

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



Análisis del eco en sistemas de telefonía IP.

PRESENTADO POR:

FREDY ANTONIO PATRIZ RAFAEL

LUIS MANUEL PEÑATE TOBAR

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO 2016

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR INTERINO :

LIC. JOSÉ LUIS ARGUETA ANTILLÓN

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DIRECTOR :

ING. ARMANDO MARTÍNEZ CALDERÓN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO ELECTRICISTA



Título :

Análisis del eco en sistemas de telefonía IP.

Presentado por :

FREDY ANTONIO PATRIZ RAFAEL

LUIS MANUEL PEÑATE TOBAR

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

Dr. CARLOS EUGENIO MARTÍNEZ CRUZ

San Salvador, Enero 2016

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

Dr. CARLOS EUGENIO MARTÍNEZ CRUZ

ACTA DE CONSTANCIA DE NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, Jueves 3 de diciembre de 2015, en la Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 9:00 a.m. horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

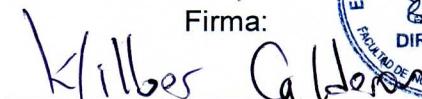
1. MSc. Salvador de Jesús Germán
Director Interino

Firma:



2. MSc. José Wilber Calderón Urrutia
Secretario Interino

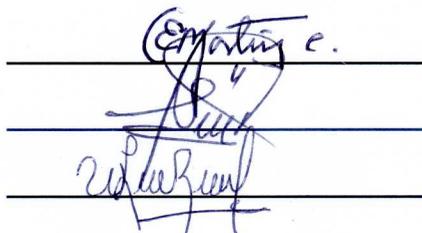
Firma:



Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:

- 1- Dr. Carlos Eugenio Martínez Cruz
- 2- MSc. Salvador de Jesús German
- 3- Ing. Walter Leopoldo Zelaya Chicas

Firma:



Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

Análisis del eco en sistemas de telefonía IP.

A cargo de los Bachilleres:

- Patriz Rafael Fredy Antonio
- Peñate Tobar Luís Manuel

Habiendo obtenido en el presente Trabajo una nota promedio de la defensa final:

7.5

(SIETE PUNTO CINCO)

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a Dios y a mis padres Maria Angela Rafael y Valentín Patriz Muzo por apoyar incondicionalmente en la apropiación de mi educación, en quienes encontré fortaleza para que cada amanecer sea mejor que su víspera y cada mañana más rica que su ayer.

A la Familia Patriz Rafael en quienes encontré fortaleza para continuar cada día adquiriendo mayor conocimiento intelectual, social y espiritual.

“El conocimiento equivale a alas para la vida del hombre y una escalera para su ascenso. Su adquisición incumbe a todos.”

Bahá'u'lláh.

A mis compañero por compartir el mismo sendero en nuestra educación y a los amigos que han estado acompañándome en diferentes maneras.

“Considerad al hombre una mina rica en gemas de valor inestimable, solamente la educación puede hacerle revelar sus tesoros y permitir a la humanidad beneficiarse de este.”

Bahá'u'lláh.

Con eterna gratitud

Fredy Antonio Patriz Rafael

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco primeramente a Dios por darme salud, voluntad y perseverancia, para llegar a culminar esta etapa de estudio, por brindarme la oportunidad de conocer a tantos compañeros y buenos amigos en esta carrera.

A mis padres Vilma Cruz y Raúl Manuel, por impulsarme desde el principio en seguir estudiando en la universidad y apoyarme incondicionalmente en los fracasos y triunfos durante este camino.

A mi hermano Raúl David, su esposa y mis adoradas sobrinas que siempre están presentes apoyándome y ayudándome en todo lo que se presenta en esta vida.

A mis tías y primos que siempre están pendientes de los pasos que tengo en todo momento, tanto en estudios como ahora en el ámbito laboral.

Al Dr. Carlos Martínez por aceptarnos y apoyarnos en todo lo que necesitábamos durante el desarrollo de este trabajo de graduación y a todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica quienes han transmitido sus conocimientos y sus experiencias hacia nosotros.

A todos mis compañeros que se convirtieron en amigos a lo largo de estos años hay que seguir adelante y nunca decaer, y a quienes van comenzando o a mediados de la carrera aun, no hay que darse por vencidos y buscar la luz al final del túnel.

Luis Manuel Peñate Tobar

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	1
ÍNDICE DE TABLAS.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ACRÓNIMOS O ABREVIATURAS.....	8
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	10
1.1 Interés de la investigación	10
1.2 Objetivos	11
1.3 Organización del trabajo.....	11
CAPITULO 2: CANCELADORES DE ECO MÉDIATE SOFTWARE	12
2.1 DEFINICIÓN DE ECO	12
2.2 TIPOS DE ECO	13
2.2.1 Acústico.....	13
2.2.2 Híbrido.....	13
2.3 CANCELADORES DE ECO MEDIANTE SOFTWARE.....	14
2.3.1 Asterisk Mark Echo canceller (MEC)	15
2.3.2 Asterisk mg2 echo canceller (MG2)	15
2.3.3 Cancelador de eco KB1.....	15
2.3.4 Cancelador de eco SEC y SEC2	15
2.3.5 Cancelador de eco hpec.....	15
2.3.6 SoliCall (comercial).....	15
2.3.7 SoftEcho (comercial)	16
2.3.8 FXOtune.....	16
2.3.9 OSLEC	16
2.4 EJEMPLOS DE CANCELACIÓN DE ECO MEDIANTE SOFTWARE.....	16
2.4.1 FxoTune (Líneas analógicas)	16
2.4.2 OSLEC	18
CAPITULO 3. CANCELADORES DE ECO MEDIANTE HARDWARE.....	21
3.1 TIPOS DE CANCELACIÓN DE ECO HARDWARE	21
3.1.1 Módulos Xorcom.....	21
3.1.2 Módulos Digium.....	22
3.1.3 Módulos ATCOM.....	23

3.2 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE CANCELADOR DE ECO EC32L DE ATCOM	23
3.2.1 Instalación.....	24
3.2.2 Funcionamiento	24
CAPITULO 4: COMPARACIÓN DE CANCELADORES.....	27
4.1 INTEGRACIÓN ELASTIX -CISCO	28
4.2 USO DE TARJETA TDM400P.....	29
4.3 MÉTODOS SUBJETIVOS	29
4.3.1 Pruebas de opinión media de los usuarios	30
4.3.2 Pruebas y resultados.....	31
4.3.3 Comparación de resultados	35
4.4 MÉTODOS OBJETIVOS.....	35
4.4.1 Pruebas y resultados.....	35
4.4.2 Comparación de resultados	45
CAPITULO 5: CONCLUSIONES.....	46
5.1 CONCLUSIONES.....	46
BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXO A: MÉTODOS SUBJETIVOS PARA AUDIO	49
A.1 PRUEBAS DE CONVERSACIÓN.....	49
A.2 DETERMINACIÓN DE ÍNDICES POR CATEGORÍAS ABSOLUTAS (ACR)	49
A.3 DETERMINACIÓN DE ÍNDICES POR CATEGORÍAS DE DEGRADACIÓN (DCR).....	50
A.4 DETERMINACIÓN DE ÍNDICES POR CATEGORÍAS DE COMPARACIÓN (CCR)	50
A.5 CUESTIONARIO UTILIZADO PARA LA EVALUACIÓN DE PRUEBAS SUBJETIVAS.....	51
ANEXO B: INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE ELASTIX	52
ANEXO C: TARJETA AX1D	61
C.1 TARJETA AX1D.....	61
C.2 CANCELADOR DE ECO EC32L	62
C.3 ROUTER CISCO 2600	63
C.4 VVIC 2MFT –G703.....	64
C.5 SIMULACIÓN ELASTIX - CISCO.....	66
ANEXO D: TARJETA TDM400P.....	73
D.1 CARACTERÍSTICAS.....	73
D.2 MÓDULOS DE TARJETA.....	73
D.3 INSTALACIÓN DE HARDWARE.....	75

D.4 VERIFICACIÓN DE LA TARJETA EN ASTERISK.....	76
D.6 USO DE TARJETA TDM400P	76
ANEXO E: ARCHIVOS DE CONFIGURACIÓN	82
E.1 CONFIGURACIÓN DEL LADO DE ROUTER:.....	82
E.1.1 Dial Peer envía llamadas a Asterisk.....	82
E.1.2 Configuración de para llamadas entre extensiones de cisco y Asterisk	82
E.1.3 Configuración para que Asterisk vea a Cisco como PSTN	82
E.1.4 Configurar al Router que trabaje como directorios y teléfonos	82
E.1.5 Configuración de troncal PRI E1 CISCO - Asterisk	83
E.2 ARCHIVOS DE CONFIGURACIÓN ASTERISK	83
E.2.1 sip.conf.....	83
E.2.2 extensions.conf	84
E.2.3 dahdi-channels.conf.....	84
E.2.4 system.conf	85
E.2.5 chan_dahdi.conf.....	86
E.3 CÓDIGO DE MATLAB PARA EL CÁLCULO DE ERLE	86
ANEXO F. GRÁFICAS DE RESULTADOS.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Módulos canceladores de eco hardware Digium.....	22
Tabla 2. Módulos canceladores de eco hardware ATCOM para tarjetas digitales.....	23
Tabla 3. Valores de calidad de llamada utilizados en ACR.....	30
Tabla 4. Valores de calidad de llamada utilizados en DCR.....	30
Tabla 5. Valores de calidad de llamada utilizados en CCR.....	31
Tabla 6. Resultados de evaluación ACR.....	32
Tabla 7. Resultados de evaluación DCR.....	33
Tabla 8. Resultados de evaluación CCR.....	34
Tabla 9. Comparación de resultados MOSc, DMOS y CMOS.....	35
Tabla 10. Tipos de pruebas objetivas.....	36
Tabla 11. . Comparación de canceladores mediante ERLE.....	45
Tabla 12. Valores de Calidad según ACR.....	49
Tabla 13. Valores de degradación de calidad según DCR.....	50
Tabla 14. Valores de comparación de calidad según CCR.....	50
Tabla 15. Resumen de router de la serie 2600.....	63
Tabla 16. Descripción de tarjeta 2MTF-E1.....	64
Tabla 17. Compatibilidad de tarjeta 2MTF-E1 con IOS CISCO.....	66
Tabla 18. Asignación de pines en puerto RJ-48.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Medio de retorno de la señal emitida [9].	12
Figura 2. Generación de eco acústico [10].	13
Figura 3. Generación de eco Híbrido [11].	14
Figura 4. Detención de Asterisk	17
Figura 5. Ejecución de comando FXOTune.	17
Figura 6. Eco reducido por fxtone a 1%	18
Figura 7. Tipos de canceladores que muestra la interface Elastix.	19
Figura 8. Módulo cancelador de eco XR300 [20].	21
Figura 9. Módulo cancelador de eco VPMOCT256.	22
Figura 10. Cancelador de eco hardware EC32L de ATCOM.	23
Figura 11. Tarjeta AX1DL y montaje de EC32L.	23
Figura 12. Eliminación del eco: (a) En el lado local, (b) En el lado lejano.	24
Figura 13. Comprobación de cancelador hardware instalado.	24
Figura 14. Clasificación de los métodos de asignación de calidad.	27
Figura 15. Esquema de simulación.	28
Figura 16. Escenario de prueba con tarjeta TDM400P.	29
Figura 17. Gráfica de resultados ACR.	32
Figura 18. Gráfica de Resultados DCR.	33
Figura 19. Gráfica de resultados CCR.	34
Figura 20. Grabaciones de llamadas.	36
Figura 21. Señal del extremo: (a) cercano (Near-End), (b) lejano (Far-End).	38
Figura 22. Eco antes de aplicar FXOTune muestreado a 1004 Hz.	39
Figura 23. ERLE (33 dB) de señal sin FXOTune.	39
Figura 24. Reducción del eco luego de aplicar FXOTune muestreado a 1004 Hz.	40
Figura 25. ERLE (19 dB) para llamada sin cancelador aplicado FXOTune.	40
Figura 26. Selección de cancelador en Elastix.	41
Figura 27. ERLE (25dB) con cancelador MG2.	41
Figura 28. ERLE (28dB) con cancelador MG2.	42
Figura 29. ERLE (35dB) con cancelador MG2.	42
Figura 30. ERLE (37dB) con cancelador MG2.	43
Figura 31. ERLE (38dB) con cancelador OSLEC.	43
Figura 32. ERLE (39dB) con cancelador OSLEC.	44
Figura 33. ERLE (29dB) con cancelador OSLEC.	44
Figura 34. ERLE (45dB) con cancelador OSLEC.	45
Figura 35. Pantalla de instalación de Elastix.	52
Figura 36. Selección de idioma de instalación.	53
Figura 37. Selección de distribución del teclado.	53
Figura 38. Tipo de particionado.	53
Figura 39. Tabla de particiones predeterminadas.	54

Figura 40. Configuración de interfaz de red.	54
Figura 41. Configuración de interfaz de red para eth0.....	55
Figura 42. Dirección IP y mascara de red de interfaz eth0.....	55
Figura 43. Configuración de Puerta de enlace y DNS para eth0.....	55
Figura 44. Configuración de nombre de servidor.	56
Figura 45. Selección de zona horaria.	56
Figura 46. Selección de clave de root.	56
Figura 47. Instalación de paquetes.	57
Figura 48. Contraseña de MySQL.....	57
Figura 49. Contraseña para página de administración web.	57
Figura 50. Consola de servidor Elastix.	58
Figura 51. Pantalla de autenticación de página web Elastix.	58
Figura 52. Agregar una extensión.	58
Figura 53. Configuración de extensión.	59
Figura 54. Extensión agregada y registrada.	60
Figura 55. Tarjeta AX1DL.....	61
Figura 56. Cancelador EC32L.....	62
Figura 57. Router cisco de serie 2600.....	63
Figura 58. Panel trasero de router cisco 2600.....	64
Figura 59. Indicadores de led en Panel Frontal.....	64
Figura 60. Tarjeta Controladora E1 2MTF-E1.....	64
Figura 61. Comprobación de los canales E1 en correcto funcionamiento.	67
Figura 62. Conexión E1 desconectado.	68
Figura 63. Conexión E1 Conectado.	68
Figura 64. Led Indicativo del estado de la conexión E1.	69
Figura 65. Módulos necesarios para implementar PSTN.....	69
Figura 66. Registro de softphone de cisco.....	70
Figura 67. Configuración de red del comunicador IP de cisco.....	71
Figura 68. Red de manejada por router cisco.....	72
Figura 69. Conexión E1 entre WIC de cisco y tarjeta telefónica.....	72
Figura 70. Aplicación básica de Tarjeta.....	73
Figura 71. Módulo FXO para agregar a la tarjeta TDM400P.....	74
Figura 72. Módulo FXS para agregar a la tarjeta TDM400P.....	74
Figura 73. Tarjeta TDM400P.....	75
Figura 74. Instalación de tarjeta a puerto PCI.....	75
Figura 75. Conexión de cable de poder para módulo FXS.....	76
Figura 76. Detección de Tarjeta TDM400P.....	77
Figura 77. Tarjeta detectada por Elastix.....	77
Figura 78. Canceladores de ecos disponibles en los puertos de la tarjeta TDM400P.....	78
Figura 79. Configuración de rutas de salida.....	79
Figura 80. Configuración de rutas entrantes.....	80
Figura 81. Gráficas de llamada sin aplicar FXOtune.....	89

Figura 82. Gráficas para llamada saliente a línea fija sin cancelador pero aplicado FXOtune.....	90
Figura 83. Gráficas con cancelador MG2 (saliente a fijo).	90
Figura 84. Gráficas con cancelador MG2 (saliente a celular).....	91
Figura 85. Gráficas con cancelador MG2 (llamada entrante fijo).....	91
Figura 86. Gráficas con MG2 (entrante de celular).....	92
Figura 87. Gráficas con cancelador OSLEC (saliente fijo).	92
Figura 88. Gráficas con cancelador OSLEC (saliente celular).	93
Figura 89. Gráficas con cancelador OSLEC (entrante fija).....	93
Figura 90. Gráficas con cancelador OSLEC (entrante celular).....	94

ACRÓNIMOS O ABREVIATURAS.

ACR	Determinación de índices por categorías absolutas (Absolute Category Rating)
CALC	Hoja de cálculo de Open Office (Apache OpenOffice Calc).
CCR	Determinación de índices por categorías de comparación (<i>comparison category rating</i>).
CLI	Interface de línea de comandos (Command-line interface).
CMOS	Nota media de opinión sobre las comparaciones (<i>comparison mean opinion score</i>).
CSV	Valores separado por coma (Comma Separated Values).
CPU	Unidad central de procesos (Unita Central Process).
DCR	Determinación de índices por categorías de degradación (<i>degradation category rating</i>).
DMOS	Nota media de opinión sobre las degradaciones (<i>degradation mean opinion score</i>).
DSP	Procesador digital de señales (Digital Signal processor).
DTMF	Sistema de marcación por tonos (Dual-Tone Multi-Frecuency).
DAHDI	Interfaz para productos Digium que conecta con el sistema Asterisk (Digium Asterisk Hardware Driver Interface).
E1	Trama de transmision digital de 2048kbps.
ERLE	Atenuación reforzada del eco (Echo Return Loss Enhacement).
ERL	Atenuación del eco (Echo Return Loss).
EXCEL	Aplicación distribuida por Microsoft Office para hojas de cálculo (Microsoft Excel).
FREEPBX	Interfaz web para administración de Asterisk.
FXO	Oficina exterior de intercambio (Foreign Exchange Office).
FXS	Estación exterior de intercambio (Foreign eXchange Subscriber).
GLP	Licencia pública general (General Public License).
ITU	Unión internacional de telecomunicaciones (International Telecommunication Union).
IP	Protocolo de internet (Internet Protocol).
ISDN	Red digital de servicios integrados (Integrated Services Digital Network).
IVR	Respuesta de voz interactiva (Interactive Voice Response).
KB1	Cancelador de eco desarrollado por KrissBoutilier.
LAN	Red de área local (Local Area Network).
LMS	Algoritmo de minimos cuadrados (Least Mean Squared).
MEC	Cancelador de eco Mark (Mark Echo Cancellor).
MOS	Nota media de opinión (<i>mean opinion score</i>).
MG2	Michael Gernoth 2.
OSLEC	Cancelador de eco de línea abierta (Open Source Line Echo Cancellor).
PBX	Central de conmutación privada (Private Branch Exchange).
POTS	servicio telefónico ordinario (<i>Plain Old Telephone Service</i>).
PCI	Interconexión de componentes periféricos (<i>Peripheral Component Interconnect</i>).
PSNT	Red de telefonía conmutada (Public Switched Telephone Network).
SEC	Cancelador de eco de Steve (Steve Echo Cancellor).
SOHO	Oficina pequeña de casa u oficina (Small office/home office).
SSH	Intérprete de órdenes seguro (Secure Shell).

SIP	Protocolo de Inicio de sesiones (<i>Session Initial Protocol</i>).
TCP	Protocolo de control de transmisión (<i>Transmission Control Protocol</i>).
TDM	Multiplexación por división de tiempo (<i>Time Division Multiple Access</i>).
UTP	Par trenzado sin blindaje (Unshielded twisted pair).
VoIP	Voz sobre protocolo de internet (<i>voice over IP</i>).
WAN	Red de área amplia (Wide Area Network).
WAV	Formato de archivo de onda de audio (Waveform Audio File Format).
WIC	Tarjeta de interfaz WAN (WAN Interface Card).

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se analizará el eco tomando como base el estándar G.168 [1] de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, por sus siglas en inglés). Éste describe dos principales métricas de análisis del eco, subjetivas y objetivas [2].

Las métricas subjetivas se realizan estadísticamente evaluando la calidad de llamadas con cierto número de usuarios, quienes evalúan la calidad del servicio de llamada. Por otra parte, las métricas objetivas toman como base una grabación del audio de la llamada para luego tratarlo con un programa por computadora definidas en el estándar G.168.

La cancelación del eco es operada por la generación de múltiples copias de la señal recibida, cada una retrasada por algún pequeño incremento de tiempo. Estas copias retardadas se escalan a continuación, y se resta de la señal original recibida.

1.1 Interés de la investigación

En el año 1995, como parte de un trabajo de un grupo de jóvenes Israelíes, se creó la conexión de dos computadoras para realizar y recibir llamadas a través de una especie primitiva de softphone. A partir de este momento la telefonía IP evolucionó de manera sustancial con el paso de los años. Sin embargo, siempre existieron problemas en este ámbito [3] [4].

Los problemas más comunes en VoIP son la latencia, el Jitter, la pérdida de paquetes y el eco, siendo este último el más complicado de solucionar [5].

En líneas analógicas el eco se produce por un fenómeno técnico que es la conversión de 2 a 4 hilos de los sistemas telefónicos o por un retorno de la señal que se escucha por los altavoces y se introduce nuevamente por el micrófono. Debido a estas limitaciones y problemas, se ve necesaria la investigación a fondo de este problema y así encontrar posibles soluciones.

Ha habido esfuerzos en la creación de canceladores de eco mediante software. Donde Asterisk, la base fundamental de los sistemas de VoIP de bajo costo, brinda un cancelador de eco. Éste se instala en la configuración de la central telefónica. El cancelador llamado OSLEC, es un algoritmo que ha sido desarrollado por un ingeniero Steve Underwood [6]. Este un cancelador de eco de 32ms, actúa justo en los casos en que se produce este tipo de retraso. Cuando las llamadas producen un eco considerable (mayor a 32ms), son las mismas compañías telefónicas que normalmente se encargan (a nivel de centrales) de eliminar el eco que se produce.

También ha habido creación de canceladores mediante hardware, como ejemplo ATCOM [7] es una compañía con sede en China, la cual provee soluciones para la telefonía IP de bajo costo.

Ésta manufactura la tarjeta, la AX1DL [8] la cual permite manejar el tráfico de una central telefónica. Es compatible con Asterisk y permite la implementación de una central IP PBX. Esta tarjeta es compatible con el módulo EC32L, el cual es un sistema desarrollado siempre por ATCOM, que permite la cancelación del eco. Este módulo permite manejar 32 líneas de comunicación simultaneas, también existen módulos para 64 y 128 líneas, dependiendo el tipo de conexión utilizada.

Para la comparación de los canceladores, se necesitó el adquirir el módulo EC32L. Así se pudo dar una respuesta acerca de qué cancelador presenta los mejores resultados.

1.2 Objetivos

- a. Estudiar el estándar G.168 en busca de las pruebas para analizar el eco.
- b. Utilizar el cancelador de eco integrado en el sistema Asterisk.
- c. Poner a prueba la funcionabilidad del cancelador de eco por hardware modelo ATCOM EC32L.
- d. Utilizar la tarjeta TDM400P, para realizar pruebas de canceladores en líneas analógicas.
- e. Comparar la calidad de los canceladores de eco por hardware y por software.
- f. Sugerir la mejor solución basado en los análisis.

1.3 Organización del trabajo

El presente documento se encuentra organizado en cinco capítulos, Introducción, cancelador de eco por software, cancelador de eco por hardware, comparación de canceladores y conclusiones. Cada uno de estos capítulos se subdivide en secciones.

Cada sección puede incluir elementos adicionales tales como tablas, imágenes, segmentos de código identificado de acuerdo a una numeración sucesiva al capítulo que se encuentre. La etapa de anexos igualmente se encuentra identificada para poder hacer referencia en el desarrollo del contenido.

CAPITULO 2: CANCELADORES DE ECO MÉDIATE SOFTWARE

2.1 DEFINICIÓN DE ECO

El eco es un fenómeno en el cual una versión retardada y distorsionada de la señal original retorna a la fuente de la misma. En general, es causado por la reflexión de la señal debido a las imperfecciones en el medio de comunicación.

En transmisiones telefónicas, el eco ocurre cuando existen diferencias de impedancia en los circuitos de interfaz de la línea de recepción (eco de línea) y en sistemas telefónicos de “manos libres” (free-hands), debido a que, el micrófono se encuentra en la trayectoria de la señal emitida por el parlante (eco acústico). El eco causa una pérdida o un detrimento en la fidelidad de la conversación entre los usuarios.

Dado que los sistemas de transmisión telefónicos están compuestos por diferentes sistemas con distintas posibilidades de interconexión entre ellos, en cada conexión puede existir una discontinuidad de impedancia significativa. A pesar de esto, las centrales que conforman la red troncal pueden ser diseñadas para evitar discontinuidades de impedancias considerables. Sin embargo, la conexión entre el suscriptor y la central local presenta un inconveniente, debido a que los lazos locales que llevan la señal a cada suscriptor varían de uno a otro por las diferencias: en la longitud de los cables, en las condiciones del medio ambiente y en los calibres de los cables empleados en los lazos, etc.; este desacople de impedancias causa una reflexión o eco de línea, que se regresa a través del canal de comunicación.

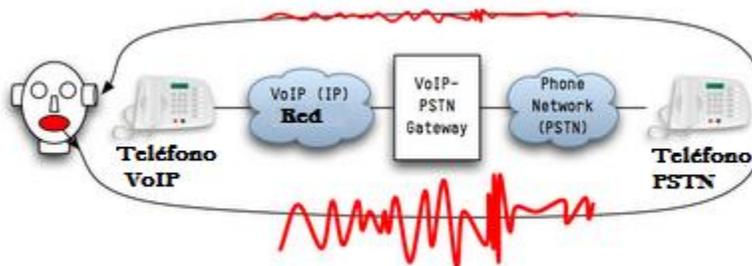


Figura 1. Medio de retorno de la señal emitida [9].

La Figura 1 muestra el eco que se refleja hacia el terminal izquierdo, esta misma situación se repite para el terminal derecho. Así, cada persona escuchará una repetición retardada, atenuada y de alguna forma distorsionada de su propia señal (eco del que habla).

Debido a que las fuentes de eco son propias de todos los sistemas telefónicos, es evidente la necesidad de algún tipo de control para mitigar sus efectos. Existe una variedad de técnicas que son utilizadas para el control del eco. El uso de una u otra dependerá del tipo de conexión y de los objetivos específicos de cada enlace. Existen diferentes tipos de eco los cuales se describen en la próxima sección.

2.2 TIPOS DE ECO

2.2.1 Acústico

El eco acústico se origina en una parte posterior del bucle local de audio que se produce cuando un micrófono, recoge las señales de audio desde un altavoz, y lo envía de vuelta a un participante de origen. El eco acústico puede intensificarse cuando se utilizan micrófono sensible, así como cuando el volumen del micrófono y / o altavoz está activado hasta un nivel alto, y también cuando el micrófono y el altavoz se coloca de modo que el micrófono está cerca de uno o más de los altavoces. Este eco se ve agravado por el eco acústico reflectante reflejado por las paredes y objetos. Este tipo de eco se muestra en la figura 2.

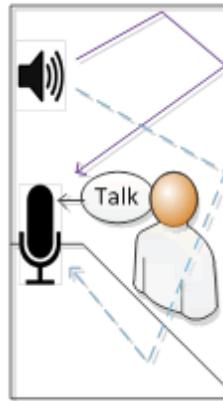


Figura 2. Generación de eco acústico [10].

2.2.2 Híbrido

La causa más frecuente de eco en la PSTN (del Inglés Public Switch Telephone Network) es el desacople de impedancias dentro del circuito híbrido. Que es donde los circuitos de 4 hilos se convierten en circuitos de 2 hilos o viceversa. Este eco generado eléctricamente ocurre cuando la energía entrante desde el interlocutor de extremo distante se refleja de nuevo hacia el altavoz como la replicación ligeramente alterada y el retraso debido a la diferencia de impedancia en el híbrido, Figura 3. La presencia de eco se produce siempre que el retraso de la señal replicada excede los 10 milisegundos, y se hace evidente en el altavoz cuando el retraso es superior a tan sólo 16 ms.

Se manifiesta al extremo lejano como una réplica alterada de la original de altavoz. Los circuitos híbridos activos proporcionan alguna reducción de eco, pero no lo suficiente aun cuando el retardo del circuito de extremo a extremo es moderado. La señal que se refleja de vuelta se mide como ERL (del Inglés Echo Return Lost), cuanto mayor será la ERL, menor es la señal reflejada de vuelta al altavoz.

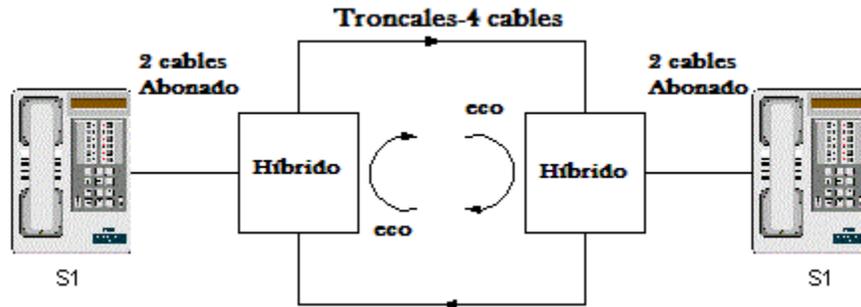


Figura 3. Generación de eco Híbrido [11].

Para resolver el problema del eco existen 2 formas: Hardware: Mediante un módulo cancelador de eco, acoplado a las tarjetas telefónicas E1 y Software: Línea de código definido en Asterisk que permite la reducción de eco de cierto porcentaje generado.

2.3 CANCELADORES DE ECO MEDIANTE SOFTWARE

Asterisk trae algoritmos de cancelación de eco mediante software que se activan únicamente con el parámetro 'echocancel=yes' o 'echocancel=xxx', donde 'xxx' es el número de 'taps' que va a cancelar, con un valor mínimo 0 y un número máximo 256. Asterisk tiene integrado los siguientes canceladores y esto puede observarse en el código fuente system.conf (/etc/dahdi/system.conf), así como también en la tarjeta AX1DL mostrado en la Figura 7.

- ✓ Asterisk mark echo canceller (mec)
- ✓ Asterisk steve echo canceller (sec)
- ✓ Asterisk steve2 echo canceller (sec2)
- ✓ Asterisk kb1 echo canceller (kb1ec)
- ✓ Asterisk mg2 echo canceller (mg2ec)
- ✓ SoftEcho (comercial)
- ✓ SoliCall (comercial)
- ✓ FxoTune
- ✓ OSLEC

Estos canceladores se describirán brevemente a continuación:

2.3.1 Asterisk Mark Echo canceller (MEC)

Este cancelador de eco es una simple media de mínimos cuadrados, cancelador de eco con detección doble discurso. No tiene Supresor de error residual, ni tampoco tiene un filtro de paso alto [12].

Se basa en parte en las notas de aplicación de Texas Instruments “*Digital echo canceller with a TMS32020*” [13].

$$a_k(i + 1) = a_k(i) + 2\beta \frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} e(i - m)y(i - m - k) \quad (1)$$

Un caso especial es cuando $M=1$ en la ecuación 1, frecuentemente llamado algoritmo de mínimos cuadrados LMS (del Inglés Least-Mean-Squared).

2.3.2 Asterisk mg2 echo canceller (MG2)

Este es el cancelador de eco por defecto que es proporcionada por DAHDI. Realiza un trabajo de cancelación regular, fue rediseñado desde el original cancelador de eco ZapTel por Michael Gernoth. Antes que el Cancelador OSLEC estuviera disponible, era uno de los mejores que se podía encontrar [14].

2.3.3 Cancelador de eco KB1

Este cancelador era original de ZapTel desarrollado por KrisBoutilier [14].

2.3.4 Cancelador de eco SEC y SEC2

Un cancelador de eco, adecuado para cancelación de eco acústico e híbrido. Este cancelador de eco no cumple con los estándares relevantes de cancelación como los son G.164, G.165, G.167, G.168. Fue escrito por Steve Underwood [14].

2.3.5 Cancelador de eco hpec

Este cancelador de eco de alto rendimiento, únicamente trabaja con equipos de Digium [14].

2.3.6 SoliCall (comercial)

Software de reducción de ruido de audio exclusivo de SoliCall ofrece innovadoras soluciones de reducción de ruido basado en el perfil, cliente o basado en la nube de cancelación de eco y control automático de ganancia [15].

2.3.7 SoftEcho (comercial)

Es un cancelador de eco, incluido en software para Asterisk hasta 16 canales, lo que garantiza una excelente calidad de sonido en todos los entornos de audio, incluso los que tienen perturbador ruido de fondo [16].

2.3.8 FXOtune

FXOtune es una utilidad para modificar los módulos FXO de las tarjetas análogas y optimiza las características de los dispositivos TDM (del Inglés Time Division Multiple Access) para minimizar el origen del eco. Lo que FXOtune realiza es balancear el híbrido que se refiere al grado de simetría eléctrica entre dos impedancias, por tanto lo que se quiere es que la impedancia del puerto FXO coincida en el mayor grado posible con el de la línea. Una vez el híbrido esté balanceado correctamente, los canceladores eco por software funcionarán bien [17][18].

2.3.9 OSLEC

Es un cancelador de eco de código abierto de alto rendimiento. OSLEC se suministra como licencia GLP (del Inglés General Public License) en código fuente en C de libre distribución. OSLEC particularmente cumple con el estándar G.168 y se ejecuta en tiempo real en plataformas X86.[16]

2.4 EJEMPLOS DE CANCELACIÓN DE ECO MEDIANTE SOFTWARE

A continuación se presenta la configuración y aplicación de dos tipos de canceladores mencionados en la sección 2.3, específicamente FXOtune que es usado en líneas analógicas y OSLEC que es usado en muchas plataformas de Asterisk.

2.4.1 FxoTune (Líneas analógicas)

Reducir el eco en las líneas analógicas es posible gracias a FXOtune. FXOtune optimiza las características de un dispositivo TDM para minimizar el origen del eco. Esto se llama generalmente "balancear el híbrido" y es bastante importante. Una vez el híbrido esté balanceado correctamente, los canceladores eco por software funcionarán bien.

El primer paso es conocer el nivel de eco que existe y para ello se debe que tener cargados los módulos de zaptel, wctdm y detener el servicio de Asterisk con el comando mostrado en la Figura 4.

```
# Si se usa freePBX
[root@PBXElastix]# amportal stop
# en caso contrario directamente en el CLI
CLI>stop now
```

Figura 4. Detención de Asterisk

Para ver el nivel de eco que existe en el puerto FXO 32 se ejecuta el comando mostrado en la Figura 5.

```
[root@PBXElastix]# fxotune -d -b 32
Dumping module
echo ratio = 0.3018 (1375.2/ 4557.0)
Done!
```

Figura 5. Ejecución de comando FXOTune

El valor “*echo ratio*” debe ser lo más próximo posible al 0.0, si es inferior al 5% el cancelador de eco por software deberá funcionar correctamente. Para valores mayores al 5% se debe realizar el ajuste.

La opción -d obtiene los resultados en un fichero CSV, por tanto se verá el resultado de una manera gráfica ajustando el test a una sola frecuencia con una onda de 1004 Hz en lugar de realizarlo a múltiples frecuencias (para esto se usa el parámetro -w 1004). Se debe borrar el anterior fichero fxotune_dump.vals y se vuelve a generar, la Figura 6.

En el fichero están los valores separados por comas, el primer parámetro es la muestra, el segundo el input recibido por la línea, y el tercer parámetro es el output enviado a la línea:

```
headfxotune_dump.vals
Buffers, freq=1004, outpower=3004, echo=0.3018
Sample, Input (received from the line), Output (sent to the line)

52, -3004, -2664
53, -3004, -13345
54, -3004, -16148
55, -3004, -9420
56, -3004, 2867
57, -3004, 13463
58, -3004, 16112
59, -3004, 9251
```

Por tanto al importar el fichero CSV a OpenOffice.org, Calc o a Excel, se verá el eco gráficamente.

Para realizar el ajuste FXOtone (con el parámetro -i 5) hará que se pueda reducir el eco:

```
[root@PBXElastix]# fxotune -i 5
```

```
Tuning module /dev/zap/1  
Unable to set impedance on fd 4  
Failure!  
/dev/zap/2 absent: No such device  
/dev/zap/3 absent: No such device  
Tuning module /dev/zap/4  
Done!
```

Para establecer esta configuración se ejecuta FXOtone (con el parámetro -s), esto se deberá hacer a cada reinicio después de cargar los módulos de Zaptel y antes de iniciar Asterisk:

```
[root@PBXElastix]# fxotune -s
```

El eco debe haberse reducido significativamente, ahora estará por debajo del 5% que son los límites aceptados empíricamente y por tanto debería ser eliminado totalmente por el cancelador de eco de Zaptel o cualquier otro cancelador instalado, esto se ve en la figura 6.

```
[root@PBXElastix]# fxotune -d -b 32 -w 1004  
Dumping module  
echo ratio echo=0.0107 (119.4 / 11145.0)  
Done!
```

Figura 6. Eco reducido por fxotune a 1%

Con el anterior procedimiento se logra reducir el eco presente en líneas analógicas usando FXOtone.

2.4.2 OSLEC

OSLEC es cancelador de eco de 32ms, actúa justo en los casos en que se produce este tipo de retraso. Funciona en cualquier plataforma de Asterisk como Elastix, FreePBX y otros. A continuación se describe la forma configurar OSLEC en Asterisk usando configuración directa de archivo y en un entorno gráfico.

OSLEC viene incluido en casi cualquier instalación de Asterisk, y para poder comprobar su existencia se abre una sesión remota con SSH o desde la consola del servidor con el usuario root.

Para comprobar que está instalado el módulo de OSLEC en el servidor:

Se ejecuta el siguiente comando:

```
locateoslec | grep /lib/modules  
Aparecera la siguiente linea (dependera de la version)  
/lib/modules/2.6.18-194.3.1.el5/dahdi/dahdi_echocan_oslec.ko
```

Se configura OSLEC para que funcione en los puertos del adaptador hacia la PSTN.

Para hacerlo se agrega en el archivo `/etc/dahdi/system.conf`, la opción `echocanceller=OSLEC,X` donde X corresponde al número o números de puertos sobre el cual actuará OSLEC.

El siguiente comando verifica la existencia de OSLEC como cancelador de eco para cada puerto FXO de la tarjeta TDM400P:

```
[root@PBXElastix/]# lsdahdi
```

Verificar que aparece OSLEC como cancelador de eco por cada puerto FXO.

```
### Span 2: WRTDM/0 "Wildcard TDM410P" (MASTER)
32 FXO FXSKS (In use) (EC: OSLEC-INACTIVE) RED
33 FXO FXSKS (In use) (EC: OSLEC-INACTIVE) RED
34 FXO FXSKS (In use) (EC: OSLEC-INACTIVE) RED
35 FXO FXOKS (In use) (EC: OSLEC-INACTIVE) RED
```

Otra forma más fácil de poder configurar el uso de cancelador en Elastix, es mediante la interfaz web, donde únicamente hay que detectar los módulos hardware AX1D y TDM400P. Para poder hacer una llamada usando OSLEC solamente se activa la opción OSLEC en el canal que se desee aplicar cancelación. Para cada canal se tiene que seleccionar el tipo de cancelador utilizar, como aparece en la Figura 7.

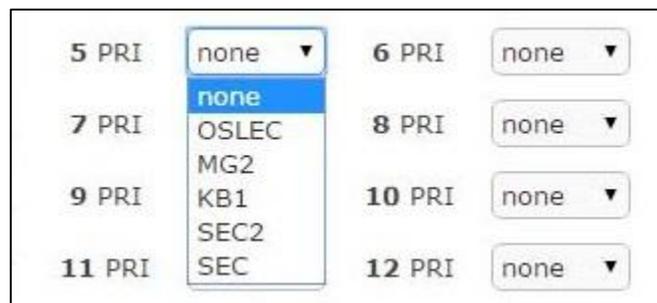


Figura 7. Tipos de canceladores que muestra la interface Elastix.

En las últimas dos secciones se ha configurado dos tipos de canceladores FXOtune y OSLEC para poder ser empleados en la cancelación de eco en las llamadas. Los resultados obtenidos se presentan en el capítulo 4.

El uso de los canceladores de eco mediante software dependerá de la cantidad de líneas telefónicas que se usarán. Algunos de los canceladores descritos en este capítulo serían suficientes para lograr una calidad de llamada considerable.

En el mejor de los casos usar OSLEC, este presenta mayores ventajas de los descritos logrando una cancelación de 32ms, como se describirán en el capítulo 4, donde se realizará la comparación de los canceladores software. Si la aplicación requiere llamadas con mayor calidad y sobre todo eliminación de eco mayores de 32 ms de retrasos será necesario ir pensando en otras alternativas.

CAPITULO 3. CANCELADORES DE ECO MEDIANTE HARDWARE

En los sistemas de telefonía esta es la segunda opción para eliminar la presencia del eco en las comunicaciones a distancia. Se instalan unos pequeños dispositivos en los extremos de la comunicación. Estos aparatos permiten aplicar directamente al sonido emitido unos filtros de amplitud y frecuencia a la señal, de forma que la señal del eco queda prácticamente eliminada.

Existen en el mercado diferentes proveedores de módulos capaces de eliminar el eco producido en las llamadas telefónicas, cada una de estos módulos con la capacidad de sostener desde 30 hasta cientos de llamadas simultaneas dependiente del modelo, y controlan retardos desde 32ms hasta 128ms.

En el presente capítulo se describe brevemente algunas empresas que manufacturan módulos de cancelación de eco. También se describe el módulo cancelador de eco ec32L de Atcom, así como la instalación y configuración del mismo.

3.1 TIPOS DE CANCELACIÓN DE ECO HARDWARE

A continuación se describen módulos canceladores de eco hardware manufacturados por distintos fabricantes, todos estos cumplen la misma función, con la diferencia de la compatibilidad entre tarjetas ya que cada fabricante diseña las tarjetas y canceladores para que únicamente sean compatibles con su marca.

3.1.1 Módulos Xorcom

Xorcom ha diseñado un cancelador de eco constituido por un módulo de hardware para sus galardonadas interfaces de telefonía Astribank y aparatos IP PBX basados en Asterisk [19].

El módulo provee un nivel elevado de cancelación de eco y mejora de la voz, y al mismo tiempo reduce la carga sobre la CPU en comparación con OSLEC. Un modelo de estos canceladores se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Módulo cancelador de eco XR300 [20].

3.1.2 Módulos Digium

Digium ofrece una línea de módulos cancelador de eco DSP para todas las tarjetas analógicas y digitales (T1/E1/J1), como la serie de módulos VPMOCT [21]. El módulo VPMOCT256 se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Módulo cancelador de eco VPMOCT256.

MÓDULO	MANEJO DE CANALES	COMPATIBILIDAD CON TARJETA
VPMOCT256	256	TE820F/TE820BF
VPM128	128	4-Port TE435(1TE435BF) 4-Port TE436 (1TE436BF)
VPMOCT128	128	TE405PF(TE407PF) TE410PF(TE412PF) TE420F(TE420BF)
VPM064	64	2-Port TE235(1TE235BF) 2-Port TE236(1TE236BF)
VPMOC064	64	TE205PF(TE207PF) TE210PF(TE212PF) TE220F(TE220BF)
VPM032	32	4-Port A4A 4-Port A4B 8-Port A8A 8-Port A8B
VPMOC032	32	4-port TDM410 4-port AEX410 8-port TDM800P 8-port AEX800 24-port TDM2400P 24-port AEX2400 1-port TE121 1-port TE122

Tabla 1. Módulos canceladores de eco hardware Digium.

3.1.3 Módulos ATCOM

ATCOM ofrece una línea de módulos de cancelación de eco basado en DSP para todos los (T1/E1/J1) tarjetas digitales con los módulos de la serie de la EC [22], estos se muestran en la Tabla 2.

MÓDULO	TARJETA	CANALES	STANDARD	TAPS/TIME
EC32	AX1D	32	G.168-2002	1024taps/128 ms
EC64	AX2D	64	G.168-2002	1024taps/128 ms
EC128	AX4D	128	G.168-2002	1024taps/128 ms

Tabla 2. Módulos canceladores de eco hardware ATCOM para tarjetas digitales.

3.2 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE CANCELADOR DE ECO EC32L DE ATCOM

Para el presente trabajo se empleó el cancelador hardware EC32L de ATCOM, Figura 10, el cual es capaz de manejar 30 llamadas simultáneas, y controlar un tiempo de retardo de 128ms.



Figura 10. Cancelador de eco hardware EC32L de ATCOM.

Teniendo el cancelador y la tarjeta AX1DL que es compatible con el módulo descrito en la Tabla 3.3 se deben acoplar para hacer un solo módulo como se ilustra en la Figura 11.

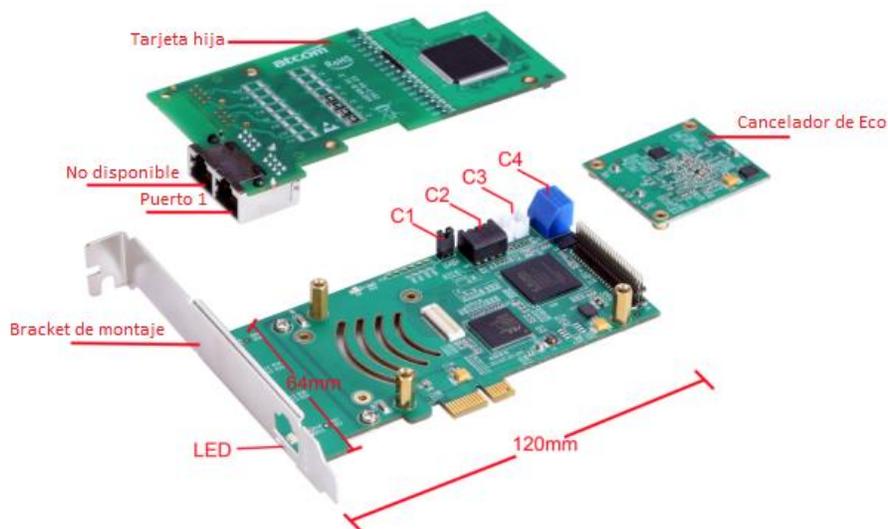


Figura 11. Tarjeta AX1DL y montaje de EC32L.

Luego de tener la Figura 11. Se procede a la instalación a la PC, por medio de puerto PCI express 2.0.

Para la eliminación del eco se tienen dos opciones:

Eliminación del eco generado localmente y eliminación del eco generado en el extremo lejano. Para elegir se debe hacer uso del jumper que la tarjeta tiene incorporado, ver Figura 12.

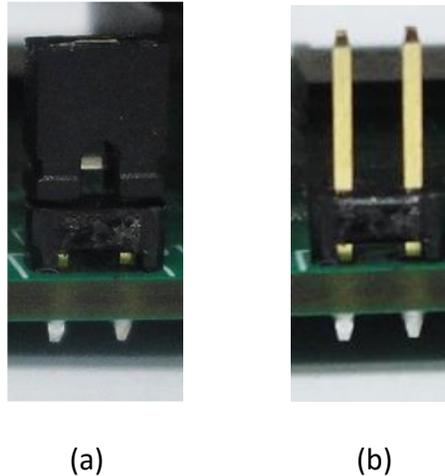


Figura 12. Eliminación del eco: (a) En el lado local, (b) En el lado lejano.

3.2.1 Instalación

El proceso de instalación de la tarjeta AX1DL se realizó junto a la instalación de Asterisk, de tal forma que no haya dificultad de funcionamiento si lo hiciéramos por separado, pero haciendo una sola instalación permite tener todos los drivers, librerías para el correcto funcionamiento con Asterisk/Elastix.

3.2.2 Funcionamiento

1. Después de arrancar el servidor con el AX1DL y el módulo de cancelación de eco, se debe ejecutar el comando `"dmesg"` para comprobar si se detecta el hardware o no.

Al ejecutar el comando se tiene la información de la Figura 13.

```
Opvxd115 0000:03:00.0: Firmware Version: c01a0165
Opvxd115 0000:03:00.0: FALC Frammer Version: 3, 1
Opvxd115 0000:03:00.0: Found a Wilcard: OpenVox D130P/D130E Single-port E1/T1 card (3rd GEN)
VPM450: echo cancellation for 32 channels
Opvxd115 0000:03:00.0: VPM450: hardware DTMF disabled.
Opvxd115 0000:03:00.0: VPM450: Present and operational servicing 1 span(s)
```

Figura 13. Comprobación de cancelador hardware instalado.

2. Para el uso del módulo de cancelador de eco, se debe deshabilitar el cancelador por software en el siguiente directorio: **“/etc/dahdi/system.conf”**, Adicionalmente se habilita en siguiente parámetro:

```
“echocancel=yes” en el directorio “/etc/asterisk/chan_dahdi.conf”
```

Finalmente reiniciar dahdi y Asterisk.

3. Ejecutar Asterisk y hacer una llamada por el canal 1, obteniendo la siguiente información.

```
localhost*CLI>dahdi show channel 1
Channel: 1
File Descriptor: 17
Span: 1
Extension: 300
Dialing: no
Context: from-pstn
Caller ID: 900
Calling TON: 33
Caller ID name: 900
Mailbox: none
Destroy: 0
InAlarm: 0
Signalling Type: ISDN PRI
Radio: 0
Owner: DAHDI/1-1
Real: DAHDI/1-1
Callwait: <None>
Threeway: <None>
Confno: -1
Propagated Conference: -1
Real in conference: 0
DSP: yes
Busy Detection: no
TDD: no
Relax DTMF: no
Dialing/CallwaitCAS: 0/0
Default law: alaw
Fax Handled: no
Pulse phone: no
DND: no
Echo Cancellation:
128 taps currently ON
Wait for dialtone: 0ms
PRI Flags: Call
PRI LogicalSpan: Implicit
```

Los canceladores de eco hardware presentan características ventajosas en cuanto a los tiempos mayores de retraso que permiten cancelar, esta es una ventaja considerable, que les permite tener mayor presencia en tecnologías a la vanguardia y por supuesto en negocios que tienen que ver con comunicación, como es el caso de empresas de telefonía. En cuanto a módulos canceladores hardware para tarjetas telefónicas existen una variedad de marcas en el mercado, como las descritas en este capítulo y otras no mencionadas. Todas independientes de la marca realizan la misma función. Hoy día los canceladores logran manejar 32ms a 128 ms, y canales de 32 a 256. La instalación de estos canceladores es sencilla desde la instalación de los drivers hasta la manipulación de los canales en Asterisk. Descrito en el presente capítulo.

CAPITULO 4: COMPARACIÓN DE CANCELADORES

En el presente capítulo se realizarán dos tipos de análisis para la comparación de los canceladores: pruebas subjetivas y objetivas.

Los métodos *subjetivos* de medida de la calidad de servicio, se basan en conocer directamente la opinión de los usuarios. Típicamente resultan en un promedio de opiniones por ejemplo, el valor MOS (del Inglés Mean Opinión Score).

Los métodos *objetivos*, a su vez se subdividen en *intrusivos* (se inyecta una señal de voz conocida en el canal y se estudia su degradación a la salida) y *no intrusivos* (monitorean ciertos parámetros en un punto de la red y en base a estos permite establecer en tiempo real la calidad que percibiría un usuario). En la Figura 14 se puede ver un esquema gráfico sobre los métodos de asignación de calidad.

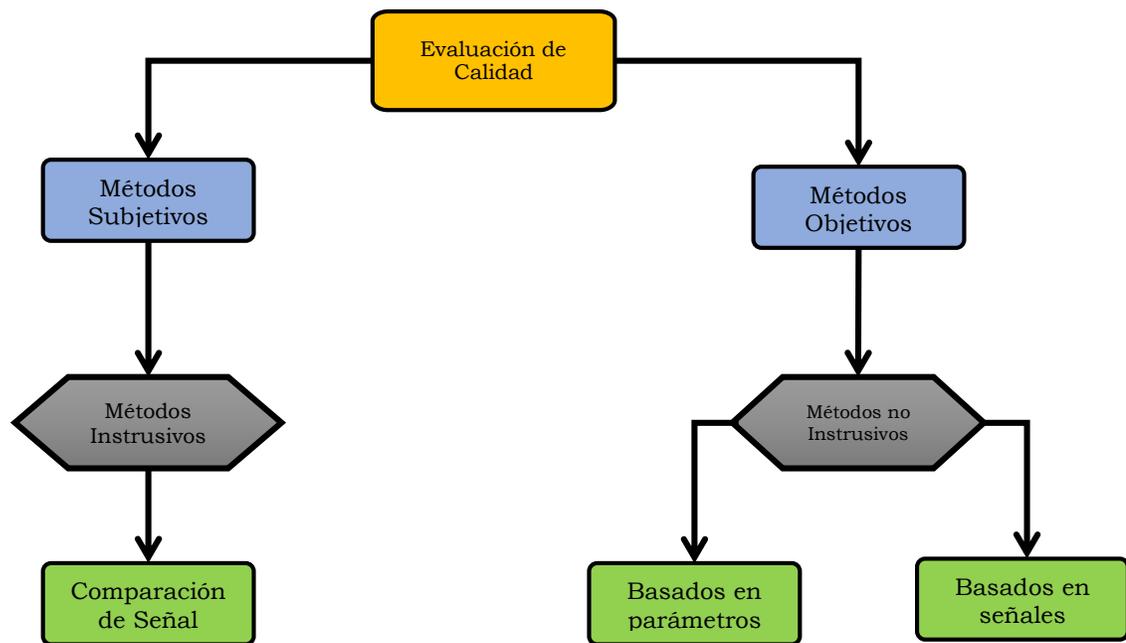


Figura 14. Clasificación de los métodos de asignación de calidad.

A continuación se describe los escenarios para poder realizar las pruebas descritas.

En vista de que el laboratorio de comunicaciones de la Escuela de Ingeniería Eléctrica no cuenta con un servicio contratado de VoIP, no se pudo establecer una prueba directa del uso de la tarjeta AX1DL y el módulo de cancelación de eco hardware EC32L.

En una primera fase se intentó la simulación de conectar la planta telefónica en Elastix hacia la PSTN, pero se encontró con un problema conceptual luego de realizar diferentes configuraciones descritas en la sección 4.1 y 4.2.

En una segunda fase se usó la tarjeta TDM400P que sirve de interfaz entre la planta telefónica y la PSTN, solo que esta tarjeta está diseñada para trabajar con líneas analógicas. Con esta tarjeta se podría realizar prueba de cancelación de eco mediante hardware pero actualmente no se cuenta con el módulo VPMADT032 compatible con la tarjeta. En la sección 4.2 se describe la configuración de esta tarjeta en la planta Elastix para poder realizar las pruebas de cancelación de eco por medio de software.

4.1 INTEGRACIÓN ELASTIX -CISCO

Para poder realizar las pruebas pertinentes tanto para cancelación de eco software y hardware se implementó un sistema que permitiera simular la red PSTN. Se conectó la planta telefónica PBX, que contiene la tarjeta AX1DL con el cancelador de eco software y hardware por un lado, y por el otro lado un router cisco 2600 junto a softphone y teléfonos analógicos, como se muestra en la Figura 15.

Inicialmente como parte de asegurar el correcto funcionamiento de la tarjeta telefónica, se logró conectarse mediante la conexión apropiada de un enlace E1, proporcionado por la Facultad de Economía de la Universidad de El Salvador. Con la conexión E1 se confirmó el buen funcionamiento de la tarjeta y de la planta.

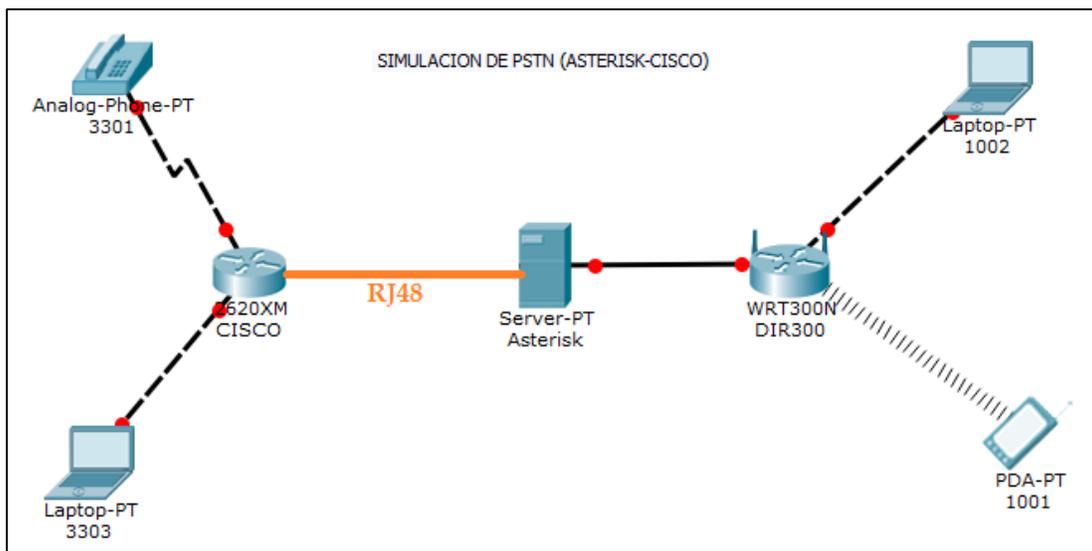


Figura 15. Esquema de simulación.

Para lograr la conexión de la planta telefónica Asterisk con la red PSTN simulado por el router cisco, es necesario configurar los dos extremos del sistema, es decir del lado de la planta y POTS (del Inglés Plain Old Telephone Service) descrito detalladamente en el Anexo C. Al no lograr los objetivos previstos se procedió a implementar otra solución descrita en la sección 4.2.

4.2 USO DE TARJETA TDM400P

El uso de la tarjeta TMD400P permite: aplicar FXOtune a líneas analógicas, realizar llamadas a la PSTN usando la planta Elastix y obtener los audios generados por la planta y analizarlos, aplicar los canceladores de OSLEC y MG2, hacer prueba sin cancelación.

Para realizar las configuraciones de los elemento de este escenario de pruebas se desarrolló lo que se muestra en la Figura 16.

Como una alternativa para analizar los canceladores de eco, se decidió realizar las pruebas usando esta tarjeta.

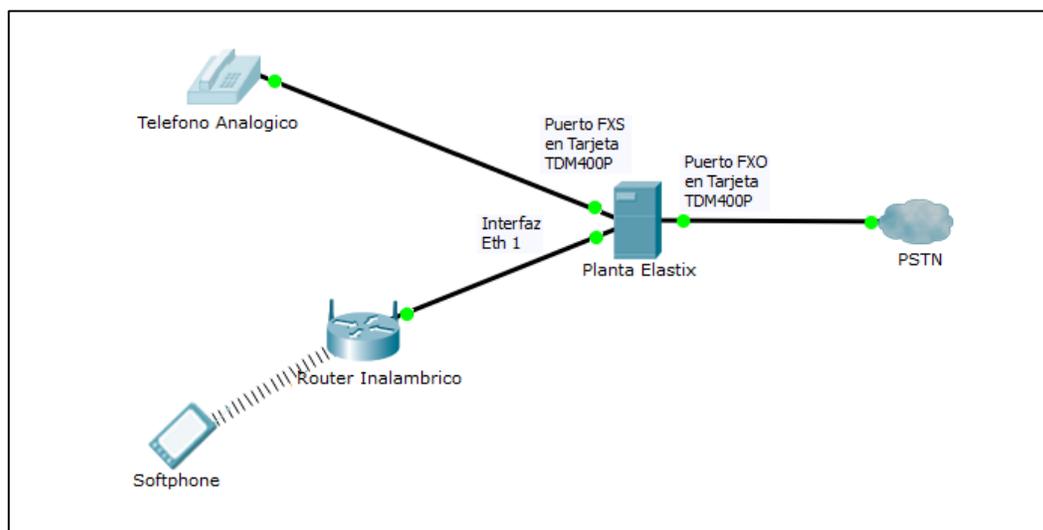


Figura 16. Escenario de prueba con tarjeta TDM400P.

La configuración detallada del escenario de pruebas mostrado en la Figura 16 se describe en el Anexo D. Con esta configuración se tiene las condiciones para proceder a la realización de llamadas que serán analizadas de manera subjetiva y objetiva.

4.3 MÉTODOS SUBJETIVOS

Básicamente se pueden clasificar en determinación de índices por categorías absolutas (ACR, del inglés Absolute Category Rating) que tiene como resultado la puntuación de nota media de opinión (MOS, del inglés Mean Opinion Score), la determinación de índices por categorías de degradación (DCR, del inglés Degradation Category Rating) que tiene como resultado la nota media de opinión sobre las degradaciones (DMOS, del inglés Degradation Mean Opinion Score) y la determinación de índices por categorías de comparación (CCR, del Inglés Comparison Category Rating) que tiene como resultado la nota media de opinión sobre comparaciones (CMOS, del Inglés Comparison Mean Opinion Score). Las distintas pruebas son realizadas normalmente en condiciones controladas (por ejemplo cuartos aislados acústicamente).

También se requiere mucho cuidado en el momento de definir las condiciones e interpretar los resultados.

En el Anexo A se presentan de forma más detallada los distintos métodos subjetivos explicados en la recomendación de la ITU-T P.800 [26] para audio, ya que el audio es en lo que se centra este proyecto.

4.3.1 Pruebas de opinión media de los usuarios

❖ Determinación de índices por categorías absolutas

En este tipo de prueba, los participantes deben asignar un valor global de calidad a la señal de audio que se les presenta (por lo general ya transmitida), sin tener acceso a la señal original. De ahí el nombre de absoluto. Los valores de calidad se asignan de acuerdo a la Tabla 3.

Valor de calidad	Calidad de la Señal
5	Excelente
4	Buena
3	Regular
2	Pobre
1	Mala

Tabla 3. Valores de calidad de llamada utilizados en ACR.

El valor medio asignado por los participantes es el MOS. En el caso que se simulen conversaciones el resultado es el MOSc.

❖ Determinación de índices por categorías de degradación

Cuando las señales son de buena calidad, los métodos ACR son insensibles a los pequeños cambios de calidad. En este tipo de caso se utilizan los métodos tipo DCR, en los cuales a los participantes se les presentan dos señales separadas por un segundo y deben asignar un valor a la degradación de la calidad de una respecto de la otra, de acuerdo a la siguiente escala, Tabla 4.

Valor de Calidad	Nivel de Degradación
5	Imperceptible
4	Perceptible pero no molesta
3	Un poco molesta
2	Molesta
1	Muy molesta

Tabla 4. Valores de calidad de llamada utilizados en DCR.

El valor medio asignado por los participantes es el DMOS.

Existen diversas variantes en este tipo de método dependiendo de las señales que se presenten juntas. Lo más común es presentar la señal original y luego la distorsionada (ya transmitida). Esto permite medir la fidelidad del sistema de comunicación utilizado.

❖ **Determinación de índices por categorías de comparación**

Este método es muy similar al anterior, las muestras se presentan en parejas, a diferencia del DCR donde la primera señal es la referencia, en el CCR el orden es aleatorio. Los encuestados deben asignarle un valor a la calidad de la segunda señal comparada con la primera según la escala de la Tabla 5.

Valor de calidad	Calidad de la Señal
3	Mucho mejor
2	Mejor
1	Apenas mejor
0	Igual
-1	Apenas peor
-2	Peor
-3	Mucho peor

Tabla 5. Valores de calidad de llamada utilizados en CCR.

Para evitar la obtención de datos cruzados, se utilizó el mismo criterio de DCR utilizando primero la señal de referencia y luego la transmitida, pero con la diferencia de la escala la cual es un distinto sistema de evaluación. El valor medio de los resultados de la evaluación se conoce como CCR.

4.3.2 Pruebas y resultados

Las pruebas subjetivas se realizaron en la Escuela de Ingeniería Eléctrica, con compañeros de diferentes años de estudio, con la misma explicación y en un mismo entorno, siendo reproducidas las grabaciones de las llamadas de manera aleatoria, de modo que evitara la sugestión de cómo se debían de calificar.

Fueron un total de 13 personas quienes evaluaron la calidad de las llamadas quienes calificaron de acuerdo al cuestionario presentado en el Apéndice A.

4.3.2.1 Determinación de índices por categorías absolutas

En el ACR se reprodujo únicamente el audio de la llamada transmitida y los resultados de acuerdo a la Tabla 3 son los mostrados en la Tabla 6.

Muestra	OSLEC	MG2	Sin Cancelador	Sin FXOTune
1	5	5	4	3
2	5	3	4	2
3	3	2	2	2
4	3	3	2	2
5	4	4	3	2
6	3	2	3	2
7	2	2	1	2
8	3	1	2	2
9	1	1	1	2
10	3	4	2	1
11	3	1	2	1
12	4	3	4	4
13	4	4	3	3
Sumatoria	43	35	33	28
ACR	3.30769231	2.69230769	2.53846154	2.15384615

Tabla 6. Resultados de evaluación ACR.

Se observa en la Tabla 6 que el cancelador OSLEC tiene un MOSc de 3.30 siendo el mejor ante los demás canceladores.

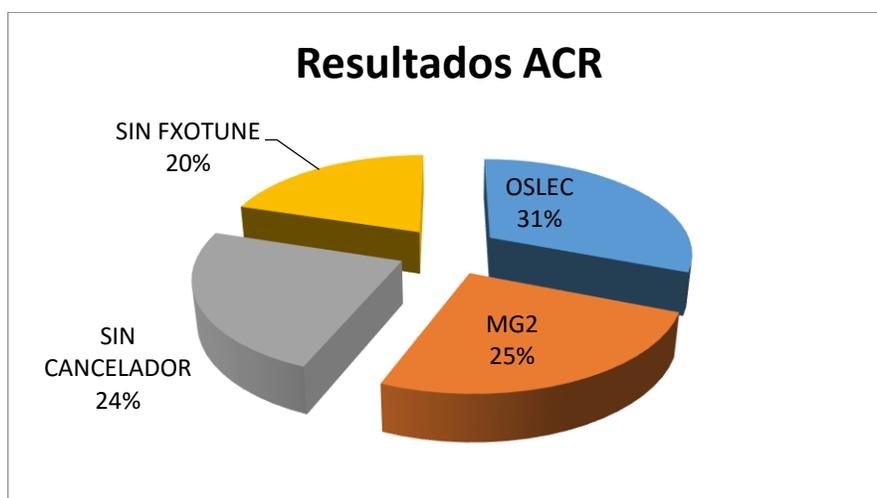


Figura 17. Gráfica de resultados ACR.

4.3.2.2 Determinación de índices por categorías de degradación

En el DCR se mide la degradación de la señal transmitida con respecto a la señal original, esta señal original se grabó en un ambiente controlado, directamente al micrófono y es la misma que se transmite, esta señal no contiene eco acústico ni eco eléctrico, ya que es una grabación directa, la evaluación se realizó según la calificación mostrada en la Tabla 4.

Muestra	OSLEC	MG2	Sin Cancelador	Sin FXOTune
1	4	4	3	2
2	3	4	4	4
3	4	2	3	4
4	4	3	2	2
5	4	2	2	1
6	4	4	1	4
7	4	2	1	1
8	3	2	2	3
9	3	3	1	1
10	4	4	2	2
11	3	4	4	4
12	4	2	3	4
13	4	3	1	2
Sumatoria	48	39	29	34
DCR	3.69230769	3	2.23076923	2.61538462

Tabla 7. Resultados de evaluación DCR.

En la Tabla 7 se muestran los valores asignados por los participantes a las llamadas transmitidas al comparar estas con la señal original, en estos se observa que el cancelador OSLEC es el que tiene mejor calificación con un valor de 3.69 de DMOS.

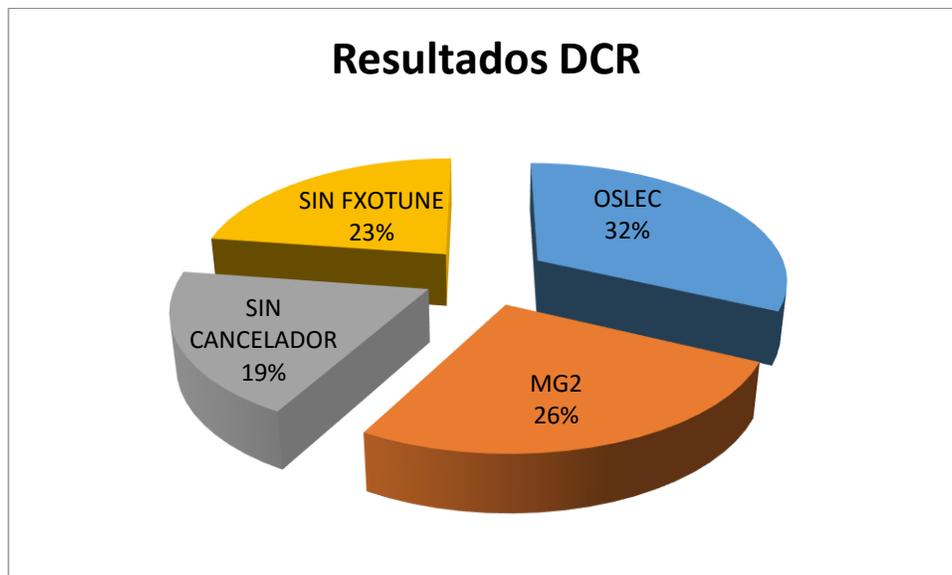


Figura 18. Gráfica de Resultados DCR.

4.3.2.3 Determinación de índices por categorías de comparación

Para el CCR como se describía anteriormente se tomó igual que el DCR el orden de reproducción de los audios, con la diferencia de la escala de calificación ahora se realizó según se muestra en la Tabla 5.

Muestra	OSLEC	MG2	Sin Cancelador	Sin FXOTune
1	-3	-2	-2	-3
2	-3	-1	-1	-2
3	-2	-3	-3	-3
4	-2	-2	-2	-3
5	-3	-2	-2	-1
6	-1	-2	-2	-3
7	-3	-2	-3	-2
8	-3	-3	-3	-3
9	-3	-3	-3	-2
10	-2	-2	-3	-2
11	-1	-3	-2	-2
12	-2	-2	-1	0
13	-1	-1	-3	-3
Sumatoria	-29	-28	-30	-29
CCR	-2.230769	-2.153846	-2.307692	-2.230769

Tabla 8. Resultados de evaluación CCR.

En la Tabla 8 se muestran los resultados de la encuesta para el CCR, según estos datos el cancelador que obtiene mejor calificación es el MG2 con un CMOS de -2.15.

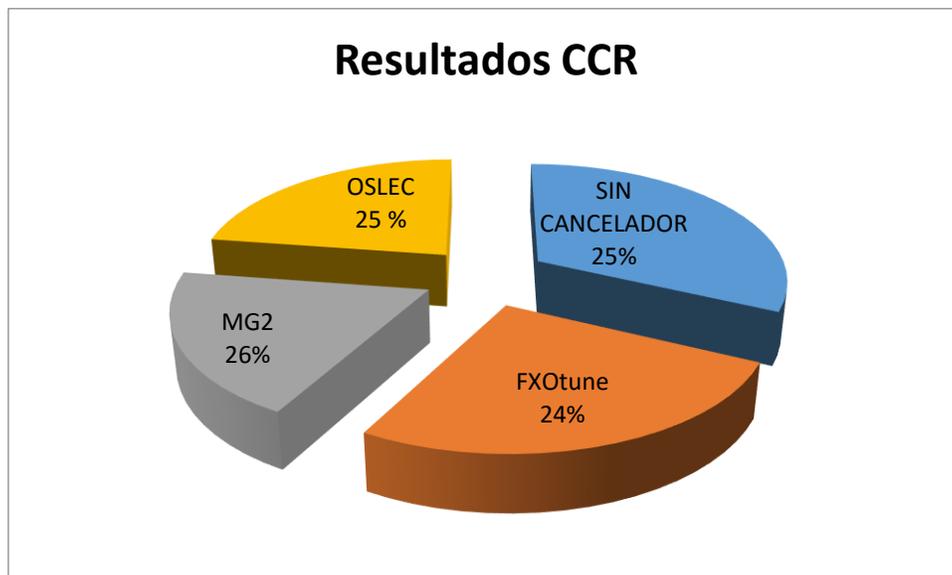


Figura 19. Gráfica de resultados CCR.

4.3.3 Comparación de resultados

En la Tabla 9 se observa una comparación de los valores de las tres pruebas subjetivas, en ellas se observa, que en el caso de ACR el valor mayor es el que dice cual cancelador es el mejor, en este caso es el OSLEC con un MOSc de 3.30, esto indica que la calidad de la llamada es razonable según los encuestados.

Muestra	OSLEC	MG2	Sin Cancelador	Sin FXOTune
ACR	3.30769231	2.69230769	2.53846154	2.15384615
DCR	3.69230769	3	2.23076923	2.61538462
CCR	-2.230769	-2.153846	-2.307692	-2.230769

Tabla 9. Comparación de resultados MOSc, DMOS y CMOS.

Para el DCR según los participantes el cancelador que provee una menor degradación de la calidad es nuevamente el OSLEC, que tiene un DMOS de 3.69 siendo el de mayor valor y por tanto la degradación aun es perceptible pero no molesta la conversación.

Finalmente en el CCR hay una diferencia ya que se esperaría que OSLEC fuera el cancelador que proveería la mejor calidad de audio, dadas las calificaciones previas, sin embargo, en este caso el MG2 es el que, según los entrevistados, brinda una mejor calidad en la llamada, por tener un CMOS de -2.15, sin embargo la programación de este no está bajo los estándares de la ITU, es por esto, que si seguimos las recomendaciones de ésta, el mejor cancelador es el OSLEC ya que es el que tiene mejor calificación luego del MG2 con un CMOS de -2.23.

4.4 MÉTODOS OBJETIVOS

Como se mencionaba anteriormente los métodos objetivos se basan en parámetros cuantificables de sistema que se emplea, como lo son valores de ancho de banda, retrasos en la red, mediciones del eco.

La realización de la prueba objetiva toma como referencia una métrica definida en el estándar G.168 denominado atenuación reforzada del eco ERLE (del Inglés Echo Return Loss Enhancement).

Las pruebas están concentradas únicamente en los canceladores OSLEC, FXOtune, MG2. Los demás canceladores mencionados en el capítulo 2 hoy día no tienen mayor aplicación ya que son predecesores de OSLEC y MG2.

4.4.1 Pruebas y resultados

Una de las herramientas favorables de Elastix es que permite grabar todas las llamadas de sus extensiones, permitiendo poder extraer sus archivos con extensión .wav y poder hacer un análisis

más cuidadoso de la calidad de la llamada. Las grabaciones de las llamadas a ser analizadas se muestran en la Figura 20.

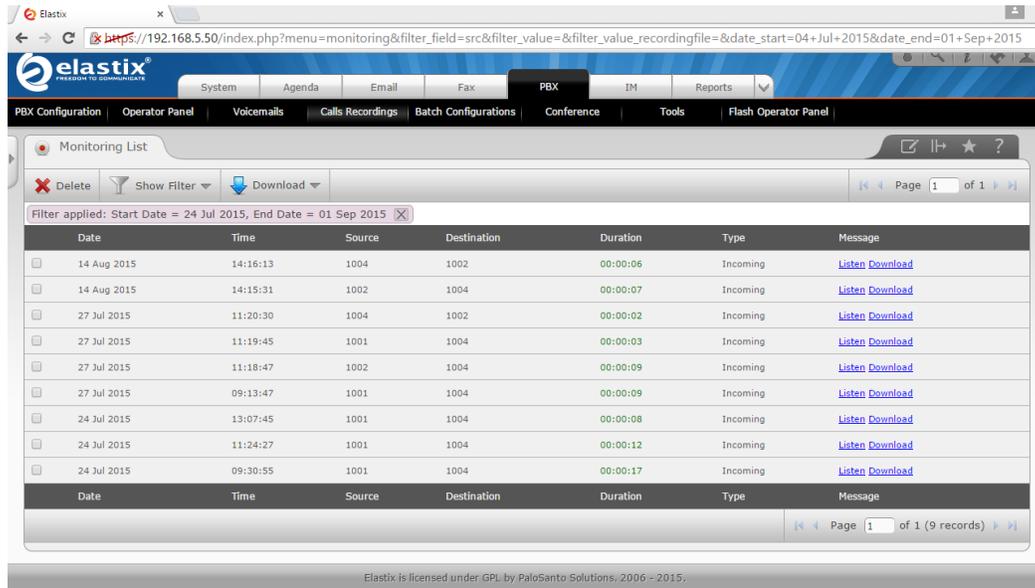


Figura 20. Grabaciones de llamadas.

Para poder definir y realizar comparaciones objetivas de los canceladores de eco software se realizaron pruebas correspondientes a cada uno de los canceladores como se muestran en la Tabla 10.

La prueba consistió en realizar llamadas de diferentes dispositivos (Celulares y línea Fija) con la variabilidad de cambiar el tipo de cancelador disponible.

Canceladores	Tipo de llamadas
Sin aplicar FXOTUNE Sin cancelador	Saliente a línea fija
	Saliente a celular
MG2	Saliente a línea fija
	Saliente a celular
	Entrante a línea fija
	Entrante a línea fija
OSLEC	Saliente a línea fija
	Saliente a celular
	Entrante celular

Tabla 10. Tipos de pruebas objetivas.

Las pruebas fueron aplicadas usando la planta telefónica Elastix hacia la PSTN por medio de puertos FXO, las cuales fueron grabadas en la planta y luego graficadas para poder hacer el análisis.

El análisis de cada una de las pruebas se basó en un parámetro del estándar G.168 de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones denominado atenuación reforzada del eco (Echo Return Loss Enhancement por sus siglas en inglés).

Según el estándar G.168 el ERLE se define como la atenuación en decibeles de la señal del eco a pasar por el trayecto de un cancelador de eco. Esta definición excluye específicamente cualquier procesamiento no lineal en la salida del cancelador.

En otras palabras ERLE es la comparación de la señal de eco medida antes y después de aplicar un cancelador de eco. El ERLE es medido en dB y está dada por la ecuación general [24][27].

$$ERLE = 10 \log_{10} \left\{ \frac{\text{Potencia de señal de eco}}{\text{Potencia del eco residual}} \right\} \text{ dB} \quad (2)$$

Para el caso:

$$ERLE = 10 \log_{10} \left\{ \frac{E[(u_1(k) - \tilde{u}_2(k))^2]}{E[(u_2(k))^2]} \right\} \text{ dB} \quad (3)$$

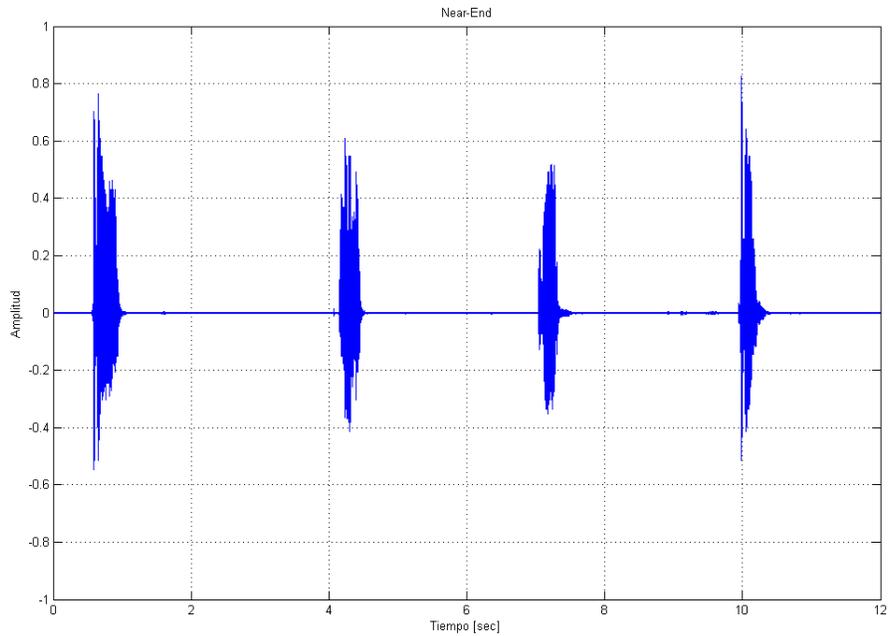
Donde:

- $u_1(k)$: La señal completa tanto en el extremo lejano como cercano.
- $\tilde{u}_2(k)$: La señal del extremo lejano.
- $u_2(k)$: La señal del extremo cercano.

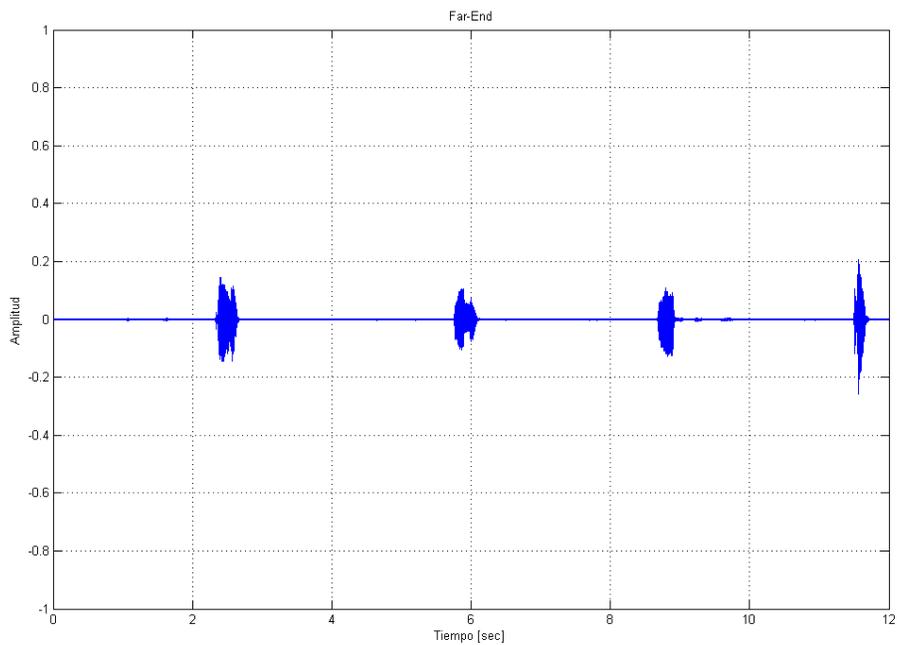
Es importante mencionar que la evaluación del ERLE se hace considerando que el sistema no se encuentra en una situación de doble conversación (double-talk). Por tal razón es importante separar e identificar en la llamada lo siguiente:

- ❖ Extremo cercano (Near-End).
- ❖ Extremo lejano (Far-End).

Tal como se muestra en la Figura 21.



(a)



(b)

Figura 21. Señal del extremo: (a) cercano (Near-End), (b) lejano (Far-End).

Para poder analizar las diferentes señales se empleó el programa Matlab que permite el procesamiento de señales, empleando el código descrito en el Anexo E.

4.4.1.1 Cancelador FXOTune

Al correr FXOtune (descrito en el capítulo 2) para la línea telefónica empleada se obtuvo los resultados presentados en la Figura 22, que muestra que existe un 30% de eco presente en la línea, esto quiere decir que al menos casi un tercio de los que se transmite de un extremo a otro es reflejado como eco.

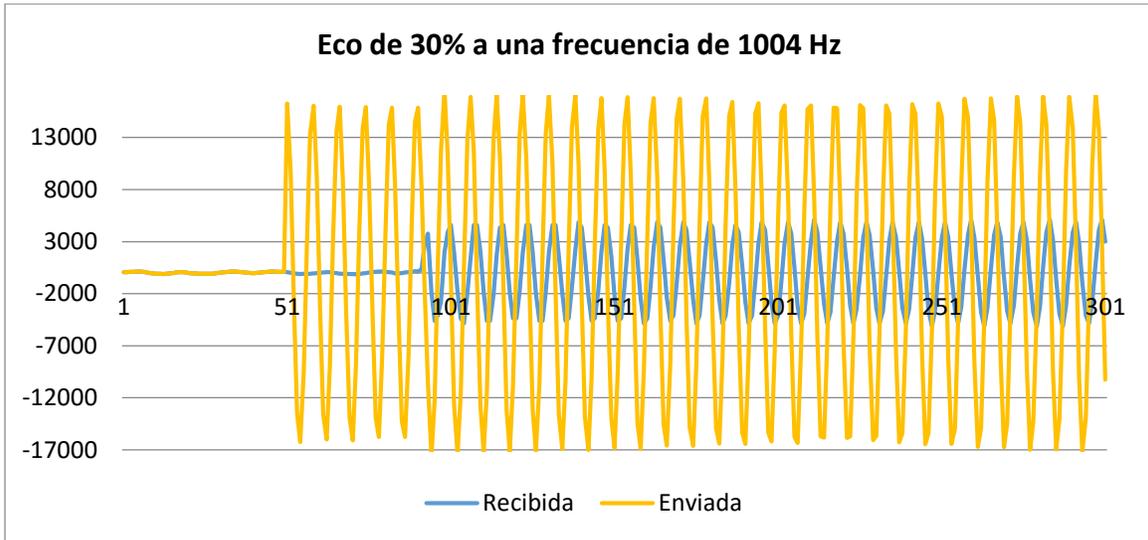


Figura 22. Eco antes de aplicar FXOtune muestreado a 1004 Hz.

Sin aplicar FXOtune a la línea telefónica se realizó llamada para poder cuantificarla. El valor de ERLE obtenido para esta prueba se muestra en la Figura 23.

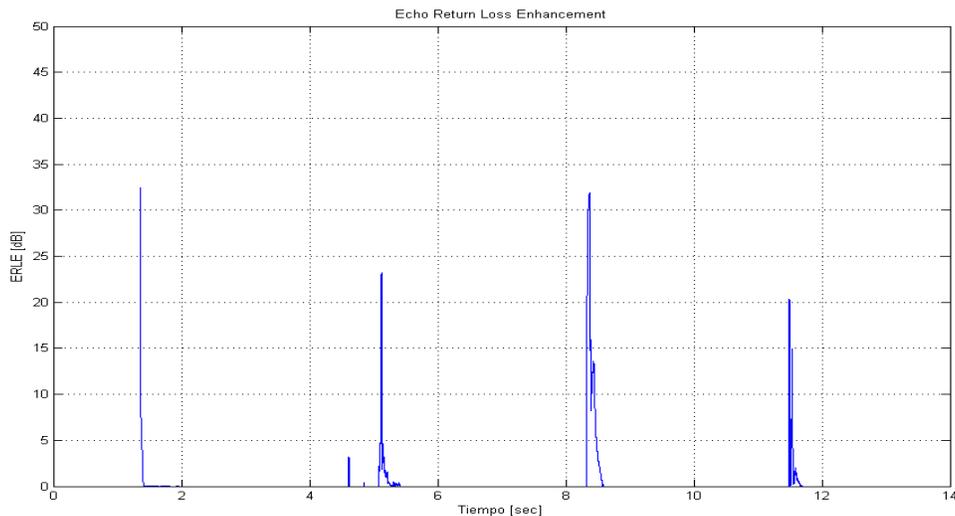


Figura 23. ERLE (33 dB) de señal sin FXOtune.

Al aplicar FXOtune (descrito en el capítulo 2) al canal de comunicación el eco presente en la línea fue reducido significativamente llegando a 1%, esto quiere decir que la línea se encuentra bajo

condiciones favorables para realizar llamadas, como se ve en la Figura 24, sin embargo eso no quiere decir que el eco acústico no se encuentre presente en las llamadas.

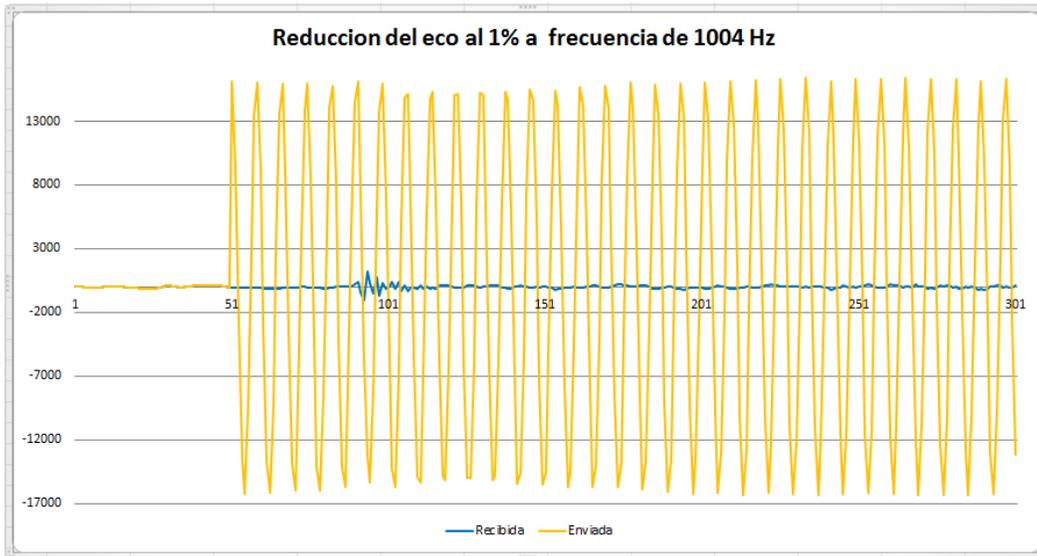


Figura 24. Reducción del eco luego de aplicar FXOtune muestreado a 1004 Hz.

Igual que la prueba anterior se realizó una llamada, esta vez de línea fija a línea fija y su valor de ERLE calculado se muestra en la Figura 25.

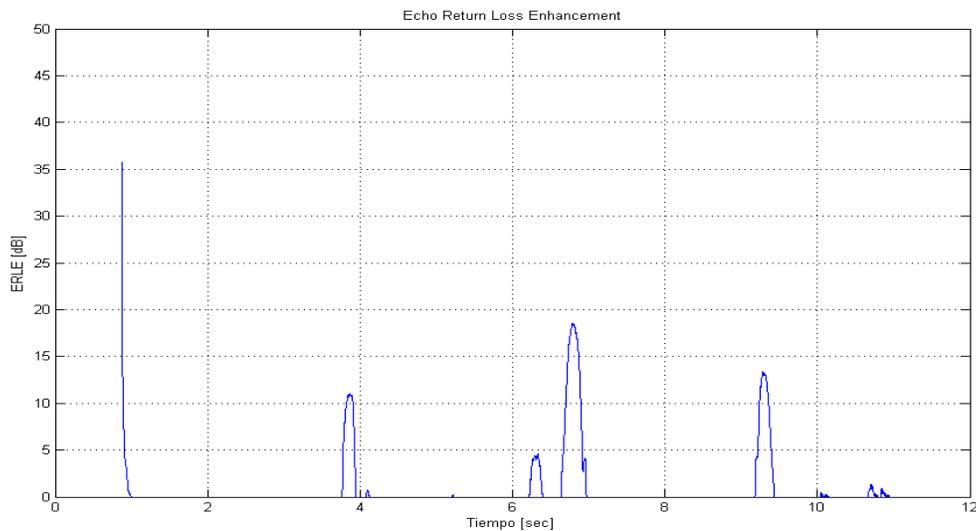


Figura 25. ERLE (19 dB) para llamada sin cancelador aplicado FXOtune.

4.4.1.2 Cancelador MG2

Para el uso del cancelador MG2 en el canal 32, este se habilitó en Elastix tal como se muestra en la Figura 26. Luego se procedió a realizar las llamadas y a procesarlas para calcular el ERLE según

las pruebas descritas en la Tabla 10. Los resultados de este procesamiento se muestran en las Figuras de la 27 a la 30.

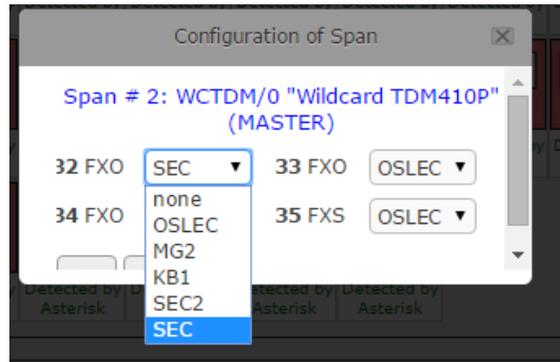


Figura 26. Selección de cancelador en Elastix.

❖ Llamada saliente a Línea Fija:

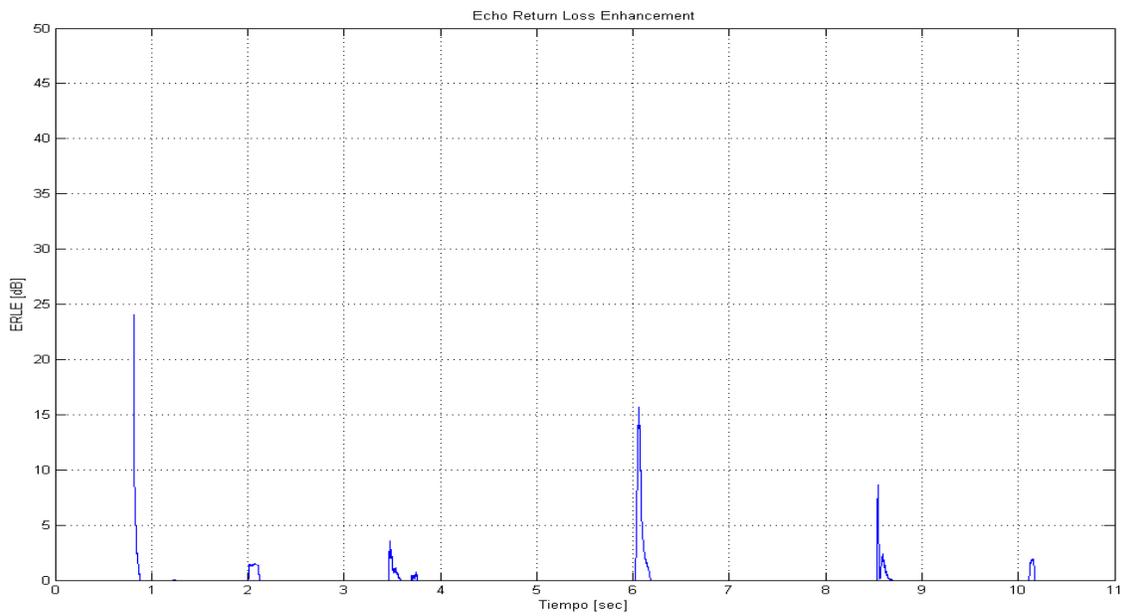


Figura 27. ERLE (25dB) con cancelador MG2.

❖ Llamada saliente a Celular.

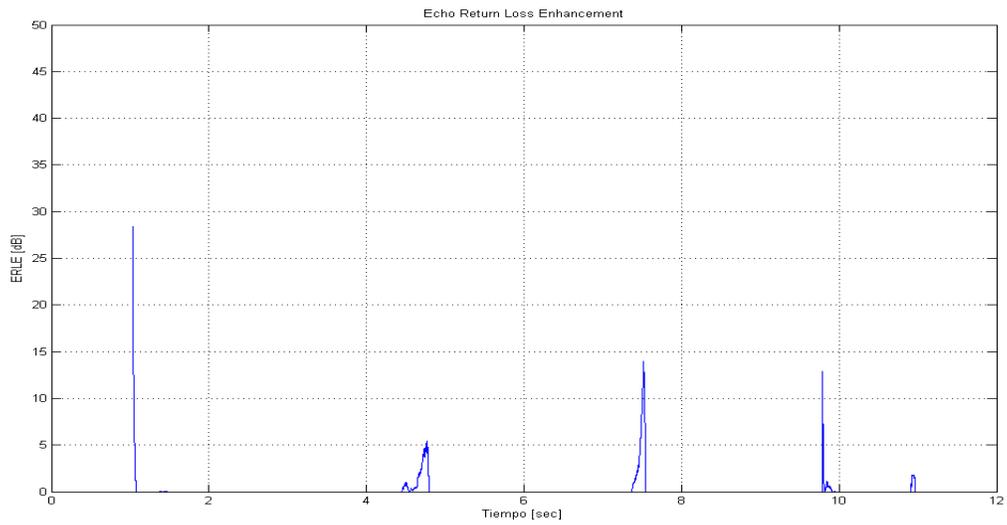


Figura 28. ERLE (28dB) con cancelador MG2.

❖ Llamada entrante de línea Fija.

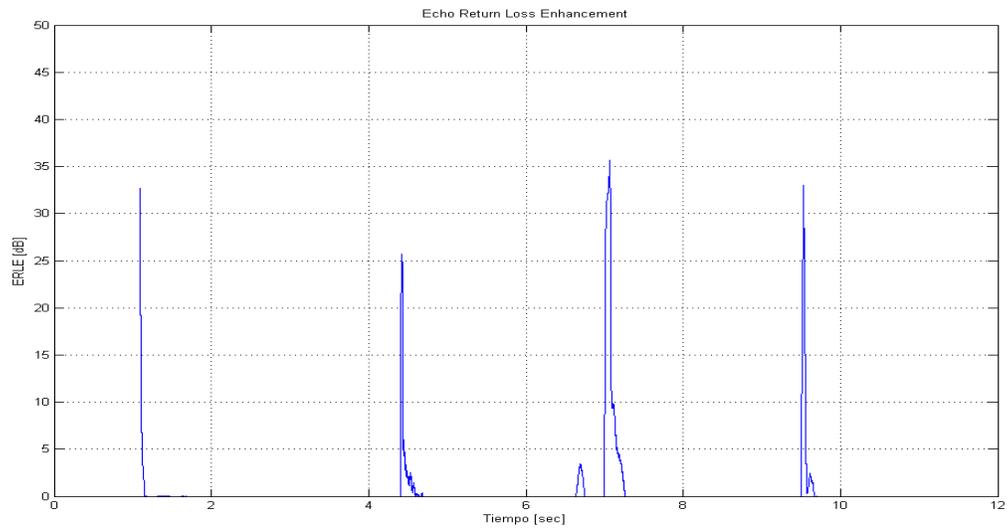


Figura 29. ERLE (35dB) con cancelador MG2.

❖ Llamada entrante celular

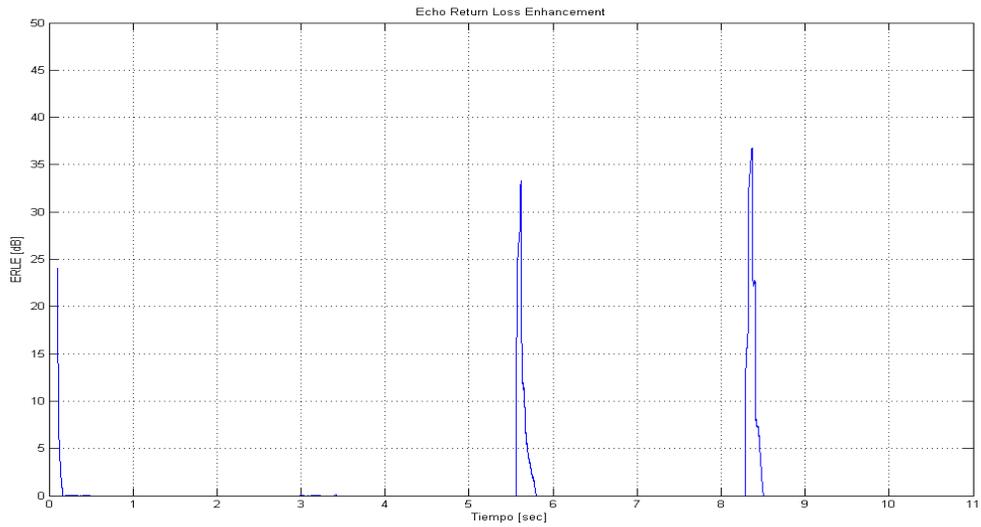


Figura 30. ERLE (37dB) con cancelador MG2.

4.4.1.3 Cancelador OSLEC

Al igual que el cancelador MG2, OSLEC se habilitó en el canal 32 por medio de Elastix tal como se muestra en la Figura 26. Luego se procedió a realizar las llamadas y a procesarlas para calcular el ERLE según las pruebas descritas en la Tabla 10. Los resultados de este procesamiento se muestran en las Figuras de la 31 a la 34.

❖ Llamada saliente línea fija

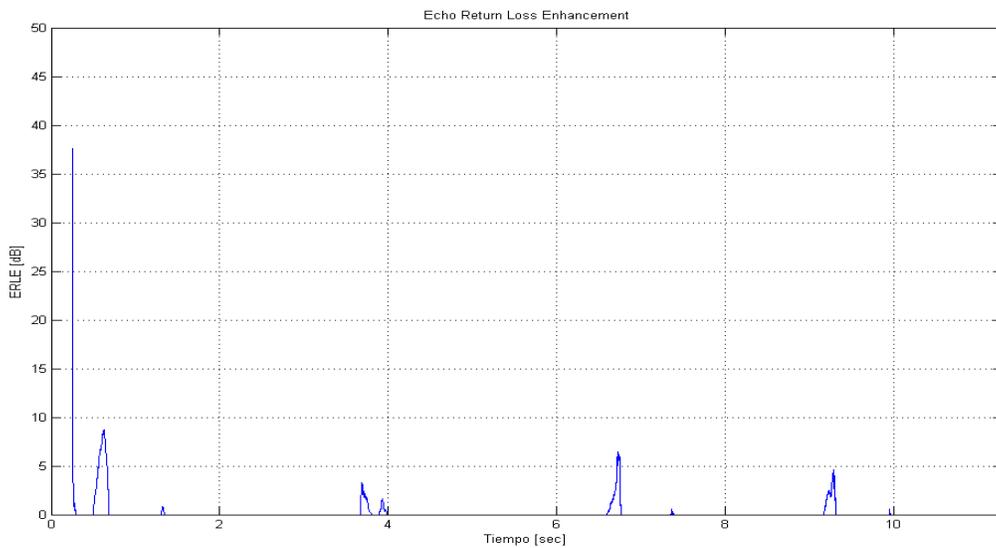


Figura 31. ERLE (38dB) con cancelador OSLEC.

❖ Llamada saliente a Celular

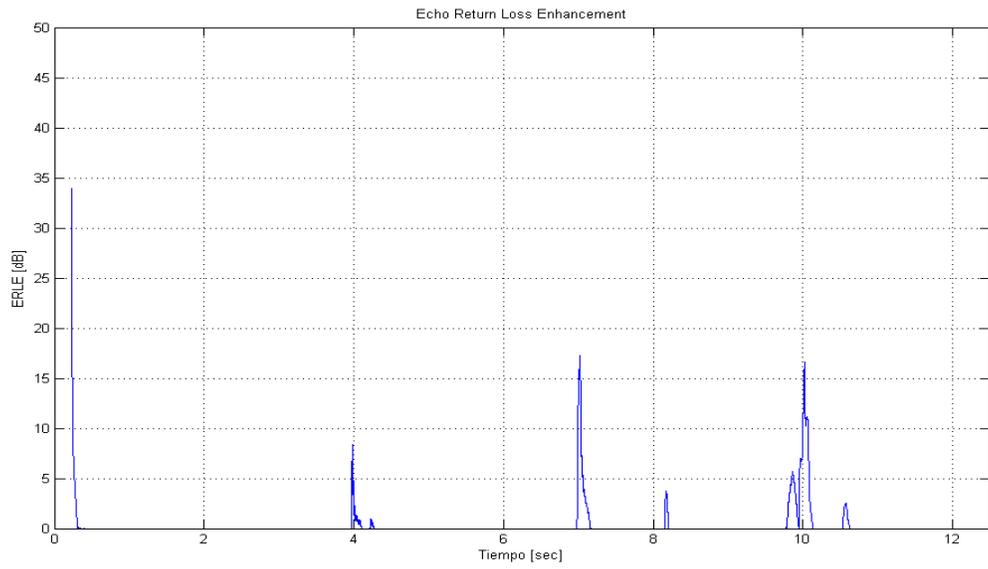


Figura 32. ERLE (39dB) con cancelador OSLEC.

❖ Llamada entrante fija.

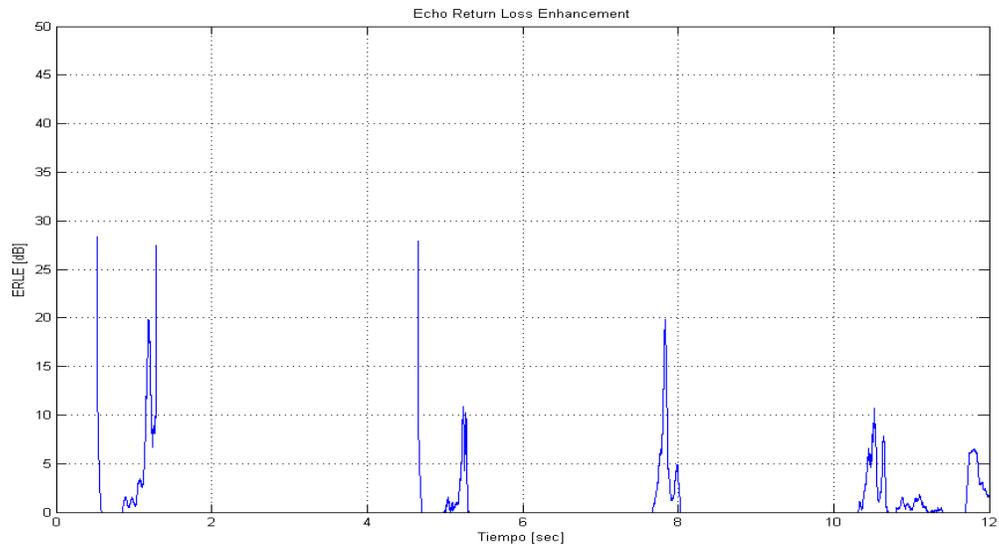


Figura 33. ERLE (29dB) con cancelador OSLEC.

❖ Llamada entrante Celular

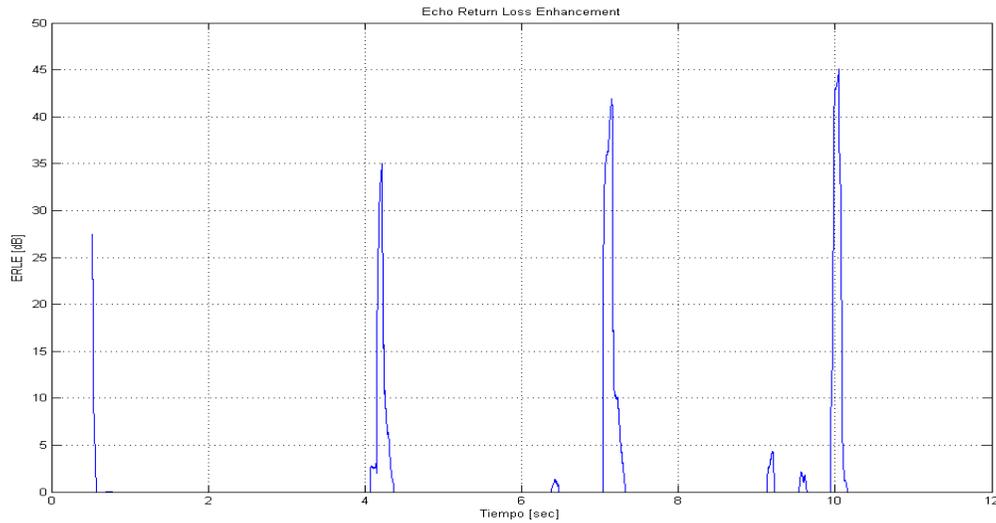


Figura 34. ERLE (45dB) con cancelador OSLEC.

4.4.2 Comparación de resultados

Canceladores y valores de ERLE en dB

Tipo de llamada	Sin Cancelador	MG2	OSLEC
Salida a fijo	36	25	38
Salida a celular	25	28	39
Entrante fijo		35	29
Entrante celular		37	45
PROMEDIO	30.5	31.25	37.75

Tabla 11. . Comparación de canceladores mediante ERLE.

El parámetro para poder hacer la comparación de mejor cancelador tiene que ver con el valor de ERLE. Mayor ERLE mucho mejor el cancelador [24][25], por lo tanto al observar la Tabla 11 el cancelador que presenta mayores resultados de ERLE corresponde al OSLEC.

CAPITULO 5: CONCLUSIONES

En este trabajo de graduación se realizó la construcción de una planta de telefonía IP mediante la plataforma Elastix/Asterisk. Se realizaron pruebas de eco al servicio ofrecido por la planta mediante cancelador software. Como alternativa también se creó un sistema por medio de equipos de Cisco que permitiera simular la PSTN con el fin de poder realizar sin restricciones las pruebas de eco a una conexión E1.

En base a la construcción, funcionamiento y análisis del trabajo se llegó a las conclusiones siguientes:

5.1 CONCLUSIONES

- ❖ En cuanto a los modos de cancelación de eco, hoy en día los más empleados son canceladores de eco hardware, aunque esta opción es la más cara. En cuanto a los canceladores por software son bastante eficientes y la dificultad es el uso de las CPU, aunque en la actualidad los equipos vienen dotados de mayor capacidad, ofreciendo de esta forma el uso de un cancelador de software sin tener el miedo o la inquietud de sobrecargar a la CPU.
- ❖ La creación de una red simuladora de PSTN mediante la tarjeta telefónica E1 el router Cisco 2600 es una tarea difícilmente de resolver. Para poder lograr que esto funcione es necesario poder documentarse respecto al equipo necesario, además de las capas de red en una conexión. Si la conexión logrará establecerse mediante la simulación de la PSTN muy probablemente podría manejar una única llamada telefónica en simultáneo, perdiendo así el sentido de manejar 30 canales de voz y 2 de datos en un enlace E1.
- ❖ En base a investigaciones previas el uso de un cancelador hardware o software depende de los siguientes factores: tipo de uso de la central telefónica, los abonados que esta maneje, el presupuesto y equipo a disposición.
- ❖ La evaluación de los canceladores software incorporados en Asterisk tienen un buen desempeño de calidad, por lo que es recomendable principalmente en plantas que no sobrepasen un par de decenas de extensiones.
- ❖ OSLEC presenta los mejores resultados de evaluación de cancelador tanto en pruebas subjetivas como objetivas, lo que demuestra que es una buena opción de cancelación de eco mediante software disponible en casi todas las plataformas de Asterisk.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] UIT-T, G.168: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES, Julio 2002. , [En línea], Disponible:
https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=s&id=T-REC-G.168-201504-I!!PDF-E&type=items
- [2] G.168, Echo canceller multimedia Demo, [En línea], Disponible:
http://www.adaptivedigital.com/multimedia_demo/adt_g168_subjective_testing.htm
- [3] Voz-ip.co, Historia de la VoIP, [En línea], Disponible:
<http://voz-ip.co.blogspot.com/2011/07/historia-voip.html>
- [4] VOIPEX –VoIP Exchange, Historia de la VoIP, [En línea], Disponible:
<http://voipex.blogspot.com/2006/04/historia-de-voip.html>
- [5] ElastixTech, Calidad de servicio para VoIP, [En línea], Disponible:
<http://elastixtech.com/qos-calidad-de-servicio-para-voip/>
- [6] ROWETEL, Oslec Echo Cancellor, [En línea], Disponible:
http://www.rowetel.com/blog/?page_id=454
- [7] ATCOM, Sitio oficial de ATCOM, China, [En línea], Disponible: <http://www.atcom.cn/>
- [8] VoIPpon, Venta de tarjeta ATCOM AX1D, [En línea], Disponible:
<http://www.voipon.co.uk/atcom-ax1d-p-3530.html>
- [9] ElastixTech, Cancelación del eco en Elastix, [En línea], Disponible:
<http://elastixtech.com/cancelacion-del-eco-en-elastix/>
- [10] Adaptive Digital, Acoustic Echo Cancellor (AEC) | High Definition - HD AEC, [En línea], Disponible:
http://www.adaptivedigital.com/product/echo_cancel/adt-aec-gen4.htm
- [11] Cisco, Troubleshooting Echo Problems between IP Phones and IOS Gateways, [En línea], Disponible:
<http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/voice/voice-quality/19640-echo-ipphone-gateway.html>
- [12] Voip-info, Asterisk Mark Echo Cancellor, [En línea], Disponible:
<http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+mark+echo+cancellor>
- [13] Texas Instruments, Digital Voice Echo canceller with a TMS32020, 1989, [En línea], Disponible:
<http://www.ti.com/lit/an/spra129/spra129.pdf>
- [14] BSM Development, Referencia de configuración DAHDI, [En línea], Disponible:
http://www.bsmdevelopment.com/Reference/Sections/InstallNotes-Asterisk_section-1.20.html
- [15] SoliCall, Sitio oficial de solución de reducción de ruido de la marca Solicall, [En línea], Disponible:
<http://solicall.com/>
- [16] Voip-info, Asterisk echo cancellation, [En línea], Disponible:
<http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+echo+cancellation>
- [17] Ramón Becerra, Eliminar el eco en las líneas físicas, enero 2011, [En línea], Disponible:
<http://www.ramonbecerra.com/eliminar-eco-en-las-lineas-fisicas/>
- [18] Bytecoders, Reducir el eco con FXOTUNE, noviembre 2007, [En línea], Disponible:
<http://bytecoders.net/content/reducir-el-eco-con-fxotune.html>
- [19] XORCOM, Sitio oficial de soporte y venta de equipos Xorcom, [En línea], Disponible:
<http://www.xorcom.com/es/>

- [20] SoporteYa, Instalando un cancelador de eco en un Xorcom XR3000, febrero 2013, [En línea], Disponible: <http://blog.soporteya.mx/2013/02/instalando-un-cancelador-de-eco-en-un-xorcom-xr3000/>
- [21] Digium, General Echo HOWTO, [En línea], Disponible: <http://kb.digium.com/articles/Troubleshooting/General-Echo-HOWTO>
- [22] ATCOM, Sitio de tienda en línea de canceladores ATCOM, [En línea], Disponible: http://shop.atcom.cn/index.php?main_page=index&cPath=5&zenid=mdcoCVneSaT8xLqY5S2aW1
- [23] ElastixTech, Troncales y rutas en Asterisk/Elastix, [En línea], Disponible: <http://elastixtech.com/troncales-y-rutas-en-elastix/>
- [24] International Journal of Advances in Computer Science and Technology, Acoustic Echo Cancellation using Adaptive Algorithms, abril 2014, [En línea], Disponible: <http://www.warse.org/pdfs/2014/ijacst02342014.pdf>
- [25] International Journal of Advancements in Computing Technology (IJACT), Korea, Performance Enhancement of Adaptive Acoustic Echo Canceller Using a New Time Varying Step Size LMS Algorithm (NVSSLMS), enero 2013, [En línea], Disponible: <http://uotechnology.edu.iq/dep-eee/papers/IJACT1-3138-2.pdf>
- [26] UIT-T, P.800: CALIDAD DE TRANSMISIÓN TELEFÓNICA, Métodos de evaluación objetiva y subjetiva de la calidad, Agosto 1996. , [En línea], Disponible: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-P.800-199608-I!!PDF-S&type=items.
- [27] Igualadores de canal para comunicación de datos, Edith González Lee, Diciembre 2004, [En línea], Disponible: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/1161/gonzalezlee.pdf?sequence=1>

ANEXO A: MÉTODOS SUBJETIVOS PARA AUDIO

En la recomendación P.800 se describen los distintos métodos separados en dos grandes categorías, test de conversación y test en los que solo se escucha [26].

A.1 PRUEBAS DE CONVERSACIÓN

En este tipo de test la idea es reproducir en un laboratorio una conversación telefónica con las condiciones reales de servicio. Para eso se colocan dos personas en cabinas acústicamente aisladas. La recomendación especifica la dimensión de las cabinas, la decoración, la atenuación al sonido externo, la densidad espectral de ruido ambiente, etc. Al final de cada conversación los participantes le asignan un valor a la calidad de acuerdo a la Tabla 12.

Excelente	5
Buena	4
Razonable	3
Pobre	2
Mala	1

Tabla 12. Valores de Calidad según ACR.

A la media aritmética de la colección de resultados se le llama valor medio de opinión de la conversación y se representa por el símbolo MOSc. Si bien este test es lo más adecuado para asignar valores subjetivos de calidad a conversaciones telefónicas los requisitos técnicos son inalcanzables para nosotros, así como la implementación de las conversaciones complicada. Por esto optamos en utilizar el segundo tipo de prueba, las pruebas de escuchar.

A.2 DETERMINACIÓN DE ÍNDICES POR CATEGORÍAS ABSOLUTAS (ACR)

Estos test consisten en que distintas personas escuchen muestras de audio (frases cortas) y les asignen un valor a la calidad utilizando la escala presentada anteriormente. El nombre de Determinación de índices por categorías viene de que las personas juzgan la calidad solo escuchando la señal “distorsionada” (ya transmitida) y no tienen acceso a la señal original. En este método no se espera el mismo realismo que en los test de conversación (no se está simulando una conversación) y por lo tanto las restricciones son menos severas. Al igual que en el otro método se especifica el lugar en que se deben realizar los test y la calidad del sistema de reproducción y grabación de las muestras de audio.

Las muestras de audio consisten en cierto número de frases simples, con sentido y de corta duración. Las frases se agrupan de manera aleatoria de forma que no tengan sentido entre sí. La duración debe ser de entre 2 y 3 segundos.

La persona escucha las distintas muestras de audio, separadas entre sí por unos diez segundos. En este tiempo el sujeto debe dar un valor de calidad a la muestra que acaba de escuchar, siguiendo la escala antes mencionada. A la media aritmética de los resultados de las distintas personas se denomina resultado de opinión media MOS.

A.3 DETERMINACIÓN DE ÍNDICES POR CATEGORÍAS DE DEGRADACIÓN (DCR)

Este método es una modificación del anterior, las muestra se presentan en parejas, separadas entre sí por 1 segundo, donde la primera es la señal de referencia (sin deterioro) y la segunda es la señal ya transmitida. Una vez que escucharon ambas los individuos tienen que asignarle un valor a la degradación sufrida de acuerdo a la siguiente escala mostrada en Tabla 13.

La degradación es inaudible	5
La degradación es audible pero no molesta	4
La degradación es un poco molesta	3
La degradación es molesta	2
La degradación es muy molesta	1

Tabla 13. Valores de degradación de calidad según DCR.

El valor medio de los resultados obtenidos es el DMOS (degradation mean opinion score).

A.4 DETERMINACIÓN DE ÍNDICES POR CATEGORÍAS DE COMPARACIÓN (CCR)

Este método es muy similar al anterior. Las muestras se presentan en parejas, señal de referencia y señal distorsionada. Pero a diferencia del DCR donde la primera señal es siempre la de referencia, en el CCR el orden es aleatorio. Las personas asignan un valor a la calidad de la segunda señal comparada con la primera de acuerdo a la siguiente escala mostrada en Tabla 14.

Mucho mejor	3
Mejor	2
Apenas mejor	1
Igual	0
Apenas peor	-1
Peor	-2
Mucho peor	-3

Tabla 14. Valores de comparación de calidad según CCR.

El valor medio de los resultados es la nota media de opinión sobre las comparaciones. La ventaja de los dos últimos métodos (DCR y CCR) es que permiten evaluar la influencia que tiene el sistema de transmisión en la degradación de la calidad.

A.5 CUESTIONARIO UTILIZADO PARA LA EVALUACIÓN DE PRUEBAS SUBJETIVAS

Cuestionario

A continuación se reproducen las preguntas relativas a la calidad de transmisión, que figuran en el cuestionario anexo a la Recomendación ITU-T P.800.

El siguiente cuestionario debe completarse luego de realizar la llamada, usando la planta telefónica sin cancelador de eco, con cancelador de eco software.

ACR -MOSc

1. Se le pedirá que escuche la llamada y luego según lo que escucho ¿Cuál de estos términos describe mejor la calidad de la conexión durante la llamada? _____

Excelente	5
Buena	4
Razonable	3
Pobre	2
Mala	1

DCR-DMOS

2. Se tienen dos señales de audio, la primera es una señal de referencia y la segunda es la señal de la llamada, se le solicita escuchar ambas llamadas y luego asignarle un valor de degradación de calidad de la segunda señal respecto a la primera, según la siguiente tabla:

La degradación es inaudible	5
La degradación es audible pero no molesta	4
La degradación es un poco molesta	3
La degradación es molesta	2
La degradación es muy molesta	1

CCR-CMOS

3. Se tienen dos señales de audio, la primera es una señal de referencia y la segunda es la señal de la llamada, se le solicita escuchar ambas llamadas y luego califique como escucha la segunda señal respecto de la primera, según la tabla siguiente: _____

Mucho mejor	3
Mejor	2
Apenas mejor	1
Igual	0
Apenas peor	-1
Peor	-2
Mucho peor	-3

ANEXO B: INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE ELASTIX

Elastix es una distribución libre que funciona como servidor de comunicaciones el cual permite integrar múltiples servicios en una sola estación de trabajo, tales como:

- ❖ VoIP PBX
- ❖ Fax
- ❖ Mensajería Instantánea
- ❖ Correo electrónico

Elastix utiliza cuatro programas base, estos son: Asterisk, Hylafax, Openfire y Postfix. Estos le permiten a Elastix las funciones de PBX, Fax, Mensajería Instantánea y Correo electrónico respectivamente. Elastix trabaja sobre Linux, específicamente sobre CentOS como sistema operativo.

Para su instalación y configuración primeramente descargamos Elastix desde la página oficial (<http://www.elastix.com/downloads/>) y lo grabamos en un CD.

Los pasos para la instalación y configuración de Elastix son los siguientes:

Paso 1: Al iniciar la computadora donde instalaremos nos mostrara la ventana de la Figura 35, presionamos la tecla ENTER para iniciar la instalación.



```
- To install or upgrade in graphical mode, press the <ENTER> key.  
- To install or upgrade in text mode, type: linux text <ENTER>.  
- Use the function keys listed below for more information.  
[F1-Main] [F2-Options] [F3-General] [F4-Kernel] [F5-Rescue]  
boot: _
```

Figura 35. Pantalla de instalación de Elastix.

Paso 2: Seleccionamos el idioma que queremos durante el proceso de instalación, en nuestro caso español y presionamos ENTER.

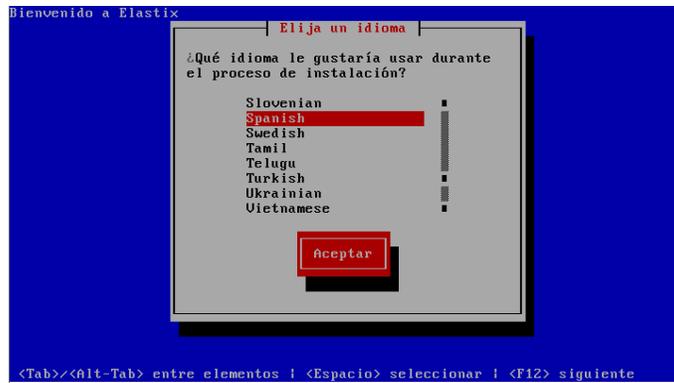


Figura 36. Selección de idioma de instalación.

Paso 3: Luego escogemos la distribución de teclado, igualmente sería español (es) y nuevamente presionamos ENTER.



Figura 37. Selección de distribución del teclado.

Paso 4: Seguidamente creamos la tabla de partición abarcando todo el disco duro, para esto seleccionamos la primera opción la cual elimina todas las particiones, para esto utilizamos la tecla TAB hasta ubicarnos sobre aceptar y presionamos ENTER. Nos pedirá confirmación y nuevamente presionamos sí.



Figura 38. Tipo de particionado.

En la siguiente opción nos pide revisar la tabla de particiones, con la tecla TAB seleccionamos SI; a menos que se quiera cambiar la tabla mostrada no se recomienda cambiar ninguna opción. Siendo este el caso nos desplazamos con la tecla TAB hasta la opción aceptar.



Figura 39. Tabla de particiones predeterminadas.

Paso 5: A continuación se nos pide configurar la interface de red, para esto seleccionamos si para continuar.

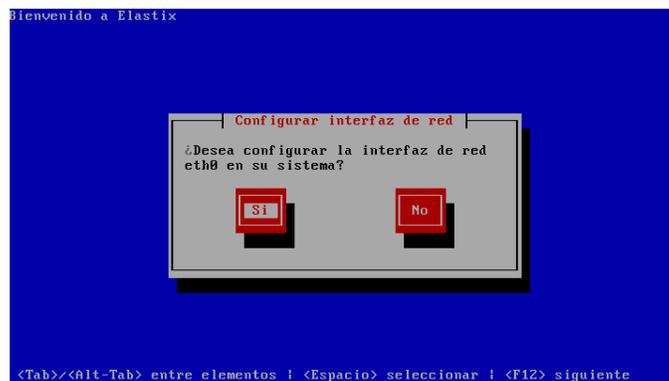


Figura 40. Configuración de interfaz de red.

En la siguiente pantalla activamos las siguientes opciones con la barra espaciadora:

- ❖ Activar al inicio
- ❖ Activar soporte IPV4

Seguidamente con la tecla TAB seleccionamos Aceptar para continuar.



Figura 41. Configuración de interfaz de red para eth0.

Luego configuramos la dirección IP que tendrá nuestra planta con la que ingresaremos a la interfaz web, luego de configurarla seleccionamos Aceptar.



Figura 42. Dirección IP y mascada de red de interfaz eth0.

En la siguiente ventana configuramos la puerta de enlace y los DNS tal cual se muestran en la Figura 43.



Figura 43. Configuración de Puerta de enlace y DNS para eth0.

Luego se le asigna un nombre que tendrá nuestro servidor.



Figura 44. Configuración de nombre de servidor.

Paso 6: Establecemos la zona horaria, esto es de vital importancia porque los reportes de errores y llamadas se generan de acuerdo a esta hora, por eso buscamos la opción America/El_Salvador.



Figura 45. Selección de zona horaria.

Paso 7: Asignamos la clave de root, que será con la cual administraremos nuestro servidor por la línea de comandos.



Figura 46. Selección de clave de root.

Con esto comenzara el formateo del disco duro y la copia de archivos al mismo desde el CD de instalación.

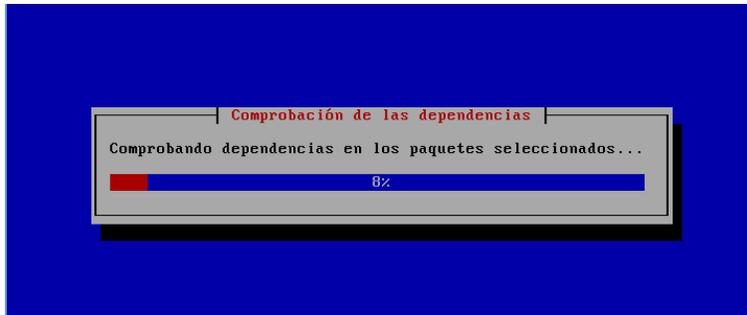


Figura 47. Instalación de paquetes.

Paso 8: Asignamos la clave de root para el servicio de MySQL dos veces para confirmar.

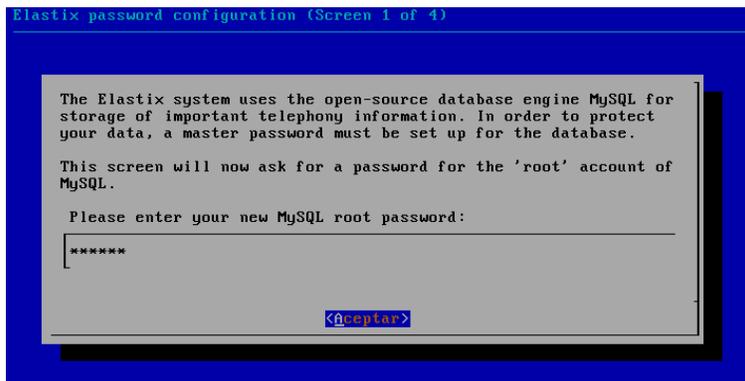


Figura 48. Contraseña de MySQL.

Luego se reanuda el proceso de carga de archivos, al terminar nos pedirá la clave de 'admin' la cual utilizaremos para ingresar en la página web, igualmente la ingresamos dos veces para confirmar.

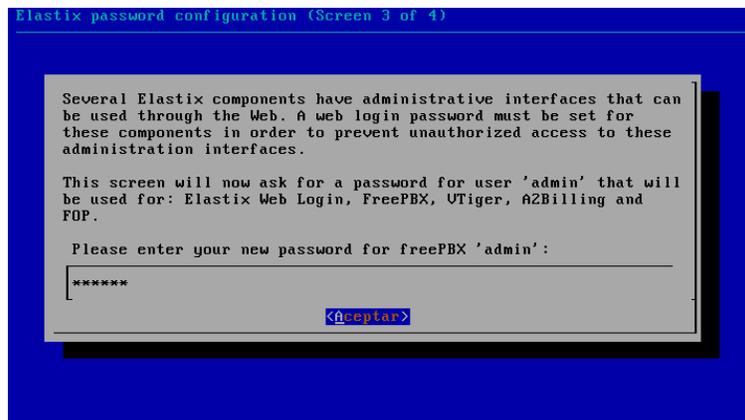


Figura 49. Contraseña para página de administración web.

Finalmente al concluir la carga de los últimos archivos nos dará la pantalla de consola, lista para ingresar con el usuario 'root' y la contraseña establecida para este.

```
CentOS release 5.9 (Final)
Kernel 2.6.18-348.6.1.el5 on an i686

PBXElastix login: root
Password: _
```

Figura 50. Consola de servidor Elastix.

Con esto terminamos la instalación de Elastix en nuestro servidor, ahora procederemos a la configuración de las extensiones para las llamadas, para esto ingresamos a la dirección web y seguimos los siguientes pasos:

Paso 1: Ingresamos a la dirección web que le establecimos previamente (192.168.5.50) e introducimos las credenciales.



Figura 51. Pantalla de autenticación de página web Elastix.

Paso 2: Hacemos clic en PBX y luego en Extensions.

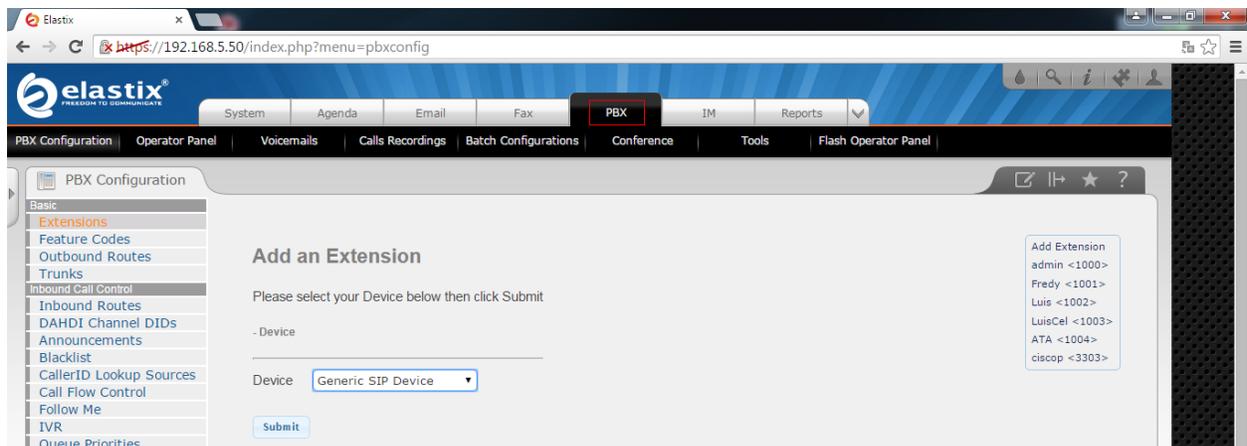


Figura 52. Agregar una extensión.

Paso 3: Seleccionamos Generic SIP Device y hacemos clic en Submit. Luego, llenamos los siguientes valores:

- Add Extension

User Extension [?]

Display Name [?]

CID Num Alias [?]

SIP Alias [?]

- Device Options

This device uses sip technology.

secret [?]

dtmfmode [?]

nat [?]

- Recording Options

Inbound External Calls [?]

Outbound External Calls [?]

Inbound Internal Calls [?]

Outbound Internal Calls [?]

On Demand Recording [?]

Record Priority Policy [?]

Figura 53. Configuración de extensión.

- ❖ User Extension: será el número de extensión a marcar.
- ❖ Display Name: este es el nombre asignado a la extensión.
- ❖ SIP Alias: es otro nombre con el que se conocerá el usuario de la extensión, para nuestro caso es el mismo.
- ❖ Secret: es la clave de autenticación de la extensión con el servidor.
- ❖ Recording options: en estas opciones habilitamos la opción Always para todas las llamadas para poder tener el registro de llamadas guardadas en nuestro servidor y poder analizarlas posteriormente.

Finalmente hacemos clic en Apply Config para guardar los cambios y registrar la extensión en nuestra planta telefónica.

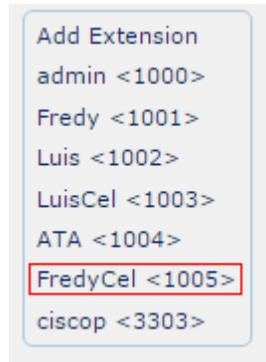


Figura 54. Extensión agregada y registrada.

ANEXO C: TARJETA AX1D

C.1 TARJETA AX1D



Figura 55. Tarjeta AX1DL.

La tarjeta AX1DL de ATCOM es una tarjeta telefónica PCI Express X1, la cual tiene un puerto ISDN PRI E1/T1/J1.

Usando la tarjeta AX1DL y una PC con Asterisk instalado se puede crear una IP PBX para soluciones telefónicas, que puede incluir todas las características de una PBX tradicional así como las características extendidas como correo de voz, email y más.

Características:

- ❖ Un puerto ISDN PRI E1/T1/J1
- ❖ Soporta Asterisk, Freeswitch
- ❖ Soporta Elastix directamente
- ❖ Soporta Trixbox, AsteriskNOW, PBX
- ❖ 100% compatible con todas las características de Asterisk PBX
- ❖ Bus maestro de 32-bit DMA para intercambio de datos a través de la interface PCI a 132 Mbytes/sec para una mínima intervención del procesador.
- ❖ Soporta la telefonía estándar y los protocolos de datos (Incluyendo PRI, CAS, CCS para voz y PPP, HDLC, Cisco HDLC y Frame Relay para modos de datos)
- ❖ Soporta chan_ss7 y Openr2
- ❖ Cancelación de eco por hardware opcional

Aplicaciones:

- ❖ ISDN PRI IP PBX
- ❖ Router ISDN de bajo costo
- ❖ Sistemas IVR
- ❖ Call Center

- ❖ Llamadas tradicionales/Llamadas de conferencia VoIP
- ❖ VoIP Gateway
- ❖ Servicio de retorno de llamada

Modos de voz:

- ❖ Pri CPE and PRI NET:
- ❖ Euro ISDN
- ❖ 4ESS(AT&T)
- ❖ 5ESS(Lucent)
- ❖ DMS100

Requerimientos de hardware:

- ❖ 1.6-Ghz Pentium IV
- ❖ 512 MB RAM
- ❖ Un puerto PCI 2.2 con 3.3V o 5V

Sistema operativo:

- ❖ Todas las versiones de Linux

C.2 CANCELADOR DE ECO EC32L



Figura 56. Cancelador EC32L.

El eco ha sido un problema difícil de resolver al conectar redes de VoIP a la PSTN. Asterisk tiene una cantidad de software basados en Open Source con rutinas para la cancelación de eco, sin embargo hay casos en los que estos algoritmos no son eficientes.

Para resolver este problema ATCOM ofrece una línea de tarjetas DSP que son módulos para la cancelación de eco utilizables en las tarjetas digitales T1/E1/J1 compatibles con los módulos de la serie EC.

Configuración:

- ❖ Trabaja con tarjeta AX1D
- ❖ G.168–2002 cancelación de eco en hardware
- ❖ 1024 taps/128 ms tail por canal en todos los canales

- ❖ Decodificador DTMF y reconocimiento de tono
- ❖ Aumentador de calidad de audio: protección de música, control de eco acústico, y reducción adaptativa de ruido
- ❖ No incrementa el tamaño físico de la tarjeta, y no requiere de slots adicionales.

C.3 ROUTER CISCO 2600

Es un router de acceso modular con conexiones LAN y WAN que puede ser configurado por medio de módulos intercambiables y tarjetas de interfaz WAN.



Figura 57. Router cisco de serie 2600.

Model	Ethernet (10BASE-T)	Token Ring (RJ-45)	Fast Ethernet (10/100)	Network Module Slot	WAN Interface Card Slots	Advanced Integration Module Slots
Cisco 2610	1	—	—	1	2	1
Cisco 2610XM	—	—	1	1	2	1
Cisco 2611	2	—	—	1	2	1
Cisco 2611XM	—	—	2	1	2	1
Cisco 2612	1	1	—	1	2	1
Cisco 2613	—	1	—	1	2	1
Cisco 2620	—	—	1	1	2	1
Cisco 2620XM	—	—	1	1	2	1
Cisco 2621	—	—	2	1	2	1
Cisco 2621XM	—	—	2	1	2	1
Cisco 2650	—	—	1	1	2	1
Cisco 2650XM	—	—	1	1	2	1
Cisco 2651	—	—	2	1	2	1
Cisco 2651XM	—	—	2	1	2	1
Cisco 2691	—	—	2	1	3	2

Tabla 15. Resumen de router de la serie 2600.

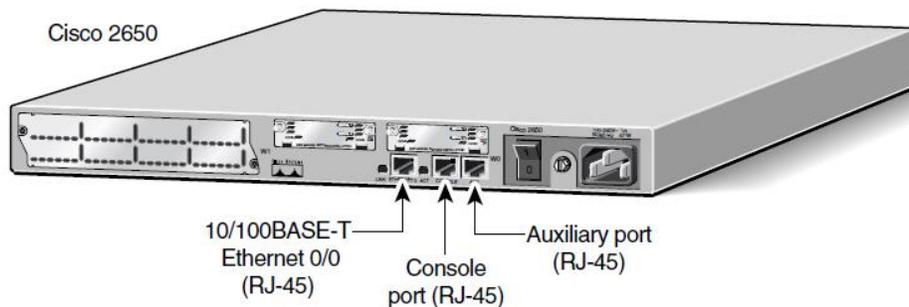


Figura 58. Panel trasero de router cisco 2600.

Lectura de los Leds del Panel Frontal

Los LEDs indican el estado de funcionamiento actual del router. Mediante la observación de los LEDs, se puede observar cualquier condición de falla que el router presente.

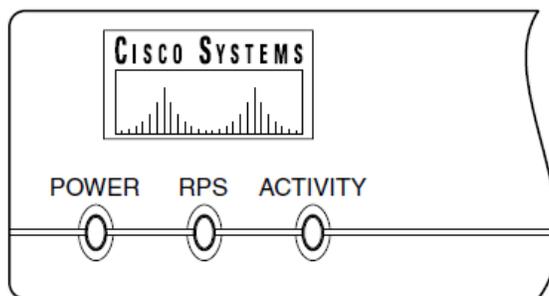


Figura 59. Indicadores de led en Panel Frontal.

C.4 VWIC 2MFT –G703

Las tarjetas de interfaz WAN/voz Multiflex E1 de uno y dos puertos (VWIC-xMFT-E1, VWIC-xMFT-G703 y VWIC-2MFT-E1-DI) de Cisco admiten aplicaciones de voz y datos en los routers Cisco series 1700, 2600, 3600 y 3700.

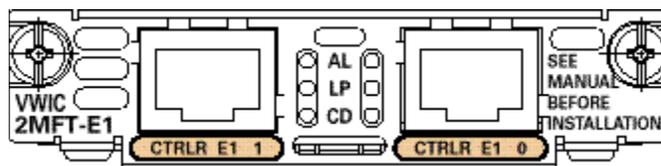


Figura 60. Tarjeta Controladora E1 2MTF-E1.

Numero de Producto	Descripción del Producto
VWIC-2MFT-G703	Troncal Multiflex RJ-48 de 2 puertos - E1 para G.703 no estructurado

Tabla 16. Descripción de tarjeta 2MTF-E1.

Funciones:

La troncal Multiflex ofrece acceso a la capa física E1. El host al que se conecta la interfaz E1 determina las capacidades de esta última.

- ❖ Cuando usa la troncal Multiflex en un módulo de red de voz de alta densidad, cada ranura de tiempo de servicio digital cero (DS0) puede contener llamadas de voz. El módulo de red de voz, no la troncal Multiflex, determina la capacidad de señal de E1 (E1 R2, ISDN PRI).
- ❖ Cada controlador Multiflex puede admitir una señal asociada al canal (CAS) ISDN PRI o E1, o bien una señal E1 R2. Esto se debe a que cada uno de estos tipos de señal usa la misma ranura de tiempo (16) para la señalización troncal.
- ❖ Si configura la tarjeta para que use la señalización ISDN PRI, no tendrá compatibilidad con la conexión de datos ISDN. La tarjeta no puede terminar la conexión de datos ISDN de 64K o 56K; sólo admite la terminación de llamadas de voz cuando se utiliza señalización ISDN PRI.
- ❖ La troncal Multiflex, con o sin módulo de red de voz de alta densidad, no puede finalizar una conexión de módem en el router.
- ❖ Cuando utilice la troncal Multiflex en la ranura de WIC del router 2600, puede configurar cada E1 en un grupo de canales como una interfaz serie.
- ❖ NM-1E2W, NM-1E1R2W y NM-2E2W 3600 admiten un grupo de canales serie por ranura WIC. Por lo tanto, no existe compatibilidad con VWIC-2MFT-E1. Se admite VWIC-2MFT-E1-DI, pero con un grupo de canales serie.
- ❖ NM-1FE2W, NM-1FE1R2W, NM-2FE2W y NM-2W admiten dos grupos de canales serie por ranura WIC. En consecuencia, existe compatibilidad con VWIC-2MFT-E1. Se admite VWIC-2MFT-E1-DI, pero con dos grupos de canales serie. La función drop and insert permite la eliminación de ranuras de tiempo DS0 desde una interfaz E1 y la inserción en ranuras de tiempo de la otra interfaz E1. Esta función está disponible en aplicaciones VIC y WIC. Si la configura, asegúrese de que la trama E1 de los controladores implicados (la ubicación de la configuración de los grupos tdm) sea la misma. Si utiliza diferentes tipos de tramas, es probable que los bits de señalización no se lean correctamente. Este error se produce durante la caída de un canal desde un controlador y la inserción en un canal desde otro. Los intervalos de tiempo de drop and insert no necesitan ser contiguos.
- ❖ El bucle de retorno V.54 requiere la versión 12.1 o posteriores de Cisco IOS. Nota: las tarjetas VWIC de conexión troncal Multiflex E1 de dos puertos sólo disponen de un dominio de temporización compartido entre los dos controladores E1. En consecuencia, si ambos controladores E1 se configuran para derivar la temporización de la línea, las

referencias de tiempo recibidas deben estar sincronizadas. De lo contrario, se producirán errores de tiempo en al menos uno de los controladores.

Compatibilidad de Plataforma:

Compatibilidad con CISCO IOS	2600XM/2650XM				
Módulo de Portadora	Ranura wic del chasis	NM-2W	NM-HDV2	NM-HDV	NM-H2VE
VWIC-2MFT-G703	12.2(8)T1 12.2(12),	12.2(8)T1 12.2(12)	12.3(7)T	12.2(8)T 1 12.2(12)	No se admite

Tabla 17. Compatibilidad de tarjeta 2MTF-E1 con IOS CISCO.

Asignación de pines del Puerto de Voz digital (RJ48)

PIN	Señal
1	Receive (Rx) Tip
2	Rx Ring
3	No usado
4	Transmit (Tx) Tip
5	Tx Ring
6	No usado
7	No usado
8	No usado

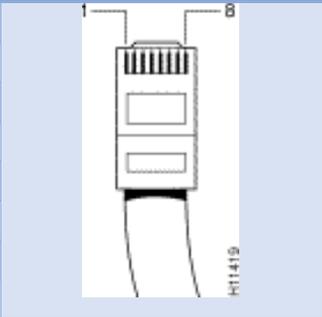


Tabla 18. Asignación de pines en puerto RJ-48.

C.5 SIMULACIÓN ELASTIX - CISCO

Este escenario de pruebas consiste en integrar la planta telefónica de Elastix con el router cisco 2600. En la sección 4.1 se describió el esquema configurado.

Inicialmente se probó la planta telefónica por medio de la tarjeta E1 para garantizar el correcto funcionamiento a través de un enlace E1 de la facultad de Economía. Los resultados se encuentran en la Figura 61.

```
ElastixTech*CLI> dahdi show channels
```

Chan	Extension	Context	Language	MOH Interpret	Blocked	State
pseudo		default		default		In Service
1		from-pstn		default		In Service
2		from-pstn		default		In Service
3		from-pstn		default		In Service
4		from-pstn		default		In Service
5		from-pstn		default		In Service
6		from-pstn		default		In Service
7		from-pstn		default		In Service
8		from-pstn		default		In Service
9		from-pstn		default		In Service
10		from-pstn		default		In Service
11		from-pstn		default		In Service
12		from-pstn		default		In Service
13		from-pstn		default		In Service
14		from-pstn		default		In Service
15		from-pstn		default		In Service
16		from-pstn		default		In Service
17		from-pstn		default		In Service
18		from-pstn		default		In Service
19		from-pstn		default		In Service
20		from-pstn		default		In Service
21		from-pstn		default		In Service
22		from-pstn		default		In Service
23		from-pstn		default		In Service
24		from-pstn		default		In Service
25		from-pstn		default		In Service
26		from-pstn		default		In Service
27		from-pstn		default		In Service
28		from-pstn		default		In Service
29		from-pstn		default		In Service
30		from-pstn		default		In Service
31		from-pstn		default		In Service
32		from-pstn		default		In Service

Figura 61. Comprobación de los canales E1 en correcto funcionamiento.

❖ Conexión de cable E1

Al conectar el cable RJ48 entre la tarjeta ATCOM AX1D y el puerto E1 del Router cisco 2600, pueden presentarse las siguientes posibilidades.

Si la tarjeta E1 es detectada pero aún no tiene el enlace con el Router 2600 conectado, los puertos aparecen en color rojo, como se muestra en la Figura 62.



Figura 62. Conexión E1 desconectado.

Si la tarjeta E1 es detectada y ya tiene el enlace con el Router 2600 de cisco, los puertos aparecen en color verde, como se muestra en la Figura 63.

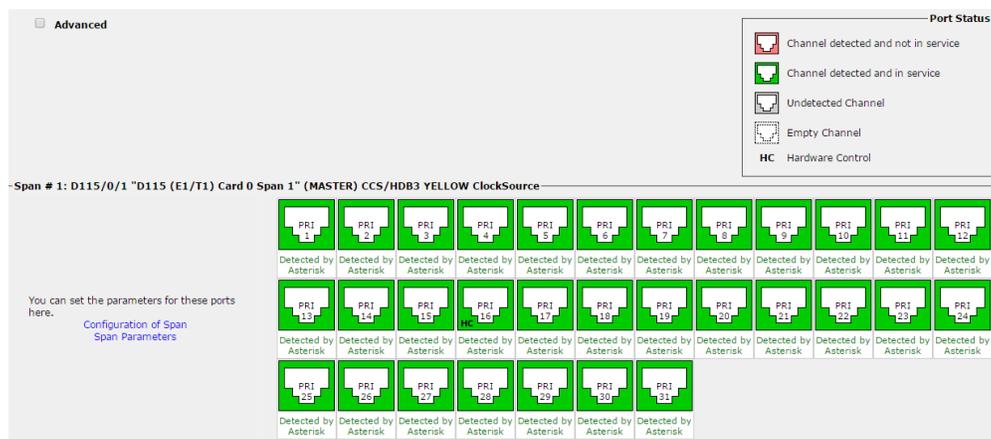


Figura 63. Conexión E1 Conectado.

Si la tarjeta E1 es detectada y ya tiene el enlace con el Router cisco conectado, pero los puertos aun aparecen en color rojo, esto significa que los puertos aún no están sincronizados con el enlace del proveedor.

❖ Interfaz E1

El adaptador E1 de voz consiste en una Línea Digital que permite tener acceso telefónico de 30 canales de voz con un ancho de banda de 64 Kbps cada uno, también cuenta con dos canales para señalización, esto es, indica en qué estado está la llamada, si está colgada, descolgada, como se marcan los números, el tono de ocupado etc. Los 30 canales de acceso del E1 son compartidos por todos los números telefónicos asignados al mismo, por lo que todas las llamadas entrantes o salientes de cualquiera de las extensiones asignadas podrán ser atendidas directamente mientras exista un canal disponible.

El sistema E1 contiene 8 dígitos por canal para un total de 256 dígitos por trama. Como la frecuencia de muestreo es de 8000 muestras por segundo, la velocidad de la trama E1 es de 2048 kbps.



Figura 64. Led Indicativo del estado de la conexión E1.

Edita el archivo `"/etc/asterisk/dahdi-channels.conf"` aquí se crearan agrupaciones de canales que servirán de troncales digitales para la entrada y salidas de llamadas.

`switchtype = euroisdn` :Tipo de protocolo, también puede ser national o qsig existen varias opciones

`signalling = pri_cpe` : Origen de la señal de reloj, pri_net para master y pri_cpe para esclavo

`channel => 1-15,17-31`: Canales que formaran parte de este grupo

Una manera de comprobar que se están reconociendo los canales de los puertos E1 es:

`CLI >dahdi show channels` mostrado en la Figura 61.

❖ Configuración Troncal SIP Cisco y Asterisk



Figura 65. Módulos necesarios para implementar PSTN.

Para la implementara la troncal digital por medio de los enlaces E1 con la PSTN, para simular la red PSTN se utilizara un router cisco arquitectura 2600,este router cisco trae incorporado los módulos para el manejo de la voz, uno con dos puertos FXS y otro con un puerto digital E1.

Antes de configurar los módulos FXS y el E1, será necesario tener un softphone para hacer y recibir las llamadas, Asterisk posee diferentes softphone, cisco tiene uno llamado Comunicador IP de Cisco, la configuración básica de este softphone y los teléfonos IP físicos se hacen siguiendo en los siguientes pasos.

Configuración de softphone en router CISCO 2600

Para la configuración de este softphone es necesario tener a consideración dos ítems.

1. Máximo número de teléfonos y máximo número de directorios.
2. Fuente de información de la dirección IP.

El archivo completo de configuración es mostrado en la siguiente línea de código en la consola de Router cisco.

```
configure terminal
telephony-service
max-ephones 5
max-dn 5
ip source-address 192.168.5.102
exit
ephone 1
mac 8
```

Cuando se ingresa la ip 192.168.5.102, mostrado en la línea de código ***“ipsource-address 192.168.5.102”***, el softphone de cisco comienza a registrarse automáticamente.



Figura 66. Registro de softphone de cisco.

Luego que el IP Communicator ha sido registrado, puede observarse la configuración realizando clic derecho sobre el softphone. El softphone ha adquirido la IP definida en la consola del router cisco. Adicionalmente se observa que el comunicador IP usa el adaptador de red que tiene la laptop.

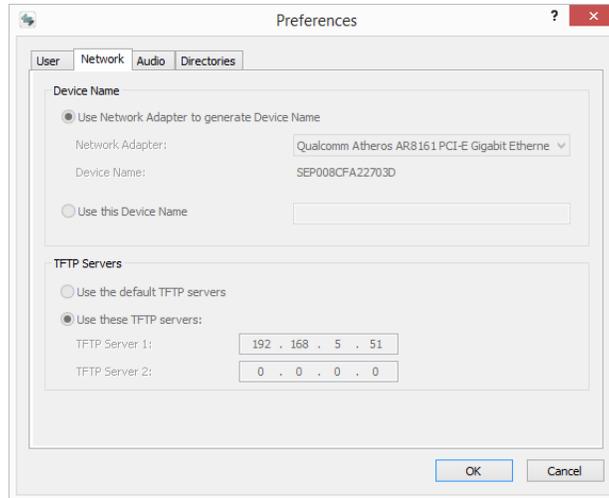


Figura 67. Configuración de red del comunicador IP de cisco.

Con estos datos el softphone se encuentra ya registrado en nuestro router cisco 2600. El siguiente paso consiste en definir en que el teléfono tenga un número y esto se logra mediante el número de directorios.

```
ephone-dn 1
number 3303
exit
ephone 1
mac-address 008C.FA22.703D
button 1:1
restart
```

Con la configuración anterior el teléfono cisco se encuentra listo en realizar llamadas a los teléfonos analógicos del lado de router cisco 2600. La extensión definida es el 3303.

En un teléfono analógico no se configura ninguna dirección, únicamente se sigue los pasos descritos a continuación.

```
configure terminal
dial-peer voice 3301 pots
destination-pattern 3301
port 0/1
```

Hasta el momento podemos hacer llamadas entre el comunicador IP de cisco y el teléfono analógico con extensión 3302.

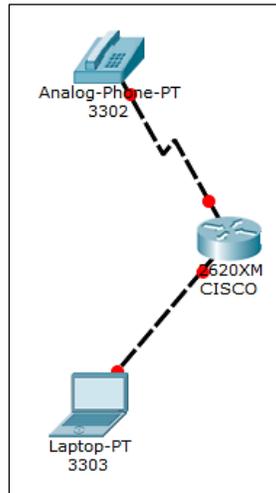


Figura 68. Red de manejada por router cisco.

❖ Conexión planta Elastix a PSTN

El cable que se va a utilizar para conectar la interfaz E1 de la red PSTN, (en este caso el router cisco) con la interfaz E1 de Asterisk es un cable RJ48, similar a un RJ45 en cuanto al número de hilos (8 hilos) y al conector (8 pines), por lo que un cable de red UTP servirá para fabricar uno, tanto el RJ45 como el RJ48 se pueden encontrar cruzados y directos. La diferencia consiste básicamente en la configuración de los pines que lo forman. Mientras que el RJ45 (cable de red) utiliza los pines 1, 2, 3 y 6, el RJ48 utiliza los pines 1, 2, 4 y 5 (a veces incluso el 3 y el 6).

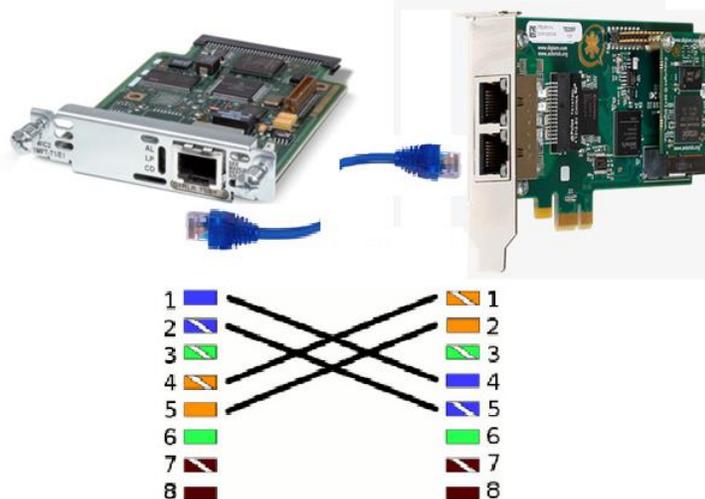


Figura 69. Conexión E1 entre WIC de cisco y tarjeta telefónica.

ANEXO D: TARJETA TDM400P

La TDM400P de Digium es una tarjeta PCI 2.2 que soporta interfaces para puertos FXO y FXS, para la conexión de teléfonos y líneas analógicas a través de una PC. En la Figura 70 se aprecia la aplicación básica de la tarjeta.

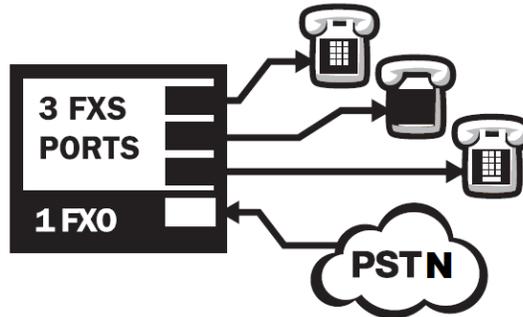


Figura 70. Aplicación básica de Tarjeta.

Cada tarjeta se compone de cuatro puertos RJ11 situados en el soporte. Cada puerto se correlaciona con una ranura de módulo (que contiene los módulos FXO o FXS). Los puertos están numerados en la secuencia de uno a cuatro. El puerto superior es el puerto 1 y el puerto inferior es el puerto 4.

D.1 CARACTERÍSTICAS

- SOHO: Small Office Home Office.
- Gateway de medios hacia la PSTN.
- Incluir Teléfonos análogos a centrales telefónicas IP.
- Comunicación punto a punto entre centrales Asterisk.

Existen múltiples configuraciones estándar en el que la tarjeta TDM400P se puede comprar. Cada configuración se compone de uno a cuatro FXS y / o Módulos FXO.

Es más fácil de identificar su tarjeta mediante la comprensión del esquema de nomenclatura para cada tarjeta. El primer dígito indica el número de módulos FXS presente en la tarjeta. El segundo dígito indica el número de módulos FXO presentes en la tarjeta.

D.2 MÓDULOS DE TARJETA

❖ Módulo FXO X100M

Este módulo agrega un puerto FXO que permite la conexión de una línea telefónica convencional a la interface Digium TDM400P.

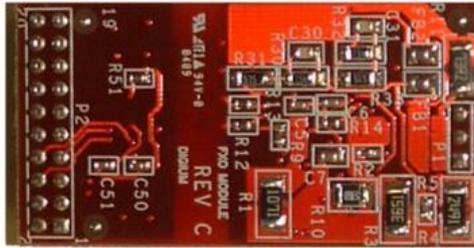


Figura 71. Módulo FXO para agregar a la tarjeta TDM400P.

❖ Módulo FXS S110M

Este módulo agrega un puerto FXS que permite la conexión de un anexo telefónico convencional a la interface Digium TDM400P.

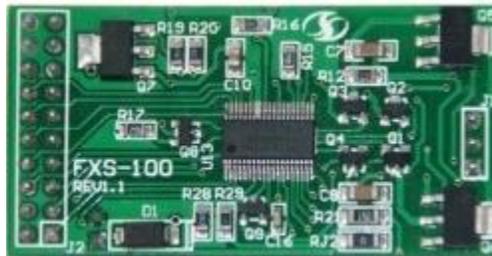


Figura 72. Módulo FXS para agregar a la tarjeta TDM400P.

Este módulo presenta una diferencia en cuanto al voltaje de operación respecto al módulo FXO, ya que para su funcionamiento no basta con el voltaje que le entrega el slot PCI, por lo tanto para su operación se necesitan 12[V], que se obtienen directamente desde la fuente del servidor.

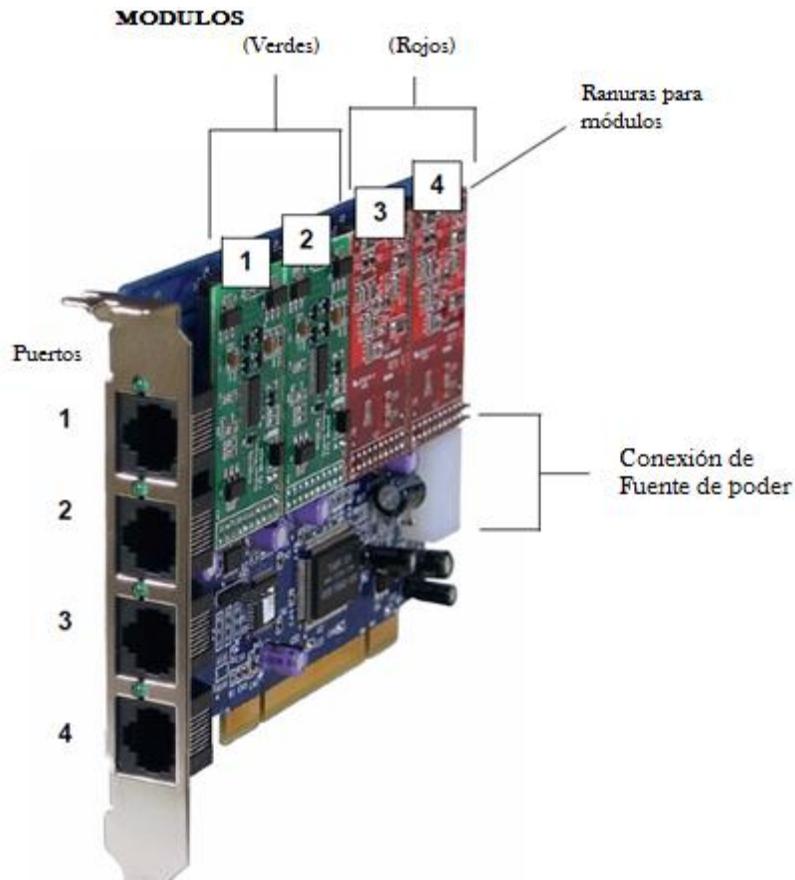


Figura 73. Tarjeta TDM400P.

D.3 INSTALACIÓN DE HARDWARE

1. Apagar el ordenador y desconectar la fuente de poder.
2. Colocar una correa estática a su muñeca y abrir el caso.
3. Retirar el soporte Coloque el soporte e inserte la tarjeta en unos 3,3 o 5 voltios Ranura PCI (PCI 2.2 o superior). Vea la Figura 74.

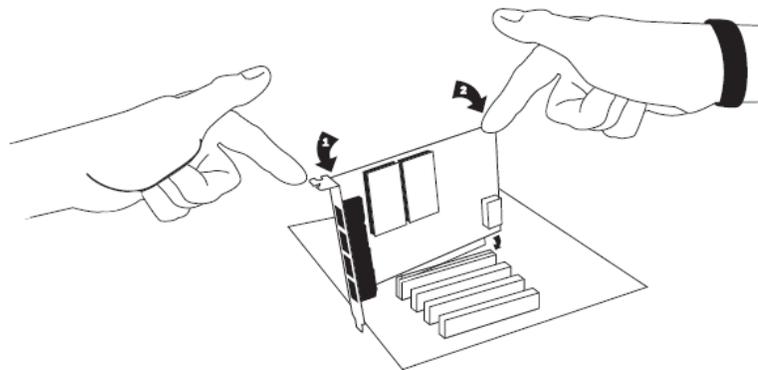


Figura 74. Instalación de tarjeta a puerto PCI.

4. Si la tarjeta no tiene módulo FXS, usted también tendrá que conectar el cable de alimentación de la fuente de alimentación del equipo a la parte posterior de la tarjeta. Vea la Figura 75.

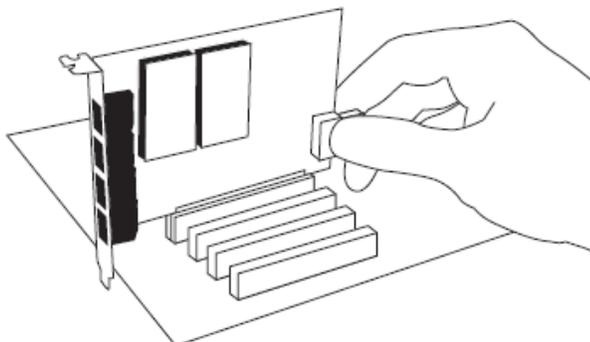


Figura 75. Conexión de cable de poder para módulo FXS.

5. Volver a poner la cubierta de la computadora.
6. Conecte todas las líneas telefónicas externas a las FXO (rojo) y conectar todos los puertos Los teléfonos a los puertos FXS (verde), según sea necesario.

D.4 VERIFICACIÓN DE LA TARJETA EN ASTERISK

Para realizar este procedimiento se debe acceder a la interfaz CLI de Asterisk y ejecutar el comando `zap show status` para obtener un listado de todo el hardware Zapitel instalado en el sistema:

```
asterisk1*CLI> zap show status
Description                Alarms    IRQ    bpviol    CRC4
Wildcard TDM400P REV I Board 1 UNCONFIGUR 0      0        0
ZTDUMMY/1 1                UNCONFIGUR 0      0        0
```

Como se puede apreciar en el listado anterior, aparece la tarjeta TDM pero su estado es de un dispositivo no configurado, por lo tanto el siguiente paso es configurarla para ser utilizada por Asterisk.

D.6 USO DE TARJETA TDM400P

La tarjeta TDM400P de Digium es una tarjeta PCI 2.2 que soporta interfaces para puertos FXO y FXS, para la conexión de teléfonos y líneas analógicas a través de una PC. Se compone de cuatro puertos RJ11 situados en el soporte. Cada puerto se correlaciona con una ranura de módulo (que contiene los módulos FXO o FXS). Los puertos están numerados en la secuencia de uno a cuatro. El puerto superior es el puerto 1 y el puerto inferior es el puerto 4. La Figura 73 describe los elementos importantes de la tarjeta.

Opciones de usar esta tarjeta:

- ❖ Poder aplicar FXOtune a líneas analógicas.
- ❖ Realizar llamadas a la PSTN usando la planta Elastix, obtener los audios generados por la planta y analizarlos.
- ❖ Aplicar los canceladores de OSLEC, MG2.
- ❖ Hacer prueba sin cancelación.

Lo que no se podría hacer:

- ❖ Realizar prueba de cancelación de eco hardware.

Como una alternativa para analizar los canceladores de eco, se decidió realizar las pruebas usando esta tarjeta.

La instalación y configuración de la tarjeta TDM400P es similar a la tarjeta AX1DL de ATCOM. Primeramente se instala la tarjeta en la planta, si tiene módulos FXS se debe conectar el adaptador de energía, ya que sin este mostrará un mensaje de error y no se podrá configurar.

Configuración planta Elastix

La configuración de la tarjeta TDM400P se realizó por interfaz web siguiendo los pasos descritos a continuación.

Se ingresa a la página de configuración (IP: 192.168.5.50), se hace clic en “System” y luego en “Hardware detector”, luego se marca la casilla “Advanced”, y se hace clic en el botón “Detect New Hardware”, como lo indica la Figura 76.

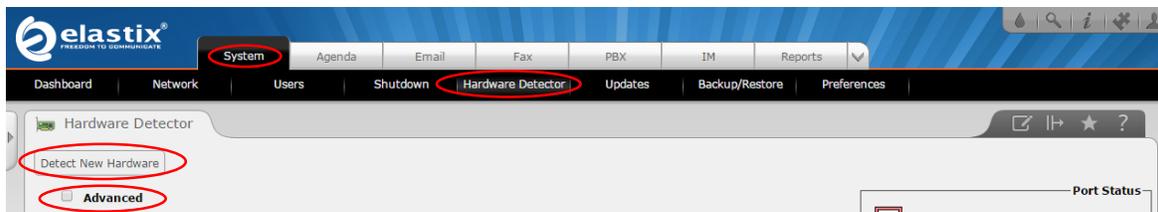


Figura 76. Detección de Tarjeta TDM400P.

Cuando termine de reconocer el hardware instalado, se mostrará la tarjeta lista para ser configurada, como se ve en la Figura 77.

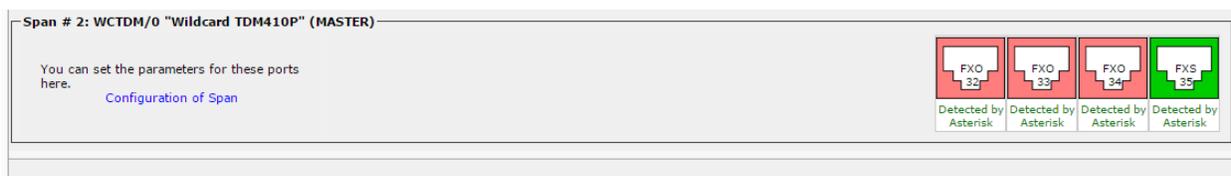


Figura 77. Tarjeta detectada por Elastix.

Esta tarjeta tiene instalados tres módulos FXO para manejar hasta tres conexiones de teléfono analógicas, y tener así tres troncales para salir a la PSTN, además tiene un módulo FXS para conectar directamente un teléfono analógico. A los diferentes puertos de esta tarjeta se le pueden activar diferentes canceladores de eco, estos se muestran en la Figura 78.

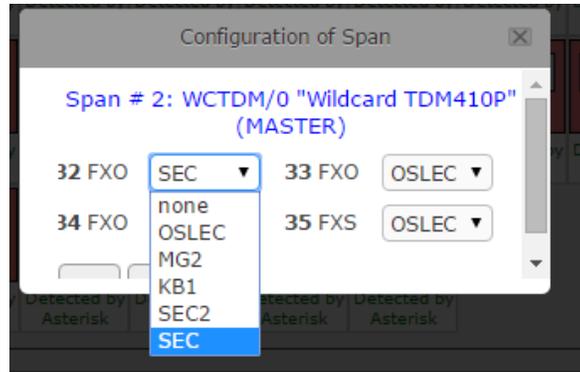


Figura 78. Canceladores de ecos disponibles en los puertos de la tarjeta TDM400P.

Las troncales son el medio que permite comunicar nuestra PBX con la PSTN, estos son los canales de comunicación de entrada y salida de llamadas que inclusive nos permiten la comunicación con otras PBX en el mundo. En este caso se utiliza troncales analógicas, para los puertos FXO, esto es utilizado cuando la cantidad de puertos no sobrepasa los 8 llamadas en la PBX, si esta cantidad es mayor se recomienda utilizar un enlace E1 como el descrito en la sección 4.1.

Las rutas de salida (del Inglés Outbound Routes): son las reglas de marcado que indican al servidor Asterisk-Elastix porqué troncal deberá salir o establecer la llamada, por ejemplo si los celulares empiezan con 7 o 6, debemos crear una troncal con el nombre Celular que sirva para este propósito y así todo número que empieza con 7 o 6 será enviado por la troncal Celular.

Existen reglas que se deben de seguir para para la definición del plan de marcado, estas son:

- ❖ X: representa un número entre 0 y 9
- ❖ Z: representar un número entre 1 y 9
- ❖ N: representar un número entre 2 a 9
- ❖ . : Cuando hay un punto en el patrón, lo que significa es que puede haber más números después del punto.
- ❖ |: Esto significa que el número antes del símbolo | se quitara.
- ❖ []: Si se quiere elegir su número, por ejemplo, [1356] que significa un número entre 1, 3, 5 y 6. O [3-7] es un número de entre 3 y 7

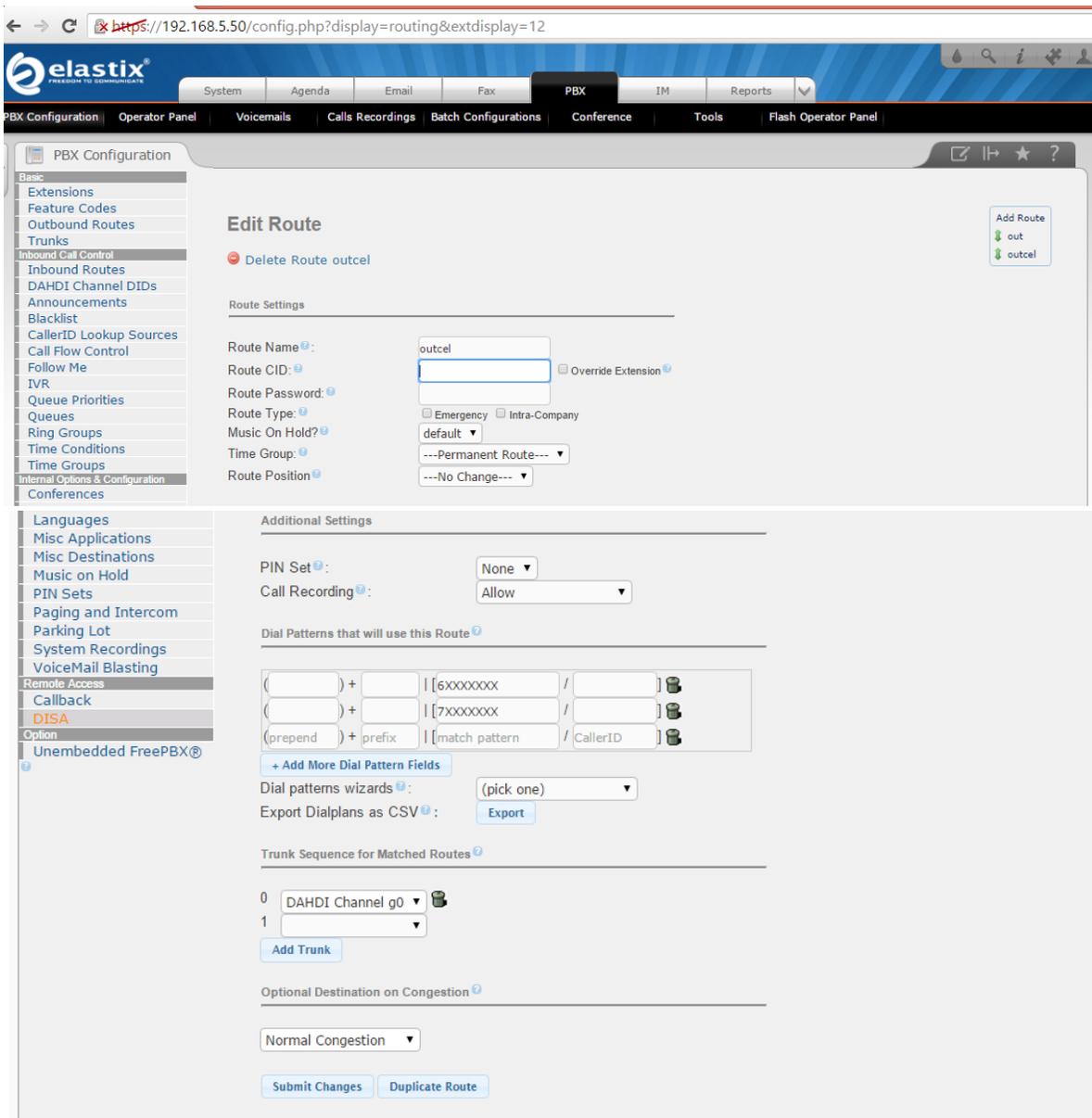


Figura 79. Configuración de rutas de salida.

Por ejemplo:

- ❖ 9 | X | es un modelo popular. Esto significa elegir los números comienzan con 9, tomar el 9 y enviar el resto a su destino.
- ❖ ZX: este modelo significa los números marcados que son de 2 dígitos, y su primer número está entre 1 y 9, y su segundo número entre 0 y 9.
- ❖ NX: Esto significa número de 3 dígitos y más que su primer número es entre 2 a 9 y el resto puede ser cualquier cosa.

Se crearon dos rutas de salida sin prefijo de marcado, así si el número empieza con 6 o 7 se envía por la salida “OutCel”, mediante el patrón 6XXXXXXX y 7XXXXXXX, en el caso que un número empieza con 2 se envía a la ruta “out” mediante el patrón 2XXXXXXX el cual es para números fijos, esto se muestra en la Figura 79.

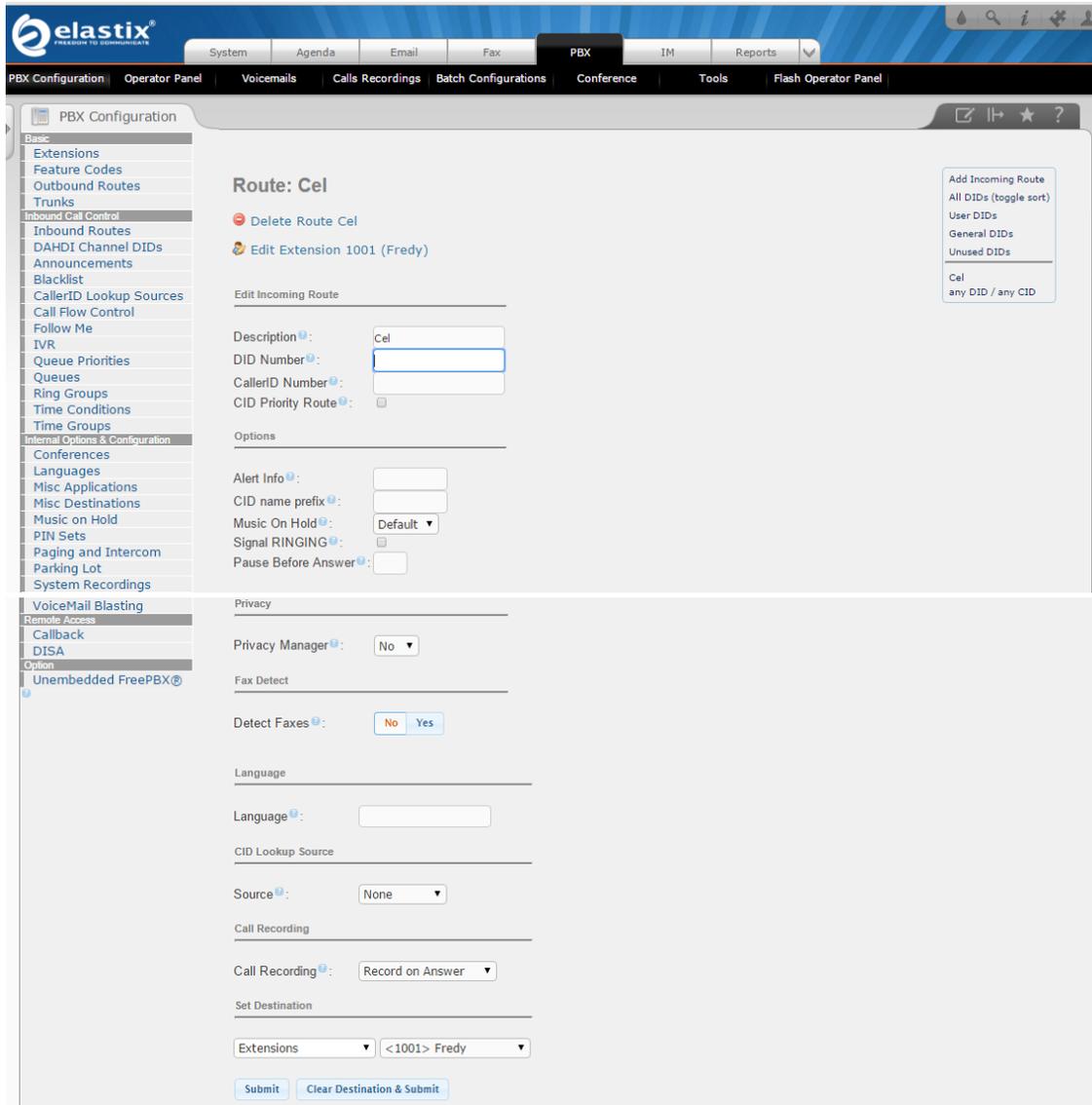


Figura 80. Configuración de rutas entrantes.

Las rutas de entrada (del Inglés Inbound Routes): estas son las instrucciones que le dicen a Elastix hacia donde debe transferir una llamada al ser recibida por la PBX, se puede configurar de diferentes maneras, una de ellas es enviar todas las llamadas entrantes hacia una IVR (del Inglés Interactive Voice Response), esta debe de estar configurada previamente en Elastix para poder hacer uso de ella, también se puede configurar para que ciertos números sean transmitidos a la IVR y otros hacia una extensión en específico. Otra forma de configuración es que todas las

llamadas sean enviadas a una extensión en particular, esto limita la finalidad de una PBX, ya que siempre será una persona en particular quien recibirá todas las llamadas. Sin embargo, en este escenario de pruebas esta fue la configuración establecida, ya que solamente estamos evaluando los canceladores de eco en las llamadas, por tal motivo todas las llamadas entrantes se enviaron hacia la extensión 1001, como se muestra en la Figura 80.

Con esta configuración el servidor PBX-IP se encuentra configurado para realizar y recibir llamadas mediante una línea analógica a través de la tarjeta TDM400P, realizando lo descrito anteriormente se procede a realizar llamadas y evaluar el funcionamiento de cada cancelador.

ANEXO E: ARCHIVOS DE CONFIGURACIÓN

E.1 CONFIGURACIÓN DEL LADO DE ROUTER:

E.1.1 Dial Peer envía llamadas a Asterisk

```
dial-peer voice 1000 voip
destination-pattern 1...
session protocol sipv2
session target ipv4:192.168.5.50
dtmf-relay rtp-nte
codec g711ulaw
exit
```

E.1.2 Configuración de para llamadas entre extensiones de cisco y Asterisk

Habilitar el servicio VoIP y las llamadas entre teléfonos SIP

```
voice service voip
  allo-connections sip to sip
  sip
  registrar server expires max 1200 min 300
exit
```

E.1.3 Configuración para que Asterisk vea a Cisco como PSTN

```
sip-ua
mwi-server ipv4:192.168.5.50 expires 86400 port 5060 transport tcp unsolicited
registrar ipv4:192.168.5.50 expires 3600 secondary
exit
```

E.1.4 Configurar al Router que trabaje como directorios y teléfonos

```
voice register global
  modeme
  source-address 192.168.5.51 port 5060
  max-dn 6
  max-pool 6
  create profile
  exit
voice register dn 1
  number 3302
  exit
voice register pool 1
  id mac 0000.0000.0001
```

```
number 1 dn 1
dtmf-relay sip-notify
usernameelastix password 1234
codec g711ulaw
```

E.1.5 Configuración de troncal PRI E1 CISCO - Asterisk

```
card type e1 0 2

network-clock-participate wic 2
isdn switch-type primary-qsig

controller E1 0/2/0
framing crc4
linecode hdB3
pri-group timeslots 1-14

clock source internal

interface Serial 0/2/0:15
isdn switch-type primary-qsig
isdn incoming-voice voice

dial-peer voice 1001 pots
destination-pattern 4...
no digit-strip
direct-inward-dial
port 0/2/0:15
```

E.2 ARCHIVOS DE CONFIGURACIÓN ASTERISK

E.2.1 sip.conf

Es un archivo que contiene los parametros de configuracion del protocolo SIP. En este archivo se definen los usuarios, con sus correspondientes extensiones, numero de marcar para realiar una llamada. El archivo esta compuesto por una seccion general y una seccion de configuracion de dispositivos.

```
[agentes](!)
type=friend
context=agentes
language=es
host=dynamic
```

```
secret=a1b2c3
dtmfmode=auto
disallow=all
allow=ulaw
allow=alaw

[1001](agentes)
[1002](agentes)
[1003](agentes)
[3301](agentes)
[3302](agentes)
```

E.2.2 extensions.conf

El plan de numeración o dialplan es la parte más importante de Asterisk, y su configuración se hace a través de este archivo.

```
[agentes]
;llamadas SIP Cisco_Asterisk
exten => _100X,1,Dial(SIP/${EXTEN},15)
same =>n,Hangup

exten => _330X,1,Dial(DAHDI/R0/${EXTEN})
same =>n,Hangup

exten => _100X,1,Dial(DAHDI/R0/${EXTEN})
same =>n,Hangup

;llamadas SIP Asterisk_Cisco
exten => _330X,1,Dial(SIP/${EXTEN},192.168.1.100)
same =>n,Hangup

[from-pstn]

exten => _330X,1,Dial(DAHDI/R0/${EXTEN})
same =>n,Hangup

exten => _100X,1,Dial(DAHDI/R0/${EXTEN})
same =>n,Hangup
```

E.2.3 dahdi-channels.conf

```
[trunkgroups]

[channels]
```

```
language=en
usecallerid=no
hidecallerid=no
callwaiting=yes
usecallingpres=yes
callwaitingcallerid=yes
threewaycalling=yes
transfer=yes
cancallforward=yes
callreturn=yes
echocancel=yes
echocancelwhenbridged=no
echotraining=800
rxgain=0.0
txgain=0.0
group=0
callgroup=1
pickupgroup=1
prilocaldialplan=unknown

; Span 1: TE2/0/1 "T2XXP (PCI) Card 0 Span 1" (MASTER) HDB3/ RED

group = 0
context = from-pstn
switchtype = qsig
signalling = pri_net
channel => 1-14
overlapdial=yes
```

E.2.4 system.conf

Contiene el modo de señalización, codificación así como las configuraciones de los canales de e1.

```
span = 1,1,0,ccs,hdb3,crc4
bchan=1-14,17-31
dchan=16
echocanceller=oslec,1-14, 17-31
loadzone = us
defaultzone = us
```

E.2.5 chan_dahdi.conf

```
#include /etc/asterisk/dahdi-channels.conf
```

Luego de tener lista la red que simula la PSTN se encontró la dificultad de poder enlazar llamada del lado de la planta y del lado del router cisco, pesar que dentro de la planta se podían generar llamadas, de igual forma del lado del router como se explicó anteriormente se lograron realizar llamadas, no así mediante la conexión E1.

E.3 CÓDIGO DE MATLAB PARA EL CÁLCULO DE ERLE

El código de Matlab mostrado a continuación se separa en 7 celdas, las cuales realizan las siguientes funciones:

- ❖ Frecuencia de muestreo: se carga la frecuencia de muestreo según el criterio de Nyquist en la variable fs.
- ❖ The Near-End Speech Signal: carga el audio del lado cercano en un vector “p” y luego lo grafica y reproduce.
- ❖ The Far-End Speech Signal: igual que el anterior pero del lado lejano dejando el audio en el vector “u”.
- ❖ The Microphone Signal: igualmente carga el audio en un vector “w”.
- ❖ Echo Return Loss Enhancement (ERLE): en esta celda se realiza el cálculo del ERLE para la grabación a analizar, se realiza mediante la fórmula descrita en el capítulo 4 y luego se grafica en dB para visualizar los distintos valores durante la conversación.
- ❖ 4 Gráficos conjuntos: Grafica todos los gráficos en una matriz para realizar comparaciones, estos se muestran en el anexo E.
- ❖ Gráfico de señal completa y ERLE: igual que el anterior pero este solo muestra la señal completa y el ERLE.

```
%% Echo Return Loss Enhancement (ERLE)
%Frecuencia de muestreo

%Según el criterio de Nyquist fs > 2Fmax
%el espectro de la voz humana va de 100 a 3500 Hz aproximadamente, entonces
%seleccionamos Fs = (2*3500) = 7000 Hz, y para cumplir con el criterio
%tomamos Fs = 8000 Hz.

M = 4001;
fs = 8000;

%% The Near-End Speech Signal

n = 1:length(p);
t = n/fs;
plot(t,p);
grid on;
axis([0 11 -1 1]);
xlabel('Tiempo [sec]');
ylabel('Amplitud');
title('Near-End');
```

```

set(gcf, 'Color', [1 1 1])
p8 = audioplayer(p,fs);
playblocking(p8);

%% The Far-End Speech Signal

k = 1:length(u);
t = k/fs;
plot(t,u);
grid on;
axis([0 11 -1 1]);
xlabel('Tiempo [sec]');
ylabel('Amplitud');
title('Far-End');
set(gcf, 'Color', [1 1 1])
p8 = audioplayer(u,fs);
playblocking(p8);

%% The Microphone Signal

z = 1:length(w);
t = z/fs;
plot(t,w);
grid on;
axis([0 11 -1 1]);
xlabel('Tiempo [sec]');
ylabel('Amplitud');
title('Señal Completa');
set(gcf, 'Color', [1 1 1])
p8 = audioplayer(w,fs);
playblocking(p8);

%% Echo Return Loss Enhancement (ERLE)

Hd2 = dfilt.dffir(ones(1,1000));
ERLE = filter(Hd2, (w-u(1:length(w))).^2) ./ (filter(Hd2,p(1:length(w))).^2);
ERLEdB1 = -10*log10(ERLE);
plot(t,ERLEdB1);
grid on;
axis([0 11 0 50]);
xlabel('Tiempo [sec]');
ylabel('ERLE [dB]');
title('Echo Return Loss Enhancement');
set(gcf, 'Color', [1 1 1])

%% 4 Graficos conjuntos

%near end
subplot(4,1,1);
plot(t,p, 'g');
axis([0 11 -1 1]);
xlabel('Tiempo [sec]');
ylabel('Amplitud');
title('Near-End');
set(gcf, 'Color', [1 1 1])

%far end
subplot(4,1,2);
plot(t,u, 'm');
axis([0 11 -1 1]);

```

```

xlabel('Tiempo [sec]');
ylabel('Amplitud');
title('Far-End');
set(gcf, 'Color', [1 1 1])

%Mic
subplot(4,1,3);
plot(t,w, 'b');
axis([0 11 -1 1]);
xlabel('Tiempo [sec]');
ylabel('Amplitud');
title('Señal Completa');
set(gcf, 'Color', [1 1 1])

%ERLE
subplot(4,1,4);
plot(t,ERLEdB1, 'r');
axis([0 11 0 40]);
xlabel('Tiempo [sec]');
ylabel('Amplitud');
title('Echo Return Loss Enhancement');
set(gcf, 'Color', [1 1 1])

%% Grafico de señal completa y ERLE

%Mic
subplot(2,1,1);
plot(t,w, 'b');
grid on;
axis([0 11 -1 1]);
xlabel('Tiempo [sec]');
ylabel('Amplitud');
title('Señal Completa');
set(gcf, 'Color', [1 1 1])

%ERLE
subplot(2,1,2);
plot(t,ERLEdB1, 'r');
grid on;
axis([0 11 0 25]);
xlabel('Tiempo [sec]');
ylabel('Amplitud');
title('Echo Return Loss Enhancement');
set(gcf, 'Color', [1 1 1])

```

ANEXO F. GRÁFICAS DE RESULTADOS

Las siguientes Figuras corresponden a cada una de las pruebas, realizando diferentes tipos de llamadas para cada cancelador.

Las Figura completa está formada por cuatro graficas descritas a continuación:

- ❖ **Near-End:** Dibujada en color verde y corresponde a la señal del extremo cercano de la llamada.
- ❖ **Far-End:** Dibujada en color magenta y corresponde a la señal del extremo lejano de la llamada.
- ❖ **Señal completa:** Dibujada en color azul, es la unión de las dos señales descritas.
- ❖ **Echo Return Loss Enhancement:** Dibujada en color rojo y es una medida al aplicar el cancelador de eco.

a. Señal sin FXOtune:

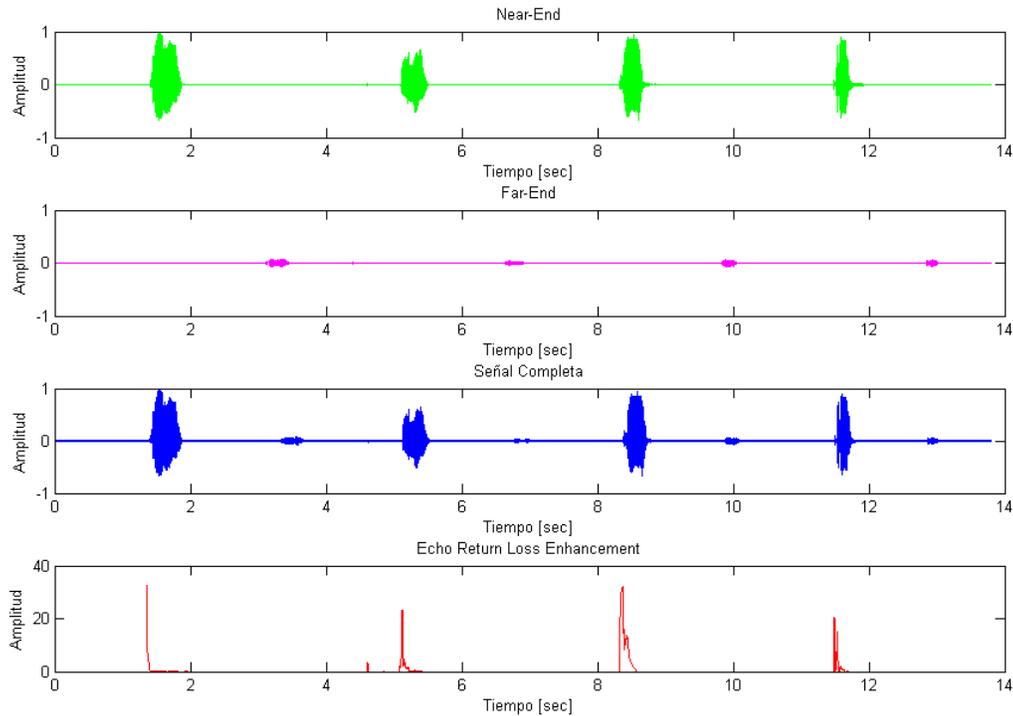


Figura 81. Gráficas de llamada sin aplicar FXOtune.

b. Líneas aplicadas FXOtune sin cancelador de eco

b.1 llamada saliente a línea fija.

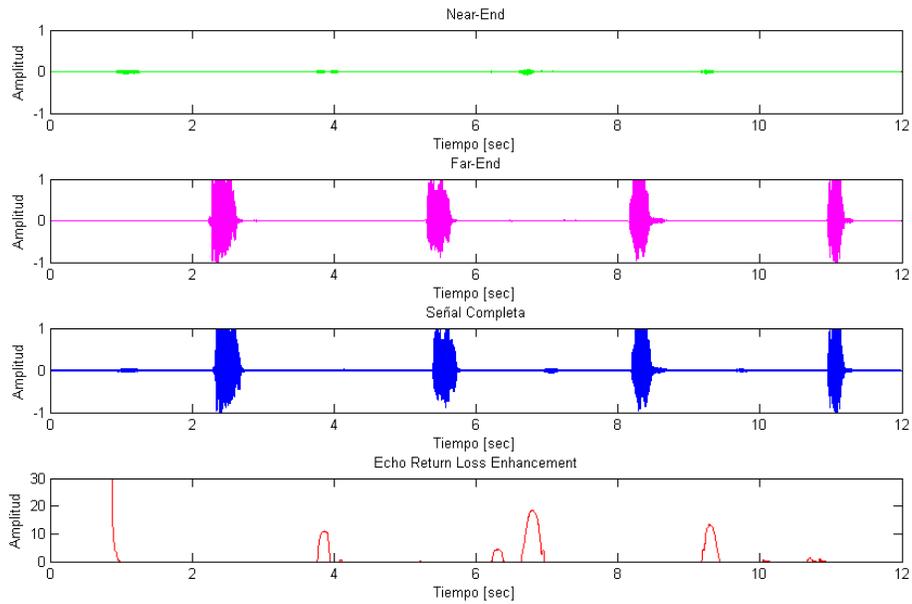


Figura 82. Gráficas para llamada saliente a línea fija sin cancelador pero aplicado FXOtune.

c. Cancelador MG2

c.1 llamada saliente a Línea Fija:

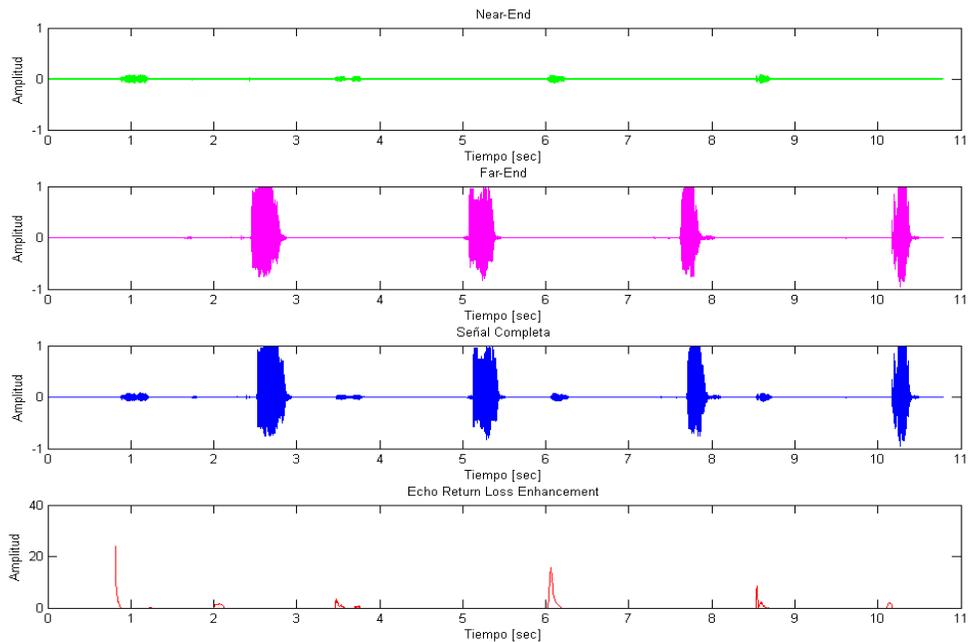


Figura 83. Gráficas con cancelador MG2 (saliente a fijo).

c.2 Llamada saliente a celular

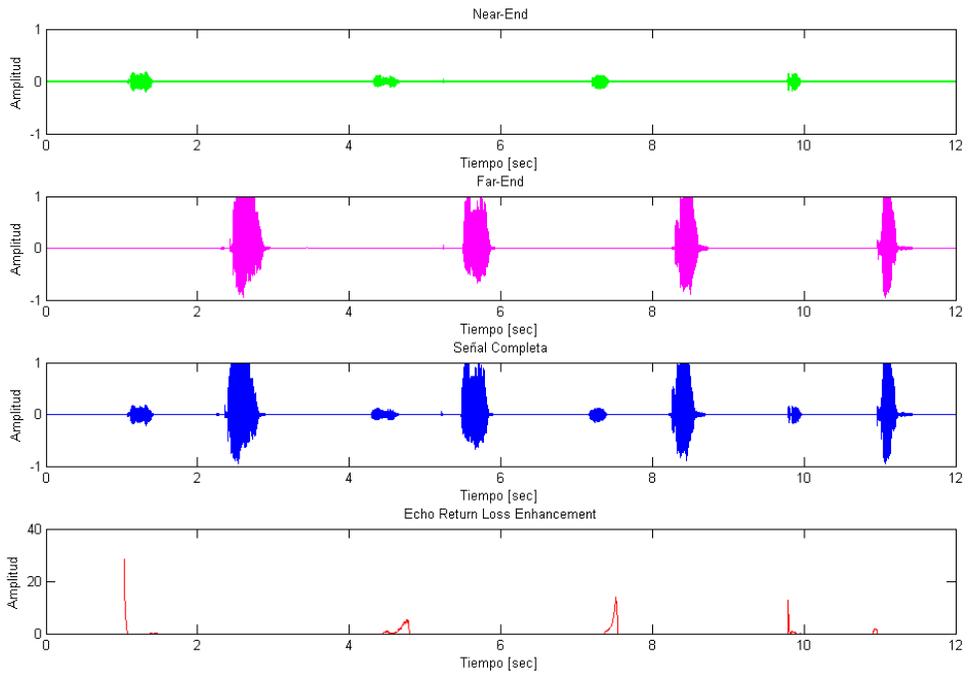


Figura 84. Gráficas con cancelador MG2 (saliente a celular).

c.3 Llamada entrante de línea fija

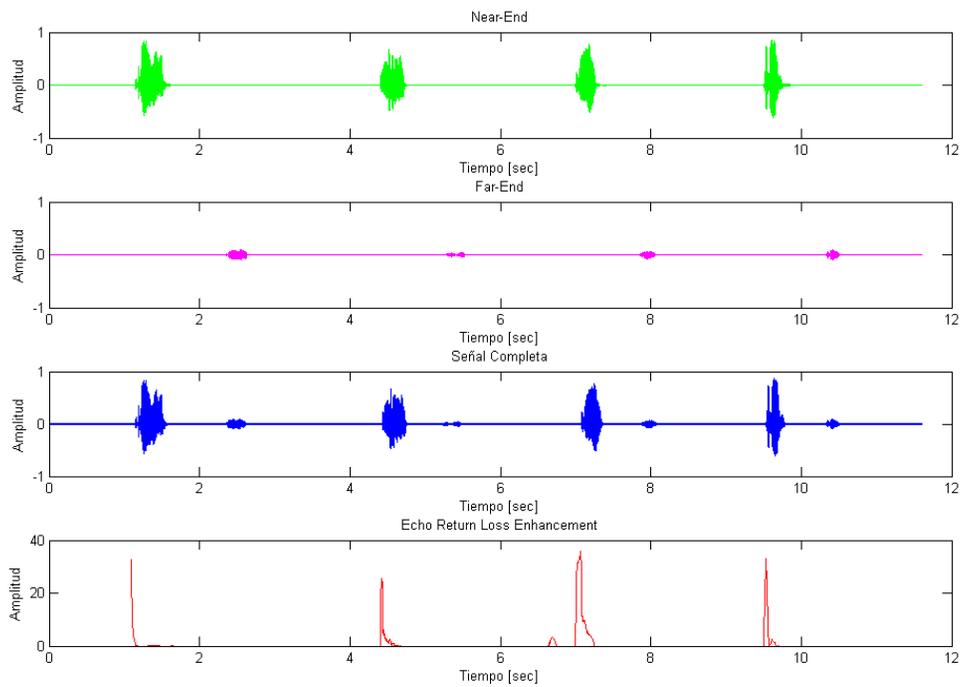


Figura 85. Gráficas con cancelador MG2 (llamada entrante fija).

c.4 llamada entrante celular

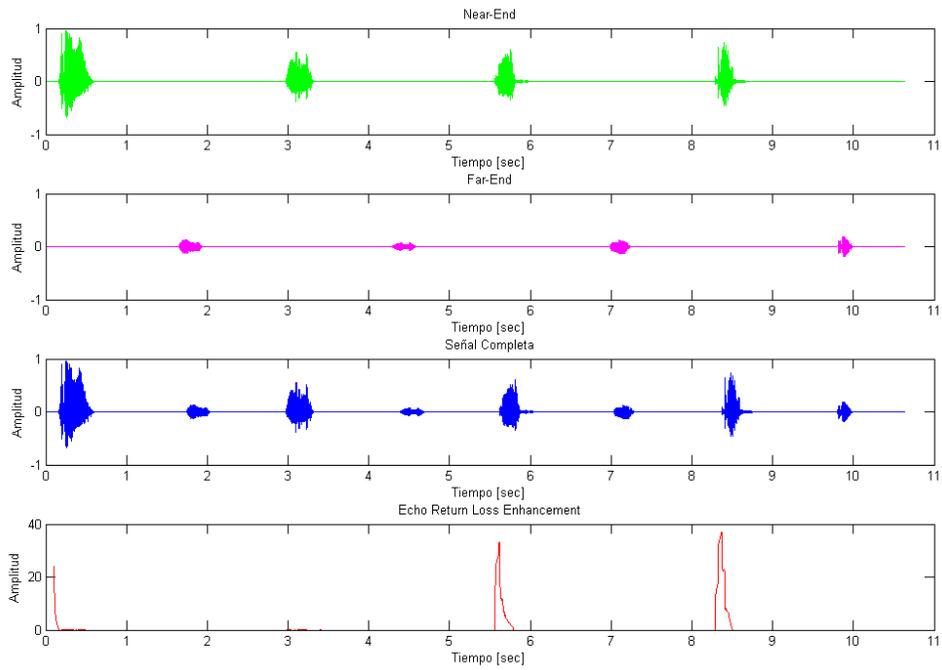


Figura 86. Gráficas con MG2 (entrante de celular).

d. CANCELADOR OSLEC

d.1 Llamada saliente a línea fija

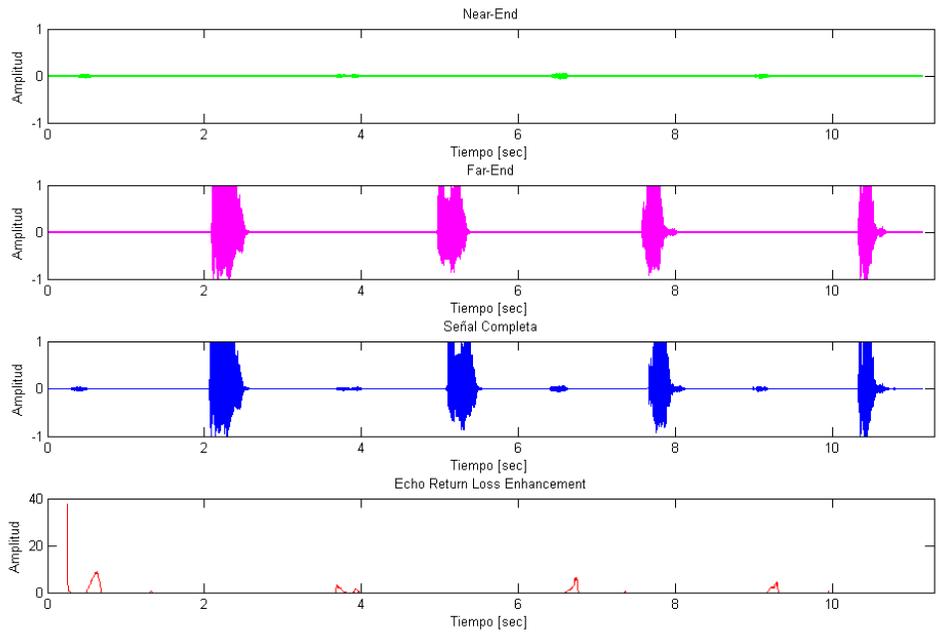


Figura 87. Gráficas con cancelador OSLEC (saliente fijo).

d.2 Llamada saliente a Celular

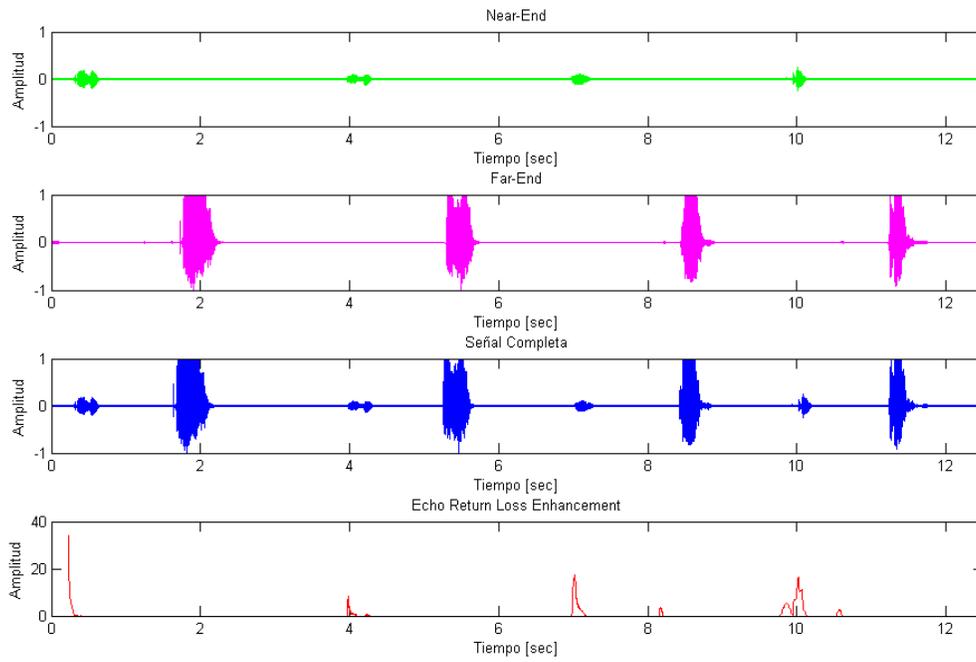


Figura 88. Gráficas con cancelador OSLEC (saliente celular).

d.3 Llamada entrante fija.

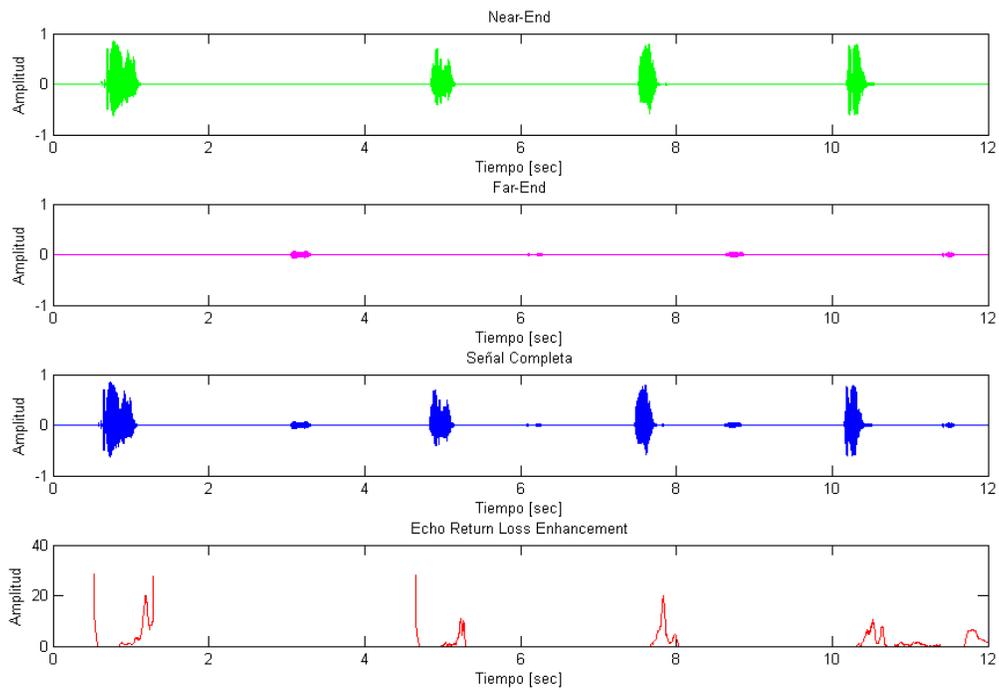


Figura 89. Gráficas con cancelador OSLEC (entrante fija).

d.4 llamada entrante Celular

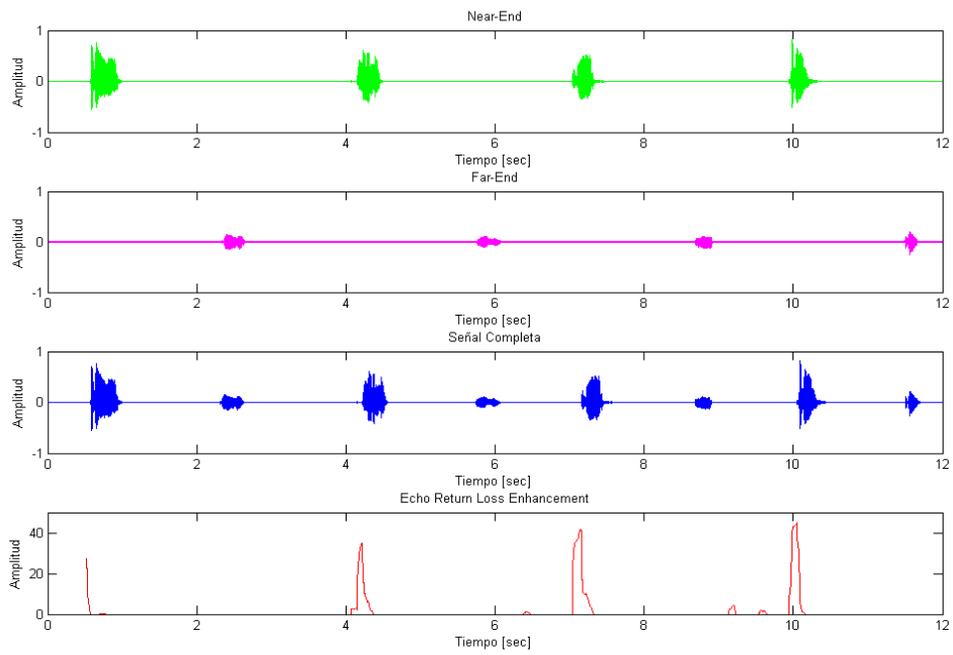


Figura 90. Gráficas con cancelador OSLEC (entrante celular).