógica el orden de las ventanas en cuanto a la captura de datos.
- ✓ Crear y mantener los formatos de ventana lo más atractivos posibles.

Dentro de cada menú, según sea el caso, se podrá localizar el título de las opciones correspondientes para poder realizar la operación que dio origen a la búsqueda. Así mismo, los parámetros serán introducidos en recuadros identificados con títulos que definan su función.

Otra pauta de diseño que se debe destacar es el despliegue constante y oportuno de mensajes e indicaciones, consideraciones que se toman con los usuarios finales, a fin de mantenerlos informados acerca del estado de cada prueba.

La herramienta utilizada para desarrollar este módulo es Visual C++ versión 6.0, siendo una herramienta muy poderosa basada en el Sistema Operativo Windows <sup>[29]</sup>. Básicamente desarrollar una aplicación utilizando esta herramienta significa crear objetos, administrar sus propiedades y escribir los procedimientos que deben darse cuando un evento ocurre.

A continuación se muestran todos los menús y submenús que pertenecen a la aplicación y se explican sus funciones:

---

<sup>[29]</sup> Es un entorno operativo que emplea una interfaz de usuario gráfico (*GUI* – “*Graphical User Interface*”) basada en símbolos e ilustraciones para las comunicaciones entre el usuario y el sistema operativo. En esta interfaz los comandos se seleccionan mediante el uso del “ratón”, el cual permite apuntar y seleccionar los símbolos, botones, íconos y datos. Las aplicaciones Windows son programas escritos para este entorno. Estas aplicaciones utilizan menús desplegables, íconos, botones y procedimientos basados en el concepto de apuntar, seleccionar y arrastrar.

## Menú Llamar.

1. **Hacer Llamada.** Permite al usuario realizar una sola llamada entre dos PCs, donde se podrá establecer una comunicación de audio entre los usuarios que se encuentren en cada PC, siempre y cuando éstos posean las interfaces de audio correspondientes (tarjeta de sonido, cornetas y micrófono). El dato que debe introducir el usuario en el PC origen es sólo la dirección IP del PC destino y luego pulsar “Ok”

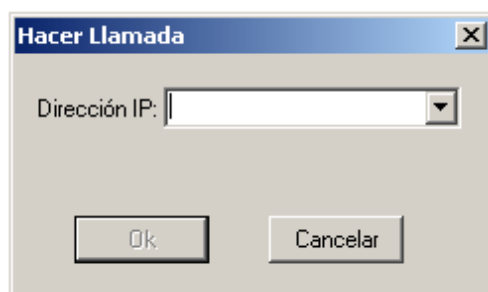
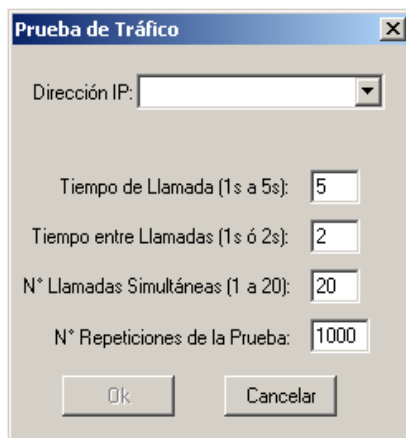


Figura IV.1. Cuadro “Hacer Llamada”.

2. **Prueba de Tráfico.** Permite al usuario realizar la prueba de tráfico entre dos PCs para determinar cómo responde la red y sus equipos al constante establecimiento, mantenimiento y finalización de un número de llamadas simultáneas durante un tiempo específico. El usuario debe introducir la dirección IP del PC destino; el tiempo de duración de las llamadas, varía de 1 a 5 segundos; el tiempo entre llamadas, varía de 1 a 2 segundos y es el tiempo de espera entre la finalización de las llamadas y el establecimiento de un nuevo ciclo de llamadas; el número de llamadas simultáneas, varía de 1 a 20 llamadas; el número de repeticiones de la prueba, varía de 1 a 1000 repeticiones e indica el número de veces que se va a repetir el ciclo de llamadas simultáneas y finalmente pulsar el botón “Ok”.



The image shows a dialog box titled "Prueba de Tráfico" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains the following fields and controls:

- A dropdown menu labeled "Dirección IP:".
- A text input field labeled "Tiempo de Llamada (1s a 5s):" with the value "5".
- A text input field labeled "Tiempo entre Llamadas (1s ó 2s):" with the value "2".
- A text input field labeled "N° Llamadas Simultáneas (1 a 20):" with the value "20".
- A text input field labeled "N° Repeticiones de la Prueba:" with the value "1000".
- Two buttons at the bottom: "Ok" and "Cancelar".

Figura IV.2. Cuadro “Prueba de Tráfico”.



3. **Generador de Llamadas.** Permite al usuario realizar la “Prueba de Ancho de Banda” entre dos PCs. El usuario debe introducir la dirección IP del PC destino; la cantidad de llamadas simultáneas que desea para la prueba, varía entre 1 y 100 llamadas y luego pulsar el botón “Ok”.

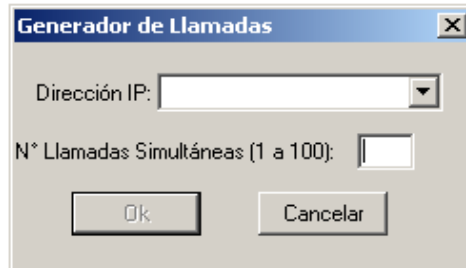


Figura IV.3. Cuadro “Generador de Llamadas”.

4. **Aceptar Llamada.** Permite al usuario en el PC destino aceptar una llamada entrante, en caso que la opción “Auto-Respuesta” no esté activada (más adelante se explicará esta opción).
5. **Rechazar Llamada.** Permite al usuario en el PC destino rechazar una llamada entrante, en caso que la opción “Auto-Respuesta” no esté activada.

6. **Mostrar estadísticas.** Permite al usuario observar las estadísticas de la llamada en tiempo real, es por eso que esta opción está inhabilitada cuando no hay ninguna llamada establecida.

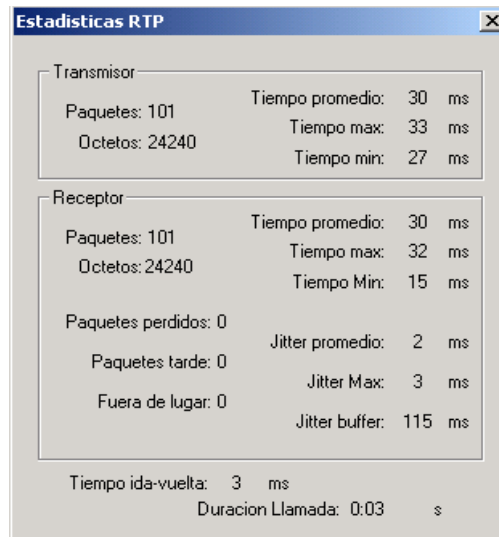


Figura IV.4. Cuadro “Estadísticas RTP”.

7. **Silenciar Micrófono.** Permite al usuario silenciar el micrófono en el PC donde se ejecute esta acción. Esta opción está inhabilitada cuando no hay ninguna llamada establecida.
8. **Silenciar Speaker.** Permite al usuario silenciar las cornetas en el PC donde se ejecute esta acción. Esta opción está inhabilitada cuando no hay ninguna llamada establecida.
9. **Grabar sonido.** Permite al usuario grabar el audio que se está recibiendo en una comunicación, este audio se guardará en un archivo para su posterior uso. Esta opción está inhabilitada cuando no hay ninguna llamada establecida.
10. **Detener grabación.** Permite al usuario detener la grabación de audio en cualquier momento, siempre y cuando la opción de “Grabar sonido” haya sido activada previamente.

11. **Exit.** Permite al usuario salir de la aplicación en cualquier momento que lo desee.

### **Menú Opciones.**

1. **General.** Permite al usuario abrir el cuadro "*Opciones Generales*". En este cuadro el usuario podrá introducir el nombre de usuario o un alias, puede marcar en el recuadro "*Máx. N° de llamadas*" el número de direcciones IP que pueden quedar registradas después de cada llamada, el recuadro "*Archivo de Ring*" permite seleccionar en el directorio algún sonido particular que se desee cuando se está recibiendo una llamada entrante, permite habilitar la función de "*Auto-Respuesta*" en el PC destino, así como también deshabilitar las opciones de "*Comienzo Rápido*", "*H.245 Tunneling*" y "*H.245 en Setup*". Además, permite seleccionar del directorio el archivo de audio que se utilizará en las pruebas, y el directorio donde se guardarán los archivos de audio de la comunicación de cada llamada en cada prueba.

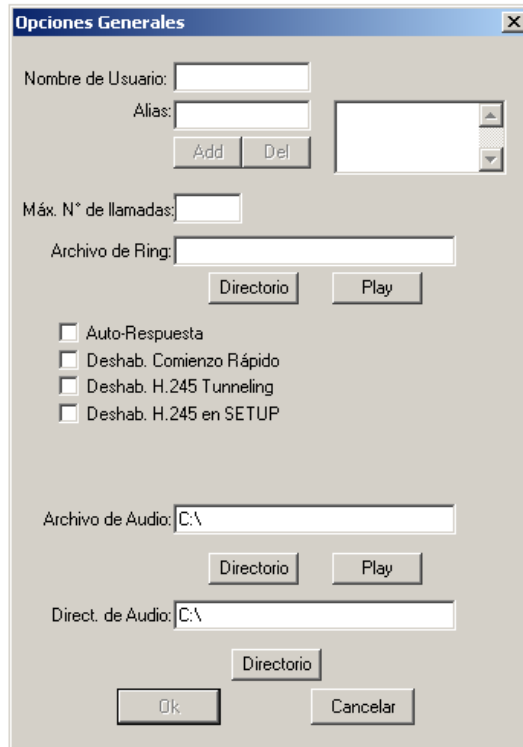


Figura IV.5. Cuadro “Opciones Generales”.

2. **Fuente.** Permite al usuario abrir el cuadro “Fuente”, donde se podrá seleccionar la fuente, estilo y tamaño deseado para los mensajes que aparecerán en la pantalla de la aplicación.

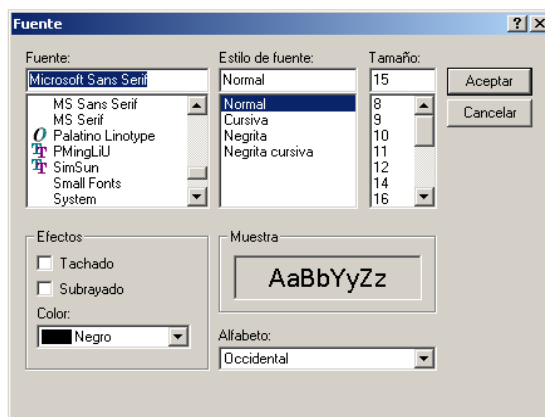


Figura IV.6. Cuadro “Fuente”.

3. **Red.** Permite al usuario abrir el cuadro “*Opciones de Red*”, donde se puede seleccionar entre varias opciones el ancho de banda de la red bajo estudio, así como también el rango de puertos TCP, UDP y RTP. En caso de no marcar ningún rango de puertos, la aplicación tomará los valores por defecto propios.

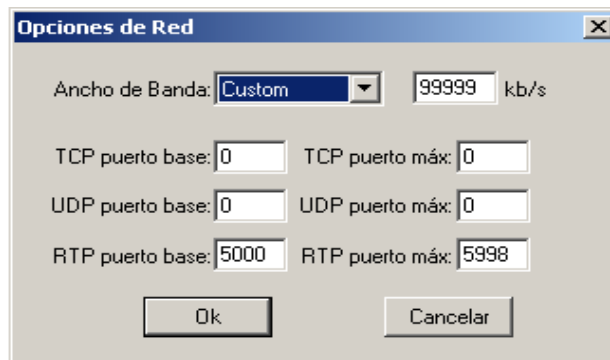


Figura IV.7. Cuadro “Opciones de Red”.

4. **Transferencia.** Permite al usuario abrir el cuadro “*Opciones de Transferencia*”, donde se puede marcar una dirección IP en caso que se desee transferir la llamada siempre, si está ocupado o si no hay respuesta, así como también el tiempo en segundos que se espera para transferir la llamada cuando no hay respuesta.

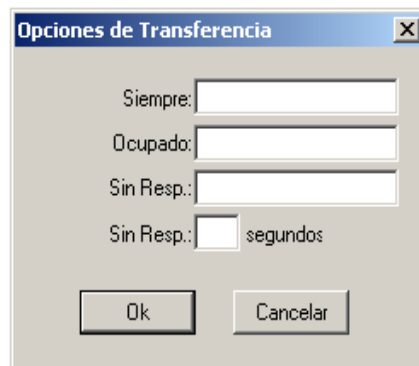


Figura IV.8. Cuadro “Opciones de Transferencia”.

5. **Dispositivo de Audio.** Permite al usuario abrir el cuadro “*Opciones del Dispositivo de Audio*”. Generalmente se configura automáticamente la tarjeta de audio que posee el computador.

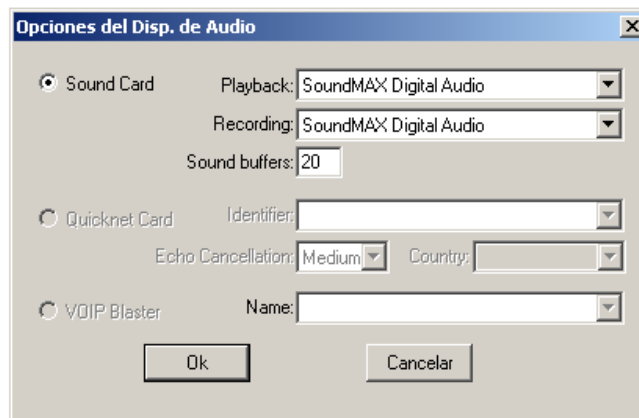


Figura IV.9. Cuadro “Opciones del Dispositivo de Audio”.

6. **Codec de Audio.** Permite al usuario abrir el cuadro “*Opciones de Codec de Audio*”. En este cuadro el usuario puede seleccionar el CODEC a utilizar, así como también el rango del “*jitter buffer*” y si desea o no detección de silencio.

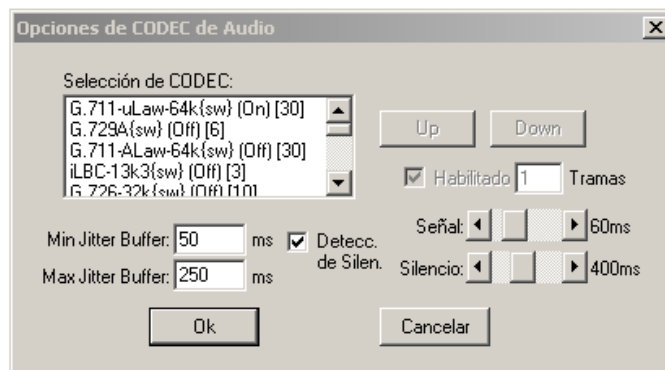


Figura IV.10. Cuadro “Opciones de CODEC de Audio”.

7. **Opciones de Registro.** Permite al usuario abrir el cuadro “*Opciones de Registro*”. En este cuadro el usuario deberá escribir la dirección de la carpeta del directorio donde será guardado el archivo de texto que contiene el registro de la prueba, así como también seleccionar

entre las distintas opciones que se ofrecen para el registro y también el nivel de rastreo. En este archivo quedarán registrados los parámetros de calidad de servicio de cada llamada, lo que permite al operador de la herramienta realizar un análisis con estos valores. Además, quedará registrada la versión del Protocolo H.323 que posee la red IP, para conocer qué aplicaciones se pueden instalar, de acuerdo a la versión del Protocolo obtenida.

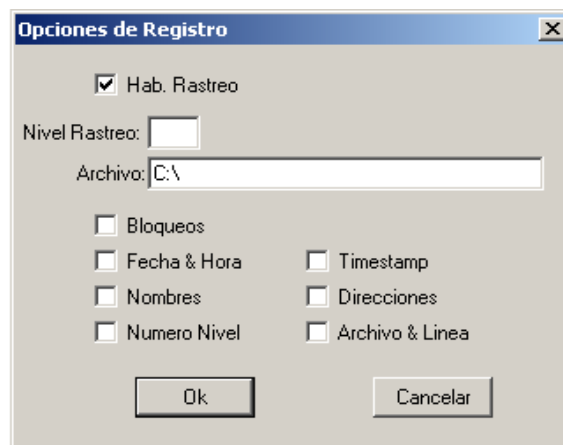


Figura IV.11. Cuadro “Opciones de Registro”.

### **Menú Help.**

1. **Contents.** Permite al usuario abrir el cuadro que contiene la ayuda necesaria para la realización de las pruebas.
2. **About.** Permite al usuario abrir el cuadro “*Acerca del Software*”, el cual contiene información referente al software.

## **4.2 Módulo de prueba de ancho de banda**

Al finalizar el desarrollo de este módulo, se debe contar con una función que permita establecer, mantener y finalizar llamadas simultáneas de VoIP entre dos PCs dentro de una red IP, utilizando el Protocolo de señalización H.323, para

obtener los parámetros de calidad de servicio de cada llamada y los datos necesarios para determinar el número de teléfonos de VoIP que pueden ser instalados en la red.

Originalmente, se tenía pensado que la información transmitida durante cada prueba, desde el origen y en cada llamada simultánea sería una señal analógica, la cual al accionar cualquiera de las pruebas se ejecutaría, se escucharía por las cornetas del equipo origen y se transmitiría a través del micrófono del mismo automáticamente. Luego de hacer las investigaciones respectivas, se llegó a la conclusión de que al poseer una sola interfaz de audio (una tarjeta de sonido por PC), se requeriría de un alto porcentaje del procesador de cada computador para transmitir una sola señal en todos los canales de medios de las llamadas simultáneas, previamente establecidas. Esto ocasiona una disminución notable en el número de llamadas simultáneas que se pueden generar, y no se obtiene ningún valor agregado porque lo que se estaría midiendo sería la capacidad del procesador y la calidad de las cornetas y micrófono, los cuales son factores muy variables y no dependen de la red. La solución que se plantea es que se transmitirá una señal digitalizada por cada canal de medios de todas las llamadas simultáneas. Esto permite que el procesador de cada computador pueda soportar más llamadas simultáneas que en el caso anterior. Además, el usuario podrá seleccionar un archivo .WAV de su preferencia que contenga tonos de frecuencia, muestras de voz humana, etc., para transmitirlo durante cada prueba que esté realizando.

La prueba de ancho de banda ha sido diseñada como un lazo que genera un número de llamadas seleccionadas por el usuario en la interfaz gráfica, las establece y las mantiene. Es por eso que a continuación se explicará detalladamente el proceso de generar una llamada, tomando las funciones que forman parte del proyecto público OpenH323.

### **Generación de una llamada.**

Para generar una llamada, la primera función que se debe llamar es:

*MakeCall(fullAddress, currentCallToken)*



donde:

*fullAddress* -> Dirección IP del PC Destino.

*currentCallToken* -> Identificador de la llamada.

Después de llamar a esta función, comienza el proceso de señalización con el establecimiento de la llamada a través de los Protocolos H.225.0 y H.245. Las siguientes funciones son utilizadas para la señalización y son transparentes para el programador, pues forman parte de las librerías de enlace dinámico (*DLL* – “*Dynamic Link Library*”):

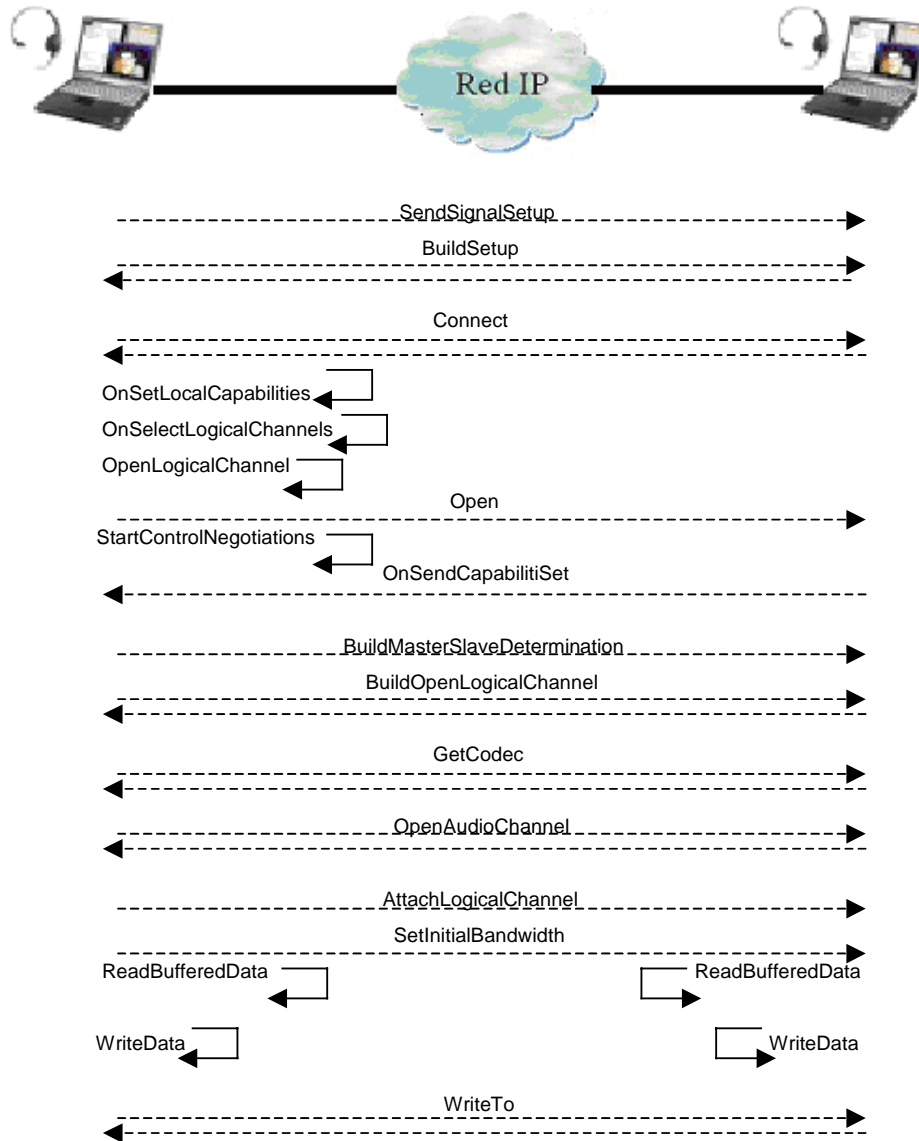


Figura IV.12 Señalización para el establecimiento de una llamada.

Luego para finalizar la llamada, la función utilizada es:

*ClearCall(currentCallToken)*

Una vez explicado el proceso de generar y finalizar una llamada, a continuación se presentan las funciones que son utilizadas para este módulo:

*MakeNCall(const PString & address, const PString & generator)*

Esta función comienza el proceso para la prueba de ancho de banda, donde:

*address* -> Dirección IP del PC Destino.

*generator* -> N° de llamadas simultáneas.

Dentro de esta función se realiza un lazo para generar las llamadas utilizando la función *MakeCall*, desde uno hasta el número seleccionado por el usuario. Para cada llamada comienza el proceso de señalización indicado anteriormente. Luego se abre el canal de audio, donde se ha sobre escrito la función *OpenAudioChannel*:

```
OpenAudioChannel(H323Connection & connection, BOOL isEncoding,  
unsigned bufferSize, H323AudioCodec & codec)
```

*connection* -> Permite llamar a la clase *H323Connection*.

*isEncoding* -> Permite saber si se está transmitiendo o recibiendo información.

*bufferSize* -> Tamaño del *buffer*.

*codec* -> Permite llamar a la clase *H323AudioCodec*.

Dentro de esta función se crean los canales de transmisión y recepción de medios con las siguientes instrucciones respectivamente:

```
m_audioChannel = new PlayMessage(GetOutgoingMessageFile(),  
frameDelay, bufferSize)
```

donde,

*GetOutgoingMessageFile()* -> Archivo de audio a ser transmitido.

*frameDelay* -> Retardo de los paquetes.

*bufferSize* -> Tamaño del *buffer*.

```
m_audioChannel = new RecordMessage(wavFileName, frameDelay,  
bufferSize)
```

donde,

*wavFileName* -> Nombre del archivo de audio a ser grabado.

*frameDelay* -> Retardo de los paquetes.

*bufferSize* -> Tamaño del *buffer*.

Luego en el PC Destino, la siguiente función es llamada:

```
OnIncomingCall(H323Channel & channel, H323Connection & connection,  
const H323SignalPDU &, H323SignalPDU &)
```

donde si el PC Destino está libre, aceptará las llamadas, sino las llamadas serán rechazadas. Luego se abre el canal lógico con la función:

```
OnLogicalChannel(const H323Channel & channel, unsigned txStrID,  
unsigned rxStrID, const H323Connection & connection)
```

donde,

*channel* -> Permite llamar a la clase H323Channel.

*txStrID* -> Indica que el canal es de transmisión.

*rxStrID* -> Indica que el canal es de recepción.

*connection* -> Permite llamar a la clase H323Connection.

Finalmente, cuando cada llamada ha sido establecida, se llama a la función:

```
OnConnectionEstablished(const PString & token, const PString & party)
```

A continuación, comienza la transferencia de información entre el PC Origen y el PC Destino. La prueba se puede mantener por el tiempo que lo desee el usuario hasta que la finalice pulsando el botón “colgar”. En tiempo real, se pueden observar los parámetros de calidad de servicio, para lo cual se llama a la función:

```
ShowStatsCmd()
```

Al finalizar la prueba por el usuario, las funciones utilizadas para cada llamada son:

```
HangupCmd()
```

```
OnConnectionCleared(const H323Connection & connection)
```

### **4.3 Módulo de prueba de tráfico**

Al finalizar el desarrollo de este módulo, se debe contar con una función que permita establecer, mantener y finalizar llamadas simultáneas de VoIP entre

dos PCs dentro de una red IP, utilizando el Protocolo de señalización H.323, para obtener los parámetros de calidad de servicio de cada llamada y el desempeño de los equipos instalados en la red cuando están sometidos a un constante tráfico de llamadas.

La prueba de tráfico ha sido diseñada como un lazo que genera un número de llamadas, las establece, las mantiene, las finaliza y luego repite este ciclo tantas veces como el usuario lo haya seleccionado en la interfaz gráfica. A continuación se presentan las funciones que son utilizadas para este módulo:

*MakeN2Call(const PString & address, const PString & trafficTime,  
const PString & traffic1Time, const PString & traffic2Time,  
const PString & traffic3Time)*

Esta función comienza el proceso para la prueba de tráfico, donde:

*address* -> Dirección IP del destino.

*trafficTime* -> Duración de las llamadas.

*traffic1Time* -> Tiempo entre la finalización y comienzo de las llamadas.

*traffic2Time* -> N° de llamadas simultáneas.

*traffic3Time* -> N° de repeticiones de la prueba.

A continuación se utilizan las mismas funciones que fueron mencionadas en la prueba de tráfico para el establecimiento del ciclo de llamadas.

Luego de establecido el primer conjunto de llamadas, se llama a la función:

*StressTest()*

Dentro de ésta, se llama a la función para contabilizar el tiempo que duran las llamadas:

*CallTime()*

Finalizado este tiempo, se deben finalizar todas las llamadas, para esta operación se utiliza la función:

*HangupCmd()*

Luego, se espera un tiempo entre la finalización y la generación de un nuevo ciclo de llamadas con la función:

*WaitingTime()*

Finalmente para comenzar un nuevo ciclo de llamadas, se utiliza otra vez la función *MakeN2Call*, y se repite este ciclo el número de veces que lo haya seleccionado el usuario en la interfaz gráfica.

## CAPÍTULO V

### 5 PRUEBAS, RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para determinar el funcionamiento de la aplicación desarrollada, se realizaron un conjunto de pruebas tomando en cuenta los factores que motivaron el desarrollo de este proyecto.

Las pruebas fueron realizadas en una red LAN, con interfaz Ethernet a 100 Mbps. Los equipos utilizados fueron:

- ✓ Un PC Hewlett-Packard, Intel Pentium 4, CPU 1.7 GHz.
- ✓ Un PC IBM, Intel Pentium 4, CPU 1.6 GHz.
- ✓ Switch Cisco Catalyst 4006.

La información transmitida en cada llamada de cada prueba consistió en un conjunto de tonos de frecuencia ubicados entre 0 kHz y 4 kHz.

Sólo se utilizaron CODECs de software público, pues para algunos CODECs recomendados por la ITU se necesitan licencias que no se disponen en CANTV.

Las pruebas fueron divididas pensando en las dos funciones más importantes que permite la herramienta: la Prueba de Ancho de Banda y la Prueba de Tráfico.

#### **5.1 Prueba de ancho de banda**

Para determinar el funcionamiento de esta aplicación, las pruebas realizadas consistieron en la generación de diversas cantidades de llamadas simultáneas, manteniéndolas por cierto tiempo y utilizando distintos CODECs. En estas pruebas se registraron: el CODEC utilizado, número de llamadas simultáneas generadas,

tiempo de establecimiento de todas las llamadas, tiempo de finalización de todas las llamadas, número de llamadas completadas, número de llamadas fallidas y el porcentaje del procesador utilizado. Para monitorear en tiempo real las diversas actividades que se fueron ejecutando durante cada prueba; como el ancho de banda utilizado en la red, los puertos TCP y UDP que fueron abiertos, se utilizó la herramienta Sniffer Portable 4.7. Además, se utilizó la herramienta Audacity 1.2.2, el cual es un editor de audio gratuito, para visualizar y comparar (luego de realizar las pruebas) las señales transmitidas y recibidas y así poder determinar las variaciones de dichas señales. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

### **CODEC G.711 ley $\mu$**

Tabla V.1 Resultados de la prueba de ancho de banda para el CODEC G.711 ley  $\mu$ .

<b>Nº de Llamadas</b>	<b>Duración (s)</b>	<b>Tiempo de Establecimiento (s)</b>	<b>Tiempo de Finalización (s)</b>	<b>Nº de Llamadas completadas</b>	<b>Nº de Llamadas fallidas</b>	<b>CPU Utilizado (%)</b>
5	90	3	1	5	0	10
10	90	6	3	10	0	20
25	90	17	5	25	0	35
50	90	110	75	50	0	100
75	90	281	136	74	1	100
100	90	588	60	89	11	100



### CODEC G.711 ley A

Tabla V.2 Resultados de la prueba de ancho de banda para el CODEC G.711 ley A.

Nº de Llamadas	Duración (s)	Tiempo de Establecimiento (s)	Tiempo de Finalización (s)	Nº de Llamadas completadas	Nº de Llamadas fallidas	CPU Utilizado (%)
5	90	2	1	5	0	10
10	90	3	2	10	0	20
25	90	18	5	25	0	35
50	90	108	151	50	0	100
75	90	300	140	74	1	100
100	90	574	73	83	17	100

### CODEC G.726 32-k

Tabla V.3 Resultados de la prueba de ancho de banda para el CODEC G.726 32-k.

Nº de Llamadas	Duración (s)	Tiempo de Establecimiento (s)	Tiempo de Finalización (s)	Nº de Llamadas completadas	Nº de Llamadas fallidas	CPU Utilizado (%)
5	90	2	1	5	0	10
10	90	7	2	10	0	20
25	90	56	3	24	1	75
50	90	237	58	49	1	100
75	90	305	40	43	32	100

100	90	491	69	50	50	100
-----	----	-----	----	----	----	-----

### CODEC Speex Narrow 5.95-k

Tabla V.4 Resultados de la prueba de ancho de banda para el CODEC Speex Narrow 5.95k.

Nº de Llamadas	Duración (s)	Tiempo de Establecimiento (s)	Tiempo de Finalización (s)	Nº de Llamadas completadas	Nº de Llamadas fallidas	CPU Utilizado (%)
5	90	3	1	5	0	20
10	90	5	1	9	1	75
25	90	76	2	25	0	75
50	90	225	6	49	1	100
75	90	314	19	55	20	100
100	90	527	62	67	33	100

### CODEC Speex Narrow 8-k

Tabla V.5 Resultados de la prueba de ancho de banda para el CODEC Speex Narrow 8k.

Nº de Llamadas	Duración (s)	Tiempo de Establecimiento (s)	Tiempo de Finalización (s)	Nº de Llamadas completadas	Nº de Llamadas fallidas	CPU Utilizado (%)
5	90	2	1	5	0	20
10	90	4	2	10	0	75

25	90	77	3	25	0	75
50	90	180	3	36	14	100
75	90	356	37	61	14	100
100	90	528	65	56	44	100

### CODEC iLBC 13-k3

Tabla V.6 Resultados de la prueba de ancho de banda para el CODEC iLBC 13-k3.

Nº de Llamadas	Duración (s)	Tiempo de Establecimiento (s)	Tiempo de Finalización (s)	Nº de Llamadas completadas	Nº de Llamadas fallidas	CPU Utilizado (%)
5	90	2	1	5	0	15
10	90	3	1	10	0	25
25	90	115	16	24	1	75
50	90	334	23	48	2	100
75	90	597	160	74	1	100
100	90	664	192	83	17	100

Como se explicó en el capítulo IV, la herramienta desarrollada permite registrar los parámetros de calidad de servicio de cada llamada mediante el archivo de registro que se genera y se graba automáticamente en el computador si la opción ha sido configurada previamente por el usuario. A continuación se presentan los valores promedio obtenidos de los parámetros de calidad de servicio para cada una de las pruebas realizadas.

## Parámetros de Calidad de Servicio

### CODEC G.711 ley $\mu$

Tabla V.7 Parámetros de Calidad de Servicio promedio de la prueba de ancho de banda utilizando el CODEC G.711 ley  $\mu$ .

N° de Llamadas	Paquetes enviados	Paquetes perdidos (%)	Jitter (ms)	Retraso (ms)
5	2758.80	0.44	0.60	32.40
10	2760.30	0.81	1.50	30.80
25	2844.80	1.36	7.60	30.04
50	3779.50	1.39	16.48	33.46
74	4685.42	1.46	102.01	38.67
89	4943.23	1.84	382.48	50.97

### CODEC G.711 ley A

Tabla V.8 Parámetros de Calidad de Servicio promedio de la prueba de ancho de banda utilizando el CODEC G.711 ley A.

N° de Llamadas	Paquetes enviados	Paquetes perdidos (%)	Jitter (ms)	Retraso (ms)
5	2886.60	0.18	1.00	29.00
10	2648.60	0.49	0.80	29.90
25	2633.36	1.46	2.68	42.56
50	4574.96	1.17	34.70	37.48
74	4635.50	1.17	115.59	41.55

83	4762.80	1.81	203.40	49.32
----	---------	------	--------	-------

### CODEC G.726 32-k

Tabla V.9 Parámetros de Calidad de Servicio promedio de la prueba de ancho de banda utilizando el CODEC G.726 32-k.

N° de Llamadas	Paquetes enviados	Paquetes perdidos (%)	Jitter (ms)	Retraso (ms)
5	4056.00	0.39	16.20	9.20
10	4056.00	0.36	17.10	9.70
24	4056.00	0.32	19.50	17.87
49	4698.79	0.68	156.10	28.02
43	4830.2	1.17	215.30	22.07
50	4704.80	2.66	256.80	36.18

### CODEC Speex Narrow 5.95-k

Tabla V.10 Parámetros de Calidad de Servicio promedio de la prueba de ancho de banda utilizando el CODEC Speex Narrow 5.95-k.

N° de Llamadas	Paquetes enviados	Paquetes perdidos (%)	Jitter (ms)	Retraso (ms)
5	2110.00	0.02	4.20	19.60
9	2110.00	0.04	3.44	19.56
25	2110.00	0.08	12.80	30.12

49	2014.12	0.05	26.26	40.06
55	1988.98	0.22	68.07	59.18
67	2110	0.48	86.90	81.13

### **CODEC Speex Narrow 8-k**

Tabla V.11 Parámetros de Calidad de Servicio promedio de la prueba de ancho de banda utilizando el CODEC Speex Narrow 8-k.

<b>N° de Llamadas</b>	<b>Paquetes enviados</b>	<b>Paquetes perdidos (%)</b>	<b>Jitter (ms)</b>	<b>Retraso (ms)</b>
5	2110.00	0.11	3.00	19.60
10	2110.00	0.10	5.60	20.30
25	2170.00	0.09	3.56	23.52
36	1802.05	0.28	67.72	39.58
61	2084.59	0.54	88.00	61.57
56	2200.33	0.55	90.10	62.40

### **CODEC iLBC 13-k3**

Tabla V.12 Parámetros de Calidad de Servicio promedio de la prueba de ancho de banda utilizando el CODEC iLBC 13-k3.

<b>N° de Llamadas</b>	<b>Paquetes enviados</b>	<b>Paquetes perdidos (%)</b>	<b>Jitter (ms)</b>	<b>Retraso (ms)</b>
5	904.60	0.02	5.00	90.80

10	875.70	0.11	4.70	92.10
24	1632.95	0.15	61.67	104.70
48	1492.43	0.14	166.39	140.27
74	1630.12	2.60	460.17	188.71
83	1704.80	3.61	532.80	196.60

Para visualizar los resultados obtenidos en cuanto a los parámetros de calidad de servicio, a continuación se presentan los valores promedio de los parámetros de calidad de servicio gráficamente, tomando en cuenta el número de llamadas y cada uno de los CODECs utilizados.

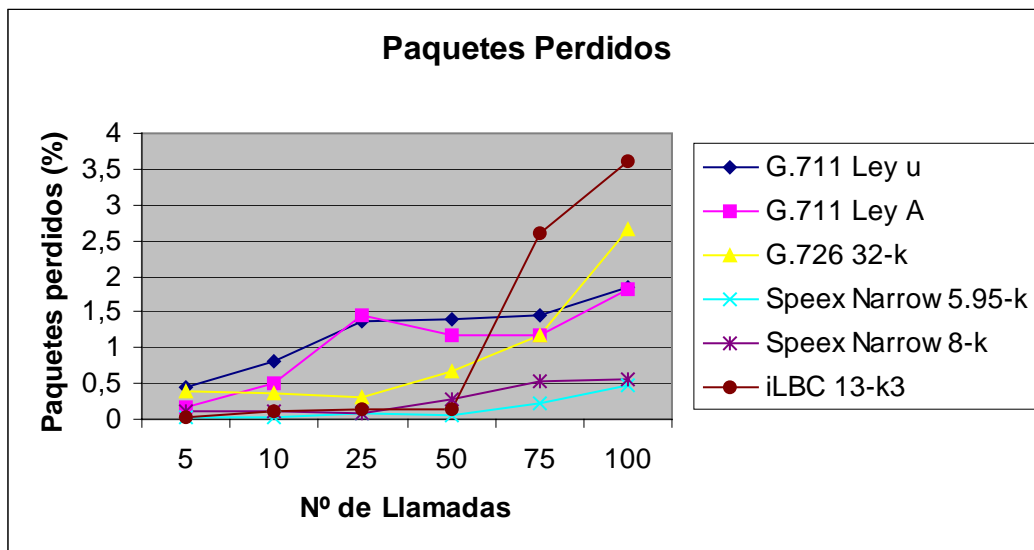


Figura V.1 Valores promedio de Paquetes Perdidos para la prueba de ancho de banda.

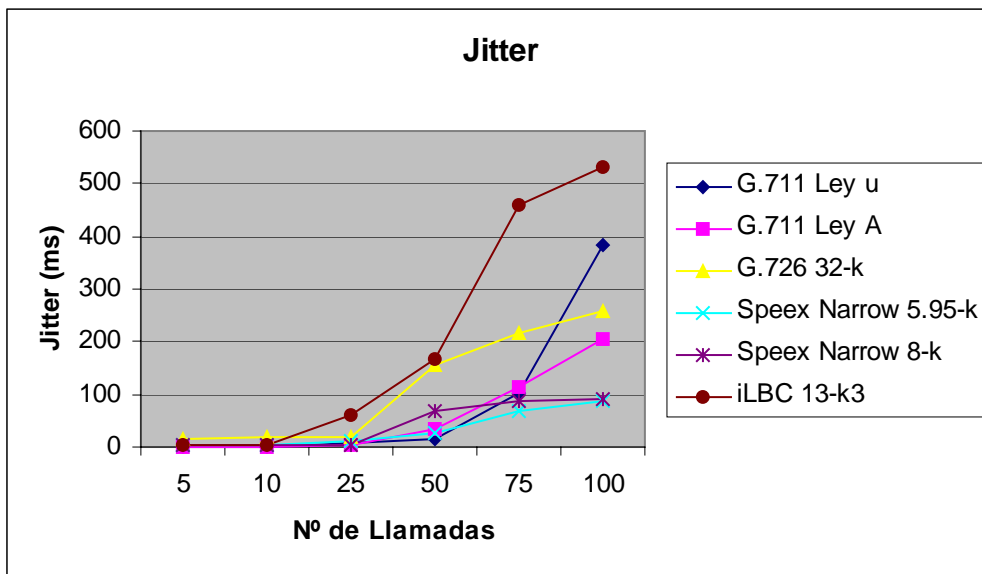


Figura V.2 Valores promedio de Jitter para la prueba de ancho de banda.

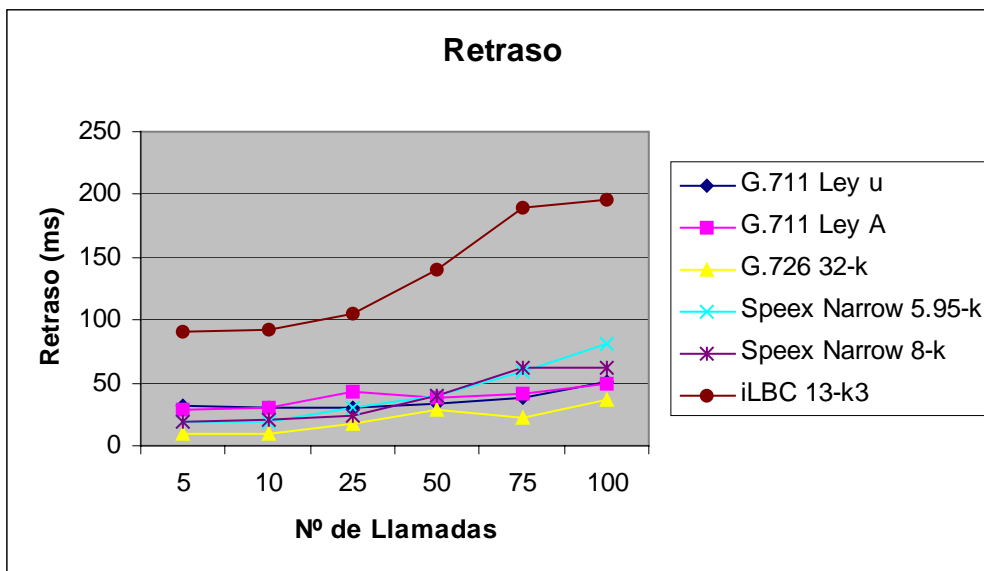


Figura V.3 Valores promedio de Retraso para la prueba de ancho de banda.

Dado que la aplicación permite guardar las señales de audio que fueron transmitidas por llamada durante cada prueba, para observar la calidad del audio



transmitido dependiendo del número de llamadas simultáneas, a continuación se presentan respectivamente la señal original, la señal recibida para la primera llamada y la señal recibida para la última llamada, es decir, si se establecieron 5 llamadas simultáneas, se mostrará la señal original transmitida, luego la señal recibida para la llamada N° 1 y la señal recibida para la llamada N° 5 respectivamente.

Para cada CODEC, se realizaron pruebas con distintas cantidades de llamadas simultáneas: 5, 10, 25, 50, 75 y 100 llamadas. El análisis se realizó en función de las llamadas que se establecieron durante cada prueba. Para todas las señales se graficó la amplitud (unidades normalizadas) vs. tiempo (segundos).

**CODEC G.711 Ley  $\mu$  - 5 llamadas establecidas.**

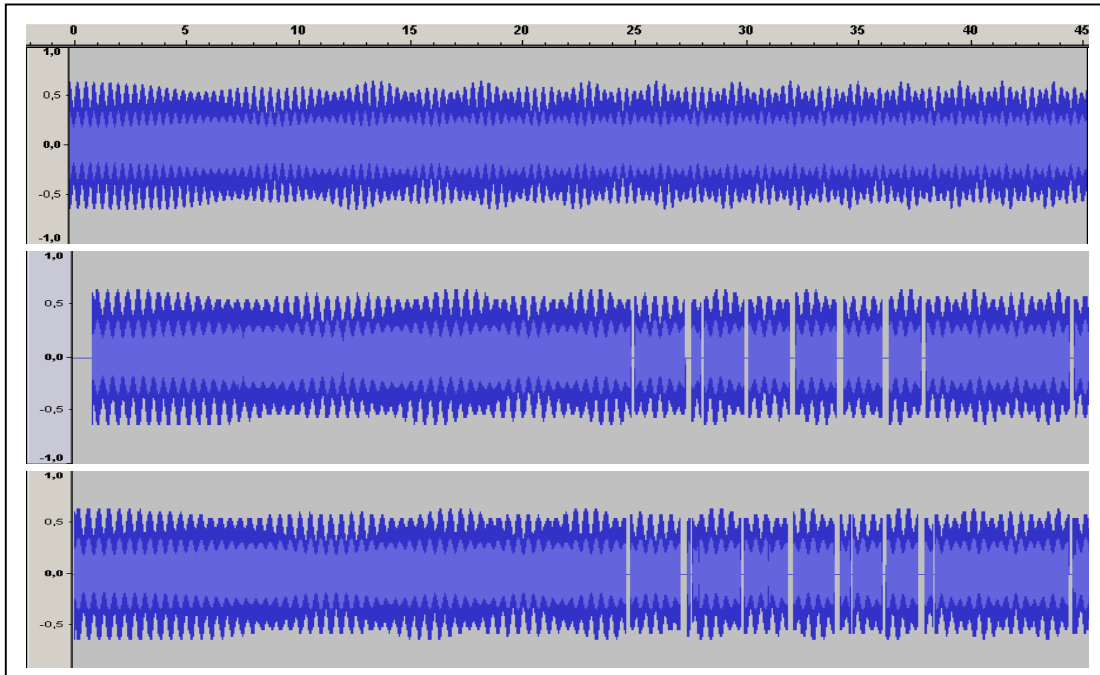


Figura V.4 Comparación de señales – CODEC G.711 Ley  $\mu$  - 5 Llamadas.

**CODEC G.711 Ley  $\mu$  - 10 llamadas establecidas.**

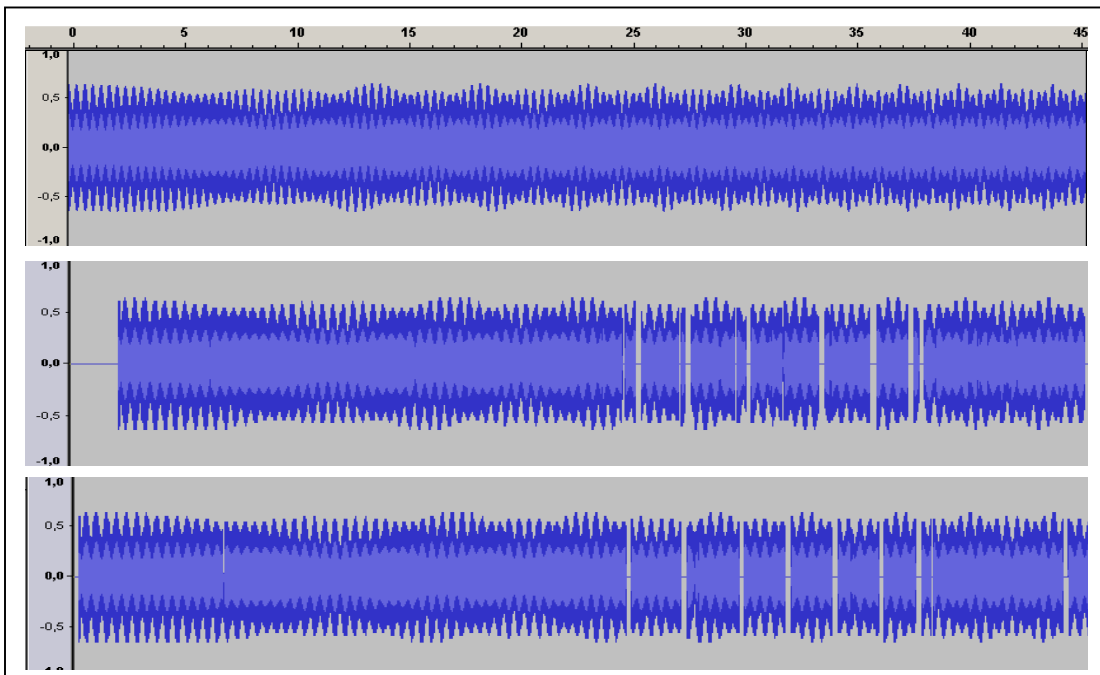


Figura V.5 Comparación de señales – CODEC G.711 Ley  $\mu$  - 10 Llamadas.

**CODEC G.711 Ley  $\mu$  - 25 llamadas establecidas.**

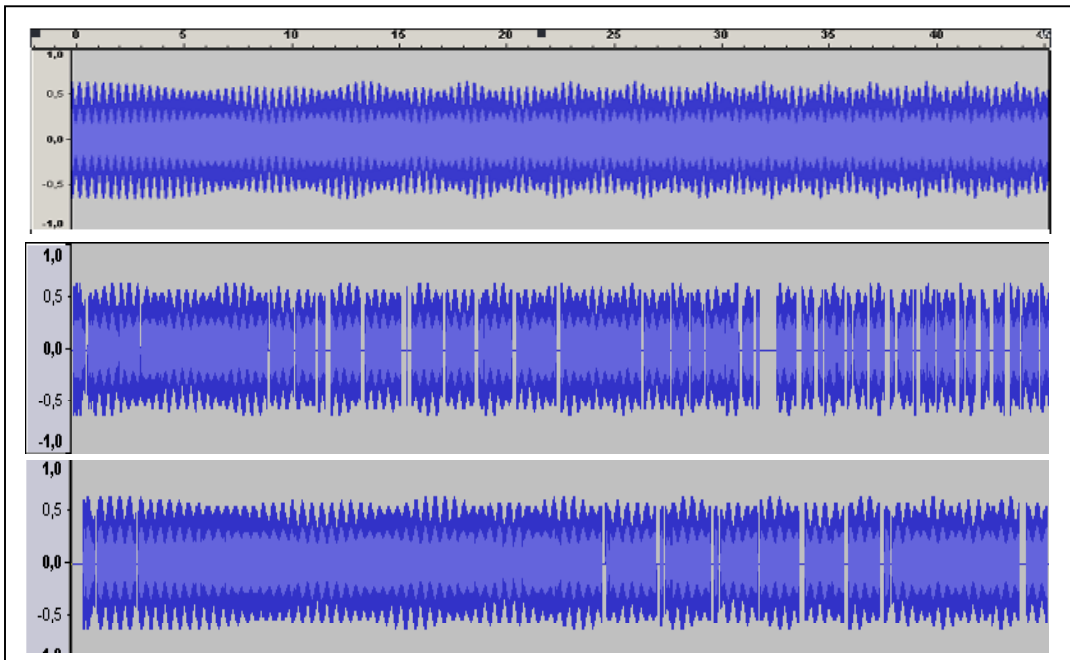


Figura V.6 Comparación de señales – CODEC G.711 Ley  $\mu$  - 25 Llamadas.

**CODEC G.711 Ley  $\mu$  - 50 llamadas establecidas.**

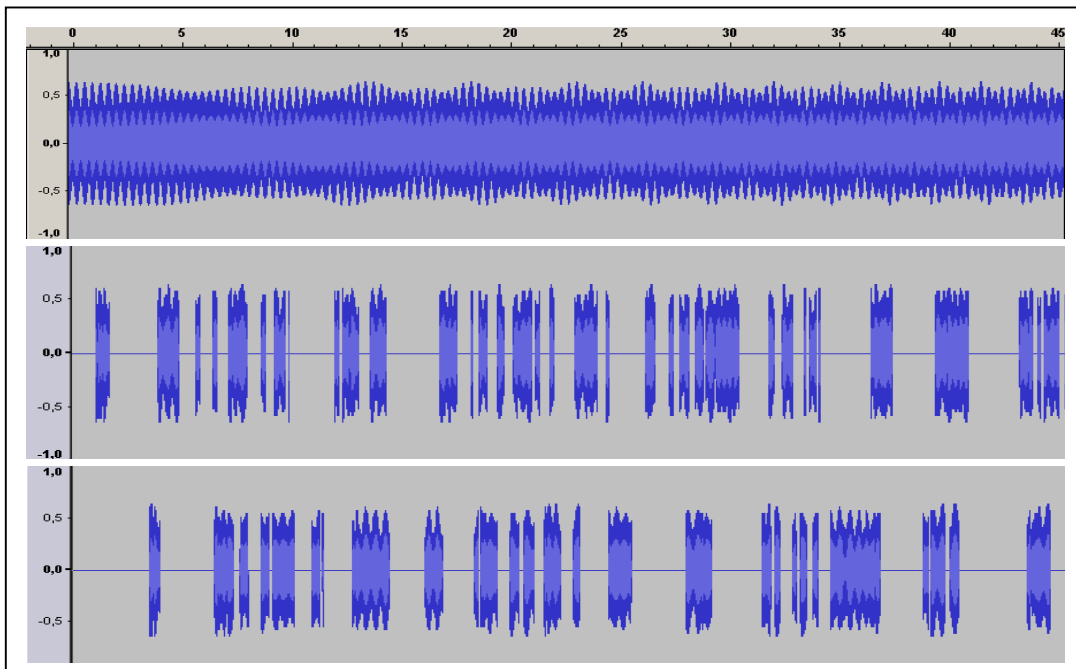


Figura V.7 Comparación de señales – CODEC G.711 Ley  $\mu$  - 50 Llamadas.

**CODEC G.711 Ley  $\mu$  - 74 llamadas establecidas.**

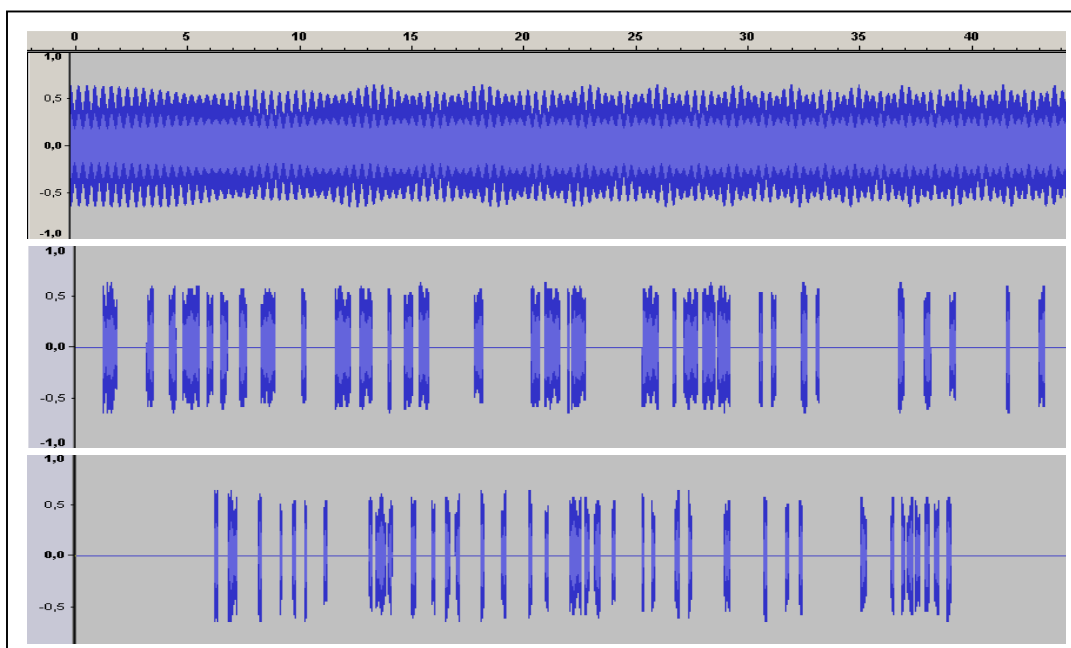


Figura V.8 Comparación de señales – CODEC G.711 Ley  $\mu$  - 74 Llamadas.

**CODEC G.711 Ley  $\mu$  - 89 llamadas establecidas.**

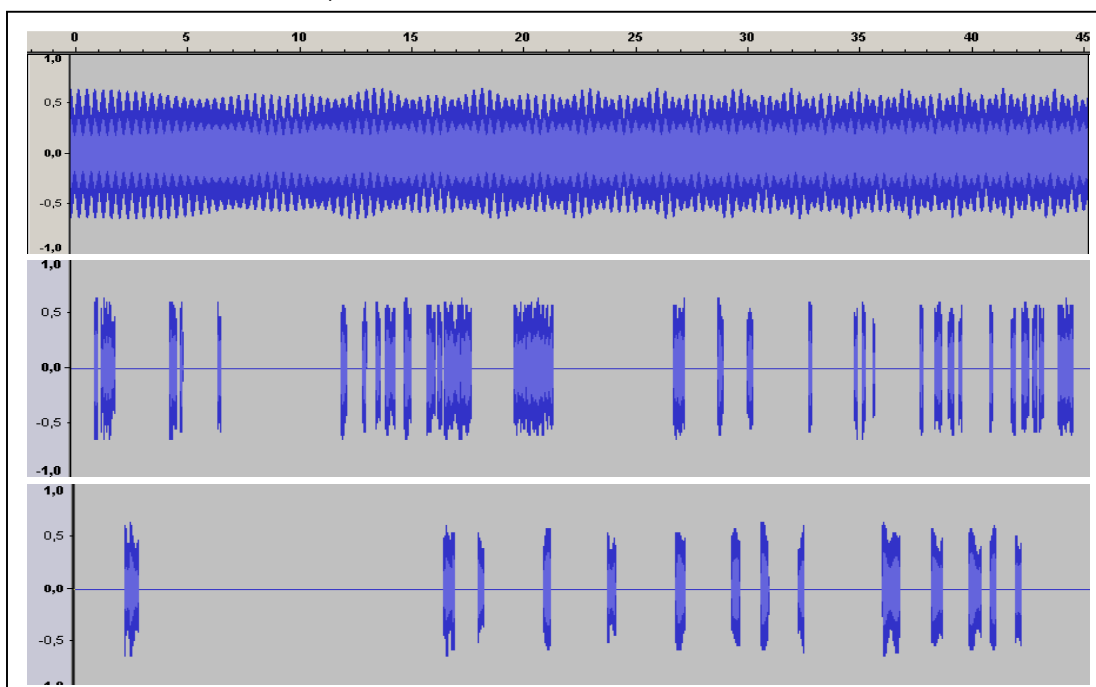


Figura V.9 Comparación de señales – CODEC G.711 Ley  $\mu$  - 89 Llamadas.

**CODEC G.711 Ley A - 5 llamadas establecidas.**

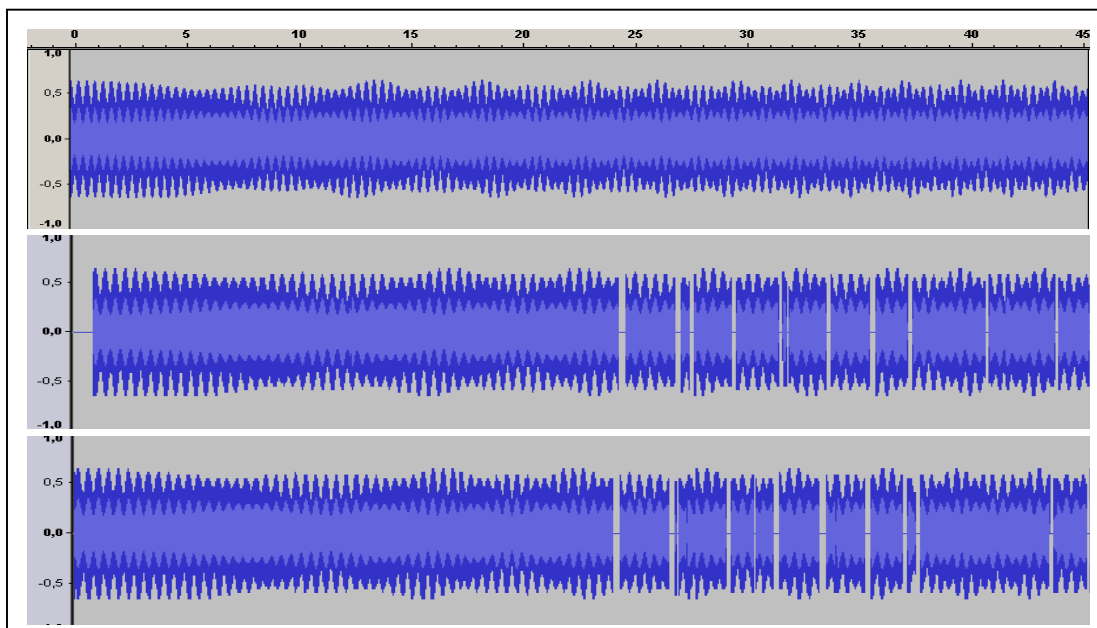


Figura V.10 Comparación de señales – CODEC G.711 Ley A - 5 Llamadas.

**CODEC G.711 Ley A - 10 llamadas establecidas.**

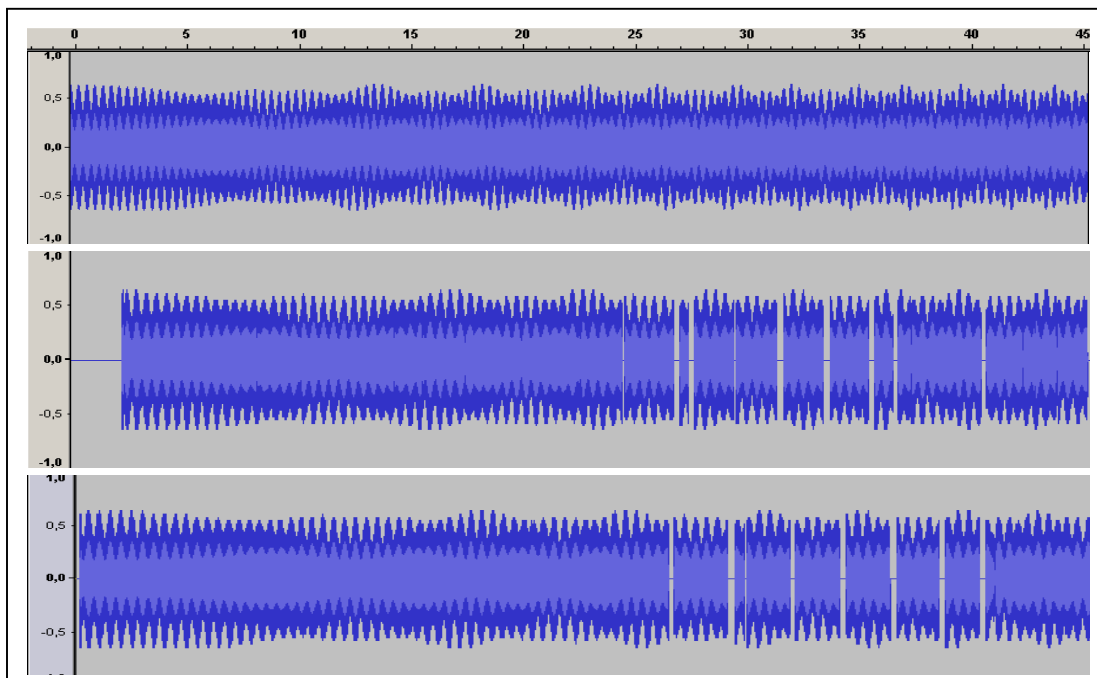


Figura V.11 Comparación de señales – CODEC G.711 Ley A - 10 Llamadas.

**CODEC G.711 Ley A - 25 llamadas establecidas.**

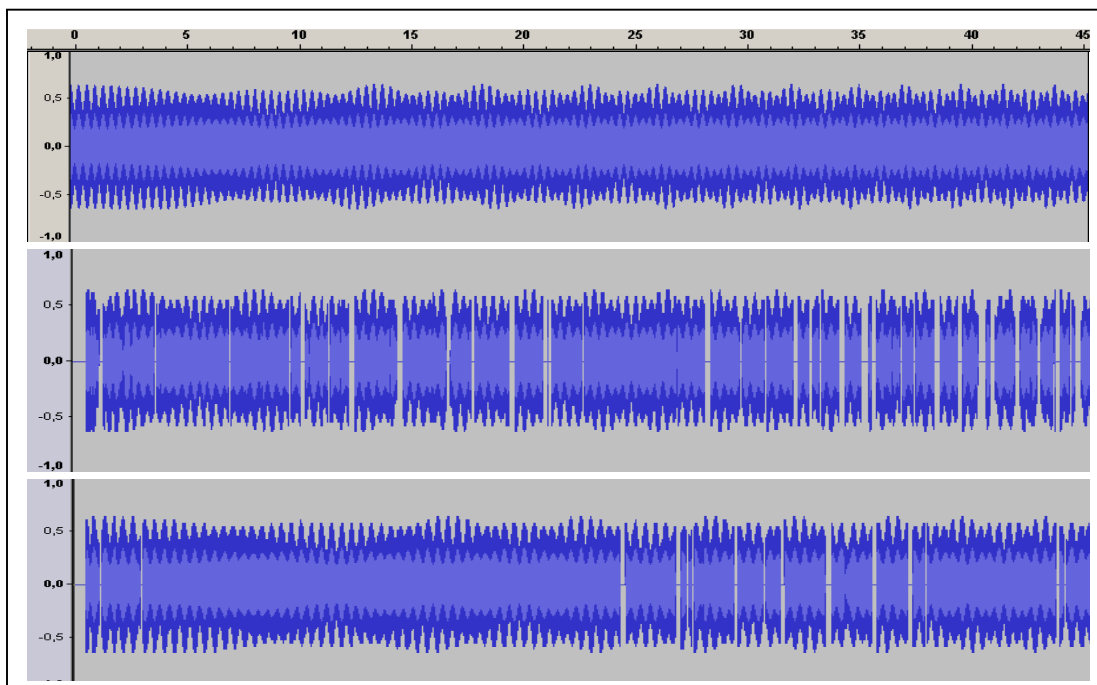


Figura V.12 Comparación de señales – CODEC G.711 Ley A - 25 Llamadas.

**CODEC G.711 Ley A - 50 llamadas establecidas.**

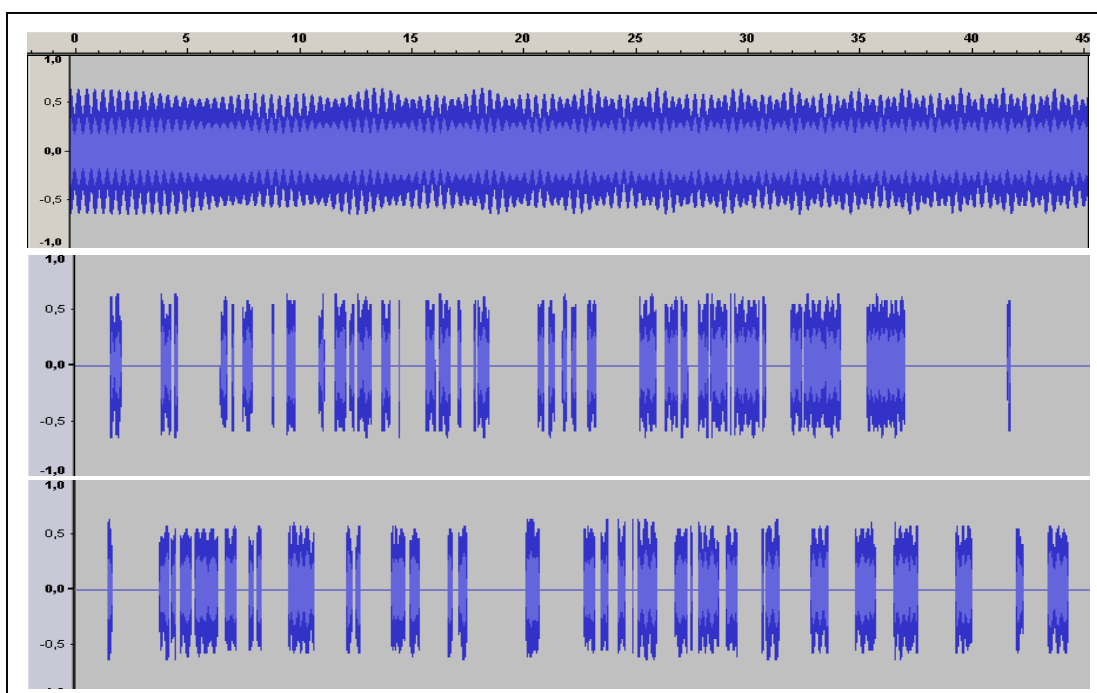


Figura V.13 Comparación de señales – CODEC G.711 Ley A - 50 Llamadas.

**CODEC G.711 Ley A - 74 llamadas establecidas.**

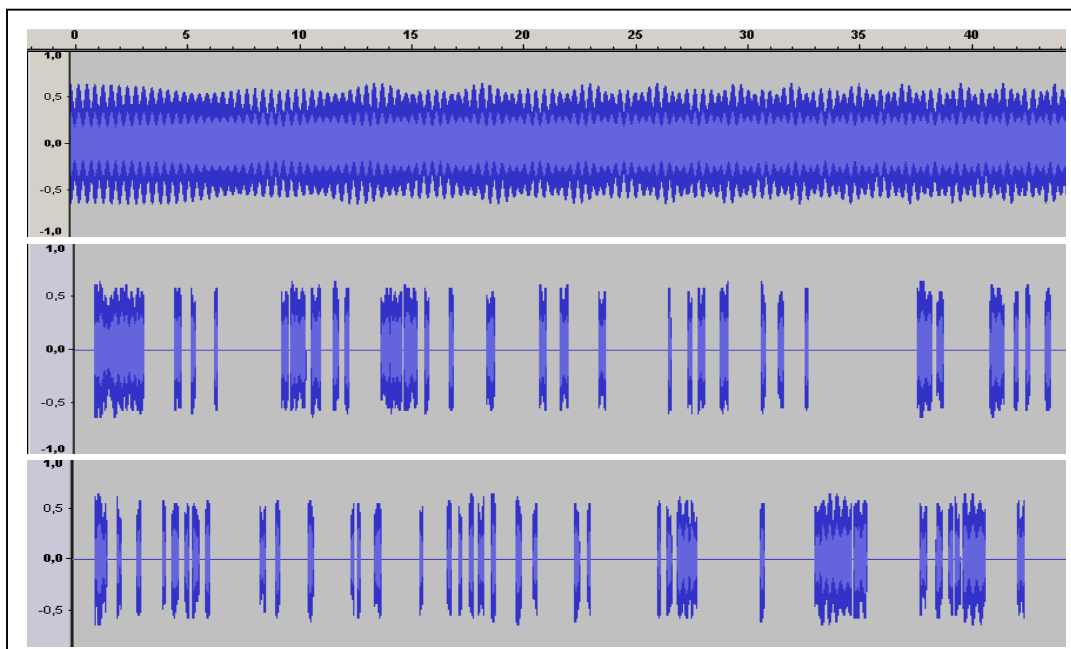


Figura V.14 Comparación de señales – CODEC G.711 Ley A - 74 Llamadas.

**CODEC G.711 Ley A - 83 llamadas establecidas.**

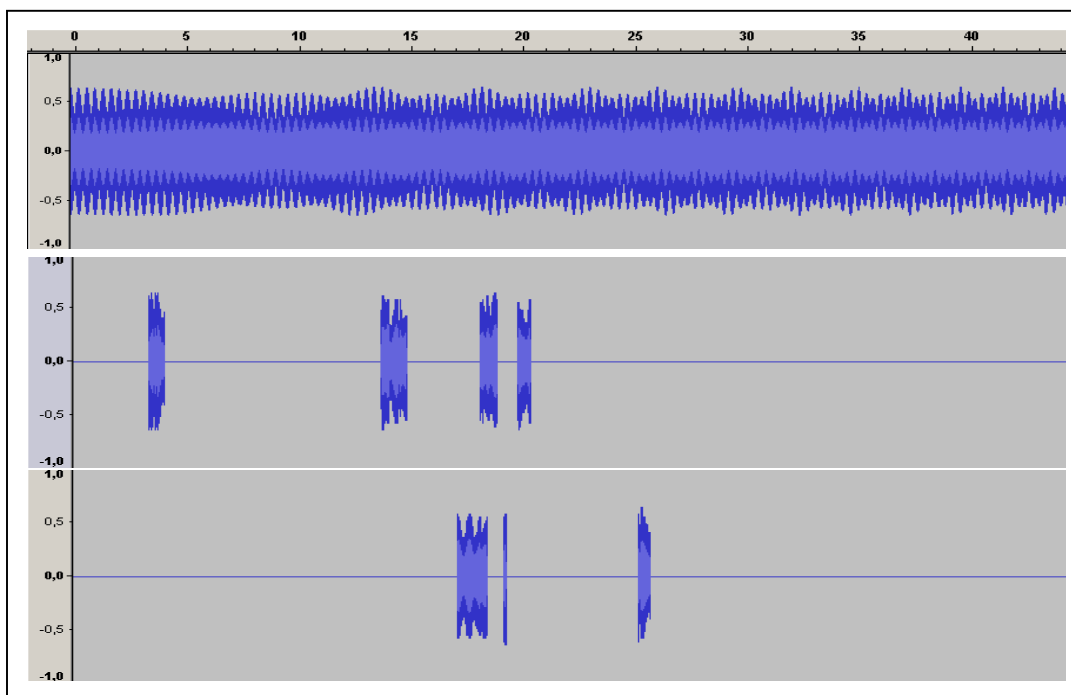


Figura V.15 Comparación de señales – CODEC G.711 Ley A - 83 Llamadas.

**CODEC G.726 32-k - 5 llamadas establecidas.**

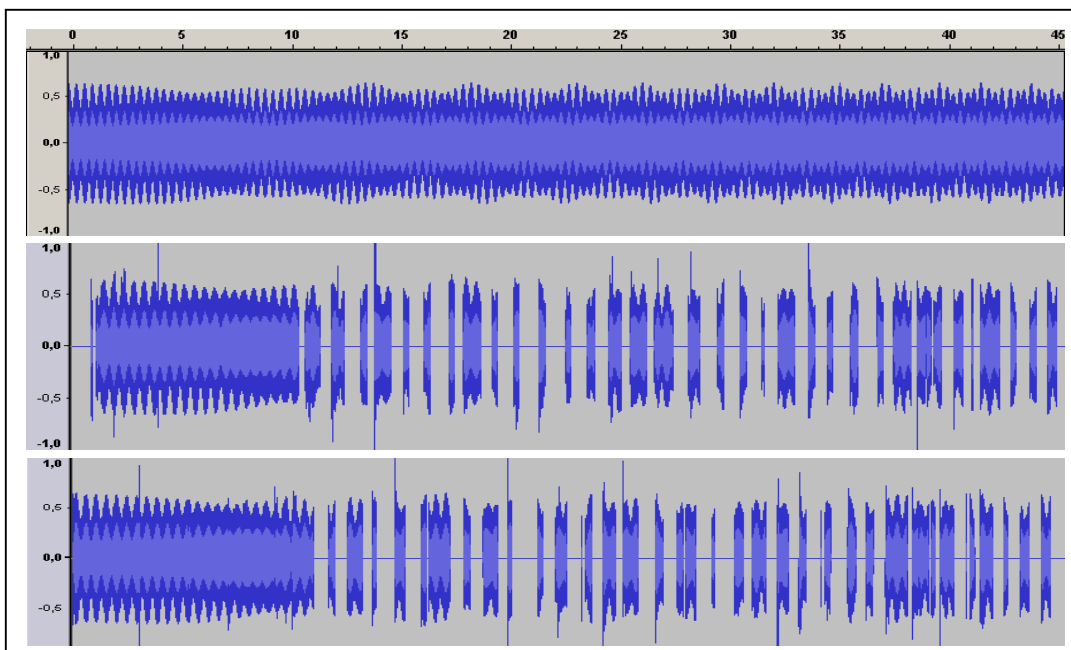


Figura V.16 Comparación de señales – CODEC G.726 32-k - 5 Llamadas.

**CODEC G.726 32-k - 10 llamadas establecidas.**

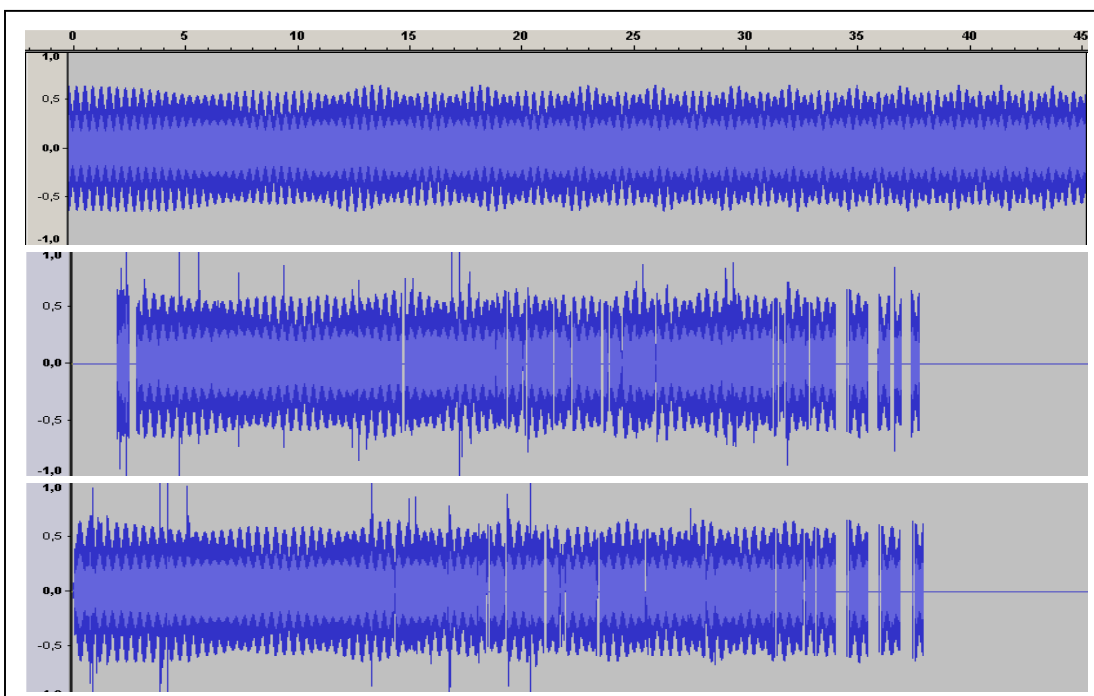


Figura V.17 Comparación de señales – CODEC G.726 32-k - 10 Llamadas.



**CODEC G.726 32-k - 24 llamadas establecidas.**

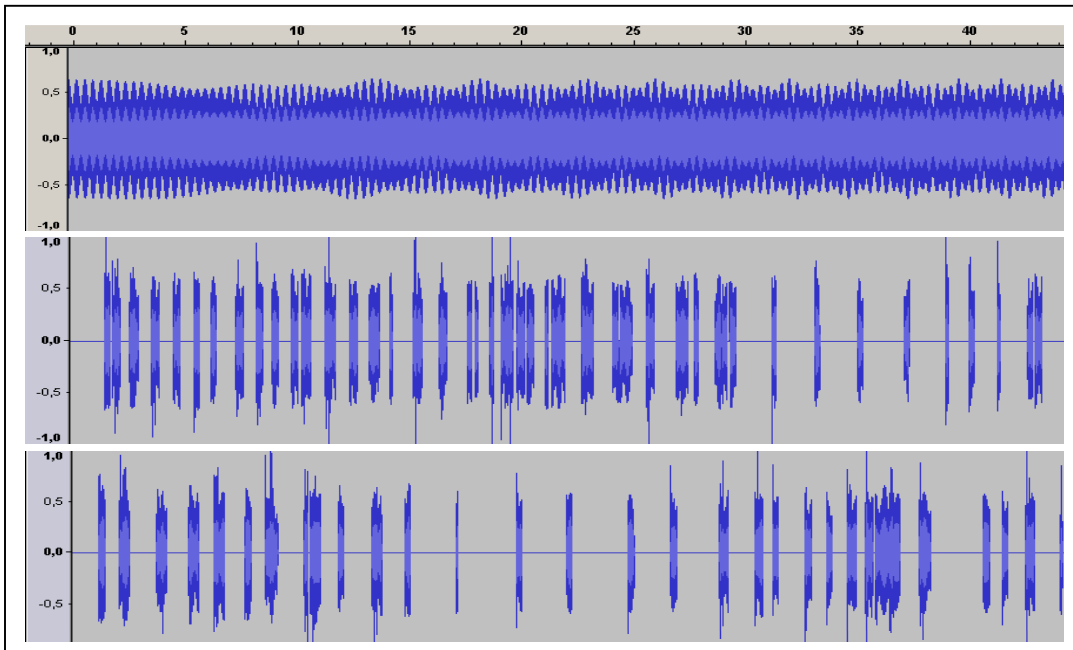


Figura V.18 Comparación de señales – CODEC G.726 32-k - 24 Llamadas.

**CODEC G.726 32-k - 49 llamadas establecidas.**

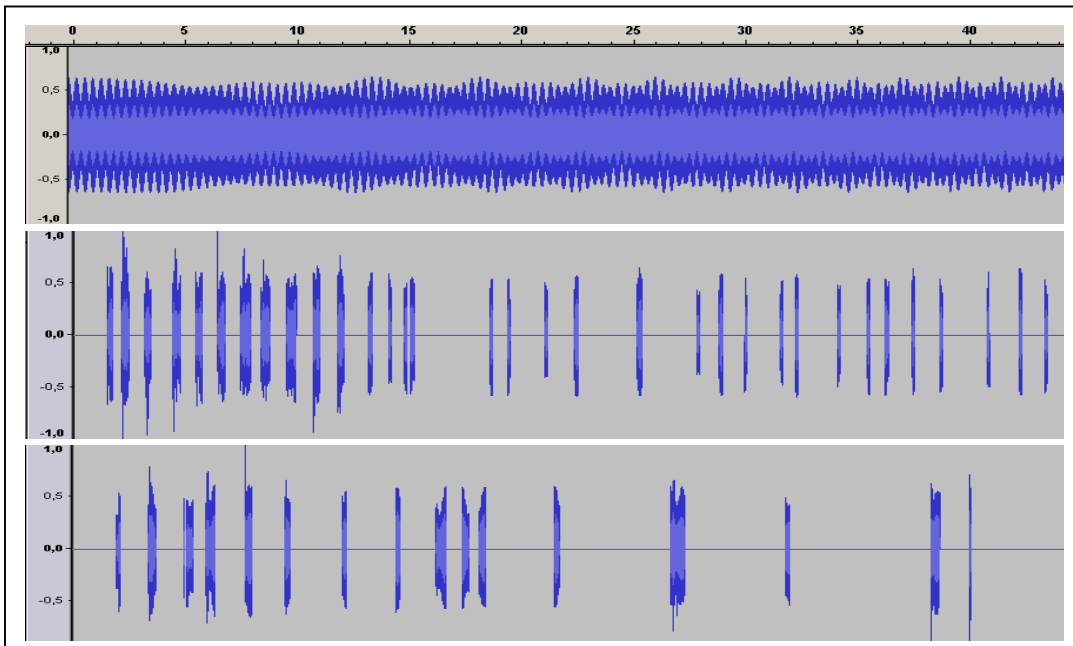


Figura V.19 Comparación de señales – CODEC G.726 32-k - 49 Llamadas.

**CODEC G.726 32-k - 43 llamadas establecidas.**

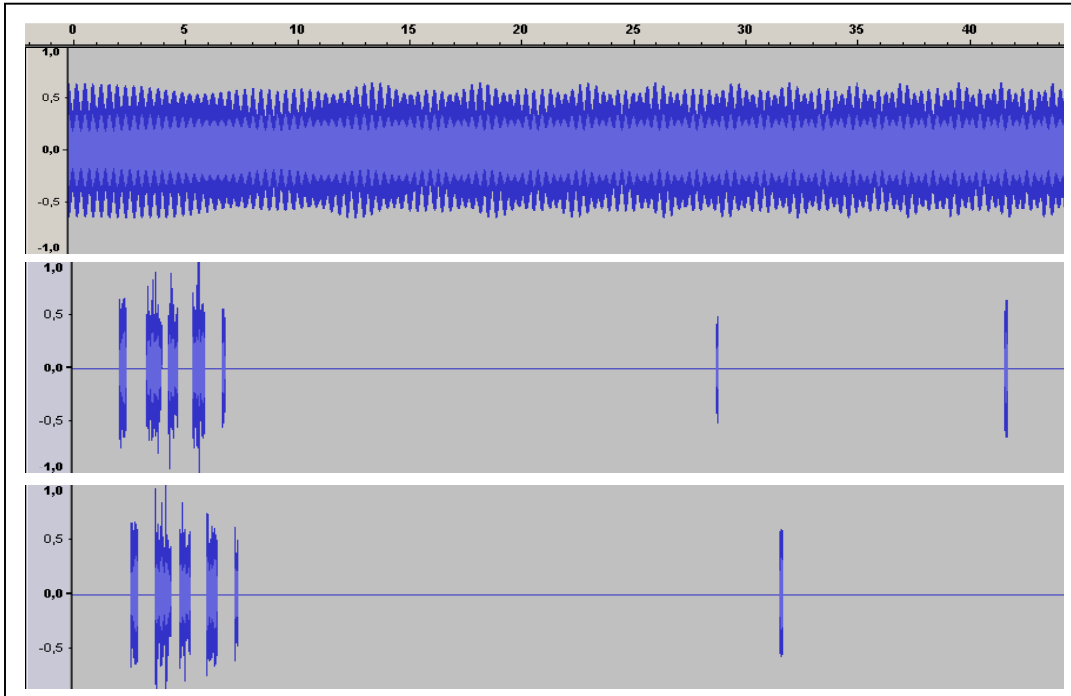


Figura V.20 Comparación de señales – CODEC G.726 32-k - 43 Llamadas.

**CODEC G.726 32-k - 50 llamadas establecidas.**

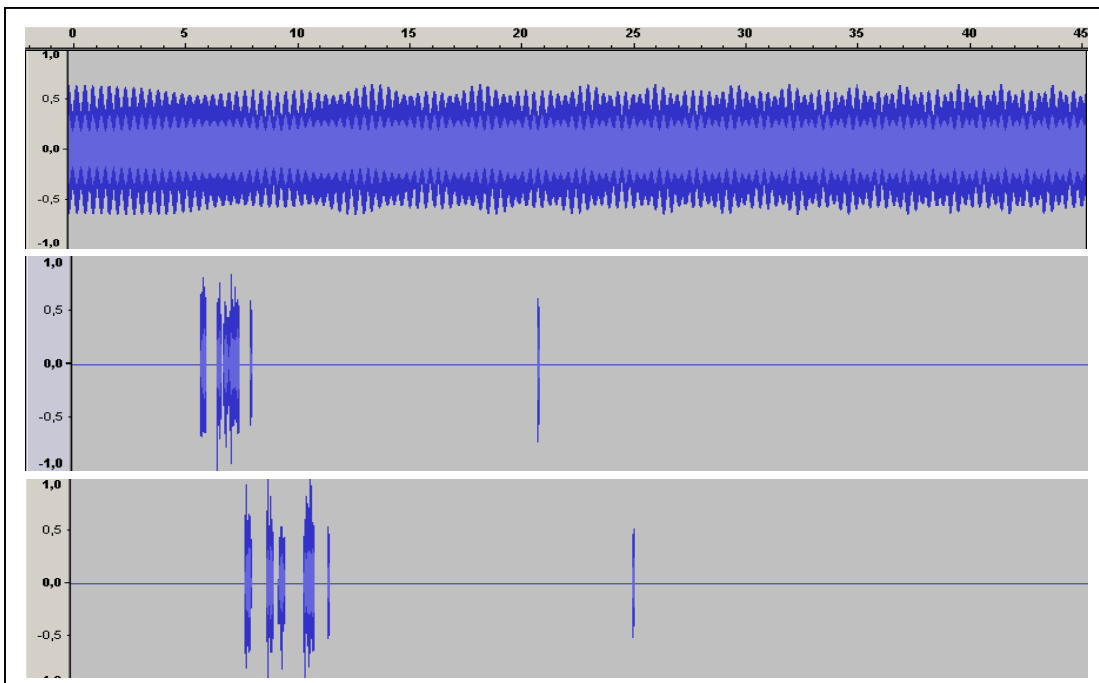


Figura V.21 Comparación de señales – CODEC G.726 32-k - 50 Llamadas.

**CODEC Speex Narrow 5.95-k - 5 llamadas establecidas.**

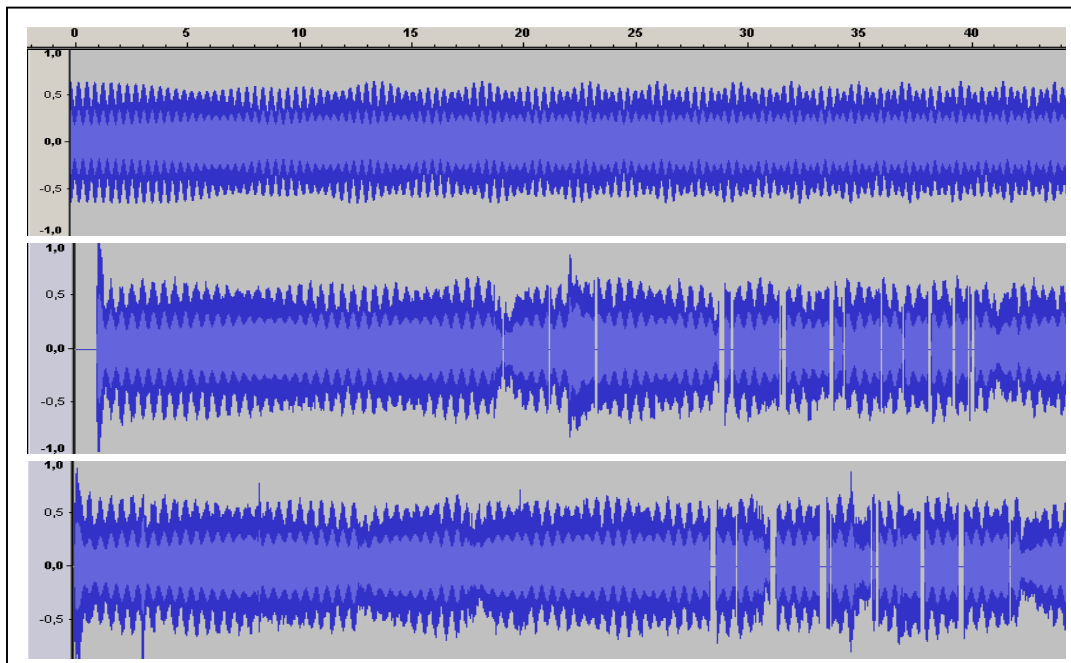


Figura V.22 Comparación de señales – CODEC Speex Narrow 5.95-k - 5 Llamadas.

**CODEC Speex Narrow 5.95-k - 9 llamadas establecidas.**

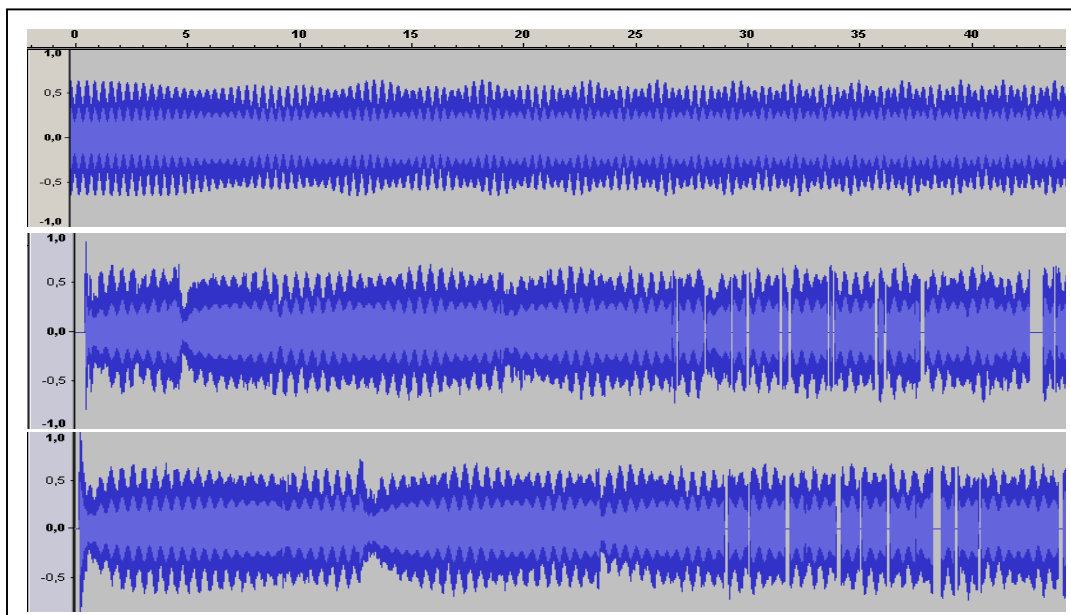


Figura V.23 Comparación de señales – CODEC Speex Narrow 5.95-k - 9 Llamadas.

**CODEC Speex Narrow 5.95-k - 25 llamadas establecidas.**

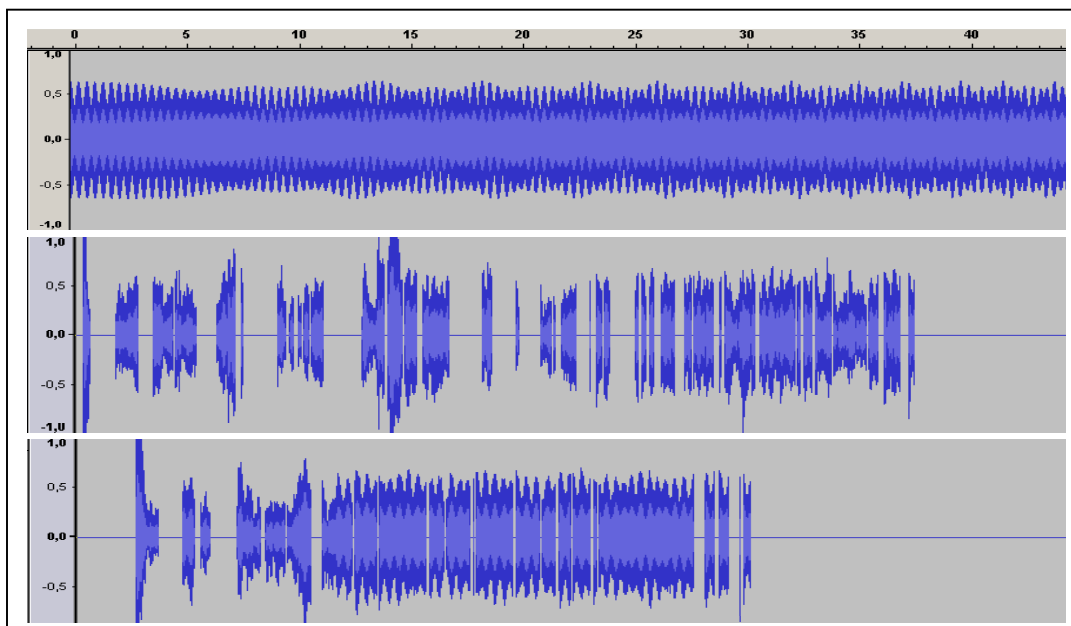


Figura V.24 Comparación de señales – CODEC Speex Narrow 5.95-k - 25 Llamadas.

**CODEC Speex Narrow 5.95-k - 49 llamadas establecidas.**

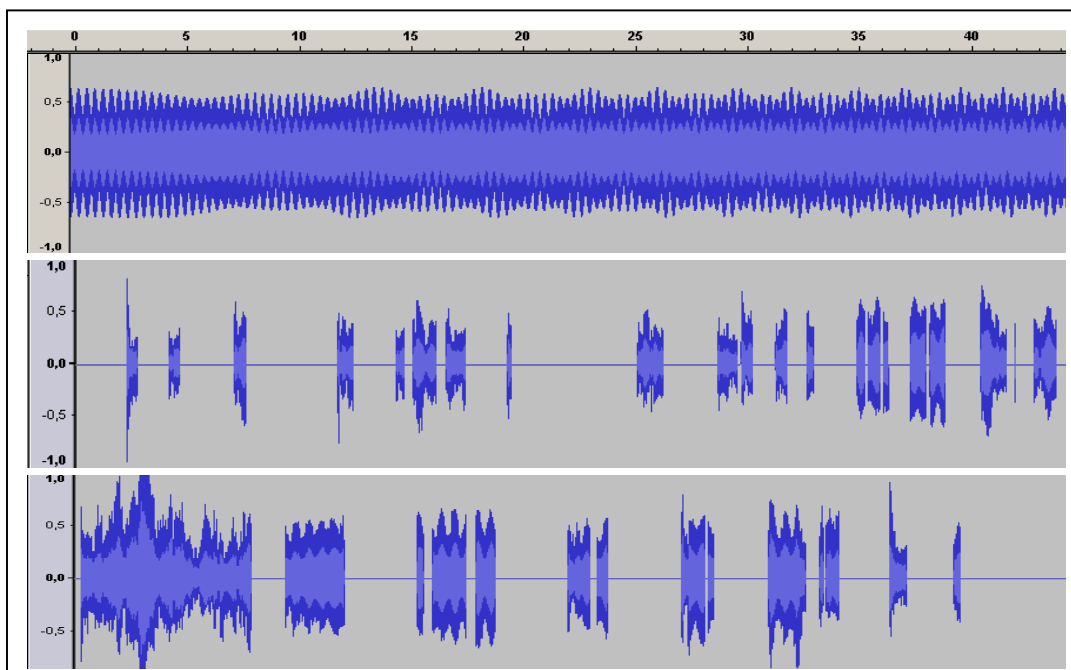


Figura V.25 Comparación de señales – CODEC Speex Narrow 5.95-k - 49 Llamadas.

**CODEC Speex Narrow 5.95-k - 55 llamadas establecidas.**

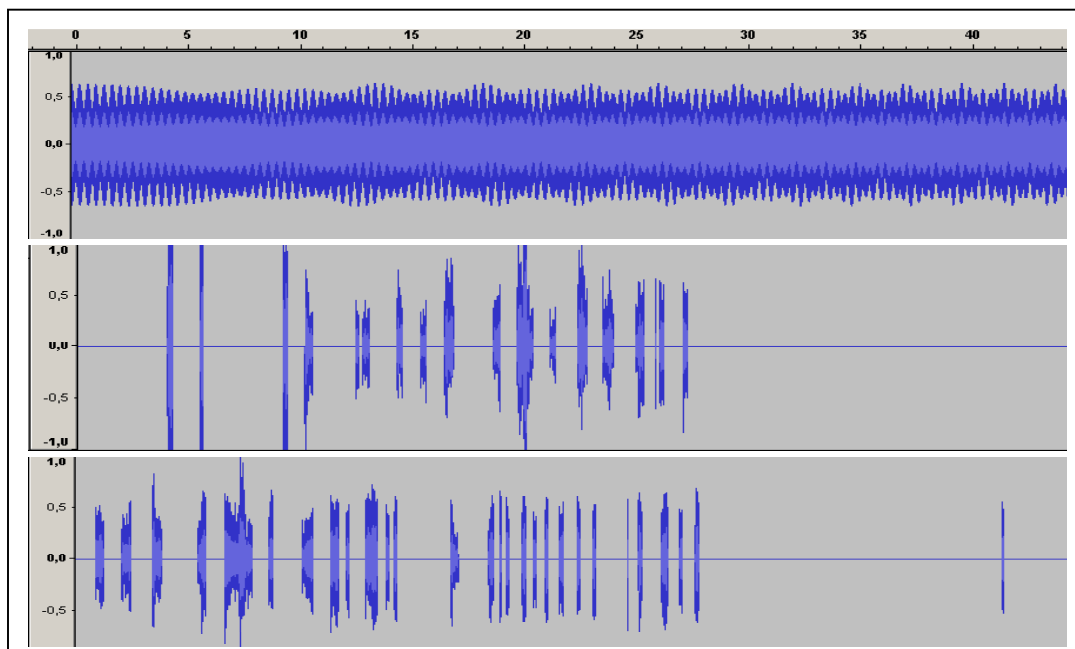


Figura V.26 Comparación de señales – CODEC Speex Narrow 5.95-k - 55 Llamadas.

**CODEC Speex Narrow 5.95-k - 67 llamadas establecidas.**

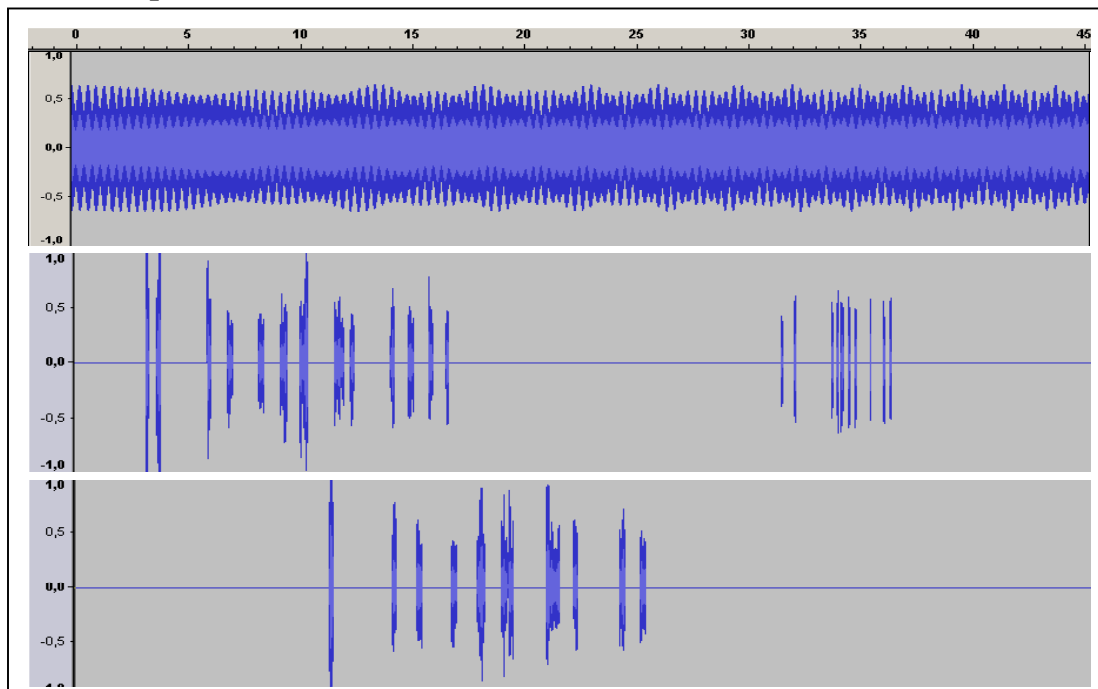


Figura V.27 Comparación de señales – CODEC Speex Narrow 5.95-k - 67 Llamadas.

**CODEC Speex Narrow 8-k - 5 llamadas establecidas.**

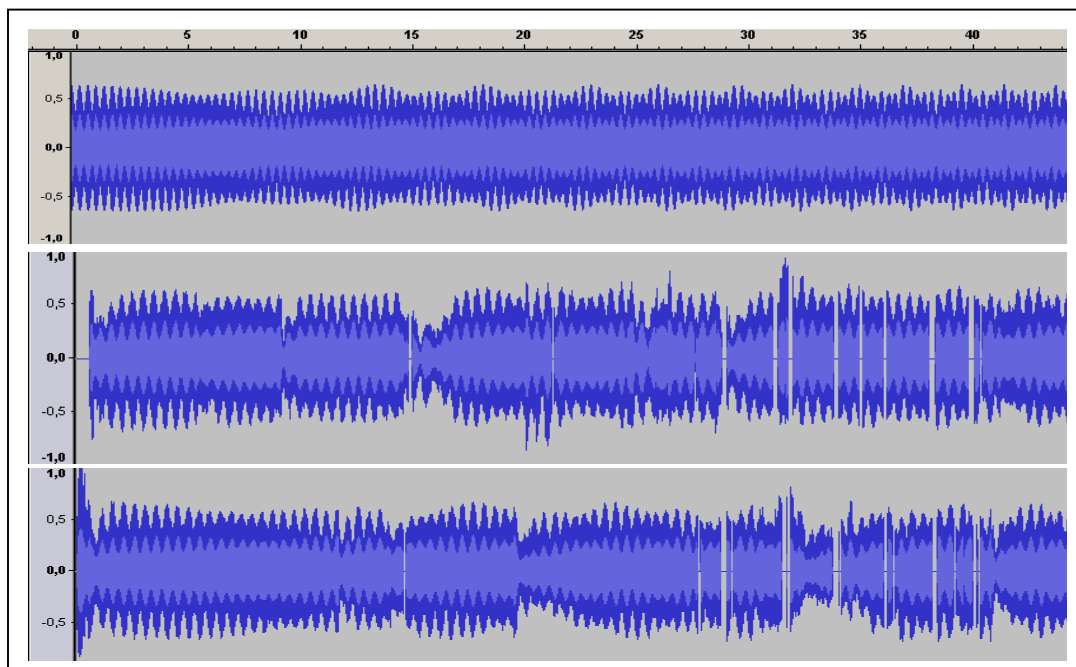


Figura V.28 Comparación de señales – CODEC Speex Narrow 8-k - 5 Llamadas.

**CODEC Speex Narrow 8-k - 10 llamadas establecidas.**

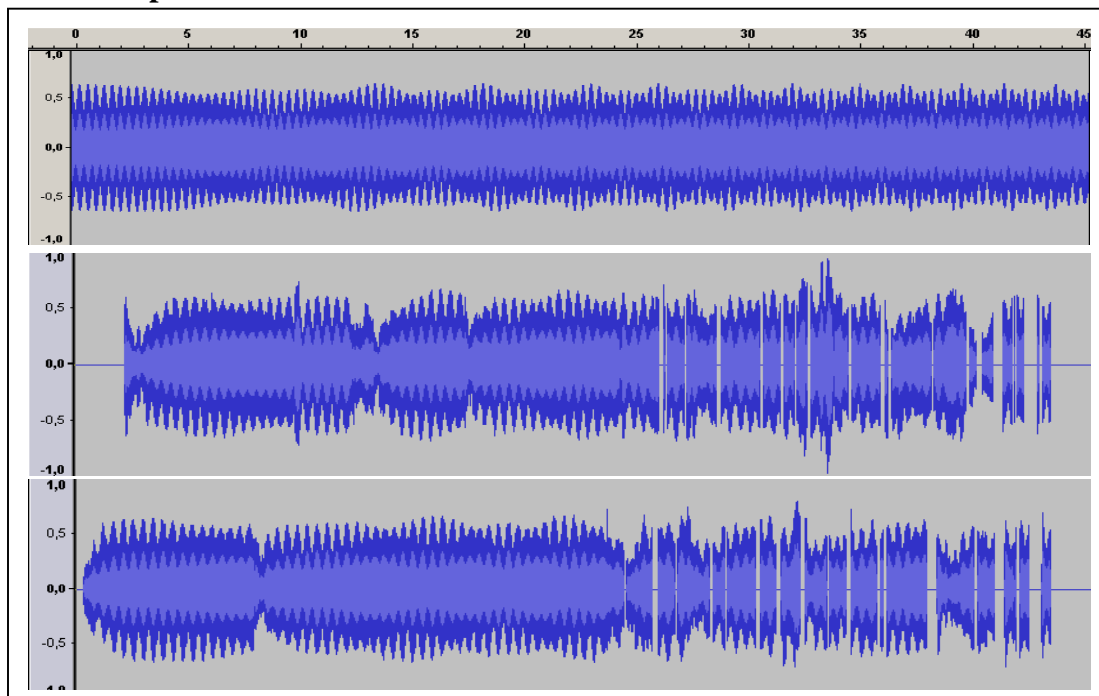


Figura V.29 Comparación de señales – CODEC Speex Narrow 8-k - 10 Llamadas.

**CODEC Speex Narrow 8-k - 25 llamadas establecidas.**

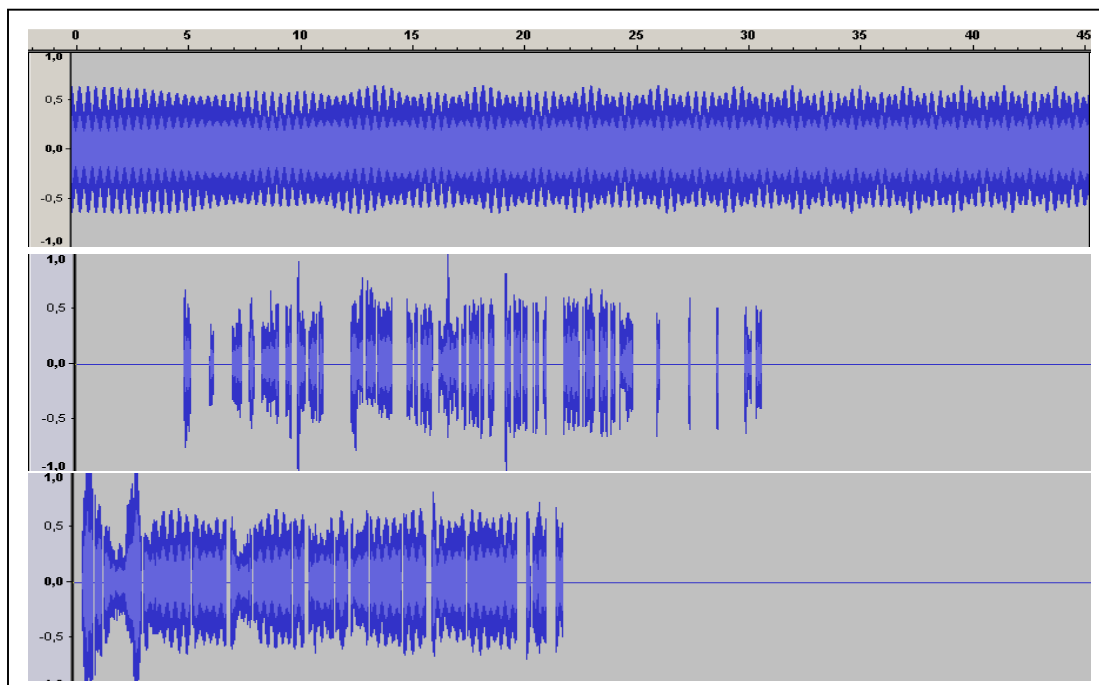


Figura V.30 Comparación de señales – CODEC Speex Narrow 8-k - 25 Llamadas.

**CODEC Speex Narrow 8-k - 36 llamadas establecidas.**

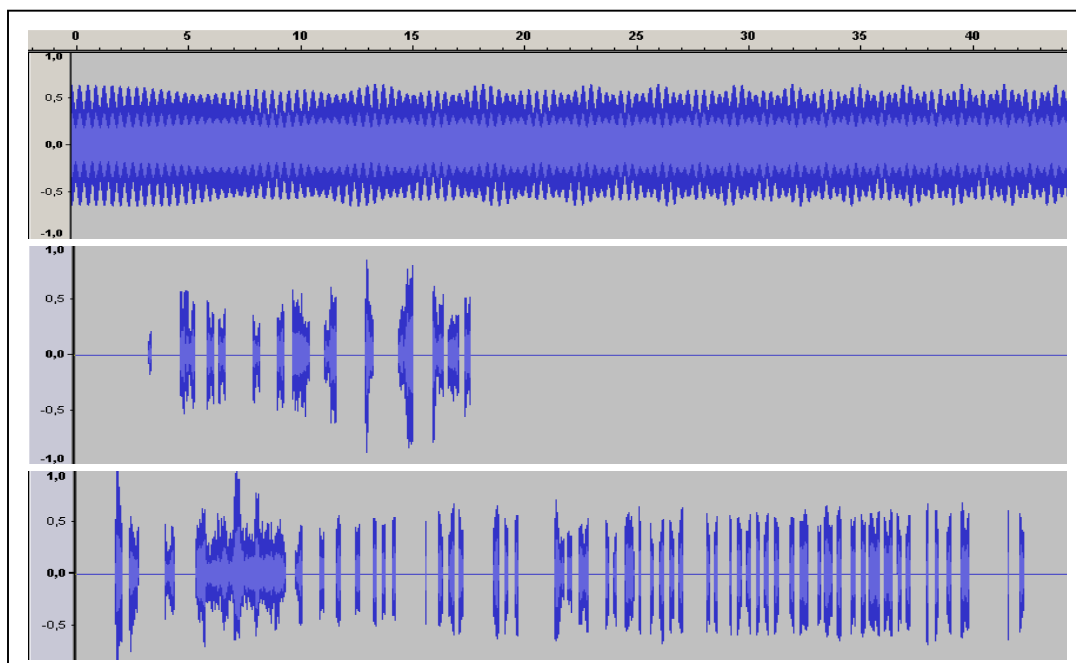


Figura V.31 Comparación de señales – CODEC Speex Narrow 8-k - 36 Llamadas.

**CODEC Speex Narrow 8-k - 61 llamadas establecidas.**

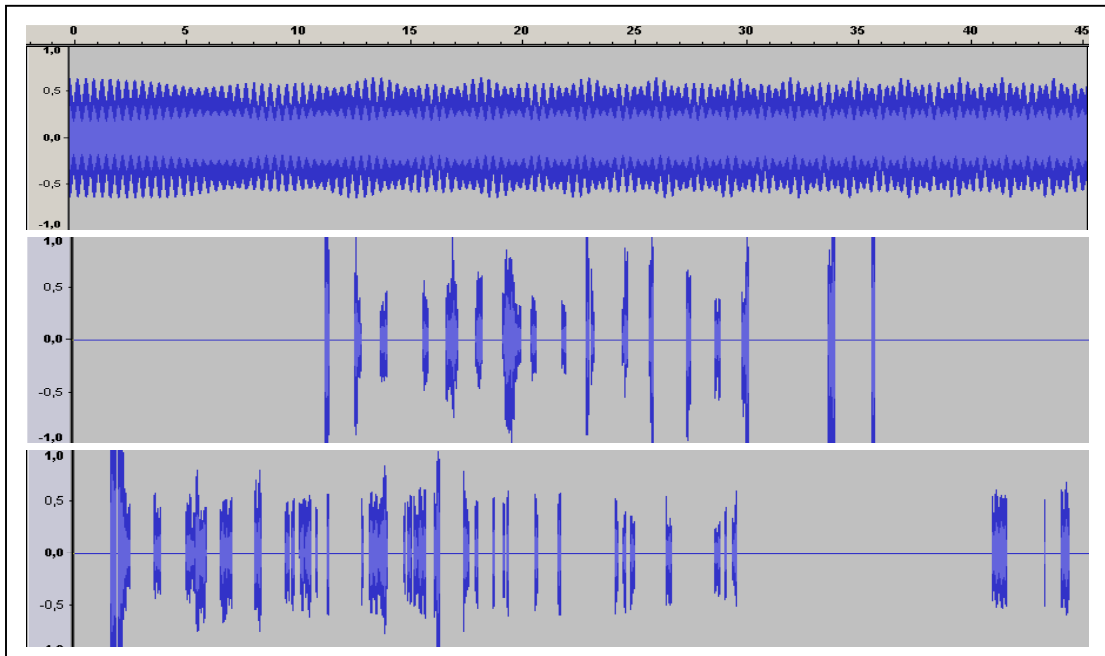


Figura V.32 Comparación de señales – CODEC Speex Narrow 8-k - 61 Llamadas.

**CODEC Speex Narrow 8-k - 56 llamadas establecidas.**

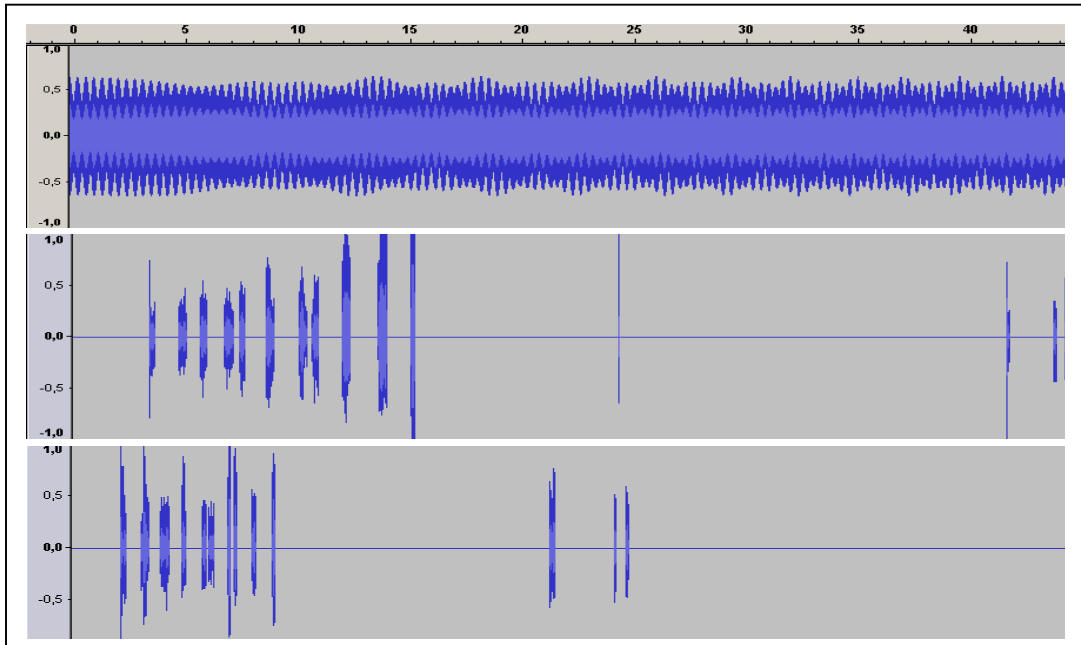


Figura V.33 Comparación de señales – CODEC Speex Narrow 8-k - 56 Llamadas.



**CODEC iLBC 13-k3 - 5 llamadas establecidas.**

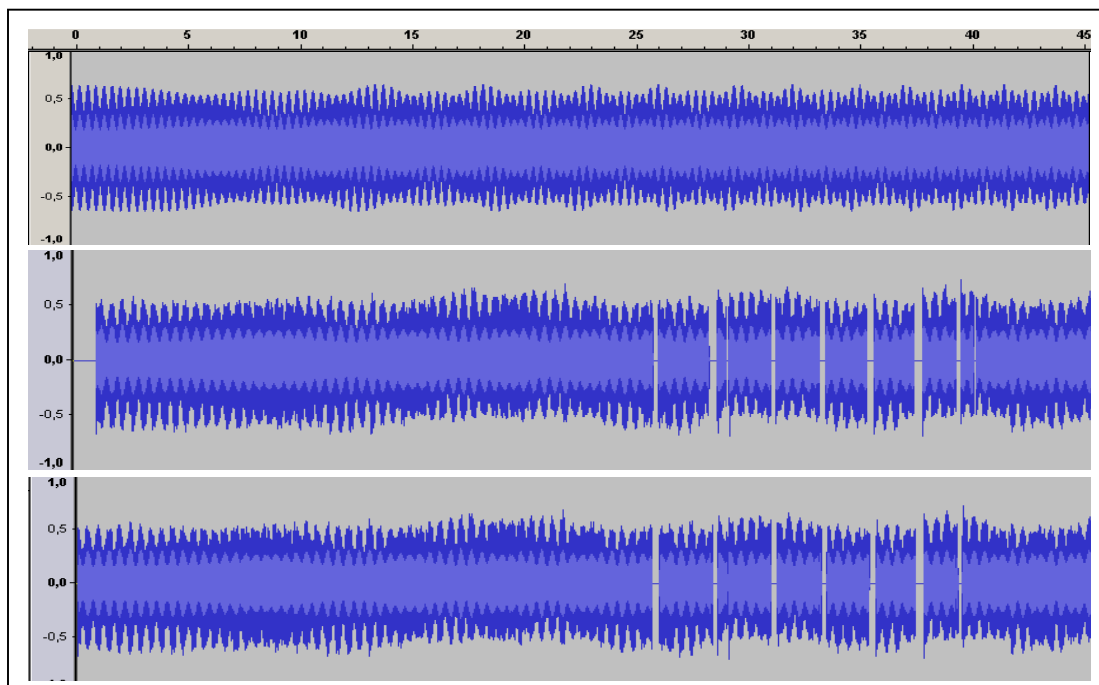


Figura V.34 Comparación de señales – CODEC iLBC 13-k3 - 5 Llamadas.

**CODEC iLBC 13-k3 - 10 llamadas establecidas.**

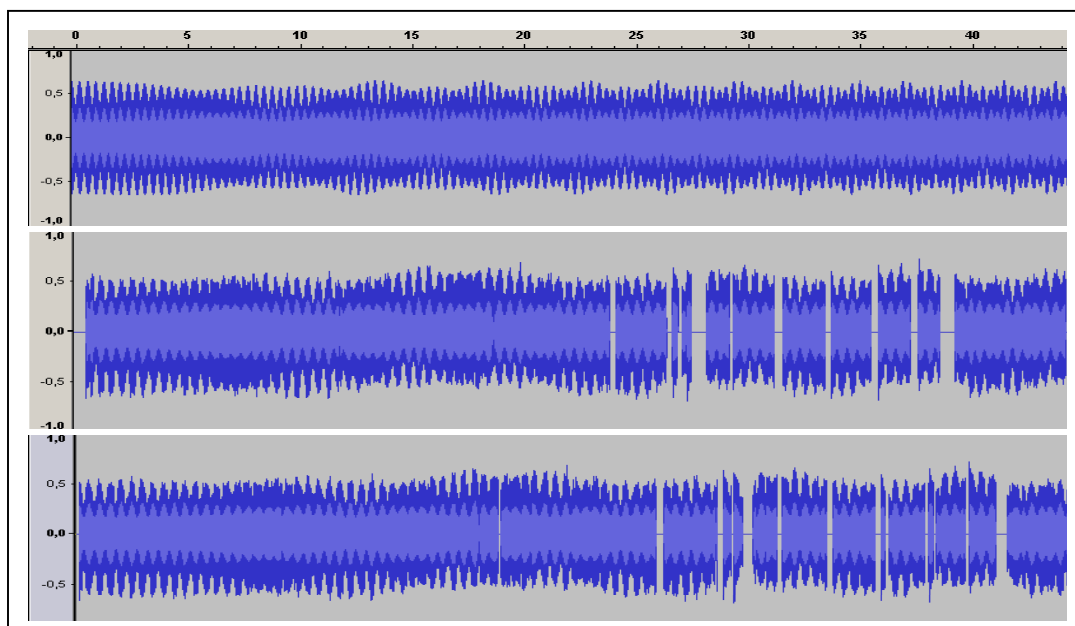


Figura V.35 Comparación de señales – CODEC iLBC 13-k3 - 10 Llamadas.

**CODEC iLBC 13-k3 - 24 llamadas establecidas.**

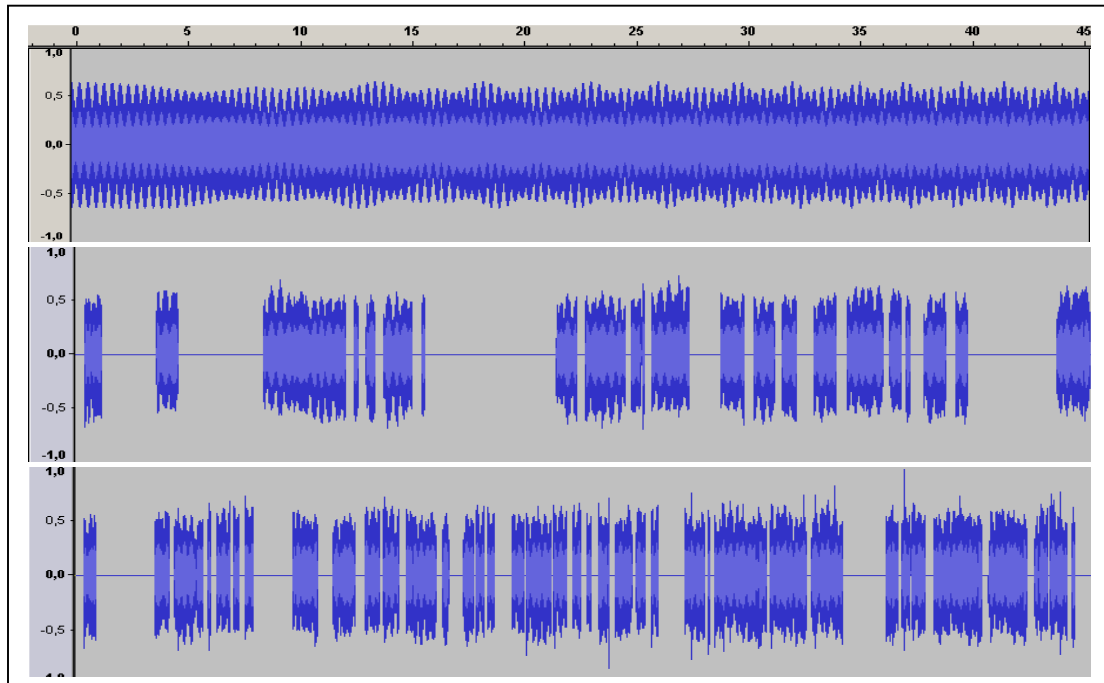


Figura V.36 Comparación de señales – CODEC iLBC 13-k3 - 24 Llamadas.

**CODEC iLBC 13-k3 - 48 llamadas establecidas.**

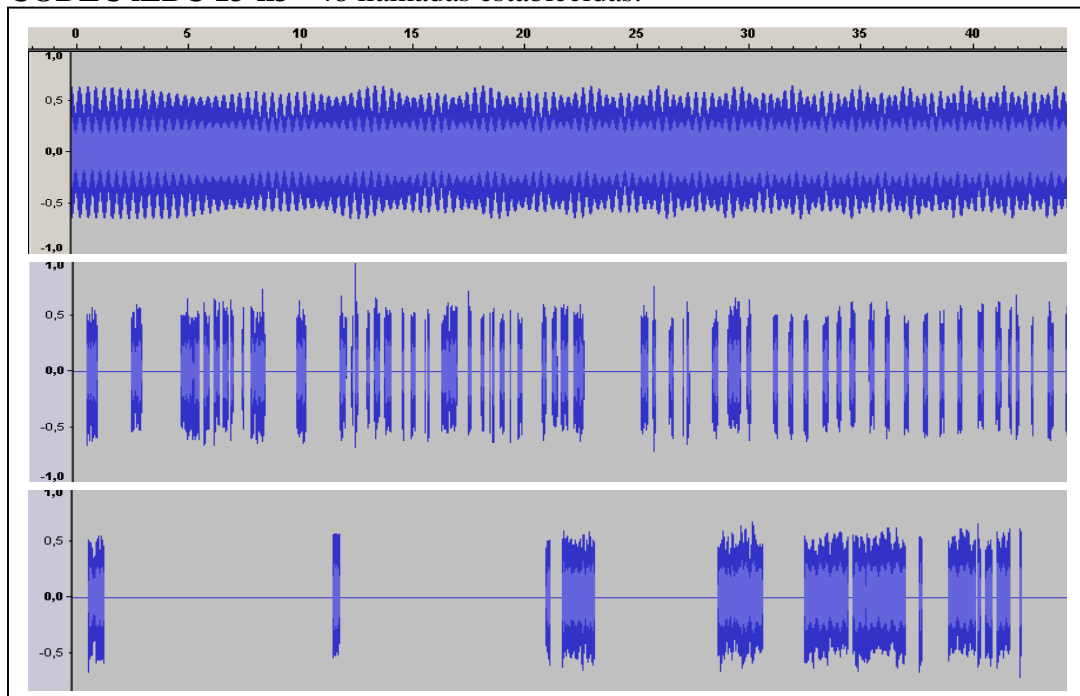


Figura V.37 Comparación de señales – CODEC iLBC 13-k3 - 48 Llamadas.

**CODEC iLBC 13-k3 - 74 llamadas establecidas.**

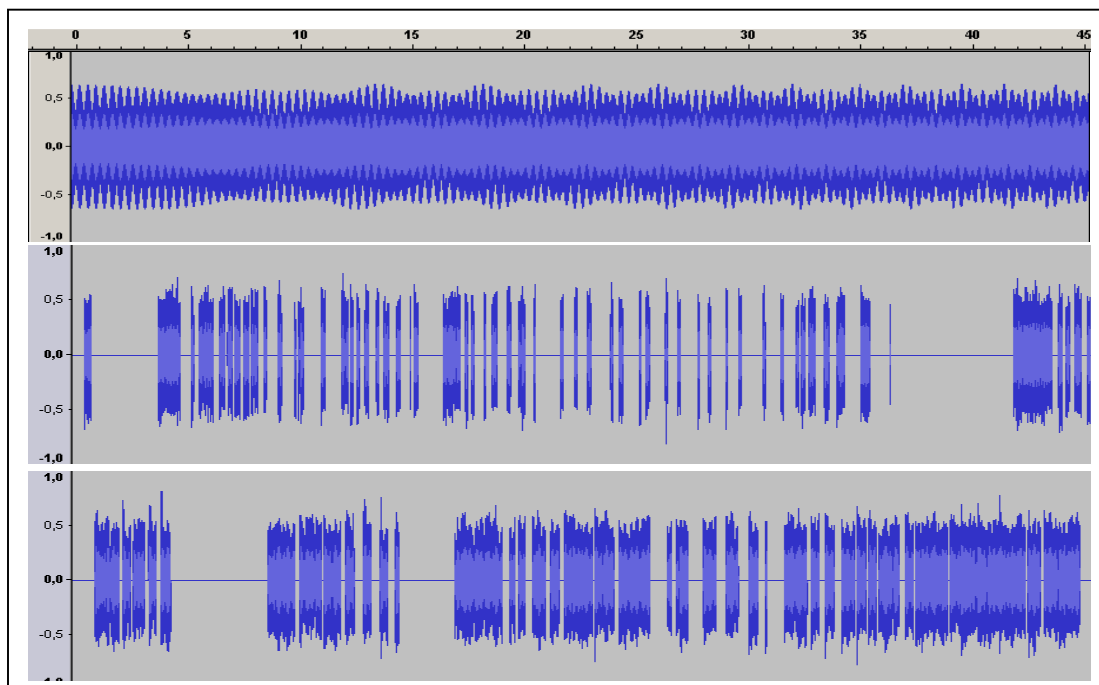


Figura V.38 Comparación de señales – CODEC iLBC 13-k3 - 74 Llamadas.

**CODEC iLBC 13-k3 - 83 llamadas establecidas.**

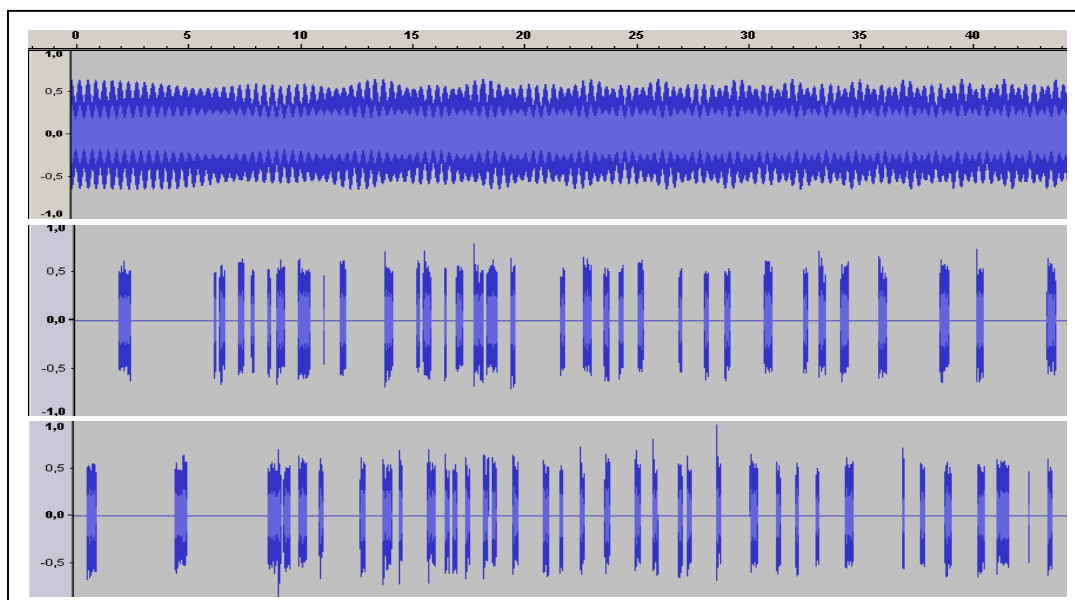


Figura V.39 Comparación de señales – CODEC iLBC 13-k3 - 83 Llamadas.

## **5.2 Prueba de tráfico**

Para determinar el funcionamiento de esta aplicación las pruebas realizadas consistieron en la generación de un número específico de llamadas simultáneas, con una duración de cada llamada limitada, un número de repeticiones fijo de cada ciclo y utilizando distintos CODECs. En estas pruebas se registraron el CODEC utilizado, la duración de las llamadas, el número de repeticiones de cada ciclo de llamadas, el total de llamadas intentadas, el número de llamadas completadas, el número de llamadas fallidas y el porcentaje del procesador utilizado. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

CODEC G.711 ley  $\mu$ .

Tabla V.13 Resultados de la prueba de tráfico para el CODEC G.711 ley  $\mu$ .

<b>Nº de Llamadas</b>	<b>Duración (s)</b>	<b>Nº de Repeticiones</b>	<b>Total de Llamadas.</b>	<b>Nº de Llamadas Completadas.</b>	<b>Nº de Llamadas Fallidas.</b>	<b>CPU Utilizado (%).</b>
5	5	10	50	50	0	10
10	5	10	100	100	0	20
15	5	10	150	149	1	50
20	5	10	200	166	34	75

CODEC G.711 ley A.

Tabla V.14 Resultados de la prueba de tráfico para el CODEC G.711 ley A.

<b>Nº de Llamadas.</b>	<b>Duración (s)</b>	<b>Nº de Repeticiones.</b>	<b>Total de Llamadas.</b>	<b>Nº de Llamadas Completadas.</b>	<b>Nº de Llamadas Fallidas.</b>	<b>CPU Utilizado (%)</b> .
5	5	10	50	50	0	10
10	5	10	100	100	0	20
15	5	10	150	149	1	50
20	5	10	200	164	36	75

CODEC G.726 32-k.

Tabla V.15 Resultados de la prueba de tráfico para el CODEC G.726-32-k.

<b>Nº de Llamadas.</b>	<b>Duración (s).</b>	<b>Nº de Repeticiones.</b>	<b>Total de Llamadas.</b>	<b>Nº de Llamadas Completadas.</b>	<b>Nº de Llamadas Fallidas.</b>	<b>CPU Utilizado (%)</b> .
5	5	10	50	50	0	30
10	5	10	100	100	0	70
15	5	10	150	150	0	100
20	5	10	200	X	X	X

CODEC Speex Narrow 5.95-k.

Tabla V.16 Resultados de la prueba de tráfico para el CODEC Speex Narrow 5.95-k.

<b>Nº de Llamadas</b>	<b>Duración (s).</b>	<b>Nº de Repeticiones.</b>	<b>Total de Llamadas.</b>	<b>Nº de Llamadas Completadas.</b>	<b>Nº de Llamadas Fallidas.</b>	<b>CPU Utilizado (%)</b>
5	5	10	50	50	0	30
10	5	10	100	100	0	80
15	5	10	150	150	0	100
20	5	10	200	200	0	100

CODEC Speex Narrow 8-k.

Tabla V.17 Resultados de la prueba de tráfico para el CODEC Speex Narrow 8-k.

<b>Nº de Llamadas.</b>	<b>Duración (s).</b>	<b>Nº de Repeticiones.</b>	<b>Total de Llamadas.</b>	<b>Nº de Llamadas Completadas.</b>	<b>Nº de Llamadas Fallidas.</b>	<b>CPU Utilizado (%)</b>
5	5	10	50	50	0	30
10	5	10	100	100	0	80
15	5	10	150	150	0	100
20	5	10	200	200	0	100

CODEC iLBC 13-k3.

Tabla V.18 Resultados de la prueba de tráfico para el CODEC iLBC 13-k3.

Nº de Llamadas.	Duración (s).	Nº de Repeticiones.	Total de Llamadas.	Nº de Llamadas Completadas.	Nº de Llamadas Fallidas.	CPU Utilizado (%).
5	5	10	50	50	0	30
10	5	10	100	100	0	75
15	5	10	150	148	2	100
20	5	10	200	X	X	X

### **5.3 Análisis de resultados**

Las aplicaciones H.323 se ven afectadas en su desempeño principalmente por estos tres factores: factores humanos, factores de equipos y factores de red. Primero, los factores humanos se refieren a la opinión subjetiva de las personas respecto a la calidad del audio transmitido durante una comunicación. Segundo, los equipos como terminales H.323, gatekeepers y traductores de dirección de red (*NAT – “Network Address Translator”*) frecuentemente afectan el desempeño de sistemas H.323. Finalmente, la dinámica de la red causada por cambios en las rutas, alto tráfico y congestión afectan su desempeño.

De acuerdo a los resultados que fueron obtenidos en la Prueba de Ancho de Banda, se tiene que los tiempos de establecimiento y finalización para todos los CODECs aumentan considerablemente cuando se pasa de 25 a 50 llamadas generadas. Esto se debe a que el diseño y desarrollo de esta funcionalidad de la herramienta fue concebido para que a medida que aumente el número de llamadas simultáneas generadas, los tiempos de establecimiento y finalización también aumenten; porque es en esta fase de la comunicación donde se negocian las distintas capacidades de los terminales, y para todos los CODECs cuando se

generaron 50 o más llamadas, el porcentaje de utilización de cada procesador llegó al 100%, ocasionando que el proceso de señalización en el establecimiento de todas las llamadas durase más tiempo del configurado.

Existe un límite en cuanto al número de llamadas simultáneas que se puedan establecer debido al procesador de los computadores. Para el CODEC G.711 Ley  $\mu$  y Ley A, el límite está alrededor de las 85 llamadas. Para los CODECs Speex Narrow, el límite está alrededor de las 60 llamadas. El CODEC G.726 32-k presenta un límite en 50 llamadas. El CODEC iLBC 13-k3 presenta un límite en 80 llamadas aproximadamente. Con estos datos se confirma que la complejidad de los CODECs aumenta el porcentaje de utilización del procesador. Esto no quiere decir que en la red bajo estudio sólo puedan ser instalados 60 teléfonos de VoIP utilizando el CODEC Speex Narrow 5.95-k por ejemplo; porque hay ancho de banda disponible en la red, lo que indica este resultado es que la aplicación por limitaciones en los computadores no puede generar el máximo de 100 llamadas. Como se esperaba, el CODEC más simple es el G.711 debido a que no hay compresión, y el más complejo es el G.726 32-k.

Las evaluaciones en cuanto a la calidad de la transmisión se ven afectadas por cambios en las rutas, tráfico y congestión en la red. El retraso en un sentido puede ser definido como: Bueno (0 ms – 150 ms), Aceptable (150 ms – 300 ms) y Malo (> 300 ms) <sup>[30]</sup>. En las pruebas realizadas se observó que para todos los CODECs el parámetro Retraso se mantuvo en un nivel “Bueno”, excepto para más de 70 llamadas con el CODEC iLBC 13-k3 donde el valor fue “Aceptable”, de acuerdo a los valores presentados anteriormente.

Para el parámetro Pérdida de Paquetes, todavía no ha sido bien definida una frontera para la evaluación de una aplicación H.323. Sin embargo se sugieren estos valores de desempeño: Bueno (0% - 0.5%), Aceptable (0.5% - 1.5%) y Malo (>

---

<sup>[30]</sup> (Calyam, 2003)



1.5%) <sup>[31]</sup>. Los CODECs que presentan mejor desempeño en cuanto a este parámetro Pérdida de Paquetes son los Speex Narrow. Los otros CODECs presentan un valor “Aceptable” hasta las 50 llamadas, y para 75 y más llamadas el valor es “Malo”.

Finalmente, para el parámetro Jitter no ha sido definida una frontera para la evaluación de una aplicación H.323. Como en el caso anterior, se sugieren estos valores de desempeño: Bueno (0ms – 20 ms), Aceptable (20 ms – 50 ms) y Malo (> 50 ms) <sup>[32]</sup>. De acuerdo con estos valores, todos los CODECs se mantienen entre un nivel Bueno y Aceptable hasta las 25 llamadas. Para más de 25 llamadas el parámetro Jitter aumenta considerablemente para todos los CODECs, esto se debe a que para 50 o más llamadas generadas el porcentaje de utilización de los procesadores de los computadores es de 100, lo que ocasiona que en el origen no se esté transmitiendo información constantemente, y en lugar de esto se manden ráfagas de información.

Si se observan las señales transmitidas que se obtuvieron en las pruebas para cada llamada y se comparan con la original, se nota que hasta 25 llamadas generadas para todos los CODECs la calidad se mantiene en un nivel aceptable, mientras que para 50 o más llamadas la calidad de las señales respecto a la original decrece considerablemente. Aquí se ve como el Jitter puede ser calificado como el parámetro más significativo en el resultado de las pruebas, dado que el procesador del computador del lado origen está utilizado al 100% para 50 o más llamadas simultáneas, ocasionando que el Jitter aumente más allá de los límites, como se mencionó anteriormente, y es por eso que en las señales se observan tantos períodos de silencio para estas cantidades de llamadas. No hay degradación en los niveles de amplitud de las señales, sólo pequeños retrasos.

---

<sup>[31]</sup> (*Calyam, 2003*)

<sup>[32]</sup> (*Calyam, 2003*)

En cuanto al ancho de banda utilizado en las pruebas, se observó con la aplicación Sniffer Portable 4.7 cómo éste aumentaba proporcionalmente de acuerdo al número de llamadas generadas y al CODEC utilizado.

Los resultados obtenidos en la Prueba de Tráfico muestran para todos los CODECs excepto el G.711, que el porcentaje de utilización del procesador alcanza el 100% para 15 llamadas simultáneas. Este evento se debe a que las llamadas se están estableciendo, manteniendo y finalizando por períodos de tiempo muy pequeños y los procesadores de los computadores están manejando mucha señalización constantemente. Como la finalidad de esta prueba es generar un gran número de llamadas; mil por ejemplo, pero en ciclos de pocas llamadas; de cinco en cinco por ejemplo, es por eso que el límite de llamadas simultáneas es 20, y esta congestión del procesador no es tan relevante.

Las pruebas realizadas con todos los CODECs y distintas cantidades de llamadas simultáneas arrojan un porcentaje de completación de aproximadamente 100% para la Prueba de Tráfico, el cual es un valor bueno, excepto para el CODEC G.711 y 20 llamadas simultáneas donde el porcentaje de completación de llamadas decrece al 83% aproximadamente, el cual es un valor malo.

Se observó en las pruebas realizadas en el archivo de registro que se genera y se graba automáticamente, que la versión del Protocolo H.323 en la red bajo estudio es la N° 4. Esto permite configurar aplicaciones propias de esta versión tales como: llamada intrusa, servicio de identificación del que llama, administración del ancho de banda, entre otras.

## CONCLUSIONES

- 1 La “Prueba de Ancho de Banda” de la herramienta desarrollada permite tener un estimado de cuántos teléfonos de VoIP pueden ser instalados en la red IP bajo estudio.
- 2 La “Prueba de Ancho de Banda” de la herramienta desarrollada posee un límite de generación de llamadas simultáneas, debido a que el porcentaje de utilización de los procesadores de los computadores involucrados en las pruebas alcanza el 100% para cierto número de llamadas simultáneas. Este número límite de llamadas depende del CODEC utilizado.
- 3 La “Prueba de Tráfico” de la herramienta desarrollada permite conocer si los equipos instalados en la red son capaces de manejar y soportar el constante establecimiento, mantenimiento y finalización de llamadas simultáneas de VoIP, o por el contrario si necesitan ser sustituidos.
- 4 La obtención de la versión del Protocolo H.323 que esté configurada en la red bajo estudio a través de la herramienta desarrollada, permitirá planificar mejor las aplicaciones que poseerá la solución de VoIP a ser instalada en dicha red.
- 5 El *jitter* es el Parámetro de Calidad de Servicio más significativo y más variable en el desempeño de una aplicación H.323, porque para valores mayores a 50 ms puede causar períodos de silencio muy grandes, degradando la calidad de la comunicación.
- 6 De los CODECs bajo estudio, los más complejos en cuanto a requerimientos de procesador del computador son el G.726 32-k y el iLBC 13-k3, y el menos complejo es el G.711.

- 7 Los valores del parámetro Retraso mayores a 300 ms en un sentido de la comunicación no son aceptables, y evitan que se pueda establecer una comunicación clara y fluída entre los dos puntos de ésta.
- 8 El porcentaje de Paquetes Perdidos en una comunicación no debe superar el 2% del total de paquetes enviados, para mantener un nivel bueno en la comunicación.

## RECOMENDACIONES

- 1 Al implementar una solución de VoIP en una red IP debe existir un compromiso entre el CODEC a utilizar, la cantidad de teléfonos de VoIP a instalar, el ancho de banda disponible en la red, y conocer si se van a adquirir teléfonos IP o se instalarán aplicaciones en computadores, esto es para tomar en cuenta los procesadores de los últimos.
- 2 Implementar soluciones de VoIP en empresas que posean sus propias redes IP facilita la migración de telefonía de redes de circuitos a telefonía de redes de datos.
- 3 Obtener las licencias de los CODECs G.723.1 y G.729 e implementarlos en la herramienta desarrollada.
- 4 Tomar en cuenta la versión del Protocolo H.323; la cual se puede obtener a través de la herramienta desarrollada, es muy importante para conocer las ventajas y limitaciones en la red antes de implementar una solución de VoIP, y así disponer de las distintas aplicaciones que ofrece esa versión del Protocolo H.323.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*A Primer on the H.323 Series Standard Version 2.0*. Packetizer, Inc. (2002) [Página Web en línea]. Disponible:

<http://www.packetizer.com/iptel/h323/papers/primer/>

CALYAM, Prasad. (2003). “*Performance Measurement and Analysis of H.323 Traffic*”. [Documento en línea]. Disponible:

<http://www.osc.edu/oarnet/itecoho.net/beacon/h323.pdf>

COMER, Douglas. (1999). “*Internet working with TCP/IP. Vol. I: Principles, Protocols and Architecture*” (3a ed.). Estados Unidos: Prentice Hall

DOUSKALIS, Bill. (2000). *IP Telephony*. Estados Unidos: Prentice-Hall, Inc.

*Fine – Tuning Voice over Packet Services* [Página Web en línea]. Disponible:

<http://www.protocols.com/papers/voip2.htm>

GONCALVES, Marcus. (1999). *Voice Over IP Networks*. Estados Unidos: McGraw-Hill.

*H.323 Version 2 – Overview*. Packetizer, Inc. (1999). [Página Web en línea]. Disponible: [http://www.packetizer.com/iptel/h323/whatsnew\\_v2.html](http://www.packetizer.com/iptel/h323/whatsnew_v2.html)

*H.323 Version 3 – Overview*. Packetizer, Inc. (2000). [Página Web en línea]. Disponible: [http://www.packetizer.com/iptel/h323/whatsnew\\_v3.html](http://www.packetizer.com/iptel/h323/whatsnew_v3.html)

*H.323 Version 4 – Overview*. Packetizer, Inc. (2001). [Página Web en línea]. Disponible: [http://www.packetizer.com/iptel/h323/whatsnew\\_v4.html](http://www.packetizer.com/iptel/h323/whatsnew_v4.html)

*H.323 Version 5 – Overview*. Packetizer, Inc. (2003). [Página Web en línea]. Disponible: [http://www.packetizer.com/iptel/h323/whatsnew\\_v5.html](http://www.packetizer.com/iptel/h323/whatsnew_v5.html)

JOYANES, Luis y CASTÁN, Héctor. (1999). *C++ Iniciación y Referencia*. España: McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A.U.

KENDALL y KENDALL. (1998). *Análisis y Diseño de Sistemas*. México: Prentice Hall

KERKER, Staffan. (2002, Septiembre). *Applying QoS to a VoIP network*. Vaxjo University. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.msi.vxu.se/forsk/exarb/2002/02103.pdf>

KRUNGLINSKI, David. (1998). *Programación avanzada con Visual C++ 5*. (4a. ed.). España: McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A.U.

MENDILLO, Vincenzo. (2002). *Redes de Comunicación*. [DC]. Disponible: Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica.

*Network Test Solutions* [Página Web en línea]. Disponible: [http://www.protocols.com/papers/pdf/voip\\_practical\\_guide.pdf](http://www.protocols.com/papers/pdf/voip_practical_guide.pdf)

*OpenH323 Project*. OpenH323 [Página Web en línea]. Disponible: <http://www.openh323.org>

*Protocolo H.323. Recursos VoIP* [Página Web en línea]. Disponible: <http://www.recursosvoip.com/protocolos/h323.php>

SCHULZRINNE, H. *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*. Network Working Group. [Documento en línea]. Disponible: <http://rfc1889.x42.com/>

VENKATARAGHAVAN, Vinay. *Internet Telephony Voice over Internet Protocol (IP)* [Documento en línea]. Disponible:

<http://enr.smu.edu/~venkatra/VoIPHTML.html>

*Voice Coding Algorithms*. Next Gen Datacom, Inc. [Documento en línea].  
Disponible: [http://www.nextgendc.com/?/seminar\\_voice\\_coding.htm](http://www.nextgendc.com/?/seminar_voice_coding.htm)

*White Paper: Voice over IP*. Foundry Networks, Inc. [Documento en línea].  
Disponible: <http://www.foundrynet.com/solutions/appNotes/VoIP.html>



ANEXO 1



**Manual del Usuario del Generador VoIP**



Caracas, 2005

# **Índice de contenidos del Manual del Usuario** **del Generador VoIP**

	Pág.
1. Tecnología VoIP.	3
2. Señalización H.323.	4
3. Introducción al Generador VoIP.	11
4. Aplicación típica.	12
5. Aplicaciones.	13
6. Parámetros de entrada.	21

# 1. Tecnología VoIP

El Protocolo de Internet es un protocolo utilizado para el envío de información digital empaquetada entre interfaces identificadas por direcciones IP. El protocolo es transparente para la información transportada en los paquetes. Voz sobre IP se refiere al uso del Protocolo de Internet entre aplicaciones que manejan señales para la transmisión en tiempo real de voz sobre una red IP. En el punto transmisor la voz es codificada en una representación digital adecuada, que es dividida en paquetes y enviada hacia la dirección IP del destinatario. En el punto receptor, la información es desempaquetada y decodificada hasta recuperar la señal de voz. Para reducir la necesidad de ancho de banda en la red, se utilizan algoritmos de compresión de voz.

Para asegurar la calidad de servicio para tráfico de voz interactivo, el retardo de la voz debe mantenerse bajo. En sesiones interactivas, los interlocutores pueden percibir un retardo de ida y vuelta mayor a 100 ms, lo que aumenta la necesidad de canceladores de eco en la red. Retardos por encima de 300 ms, que son claramente percibidos como una deficiencia, requieren compensación por parte de los interlocutores quienes deben esperar que su contraparte responda.

Cuando se transmite voz sobre una red IP, todos los paquetes poseen un intervalo de tiempo (por ejemplo 40 ms) de información de voz. Para reproducir la información de voz, la próxima secuencia de paquetes debe ser manejada por la aplicación receptora, tan pronto como se termine de reproducir el paquete anterior. Hoy en día las redes IP no garantizan que todos los paquetes sean entregados en el orden que fueron enviados y tampoco garantizan su entrega. Algunos paquetes pueden ser retardados dependiendo de la carga en los enrutadores y el número de conexiones. En redes donde las conexiones son pocas y la carga de paquetes en los enrutadores es ligera, el retardo y el número de paquetes perdidos es pequeño.

Aunque una transmisión sin defecto no puede ser garantizada en una red IP, protocolos de transporte tales como el protocolo de control de transmisión (*TCP – “Transmission Control Protocol”*), garantizan la transmisión libre de fallas de datos sobre la red. Sin embargo, para la transmisión de voz sobre IP, la retransmisión de paquetes (característica de TCP) causaría retardos desproporcionados. Por lo tanto, voz sobre IP

hace uso predominante del protocolo de datagrama de usuario (*UDP - "User Datagram Protocol"*).

## 2. Señalización H.323

La señalización para el establecimiento, mantenimiento, control y finalización de la comunicación es manejada por el Protocolo H.323. Es una recomendación “paraguas” (ya que abarca a su vez, una gran cantidad de recomendaciones) que provee los fundamentos para la comunicación de audio, video y datos a través de una red de paquetes, que no garantiza una calidad de servicio. Define las entidades necesarias para cada comunicación, la funcionalidad de cada una de estas entidades, y la interconexión entre ellas. Esto incluye las especificaciones de paquetización, la señalización, el control de llamadas, y la codificación del audio y video. Los protocolos que forman parte de la recomendación H.323 se muestran en la siguiente figura:

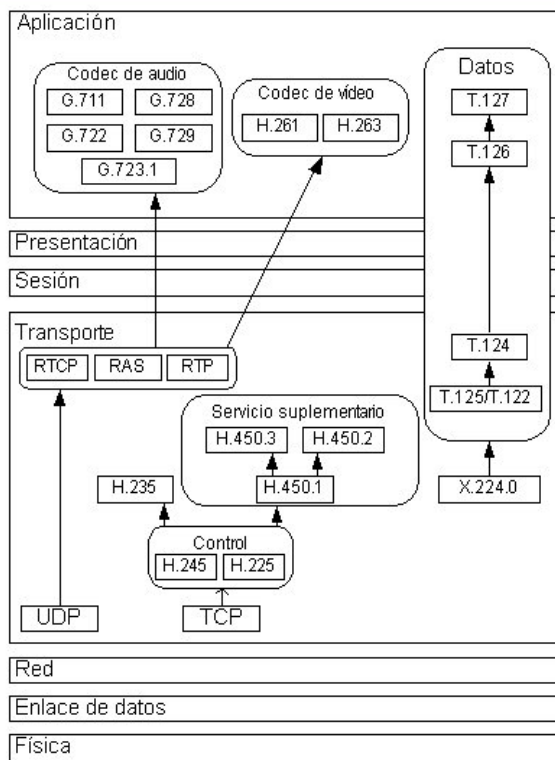


Figura II.1. Distribución de los principales protocolos utilizados en la recomendación H.323.

## **Recomendación H.225.**

La recomendación H.225, describe los requerimientos de señalización en la red para el establecimiento de la conexión, esto incluye señalización de registro, control de admisión y estado (*RAS - "Registration, Admission Control and Status"*), señalización de control de llamada (Q.931), y la transmisión a través de la red, incluyendo las sesiones RTP.

El canal RAS, el canal Q.931 y el canal de control H.245 manejan las tres fases. Cada uno operando de forma independiente, haciendo uso de un número de puerto bien conocido.

Si un *"Gatekeeper"* está presente, él debe encargarse de la señalización RAS, mientras que las otras dos fases de la conexión pueden ser realizadas directamente por los puntos extremos, o a través del *"Gatekeeper"*. El *"Gatekeeper"* decide cual método se va a utilizar.

## **Señalización RAS**

El canal RAS está basado en una conexión bajo el protocolo de datagrama de usuario UDP (*"User Datagram Protocol"*) y es utilizado para el registro, control de admisión, petición de cambio en el ancho de banda, y el control del estado de los puntos extremos.

Un punto extremo puede emitir una petición al *"Gatekeeper"* con el mensaje GRQ o el *"Gatekeeper"* puede ser configurado manualmente. Antes que cualquier punto extremo pueda realizar cualquier llamada, debe registrarse en el *"Gatekeeper"*, para ello utiliza el mensaje de petición de registro RRQ. Para confirmar el registro se envía el mensaje de confirmación de acceso ARQ, y es iniciada la llamada a la dirección del punto extremo y el ancho de banda requerido.

## Principales mensajes RAS:

Mensaje	Función
RegistrationRequest (RRQ)	Petición de registro de un terminal o “ <i>Gateway</i> ” en un “ <i>Gatekeeper</i> ”. El “ <i>Gatekeeper</i> ” puede confirmar o rechazar la solicitud (RCF o RRJ).
AdmissionRequest (ARQ)	Petición de acceso a la red de paquetes, por un terminal a un “ <i>Gatekeeper</i> ”. El “ <i>Gatekeeper</i> ” puede confirmar o rechazar la petición (ACF o ARJ).
BandwidthRequest (BRQ)	Petición de cambio de ancho de banda, de un terminal a un “ <i>Gatekeeper</i> ”. El “ <i>Gatekeeper</i> ” puede aceptar o rechazar la petición (BCF o BRJ).
DisengageRequest (DRQ)	Si es enviado por un punto extremo a un “ <i>Gatekeeper</i> ”, DRQ informa al “ <i>Gatekeeper</i> ” que el punto extremo está comenzando a cortar; si es enviado por un “ <i>Gatekeeper</i> ” a un punto extremo, DRQ obliga el corte de la llamada. “ <i>Gatekeeper</i> ” puede confirmar o rechazar (DCF o DRJ). Si DRQ es enviado por un “ <i>Gatekeeper</i> ”, el punto extremo debe responder con DCF.
InfoRequest (IRQ)	Petición de información de estado, desde un “ <i>Gatekeeper</i> ” a un terminal.
InfoRequestResponse (IRR)	Respuesta a un IRQ. Puede ser enviado sin solicitud, por un terminal a un “ <i>Gatekeeper</i> ” en un intervalo predeterminado.
RAS timers and Request in Progress (RIP)	Valores de temporización recomendados por defecto para respuestas a mensajes RAS y contador de subsecuentes reintentos si la respuesta no es recibida.

Tabla II.1 Principales mensajes RAS

### **Señalización Q.931**

El canal Q.931 está basado en el protocolo de control de transmisión, y es utilizado en el establecimiento y liberación de la llamada. Este protocolo está basado en la red digital de servicios integrados (*ISDN – “Integrated Services Digital Network”*) y provee una gran cantidad de servicios suplementarios relativos a la conexión y permite la interconexión con la red de conmutación de circuitos (*SCN – “Switched Circuit Network”*).

### Principales mensajes Q.931:

Mensaje	Función
Alerting	El usuario llamado ha sido avisado - "el teléfono repica". Enviado al usuario llamado.
Call Proceeding	La petición de establecimiento de la llamada está siendo iniciada y no se aceptará más información de establecimiento de llamada. Enviado por el usuario llamado.
Connect	Aceptación de la llamada por la entidad llamada. Enviado por la entidad llamada a la entidad que origina la llamada.
Setup	Indica el deseo de una entidad H.323 de establecer la conexión a la entidad llamada.
Release Complete	Indica la liberación de la llamada si el canal de señalización H.225.0 (Q.931) está abierto. Enviado por un terminal.
Status	Respuesta a un mensaje de señalización de llamada desconocida o a un mensaje de indagación de estado. Provee de información de estado.
Status Inquiry	Una petición del estado de la llamada. Puede ser enviado por un punto extremo o por un "Gatekeeper" para otro punto extremo.

Tabla II.2 Principales mensajes Q.931

### Señalización H.245

El canal de control H.245 está basado en el protocolo TCP, y es utilizado para la señalización de control de los medios, maneja el establecimiento y liberación del canal lógico, y la señalización del ancho de banda usado por los canales de medios. Los mensajes H.245, proveen los mecanismos para negociar los diferentes formatos de medios en cada dirección. Se pueden incluir varios canales de medios en cada dirección por canal. Este canal también se utiliza para el transporte de los tonos duales de



multifrecuencia (*DTMF* - “*Dual Tone Multiple Frequency*”), entre los puntos extremos. Los mensajes H.245 se transmiten en banda a través de la conexión H.225 ya establecida.

### Principales mensajes H.245

Mensaje	Función
Master-Slave Determination	Determina cual es el terminal maestro y cual es el terminal esclavo. Posibles respuestas: confirmación, rechazo o liberación (en caso de finalizar el temporizador).
Terminal Capability Set	Contiene información sobre la capacidad de un terminal para transmitir y recibir corrientes multimedios. Posibles respuestas: confirmación, rechazo o liberación.
Open Logical Channel	Apertura de un canal lógico para el transporte de información audiovisual y de datos. Posibles respuestas: reconocimiento, rechazo o confirmación.
Close Logical Channel	Clausura de un canal lógico entre dos puntos extremos. Posibles respuestas: reconocimiento.
Request Mode	Usado por un terminal receptor para realizar la petición de un modo particular de transmisión del terminal transmisor. Tipos de modo general incluyen: modo de video, modo de audio, modo de datos y modo de cifrado. Posibles respuestas: reconocimiento, rechazo o liberación.
Send Terminal Capability Set	El terminal lejano indica la transmisión y recepción de capacidades enviando uno o varios “ <i>Terminal Capability Sets</i> ”.
End Session Command	Indica el fin de una sesión H.245. Después de su transmisión, el terminal no enviará más mensajes H.245.

Tabla II.3 Principales mensajes H.245

## Establecimiento de la conexión

El establecimiento de la conexión entre uno o más puntos extremos, se realiza en tres pasos:

1. Control del registro y admisión de los puntos extremos.
2. Ubicación y encaminamiento a través de la red para el establecimiento de la llamada.
3. Negociación de las capacidades de medio y control entre los puntos extremos.

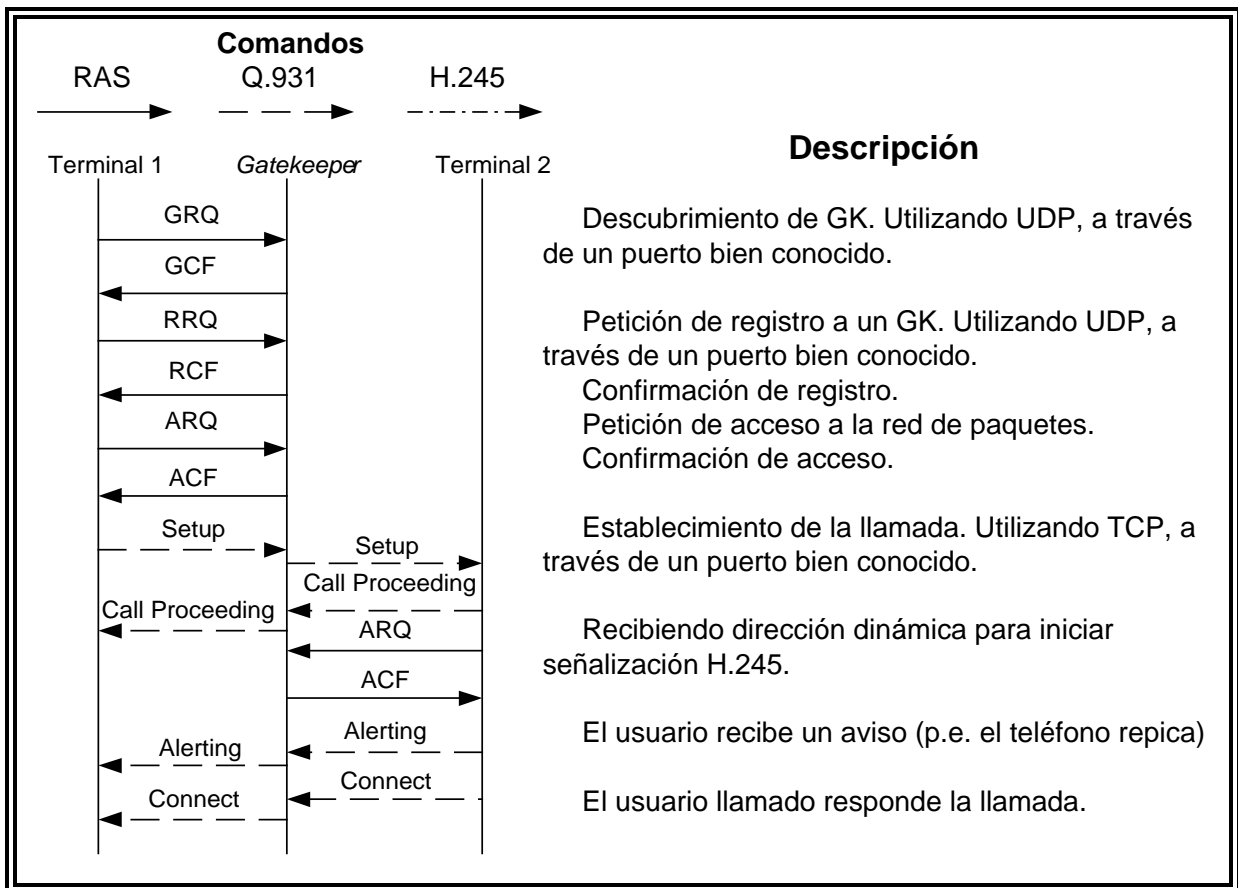


Figura II.2. Establecimiento y liberación de una llamada H.323, típica (primera parte).

Después del acuerdo para el uso de los medios, una sesión RTP es establecida para el control de la corriente de medios. Una sesión RTP/RTCP es iniciada para cada medio a ser utilizado.

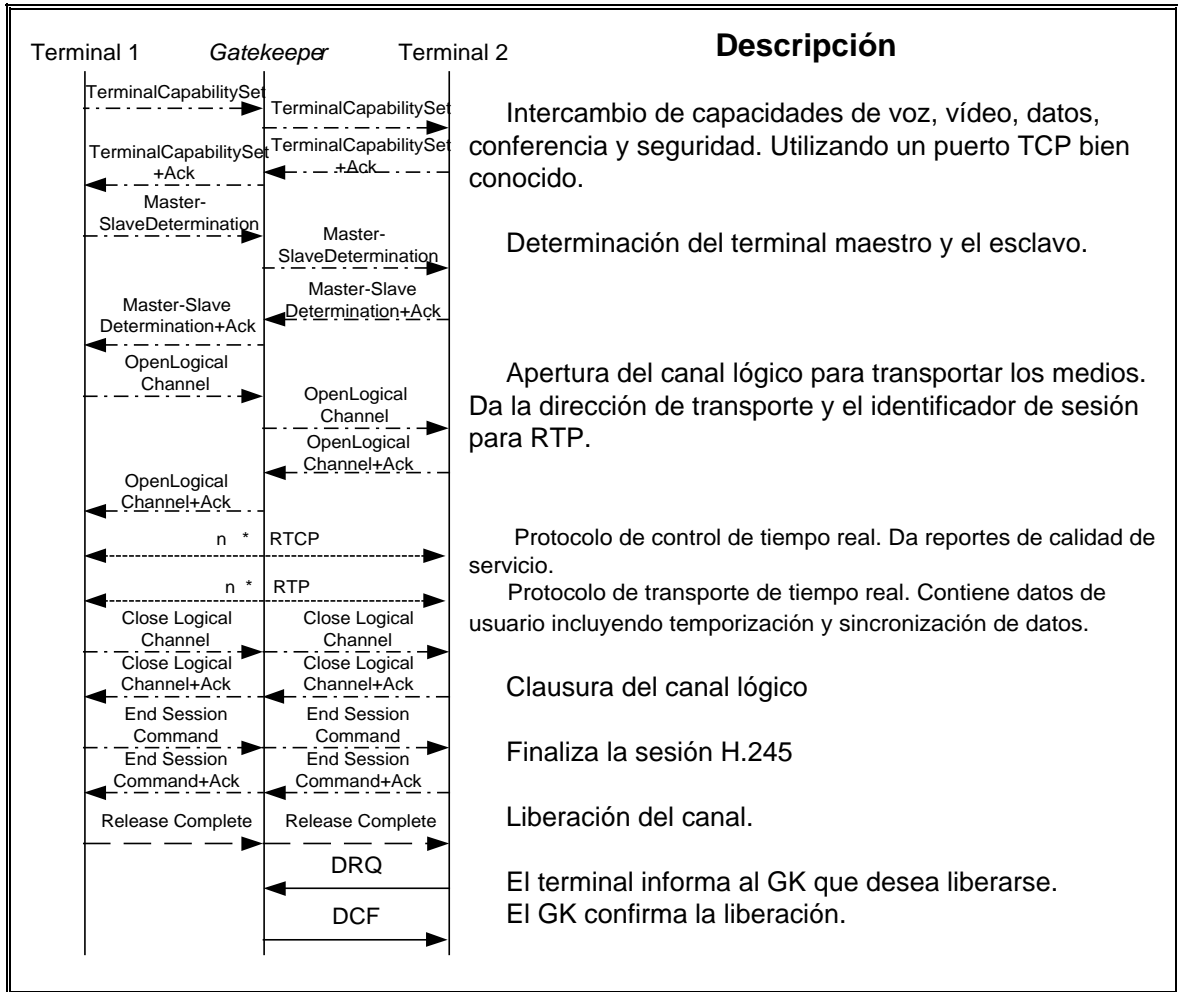


Figura II.3. Establecimiento y liberación de una llamada H.323, típica (continuación).

Para servicios no relativos a las llamadas, se requiere del establecimiento de un canal de señalización H.225, independiente. Esto quiere decir que el manejo de estos servicios suplementarios se pueden hacer en conjunto con una llamada o de forma independiente. En cualquiera de estos casos, el procedimiento permite al "Gatekeeper" controlar y facturar la invocación y uso de estos servicios.

### 3. Introducción al Generador VoIP

El Generador VoIP es una herramienta que le permite al usuario realizar una serie de pruebas de VoIP utilizando el Protocolo de Señalización H.323, para obtener los datos necesarios para determinar la calidad y la capacidad de una red IP respecto a este servicio.

Las pruebas deben ser realizadas en una red de área local (*LAN – “Local Area Network”*). La aplicación debe estar instalada y configurada en dos PCs dentro de la red LAN: PC A (Origen) y PC B (Destino).

Con la prueba “*Generador de Llamadas*”, el usuario podrá observar la capacidad de la red para mantener un gran número de llamadas de VoIP simultáneas.

Con la “*Prueba de Tráfico*”, el usuario podrá observar el comportamiento de los equipos de la red para establecer y mantener un número específico de llamadas de VoIP simultáneas. En esta prueba, el número de llamadas simultáneas es menor que en la prueba de “*Generador de Llamadas*”.

Es posible configurar el PC B (Destino) para que acepte las llamadas entrantes automáticamente.

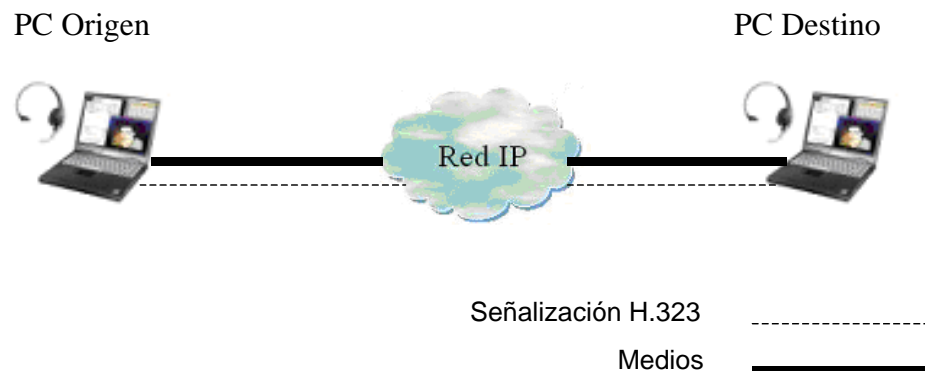
Para el funcionamiento de la herramienta, los CODECs seleccionados en cada PC, deben ser iguales. No es posible que la herramienta funcione con dos CODECs distintos.

La información que va a ser transmitida en cada prueba debe estar grabada en un archivo de audio “.WAV” y puede ser seleccionada por el usuario a su gusto.

En cada prueba es posible obtener los parámetros de calidad de servicio para cada llamada. Además, si el usuario lo configura, por cada llamada se crea un archivo de audio “.WAV”, el cual contiene el audio transmitido en la prueba.

## 4. Aplicación típica

Para realizar las pruebas que permite la herramienta, este es el escenario que se debe configurar.



## 5. Aplicaciones

### **Menú Llamar**

1. **Hacer Llamada.** Esta función permite realizar una sola llamada de VoIP entre 2 PCs y establecer una comunicación de audio entre los usuarios ubicados en cada PC. Para lograr esta comunicación cada PC debe tener conectada la interfaz de audio apropiada: tarjeta de sonido, cornetas y micrófono.

A continuación un ejemplo de cómo activar esta función:

Se desea establecer comunicación de audio entre los PCs:

PC Origen: Dirección IP -> 000.000.000.000

PC Destino: Dirección IP -> 111.111.111.111

El usuario en el "PC Destino" debe realizar lo siguiente:

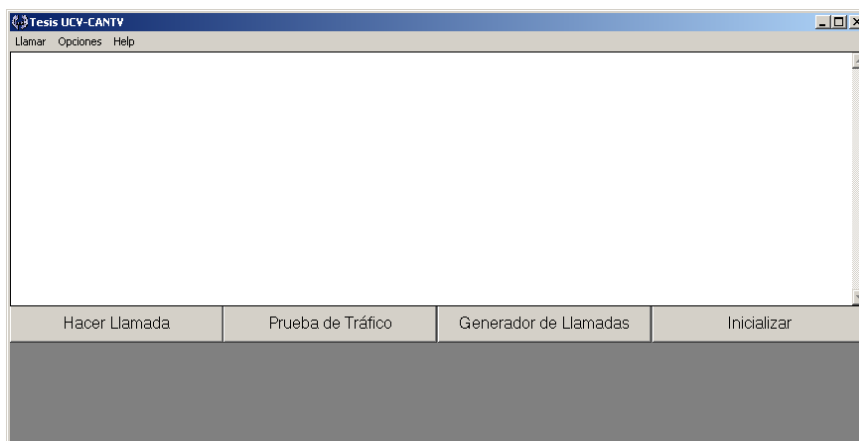
Configurar la opción Auto-Respuesta:

- ❖ Pulsar el Menú "Opciones".
- ❖ Pulsar la Opción "General".
- ❖ Marcar la opción "Auto-Respuesta".

El usuario en el "PC Origen" debe realizar lo siguiente:

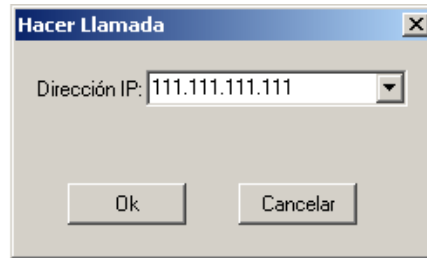
### **Procedimiento 1:**

Pulsar directamente el botón "*Hacer Llamada*" de la pantalla principal:



Luego aparecerá un cuadro de nombre “Hacer Llamada”, donde el usuario escribirá la correspondiente “Dirección IP” y luego pulsará el botón “Ok”.

El cuadro debe quedar así:

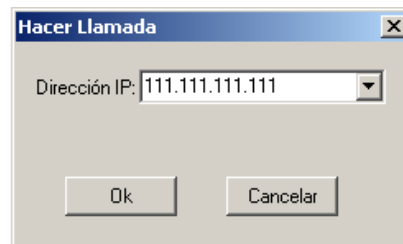


## **Procedimiento 2:**

El usuario debe seguir la siguiente secuencia:

- ❖ Pulsar el Menú “Llamar”.
- ❖ Pulsar la Opción “Hacer Llamada”.
- ❖ En el recuadro “Dirección IP” marcar: 111.111.111.111
- ❖ Luego pulsar el botón “Ok”.

El recuadro debe quedar así:



NOTA: Después de finalizar cada prueba, para el óptimo funcionamiento de la aplicación, es importante pulsar el botón “Inicializar” en los dos PCs involucrados en la prueba.

2. **Prueba de Tráfico.** Esta función permite realizar la “Prueba de Tráfico” entre 2 PCs para determinar cómo responde la red y sus equipos al constante

establecimiento, mantenimiento y finalización de un número de llamadas simultáneas durante un tiempo específico.

El usuario en el "PC Origen" debe introducir la "Dirección IP" del "PC Destino", el tiempo de duración de las llamadas; varía de 1 a 5 segundos, el tiempo entre llamadas; varía de 1 a 2 segundos y es el tiempo de espera entre la finalización de las llamadas y el establecimiento de un nuevo ciclo de llamadas, el número de llamadas simultáneas; varía de 1 a 20 llamadas, el número de repeticiones de la prueba; varía de 1 a 1000 repeticiones e indica el número de veces que se va a repetir el ciclo de llamadas simultáneas y finalmente pulsar el botón "Ok".

A continuación un ejemplo de cómo activar esta prueba:

Se desea realizar la prueba entre los PCs:

PC Origen: Dirección IP -> 000.000.000.000

PC Destino: Dirección IP -> 111.111.111.111

El usuario desea los siguientes parámetros para realizar la prueba:

- ❖ Tiempo de Llamada: 5 segundos.
- ❖ Tiempo entre Llamadas: 2 segundos.
- ❖ Nº Llamadas Simultáneas: 20.
- ❖ Nº Repeticiones de la Prueba: 20

El usuario en el "PC Destino" debe realizar lo siguiente:

Configurar la opción Auto-Respuesta:

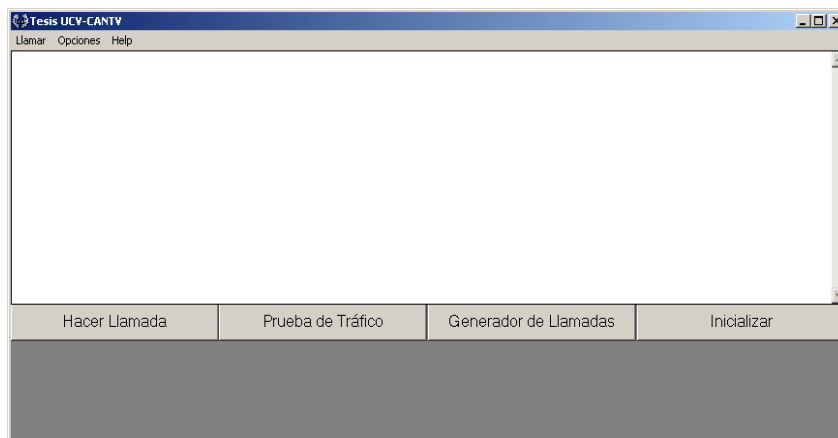
- ❖ Pulsar el Menú "Opciones".
- ❖ Pulsar la Opción "General".
- ❖ Marcar la opción "Auto-Respuesta".



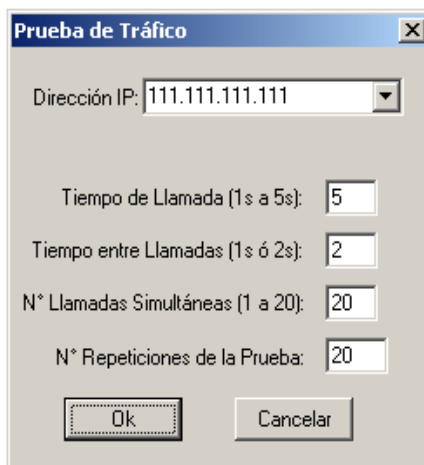
El usuario en el "PC Origen" debe realizar lo siguiente:

### **Procedimiento 1:**

Pulsar directamente el botón "Prueba de Tráfico" de la pantalla principal:



Luego aparecerá un cuadro de nombre "Prueba de Tráfico", donde el usuario en el PC Origen escribirá los parámetros correspondientes y luego pulsará el botón "Ok". El recuadro debe quedar así:



### **Procedimiento 2:**

El usuario debe seguir la siguiente secuencia:

- ❖ Pulsar el Menú "Llamar".

- ❖ Pulsar la Opción “Prueba de Tráfico”.
- ❖ Luego el usuario debe escribir los parámetros deseados.
- ❖ Luego pulsar el botón “Ok”.

El cuadro debe quedar así.

NOTA: Después de finalizar cada prueba, para el óptimo funcionamiento de la aplicación, es importante pulsar el botón “Inicializar” en los dos PCs involucrados en la prueba.

3. **Generador de Llamadas.** Esta función permite realizar la “Prueba de Ancho de Banda” entre 2 PCs para determinar el número de llamadas de VoIP que soporta la red bajo estudio.

El usuario en el PC Origen debe introducir la dirección IP del PC destino, así como también el número de llamadas simultáneas que desea para la prueba; el cual varía de 1 a 100 llamadas y luego pulsar el botón “Ok”.

A continuación un ejemplo de cómo activar esta prueba:

Se desea realizar la prueba entre los PCs:

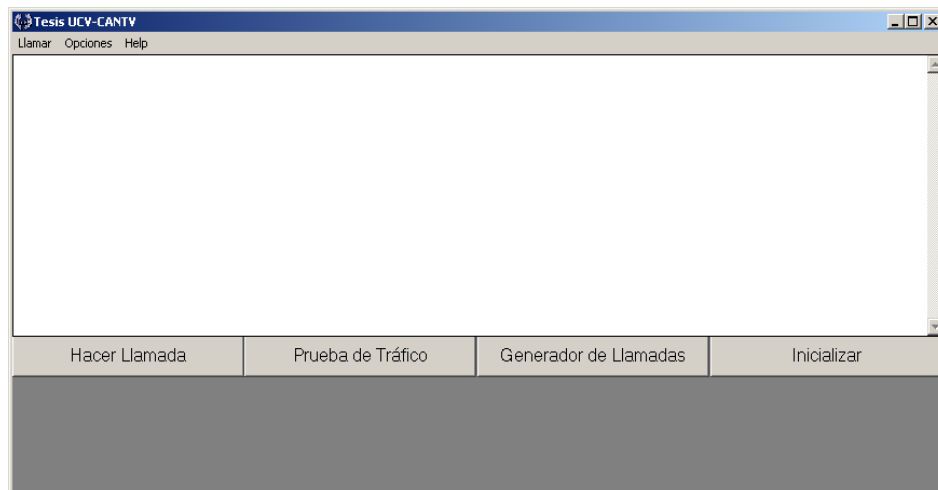
PC Origen: Dirección IP -> 000.000.000.000

PC Destino: Dirección IP -> 111.111.111.111

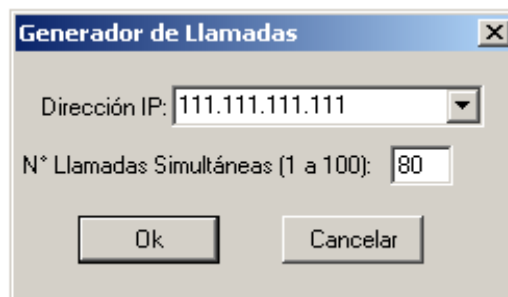
El usuario desea realizar 80 llamadas simultáneas.

## **Procedimiento 1:**

Pulsar directamente el botón “*Generador de Llamadas*” de la pantalla principal.



Luego aparecerá un cuadro de nombre “*Generador de Llamadas*”, donde el usuario en el PC origen escribirá los parámetros correspondientes y luego pulsará el botón “*Ok*”. El recuadro debe quedar así:

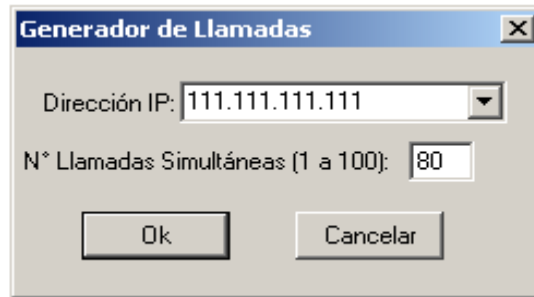


## **Procedimiento 2:**

El usuario debe seguir la siguiente secuencia:

- ➔ Pulsar el Menú “Llamar”.
- ➔ Pulsar la Opción “Generador de Llamadas”.
- ➔ Luego el usuario debe escribir los parámetros deseados.
- ➔ Luego pulsar el botón “Ok”.

El cuadro debe quedar así:



Generador de Llamadas

Dirección IP: 111.111.111.111

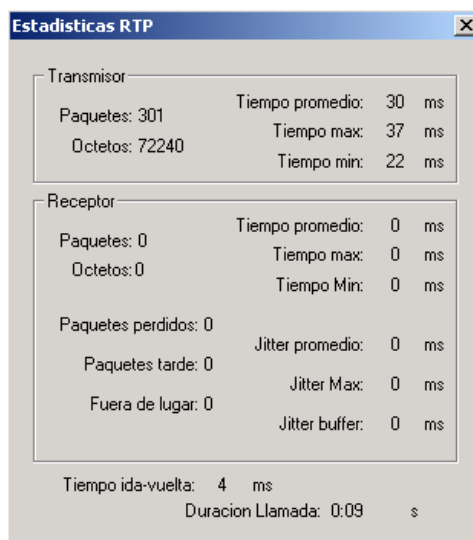
N° Llamadas Simultáneas (1 a 100): 80

Ok Cancelar

NOTA: Después de finalizar cada prueba, para el óptimo funcionamiento de la aplicación, es importante pulsar el botón "Inicializar" en los dos PCs involucrados en la prueba.

## Otras funciones.

1. **Aceptar Llamada.** Permite al usuario en el PC destino aceptar una llamada entrante, en caso que la opción “*Auto-Respuesta*” no esté activada (más adelante se explicará esta opción).
2. **Rechazar Llamada.** Permite al usuario en el PC destino rechazar una llamada entrante, en caso que la opción “*Auto-Respuesta*” no esté activada.
3. **Mostrar estadísticas.** Permite al usuario observar las estadísticas de la llamada en tiempo real, es por eso que esta opción está inhabilitada cuando no hay ninguna llamada establecida.



The screenshot shows a window titled "Estadísticas RTP" with a close button (X) in the top right corner. The window is divided into two main sections: "Transmisor" and "Receptor".

Transmisor	
Paquetes: 301	Tiempo promedio: 30 ms
Octetos: 72240	Tiempo max: 37 ms
	Tiempo min: 22 ms

Receptor	
Paquetes: 0	Tiempo promedio: 0 ms
Octetos: 0	Tiempo max: 0 ms
	Tiempo Min: 0 ms
Paquetes perdidos: 0	Jitter promedio: 0 ms
Paquetes tarde: 0	Jitter Max: 0 ms
Fuera de lugar: 0	Jitter buffer: 0 ms

At the bottom of the window, there are two summary statistics:

- Tiempo ida-vuelta: 4 ms
- Duración Llamada: 0:09 s

4. **Silenciar Micrófono.** Permite al usuario silenciar el micrófono en el PC donde se ejecute esta acción. Esta opción está inhabilitada cuando no hay ninguna llamada establecida.
5. **Silenciar Speaker.** Permite al usuario silenciar las cornetas en el PC donde se ejecute esta acción. Esta opción está inhabilitada cuando no hay ninguna llamada establecida.
6. **Grabar sonido.** Permite al usuario grabar el audio que se está recibiendo en una comunicación, este audio se guardará en un archivo para su posterior uso. Esta opción está inhabilitada cuando no hay ninguna llamada establecida.

7. **Detener grabación.** Permite al usuario detener la grabación de audio en cualquier momento, siempre y cuando la opción de "*Grabar sonido*" haya sido activada previamente.
8. **Exit.** Permite al usuario salir de la aplicación en cualquier momento que lo desee.

## 6. Parámetros de entrada

### Menú Opciones

1. **General.** Permite al usuario abrir el cuadro “*Opciones Generales*”. En este cuadro el usuario podrá introducir el nombre de usuario o un alias, puede marcar en el recuadro “*Máx. N° de llamadas*” el número de direcciones IP que pueden quedar registradas después de cada llamada, el recuadro “*Archivo de Ring*” permite seleccionar en el directorio algún sonido particular que se desee cuando se está recibiendo una llamada entrante, permite habilitar la función de “*Auto-Respuesta*” en el PC destino, así como también deshabilitar las opciones de “*Fast-Start*”, “*H.245 Tunneling*” y “*H.245 en Setup*”. Además, permite seleccionar del directorio el archivo de audio que se utilizará en las pruebas, y el directorio donde se guardarán los archivos de audio de la comunicación de cada llamada en cada prueba.

Opciones Generales

Nombre de Usuario:

Alias:

Máx. N° de llamadas:

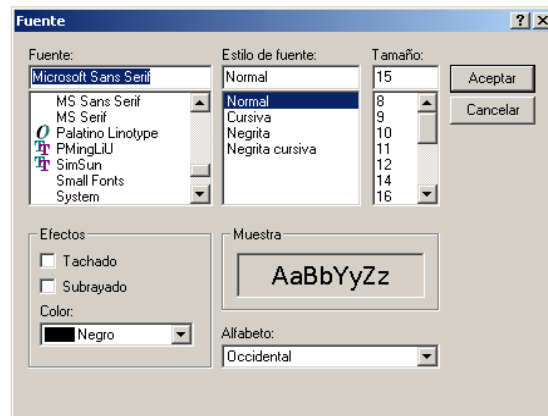
Archivo de Ring:

Auto-Respuesta  
 Deshab. Fast-Start  
 Deshab. H.245 Tunneling  
 Deshab. H.245 en SETUP

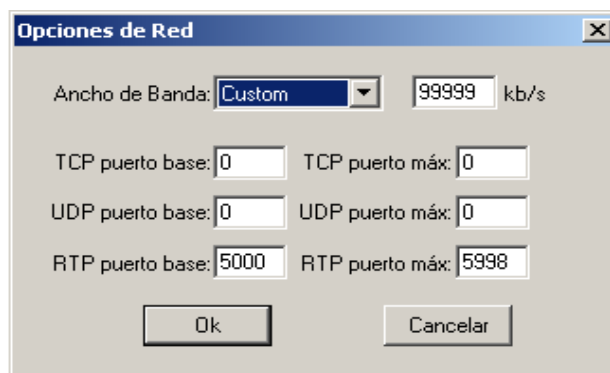
Archivo de Audio:

Direct. de Audio:

2. **Fuente.** Permite al usuario abrir el cuadro “Fuente”, donde se podrá seleccionar la fuente, estilo y tamaño deseado para los mensajes que aparecerán en la pantalla de la aplicación.



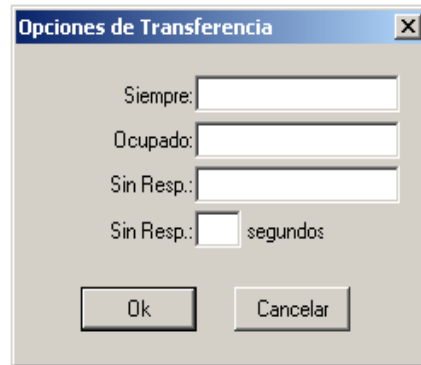
3. **Red.** Permite al usuario abrir el cuadro “Opciones de Red”, donde se puede seleccionar entre varias opciones el ancho de banda de la red bajo estudio, así como también el rango de puertos TCP, UDP y RTP. En caso de no marcar ningún rango de puertos, la aplicación tomará los valores por defecto propios.



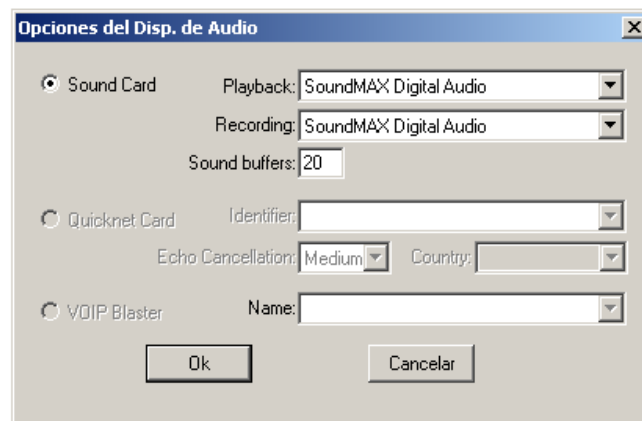
4. **Transferencia.** Permite al usuario abrir el cuadro “Opciones de Transferencia”, donde se puede marcar una dirección IP en caso que se desee transferir la llamada siempre, si está ocupado o si no hay respuesta,



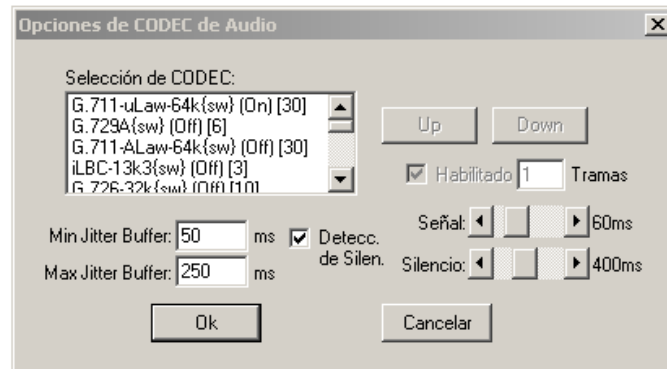
así como también el tiempo en segundos que se espera para transferir la llamada cuando no hay respuesta.



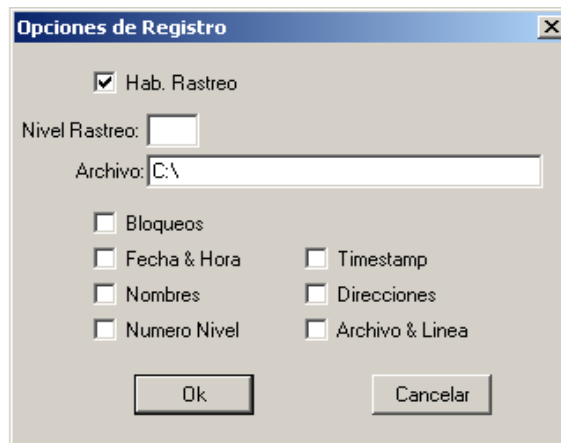
5. **Dispositivo de Audio.** Permite al usuario abrir el cuadro "Opciones del Dispositivo de Audio". Generalmente se configura automáticamente la tarjeta de audio que posee el computador.



6. **Codec de Audio.** Permite al usuario abrir el cuadro “*Opciones de Codec de Audio*”. En este cuadro el usuario puede seleccionar el codec a utilizar, así como también el rango del “*jitter buffer*” y si desea o no detección de silencio.



7. **Opciones de Registro.** Permite al usuario abrir el cuadro “*Opciones de Registro*”. En este cuadro el usuario deberá escribir la dirección de la carpeta del directorio donde será guardado el archivo de texto que contiene el registro de la prueba, así como también seleccionar entre las distintas opciones que se ofrecen para el registro y también el nivel de rastreo.



### **Menú Help.**

1. **Contents.** Permite al usuario abrir el cuadro que contiene la ayuda necesaria para la realización de las pruebas.

2. **About.** Permite al usuario abrir el cuadro *“Acerca del Software”*, el cual contiene información referente al software.