



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

TEMA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP BAJO UNA
PLATAFORMA DE SOFTWARE LIBRE PARA LA INDUSTRIA
FLORALP S.A DE LA CIUDAD DE IBARRA**

AUTORA: MAYRA A. MARTÍNEZ C.

DIRECTOR: MSc. EDGAR MAYA

Ibarra- Ecuador

2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de identidad	100303704-9
Apellidos y Nombres	Martínez Cadena Mayra Araceli
Dirección	Av. 17 de Julio 9-103
E-mail	aracelymc26@hotmail.com
Teléfono fijo	062-616-229
Teléfono móvil	0959929953
DATOS DE LA OBRA	
Título	DISEÑO DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP BAJO UNA PLATAFORMA DE SOFTWARE LIBRE PARA LA INDUSTRIA FLORALP S.A DE LA CIUDAD DE IBARRA
Autora	Martínez Cadena Mayra Araceli
Fecha	Febrero del 2015
Programa	Pregrado
Título	Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	MSc. Edgar Maya

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Martínez Cadena Mayra Araceli, con cédula de identidad Nro. 100303704-9, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

Firma: 

Nombre: Martínez Araceli

Cédula: 100303704-9

Ibarra, Febrero del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Martínez Cadena Mayra Araceli, con cédula de identidad número 100303704-9 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de la autora del trabajo de grado con el tema: DISEÑO DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP BAJO UNA PLATAFORMA DE SOFTWARE LIBRE PARA LA INDUSTRIA FLORALP S.A DE LA CIUDAD DE IBARRA. Que ha sido desarrollado con el propósito de obtener el título de Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Martínez Araceli

100303704-9

Ibarra, Febrero del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

**MSc. EDGAR MAYA, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN
CERTIFICA**

Que, el presente Trabajo de Titulación: "DISEÑO DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP
BAJO UNA PLATAFORMA DE SOFTWARE LIBRE PARA LA INDUSTRIA FLORALP
S.A DE LA CIUDAD DE IBARRA." Ha sido desarrollado por el señorita Martinez
Cadena Mayra Araceli bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.


MSc. Edgar Maya
DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CONSTANCIAS

Yo, MARTÍNEZ CADENA MAYRA ARACELI declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se presentan en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

En la ciudad de Ibarra, Febrero de 2015

LA AUTORA

Martínez Cadena Mayra Araceli

CI: 100303704-9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres, que gracias a su sacrificio y trabajo han sabido inculcarme valores morales y antes que nada ser una persona responsable lo cual me permitió culminar con éxito el primero de grandes logros.

A mis hermanos Erika, Adriana y Xavier; a dos personas muy importantes en mi vida mi abuelito Salvador Martínez (+) y mi tío Segundo Cadena (+), quienes fueron mi razón para no rendirme ante nada y culminar mi formación académica, gracias por su apoyo y sus consejos.

Araceli



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios infinitamente por haberme dado la sabiduría y entendimiento para culminar con éxito la carrera universitaria.

A la Universidad Técnica del Norte, por permitirme ser parte de la institución y formarme como una profesional, a todos los maestros y compañeros que contribuyeron en mi formación, de manera especial al MSc. Edgar Maya que gracias a su disposición supo brindarme consejos para culminar el presente trabajo.

A la Industria FLORALP S.A por abrirme las puertas para el desarrollo del trabajo de tesis, al Ing. Xavier Barahona de forma especial por la colaboración y paciencia.

Gracias a mi familia por a verme formado en una hogar lleno de cariño a mis hermanos que están conmigo en las buenas y las malas, a mis tías por estar siempre al pendiente de mi estudio, gracias por todo lo que soy.

Araceli

RESUMEN

El presente trabajo de titulación, consiste en el diseño de un sistema de telefonía IP basado en una plataforma de software libre para la industria FLORALP S.A de la ciudad de Ibarra, con el fin de mejorar la comunicaciones entre las oficinas y permitir que la red de datos se vuelva robusta y a la vez flexible.

Para iniciar, se realiza la investigación de los protocolos SIP, UDP, RTP, RTCP que forman parte de la transmisión de la voz sobre el protocolo IP, el encapsulamiento en la trama Ethernet, el proceso para realizar una llamada, las ventajas y las desventajas de usar VoIP y los factores que afectan a la transmisión.

Para recopilar información, se procede hacer el análisis de la infraestructura y red de datos de FLORALP S.A tanto en la ciudad de Ibarra y Quito, con la finalidad de realizar cálculos de troncales y establecer las condiciones para que la red soporte la transmisión de VoIP. Con el estándar IEEE 830 se determina el software Elastix para la central IP.

Finalmente se realiza el diseño de telefonía IP, para todas las sucursales, se define parámetros de QoS, se recomienda equipos para el soporte del sistema, se efectúan pruebas de funcionamiento entre la matriz Ibarra y la oficina de Quito, y para determinar si el proyecto es factible se realiza un análisis costo/beneficio.

ABSTRACT

The present thesis consists in the design of an IP telephony system based on a platform of free software for FLORALP S.A. industry, in order to improve communication between the offices. The system also allows the network becomes robust and flexible.

To begin, researching is done of SIP, UDP, RTP, RTCP protocols, which are parts of voice transmission over IP protocol, the Ethernet frame encapsulation, process to make a call, advantages and disadvantages of using VoIP and the factors that affect the transmission.

To get information, the analysis of infrastructure and data network is made in FLORALP S.A at Ibarra and Quito cities, in order to calculate trunks and to establish conditions for the transmission of VoIP. The software Elastix is determined with IEEE 830 standard.

Finally, the design of IP telephony is developed for all branches, QoS parameters are defined, equipment support is recommended, performance testing are made between Ibarra and Quito, and to determinate the feasibility of project a cost/benefit analysis is realized.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	iv
CERTIFICACIÓN	v
CONSTANCIAS	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
ANTECEDENTES	xx
INTRODUCCIÓN	xx
PROBLEMA	xx
JUSTIFICACIÓN	xxi
OBJETIVOS	xxii
OBJETIVO GENERAL.....	xxii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	xxii
ALCANCE	xxiii
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN A TELEFONÍA IP	
1.1. GENERALIDADES	1
1.2. CARACTERÍSTICAS DE VOIP	2
1.3. ARQUITECTURA	4
1.3.1. ARQUITECTURA CENTRALIZADA.....	4
1.3.2. ARQUITECTURA DISTRIBUIDA.....	5
1.4. CODECS DE AUDIO PARA VOIP.....	6
1.4.1. ESPECIFICACIONES	6
1.4.2. TABLA DE RESUMEN DE CODECS DE AUDIO.....	10
1.5. PROTOCOLOS VOIP.....	11

1.5.1. PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN	12
1.5.2. COMPARACIÓN DE LOS PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN	15
1.5.3. FUNDAMENTOS DE SEÑALIZACIÓN MEDIANTE SIP	16
1.5.4. PROTOCOLOS DE TRANSPORTE	23
1.6. ENCAPSULAMIENTO DE TRAMA DE VOIP	25
1.7. PROCESO PARA REALIZAR UNA LLAMADA IP	26
1.8. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE VoIP	28
1.8.1. VENTAJAS	28
1.8.2. DESVENTAJAS	29
1.9. FACTORES QUE AFECTA LA CALIDAD DE LA VoIP	29
1.9.1. LATENCIA	30
1.9.2. JITTER	30
1.9.3. PÉRDIDAS DE PAQUETES	31
1.10. SOFTWARE LIBRE PARA TELEFONÍA	32
1.10.1. ASTERISK	32
1.10.2. ELASTIX	33
1.10.3. TRIXBOX	35
CAPÍTULO II	
ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA Y RED DE DATOS DE FLORALP S.A	
2.1. ANTECEDENTES	37
2.1.1. MISIÓN	38
2.1.2. VISIÓN	38
2.2. ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL	38
2.3. DESCRIPCIÓN DE EMPLEADOS DE LA MATRIZ Y SUCURSALES	40
2.4. ANÁLISIS DE LA RED DE DATOS DE FLORALP S.A.	40
2.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DATOS FLORALP S.A IBARRA	41
2.4.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS SUCURSALES	54
2.5. RED WAN DE FLORALP S.A.....	56
2.6. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED TELEFÓNICA DE FLORALP S.A.....	57
2.6.1. PANASONIC ADVANCED HYBRID SYSTEM KX Ta616	58
2.6.2. PANASONIC KX-TDA100D.....	60
2.6.3. DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE RED TELEFÓNICA.....	62
2.7. ESTADÍSTICAS DE TRÁFICO DEL SERVICIO TELEFÓNICO	65
2.7.1. ENCUESTA DIRIGIDA A LOS EMPLEADOS DE FLORALP S.A.	65

2.7.2. ANÁLISIS DE TRÁFICO DE LLAMADAS TELEFÓNICAS.....	67
2.8. ANÁLISIS DE TRÁFICO DE DATOS EN LA RED DE FLORALP S.A.....	75
2.8.1. IPERF HERRAMIENTA DE MONITOREO DE TRÁFICO	76
2.8.2. RESULTADOS DE TRÁFICO CON IPERF	79
2.9. REQUERIMIENTOS PARA TRÁFICO DE RED.....	81

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE LA PLATAFORMA DE SOFTWARE LIBRE PARA ToIP

3.1. ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS SOFTWARE LIBRE PARA ToIP	83
3.1.1. ESTÁNDAR IEEE 830 PARA LA ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE	84
3.1.2. REQUISITOS ESPECÍFICOS	87
3.1.3. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS PARA SELECCIÓN DE SOFTWARE ...	90
3.2. PLATAFORMA ELASTIX	94
3.2.1. CARACTERÍSTICAS.....	94
3.2.2. ARQUITECTURA.....	99
3.2.3. DIMENSIONAMIENTO DEL HADWARE.....	100

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP

4.1. REQUERIMIENTOS PARA SISTEMA DE TELEFONÍA IP	102
4.1.1. REQUERIMIENTOS DE ADMINISTRACIÓN	102
4.1.2. PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO	103
4.2. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA	104
4.2.1. SELECCIÓN DEL CÓDEC.....	104
4.2.2. CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA PARA EL SISTEMA.....	109
4.2.3. FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DEL SISTEMA DE VoIP	110
4.2.4. CÁLCULO DE TRONCALES.....	112
4.3. DISEÑO DEL SISTEMA DEL TELEFONÍA IP	114
4.3.1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	114
4.3.2. ARQUITECTURA PROPUESTA	116
4.3.3. DIRECCIONAMIENTO DE LAS REDES	118
4.3.4. SERVICIOS A IMPLEMENTARSE EN LA RED DE FLORALP S.A.	119
4.3.5. DISEÑO DE MARCADO PARA EXTENSIONES DE FLORALP S.A.	119
4.4. HARDWARE Y SOFTWARE PARA ToIP.....	123
4.4.1. HARDWARE.....	124

4.4.2. SOFTWARE	130
4.5. CONFIGURACIÓN DE VPNs.....	131
4.5.1. CONCEPTOS DE VPN	131
4.5.2. CONFIGURACIÓN DE VPN EN EL SERVIDOR KYPUS.....	132
4.5.3. CALIDAD DE SERVICIO EN LA VPN	133
4.6. CALIDAD DE SERVICIO ORIENTADO A LA VOZ.....	135
4.6.1. PROCESO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO...	135
4.6.2. EVALUACIÓN DE LA RED.....	135
4.6.3. IDENTIFICACIÓN DEL TRÁFICO Y SUS REQUERIMIENTOS.....	137
4.6.4. CLASIFICACIÓN DEL TRÁFICO	138
4.6.5. DEFINICIÓN DE POLÍTICAS	140
4.6.6. FRONTERAS DE CONFIANZA.....	141
4.6.7. IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS.....	142
CAPÍTULO V	
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	
5.1. DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS.....	143
5.2. PRUEBAS TÉCNICAS	143
5.2.1. PRUEBAS SIN CALIDAD DE SERVICIO	144
5.2.2. PRUEBAS CON CALIDAD DE SERVICIO	148
5.3. PRUEBAS DE CONECTIVIDAD	150
5.3.1. LLAMADAS INTERNAS.	150
5.3.2. LLAMADAS A LA OFICINA EN QUITO.....	155
CAPÍTULO VI	
ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	
6.1. COSTO BENEFICIO	162
6.2. ETAPAS DEL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	162
6.2.1. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA ACTUAL DE TELEFONÍA	163
6.2.2. COSTOS DE INVERSIÓN DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP.....	165
6.2.3. ANÁLISIS DE COSTOS	166
6.3. CONCLUSIÓN DE LA INVERSIÓN.....	170
CAPÍTULO VII	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1. CONCLUSIONES.....	172

7.2. RECOMENDACIONES	174
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	176
ANEXOS	182

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura centralizada SIP.....	5
Figura 2. Arquitectura distribuida SIP	5
Figura 3. Estructura de protocolos de VoIP.....	11
Figura 4. Trama encapsulación de VoIP	26
Figura 5. Proceso de conexión y establecimiento de una llamada SIP.....	27
Figura 6. Edificio FLORALP S.A. Matriz Ibarra.....	37
Figura 7. Organigrama estructural FLORALP S.A.....	39
Figura 8. Topología de red de la matriz Ibarra	43
Figura 9. Rack 1 ubicado en las oficinas administrativas	45
Figura 10. Rack 2 de comunicaciones	48
Figura 11. Servidor de dominio	50
Figura 12. Servidor de aplicaciones.....	50
Figura 13. Servidor de replicación.....	51
Figura 14. Servidor Flexline.....	51
Figura 15. Topología de red de sucursales.....	56
Figura 16. Topología de la red WAN de FLORALP S.A.....	57
Figura 17. Central Panasonic, matriz Ibarra.....	58
Figura 18. Hora pico del día miércoles 4 en la matriz Ibarra	70
Figura 19. Hora pico del día miércoles 4 en la oficina Quito	71
Figura 20. Diagrama de conexión para captura de tráfico.....	77
Figura 21. Configuración de Servidor Iperf.....	78
Figura 22. Configuración del cliente Iperf	78
Figura 23. Resultados de Jitter en FLORALP S.A.....	80
Figura 24. Resultado de la herramienta PING.....	81
Figura 25. Diagrama de dependencias de sistemas.....	85
Figura 26. Arquitectura de Elastix	99
Figura 27. Carga útil de códec G.723.....	105
Figura 28. Topología de red propuesta para la matriz de la ciudad de Ibarra	117
Figura 29. Topología WAN para el sistema de telefonía IP.....	118
Figura 30. Asignación de ancho de banda para VPN.....	134
Figura 31. Reglas de Ancho de banda en VPN.....	134
Figura 32. Proceso de implementación de QoS.....	135

Figura 33. Captura de tráfico que pasa por el servidor de VoIP.....	145
Figura 34. Interpretación de RTP Streams.....	146
Figura 35. Análisis de RTP Stream más alto.....	147
Figura 36. Análisis de las llamadas VoIP.....	147
Figura 37. Captura de tráfico que pasa por el servidor de VoIP con QoS.....	148
Figura 38. Gráfica de consumo de ancho de banda.....	149
Figura 39. Análisis de RTP Stream (llamada1)	149
Figura 40. Análisis de RTP Stream (llamada 2)	150
Figura 41. Registro de cuenta 105	151
Figura 42. Registro de la cuenta 140	151
Figura 43. Panel de operador de Elastix	152
Figura 44. CLI de Asterisk.....	152
Figura 45. Llamada iniciada por la extensión 105	153
Figura 46. Llamada entrante a la extensión 140	153
Figura 47. Descripción del proceso de llamada.....	154
Figura 48. Fin de llamada.....	154
Figura 49. Registro de la extensión 201 (Quito).....	155
Figura 50. Activación de la extensión.....	156
Figura 51. Cuenta SIP 201 registrada con éxito.....	156
Figura 52. Registro en el panel de operador de la extensión 201 (Quito)	157
Figura 53. Extensiones de prueba, en línea.....	157
Figura 54. Timbrado de la extensión 101 a la 202	158
Figura 55. Llamada exitosa entre Ibarra y Quito.	158
Figura 56. Consumo de ancho de banda en llamadas a Quito.....	159
Figura 57. Paquetes RTP.....	159
Figura 58. Análisis de paquetes RTP	160
Figura 59. Prueba con descarga de archivos.....	160
Figura 60. Análisis de paquetes RTP con descarga de archivos.	161
Figura 61. Gráfica de costo de telefonía de la industria FLORALP S.A	164

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características principales de códec de audio	10
Tabla 2. Comparación de protocolos de señalización.....	15
Tabla 3. Detalle de empleados de FLORALP S.A.....	40
Tabla 4. Equipos de red en FLORALP S.A Ibarra.....	49
Tabla 5. Características del servidor de dominio.....	50
Tabla 6. Características del servidor de datos y aplicación.....	50
Tabla 7. Características del servidor de replicación de datos	51
Tabla 8. Características del servidor Flexline.....	51
Tabla 9. Capacidad del sistema Panasonic KXTA616	59
Tabla 10. Capacidad de sistema en tarjetas	60
Tabla 11. Capacidad de sistema en dispositivos.....	61
Tabla 12. Troncales de FLORALP S.A.....	62
Tabla 13. Distribución de número de extensiones en Ibarra	63
Tabla 14. Distribución de número de extensiones de oficinas Quito	64
Tabla 15. Distribución de número de extensiones de oficinas Guayaquil.	64
Tabla 16. Interpretación de resultados de encuesta realizada.....	66
Tabla 17. Tráfico de voz saliente por días matriz Ibarra.....	69
Tabla 18. Tráfico de voz saliente por días en oficinas Quito	69
Tabla 19. Flujo de tráfico día miércoles 4 del mes de junio matriz Ibarra.....	70
Tabla 20. Flujo de tráfico día miércoles 4 del mes de junio oficina Quito	71
Tabla 21. Hora pico de la primera semana de junio en la matriz Ibarra.	71
Tabla 22. Hora pico de la primera semana de junio en la oficina de Quito	72
Tabla 23. Flujo de tráfico por cada línea telefónica en la matriz de Ibarra	72
Tabla 24. Flujo de tráfico por cada línea telefónica en la oficina Quito	73
Tabla 25. Número de llamadas en una hora en la matriz Ibarra.....	73
Tabla 26. Número de llamadas en una hora en la oficina Quito.....	74
Tabla 27. Resultado de Erlangs para una semana.	74
Tabla 28. Configuración de servidor Iperf.....	77
Tabla 29. Configuraciones del cliente Iperf	78
Tabla 30. Resultados de Iperf	79
Tabla 31. Resultados de la herramienta PING en la red	80
Tabla 32. Valoración de los requerimientos	91

Tabla 33. Calificación de parámetros para elección de Software.....	92
Tabla 34. Datos de codecs.....	105
Tabla 35. Resultados de cálculos.....	107
Tabla 36. Número de troncales para tráfico entrante	113
Tabla 37. Número de troncales para tráfico saliente	113
Tabla 38. Rango de direcciones para las oficinas de FLORALP S.A.....	118
Tabla 39. Rango de extensiones para FLORALP S.A.....	120
Tabla 40. Código para clasificar prioridades de llamadas	120
Tabla 41. Servicios para cada extensión de la matriz Ibarra.....	121
Tabla 42. Servicios para cada extensión de las oficinas Quito.....	122
Tabla 43. Servicios para cada extensión de las oficinas Guayaquil.....	122
Tabla 44. Servicios para cada extensión de las oficinas Cuenca.....	123
Tabla 45. Servicios para cada extensión de la planta San Gabriel.	123
Tabla 46. Requerimientos para el uso de softphones	130
Tabla 47. Protocolos más usados en la red de datos.....	137
Tabla 48. Prioridad y puertos de las aplicaciones en la red de FLORALP S.A	139
Tabla 49. Niveles aceptables para el soporte de VoIP sobre la red de FLORALP	144
Tabla 50. Costo por telefonía del año 2014 de FLORALP S.A.....	163
Tabla 51. Costo mediante la eliminación de líneas telefónicas.	165
Tabla 52. Presupuesto referencial para el sistema de telefonía IP	165
Tabla 53. Flujo de caja	166
Tabla 54. Cálculo del VAN	167
Tabla 55. Valor presente de beneficios.....	169
Tabla 56. Valor presente de egresos	169

ANTECEDENTES

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de grado está encaminado a diseñar el sistema de Telefonía IP para la Industria de productos lácteos FLORALP S.A. ubicado en la ciudad de Ibarra en la parroquia de Caranqui, con la finalidad de interconectar a la matriz con sus sucursales haciendo así más interactiva las relaciones dentro de la industria, mediante la utilización de software libre para reducir recursos económicos.

PROBLEMA

La Industria FLORALP S.A con cuarenta y nueve años de experiencia en el mercado, ha recibido grandes reconocimientos en la producción de quesos de alta calidad y una gran variedad de productos lácteos; actualmente su matriz se encuentra ubicada en la ciudad de Ibarra y sus cuatro sucursales en diferentes provincias del país. Gracias a la calidad de los productos y la demanda ha hecho que esta empresa no solo cuente con oficinas a nivel nacional si no fuera de él, en ciudades como: Pasto-Colombia, Lima-Perú y próximamente en Brasil.

Las comunicaciones actualmente en la industria se las realiza por medio de la telefonía tradicional usando una central pequeña PBX Panasonic Advanced Hybrid System KX-TA616 replicadas en cada sucursal, con veinticuatro extensiones telefónicas y sin ningún tipo de restricciones para llamadas a celulares. Adicional a esto la industria FLORALP S.A. maneja su red de datos de forma independiente, provocando la falta de comunicación entre sucursales

de las diferentes provincias, todo tipo de planificación se realiza mediante el uso de la telefonía tradicional trayendo como consecuencia que se cancele facturas por telefonía sumamente elevadas.

En base a la falta de interactividad entre sucursales y en consecuencia el pago del servicio telefónico elevado, se ha visto necesario proponer una solución de Telefonía IP sobre una plataforma de software libre, para que la industria mejore sus comunicaciones, reduzca costos por telefonía y además gracias a las características propias que brinda el sistema la red se vuelva escalable y flexible.

De acuerdo a la evolución de las redes y conjuntamente con los servicios que la Telefonía IP presta, se ha planteado que la Industria FLORALP S.A haga uso de esta tecnología para brindar soluciones prácticas, mejorar las comunicaciones y reducir costos en telefonía.

JUSTIFICACIÓN

La industria FLORALP S.A al poseer sucursales a nivel nacional y manejar redes independientes ha generado que las comunicaciones interinstitucionales sean de manera sencilla, usando la telefonía tradicional y a consecuencia de esto el pago elevado por facturas por servicio telefónico.

La finalidad de este sistema es modernizar la comunicación de voz y así mejorar comunicaciones, planificaciones y principalmente reducir los costos por telefonía que la industria cancela mensualmente.

Se pretende con este sistema de Telefonía IP, la industria mejore las comunicaciones interinstitucionales y brindar a los empleados servicios que permitan aprovechar los recursos tecnológicos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un Sistema de Telefonía IP mediante una plataforma de software libre, para la optimización de las comunicaciones internas de la industria FLORALP S.A.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar la arquitectura, protocolos y componentes que forman parte de un sistema de Telefonía IP.
- Realizar el levantamiento de información de la red actual tanto de la matriz y cada sucursal.
- Definir la plataforma de software libre a utilizar en base a la norma IEEE 830¹ de acuerdo a requerimientos y descripción de necesidades del sistema.

¹ IEEE 830: Norma establecida por IEEE para la Especificación de software.

- Diseñar el sistema de Telefonía IP en base a parámetros como: ancho de banda, número de usuarios y requerimientos del administrador de red para el dimensionamiento del sistema.
- Configurar VPNs² entre sucursales para dar solución a la transmisión de voz en largas distancias.
- Brindar calidad de servicio orientado a la transmisión de voz para obtener conversaciones legibles y claras.
- Realizar un análisis Costo-Beneficio para determinar la rentabilidad del diseño en parámetros de inversión y tiempo de recuperación.

ALCANCE

En primer lugar se hará una introducción a Telefonía IP para evaluar detalladamente arquitectura, protocolos de direccionamiento: UDP, señalización: H.323, SIP, compresión: G.711, G729, en base al modelo de referencia OSI; ventajas y desventajas que brinda este tipo de tecnología.

Se procederá hacer el levantamiento de información de la red actual tanto de la matriz y cada una de sus sucursales. En base al número de usuarios, tráfico de voz y datos se tomarán muestras en distintos horarios para determinar los requerimientos, deficiencias y así obtener el dimensionamiento adecuado para el diseño.

A continuación se realizará un estudio comparativo de las siguientes plataformas de software libre: Asterisk, Elastix y Trixbox en base a la norma IEEE 830 que especifica los

² VPN: Canal virtual para comunicación (Network Private Virtual).

parámetros que debe cumplir un software para satisfacer los requerimientos del diseño. El servicio que se brindará principalmente es IP-PBX en la cual se involucra extensiones, control de llamadas entrantes y salientes, soporte e identificación de llamadas con el fin de dar el uso adecuado a los recursos.

Posteriormente se realizará el diseño del sistema en base a los requerimientos del administrador, número de empleados que hacen uso a diario de la telefonía, una auditoria de la red en horas pico y horas lentas, cálculos de ancho de banda para el dimensionamiento de la Central Telefónica IP, dimensionamiento de la trocal, número de extensiones y número de llamadas simultaneas.

De acuerdo al diseño se recomendarán equipos con soporte de configuración de VPNs para la comunicación entre sucursales es decir un canal virtual dedicado para la transmisión de voz de una manera segura a través de una red pública (Internet), además se elegirá un servidor con las tarjetas para la interfaz de abonado FXS y la tarjeta de interfaz de la central externa FXO; hardphones para oficinas fijas y softphone para empleados que tengan puestos rotativos o móviles.

Con la finalidad de proveer un mejor servicio se implementará Calidad de Servicio (QoS) orientado a la voz, seleccionando el modelo de QoS Diffserv (Servicio Diferenciado), un Método de implementación de QoS MQC (Modular QoS CLI) en el que la clasificación y las políticas del QoS se las realiza por separado. Para la identificación y clasificación del tráfico que cruza por la red configurará ACLs (Listas de Acceso). Para el caso del marcaje en capa dos CoS 802.1Q/p y en capa tres por el uso del modelo Diffserv se utilizará DSCP (Differentiated Service Code Point) e IPP (IP Precedence). Para congestión o Queuign se usará

el algoritmo PQ (Priority Queuing) puesto que prioriza el tráfico de acuerdo a su clase. Se utilizará el mecanismo de encolamiento CBWFQ (Class Based Weighted Fair Queuing) para garantizar el ancho de banda de acuerdo a la prioridad, que trabaja con baja latencia y reserva el ancho de banda mínimo y por clase. Para la prevención de congestión se utilizará el método CBWRED (Class – Based Weighted Radom Early Detection) puesto que elige el perfil de cada clase de tráfico y se basa en DSCP e IP Precedent. Para la eficiencia de los datos se usará la técnica de compresión con la elección del códec más adecuado y la fragmentación para reducir el tamaño de las tramas con MTU grande.

Puesto que se pretende hacer uso de VPNs para las comunicaciones entre sucursales se implementará QoS Pre-Classify permitiendo que las características de QoS se mantengan efectivas aun estando dentro de los túneles VPN. Aplicar también fronteras de confianza lo más cercano de la fuente de tráfico en equipos terminales, switches de acceso y de distribución para garantizar así un menor procesamiento en los equipos de red.

Con el fin de comprobar el funcionamiento del diseño se realizarán pruebas dentro de la matriz y un enlace VPN hacia la sucursal de Quito para confirmar los criterios establecidos en la investigación.

Finalmente se realizará un análisis costo/beneficio para determinar la rentabilidad del sistema sobre el costo de inversión y el tiempo de recuperación del mismo.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A TELEFONÍA IP

1.1. GENERALIDADES

El servicio de telefonía es una de las tecnologías con mayor demanda desde hace muchos años, puesto que permite la comunicación en vivo y largas distancias; el sistema ha evolucionado en el transcurso del tiempo, comenzando con un proceso manual en el que un operador se encargaba de colocar clavijas entre las líneas de los dos abonados que se deseaban comunicar, haciendo de esto un proceso dependiente de un operador y de poco rendimiento (Rosa, 2009).

Actualmente se encuentran en funcionamiento las centrales PSTN³ que basa su funcionamiento en la conmutación de circuitos, se la utilizó principalmente por el incremento de usuarios que solicitaban el servicio, obteniendo así un servicio automático y conmutando logrando que la llamada llegara a su destino mediante un sistema rápido y de fácil escalabilidad.

Para aprovechar al máximo los recursos de la red se utilizan actualmente las centrales conmutadas PBX⁴ las mismas que permiten la transmisión por un mismo medio físico el tráfico de voz, datos y video; se ha fusionado las características de estas centrales con el protocolo

³ PSTN.- conjunto de redes de conmutación. (Public Switched Telephone Network)

⁴ PBX.- central telefónica conectada a la red pública de forma directa. (Private Branch Exchange)

IP⁵ para dar a conocer la VoIP⁶, que es la transmisión de la voz inicialmente de manera analógica encapsulada en un paquete de forma digital que viaja por cualquier red IP incluso sobre las redes conectadas al Internet, proporcionando así no solo la comunicación si no generando interactividad lo que un mensaje o un correo no pueden lograr.

Las centrales de conmutación IP pueden ser libres o propietarias, las características de la central de conmutación debe permitir que ésta se adapte a las necesidades del administrador y no que se use los recursos mínimos de la central.

1.2. CARACTERÍSTICAS DE VOIP

El envío de paquetes de voz en tiempo real utilizando redes que trabajen sobre el protocolo IP se denomina VoIP (Federal Communications Commission, 2009), la misma que permite la comunicación, entre dos o más usuarios que se encuentren haciendo uso de la misma red de Internet, sin requerir ningún cable único dedicado, es decir no necesita de una ruta fija y no se limita a la ampliación de una red.

Al usar el protocolo IP como medio de transmisión lógica, es posible usar una misma red para interconectar dos edificios que manejen una misma red, a esto se denomina la administración de una única red para la comunicación. Puesto que trabaja con protocolos independientes en cada una de las capas; estos protocolos pueden desarrollarse sin tomar en cuenta el hardware que se utilice.

⁵ IP.- protocolo usado para la comunicación de datos a través de una red. (Internet Protocol)

⁶ VoIP.- grupo de recursos que permiten transmitir señales de voz a través del internet usando el protocolo IP (Voice over IP, Voz sobre IP)

VoIP requiere una conexión lo suficientemente rápida y fiable para Internet, sin tomar en cuenta el tipo de conexión física que se tenga en la red, el ancho de banda necesario para realizar una llamada usando la tecnología VoIP es de 64 Kbps en una sola dirección y en la caso de una comunicación full dúplex el ancho de banda de 180.8 Kbps. Los datos de ancho de banda han variado con el pasar de los años, actualmente se envía mayor cantidad de información simultánea y con gran rapidez.

VoIP puede trabajar sobre una gran variedad de arquitecturas de red, no necesariamente debe ser jerárquica por dos razones: los paquetes de VoIP no requieren un intervalo de tiempo único para llegar a su destino, ni una jerarquía para establecer una llamada y la segunda razón es que solamente la llamada debe ser conocida por los usuarios finales.

La VoIP utiliza un sin número de protocolos que permiten que la llamada se realice, los protocolos más importantes encargados de la creación y terminación de una llamada son: SIP⁷, H.323⁸ y MGCP⁹; el protocolo UDP¹⁰ para el envío de paquetes, puesto que al ser la prioridad más alta la voz este no necesita el reenvío de paquetes perdidos (acuse de recibo), ya que en una conversación escuchar un espacio de silencio muy corto no hace que pierda sentido la información que se quiere transmitir.

Las llamadas de VoIP a VoIP son libres en el sentido que no ocasionan gastos por encima de los que el servicio de Internet representa, esta es la razón de la demanda de esta tecnología la reducción de costos en la facturas de telefonía, al utilizar la red de datos ya

SIP.- protocolo de señalización para telefonía sobre el protocolo IP. (Session Initiation Protocol)

⁸ H.323.- protocolo encargado de proveer sesiones de comunicación.

⁹ MGCP.-protocolo interno de VoIP de arquitectura tipo cliente. (Media Gateway Control Protocol)

¹⁰ UDP.- protocolo no orientado a conexión de la capa transporte. (Protocolo de Datagrama de Usuario)

existentes para comunicarse dentro de un mismo edificio haciendo uso de la Intranet, y a la vez brindar servicios que la telefonía tradicional no puede ofrecer.

1.3. ARQUITECTURA

De las características principales de la VoIP es manejar dos tipos de arquitectura desde el punto de vista de distribución, estas son arquitectura distribuida y centralizada. Permitiendo así que el usuario adapte la red actual a los servicios que proporciona la VoIP, se detallan a continuación los dos tipos.

1.3.1. ARQUITECTURA CENTRALIZADA

Desde algunos puntos de vista la arquitectura centralizada es considerada como aceptable, pues la administración está concentrada al igual que el control de llamadas, simplificando el flujo de llamadas repitiendo las características de la voz.

Para algunos casos, la arquitectura centralizada es desacreditada al no poseer flexibilidad para trabajar con las nuevas tecnologías. Se asocia principalmente con los protocolos MGCP y MEGACO¹¹, los mismos que fueron diseñados para trabajar con un solo dispositivo (Media Gateway Controller); estas redes se centralizan convirtiendo así a los dispositivos de usuario final en terminales limitados (Corrales & Rendon, 2001).

¹¹ MEGACO.- mecanismo de llamada que permite a un controlador Media Gateway el control de puestas de enlace.

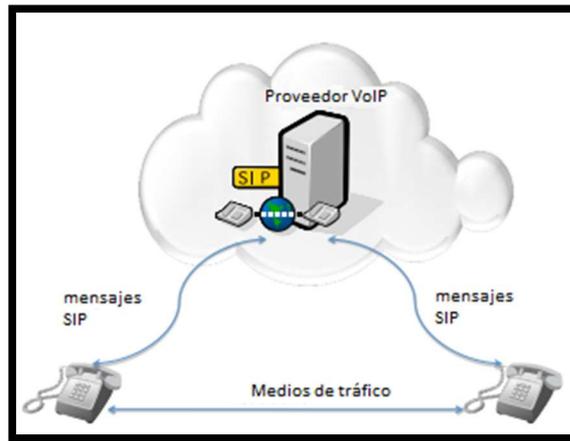


Figura 1. Arquitectura centralizada SIP
Referencia: Modificado de Distributed Media Server Architecture for SIP using IP Anycast. Recuperado de: <http://goo.gl/MTTtQ1>

1.3.2. ARQUITECTURA DISTRIBUIDA

Este tipo de arquitectura está asociada a los protocolos H.323 y SIP, los mismos que permiten la inteligencia a la red por medio de los terminales como: teléfonos IP, servidores de medios, cualquier dispositivo que pueda iniciar una llamada de VoIP y los dispositivos de control de llamadas como: Gatekeepers¹² en una red H.323 y servidores Proxy¹³ en una red SIP (Corrales & Rendon, 2001).

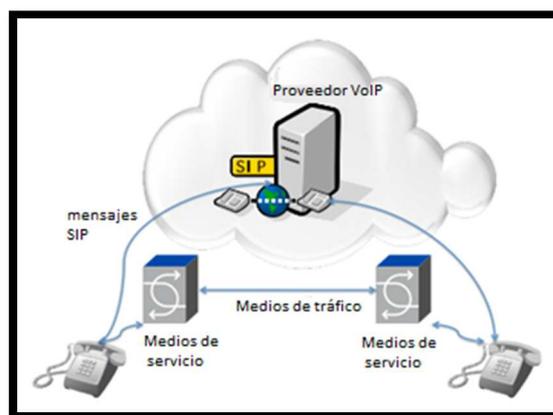


Figura 2. Arquitectura distribuida SIP
Referencia: Distributed Media Server Architecture for SIP using IP Anycast. Recuperado de: <http://goo.gl/MTTtQ1>

¹² Gatekeepers.- su función es la de la gestión y control de los recursos de la red.

¹³ Proxy.- intercepta las conexiones de red que un usuario hace a un servidor de destino.

1.4. CODECS DE AUDIO PARA VOIP

Un códec se define como un conjunto de algoritmos encargados de la compresión y descompresión de un sonido analógico a bits digitales, con la finalidad de comprimir las señales para ocupar menor espacio dentro de una transmisión y así ser usados en una computadora, dispositivos electrónicos y redes IP consiguiendo una buena calidad de sonido (EcuRed, 2014)

Existen códigos abiertos o libres, mientras que otros de propiedad o patentados por lo que se requiere un pago por su licencia. Durante muchos años se han creado un sin número de codecs los mismos que se han perfeccionado de acuerdo a las necesidades y entornos de trabajo; la mayoría de los codecs actuales son creados por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

1.4.1. ESPECIFICACIONES

Las características de los principales códec usados para VoIP se las describe a continuación de la misma manera que los hacen en el foro de (Asterisk México, 2007) y la página de (iNPHONEX, 2012):

- **G711 modulación por pulsos codificados (PCM) de datos de voz.**
 - Puesto en marcha en el año 1972 por la UIT-T.

- Usa Modulación de Pulsos Codificados (PCM¹⁴).
- Adecuado para la transmisión de voz en entornos LAN¹⁵.
- Muestreo de 8000 veces por segundo y la asignación de 8 bits por muestra.
- Dos versiones μ -Law¹⁶ para América del norte y Japón, y A-Law¹⁷ que trabaja en Europa y otros lugares.
- Alto rendimiento incluso en presencia de latencia y pérdida de paquetes.
- Utiliza mayor ancho de banda pues usa 64kbps de bit rate que equivale a un canal de voz completo.
- No requiere licencia y es usado por la mayoría de dispositivos comerciales que trabajan con VoIP
- Es el más económico en el aspecto de recursos, no utiliza técnicas de compresión de la voz y así proporciona máxima calidad.

➤ **G.722 Codificador de audio de 7kHz y 64 Kbps.**

- Creado por la UIT –T en 1988.
- Usa la técnica Subband Adaptive Differential PCM (SB-ADPCM)¹⁸.
- Tiene tres rangos de operación con tasas de transmisión de 48, 56 y 64 Kbps y tasas de muestreo de 16kHz y 14bits por muestra.
- Puede inter operar con G.721 (32Kbps) y G.725 para control y establecimiento de la conexión.
- Tiene la capacidad de realizar el ocultamiento de pérdida de paquetes PLC.¹⁹

¹⁴ PCM.- proceso de modulación usado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits.

¹⁵ LAN.- red que conecta un número de ordenadores de un área relativamente pequeña. (Local Area Network)

¹⁶ μ -Law.- algoritmo de compresión usado en los sistemas de telecomunicaciones digitales de América del Norte y Japón.

¹⁷ A-Law.- algoritmo de compresión usado en los sistemas de telecomunicaciones digitales de Europa.

¹⁸ SB-ADPCM.- algoritmo de compresión de datos de audio de 7KHz a 48,56, 64 Kb/s.

¹⁹ PLC.- Controlador lógico programable por sus siglas en inglés Programmable Logic Controller.

- Se usa principalmente para compresión de voz en tecnología móvil de tercera generación.

➤ **G.723 Codificador de velocidad dual para comunicaciones multimedia.**

- Puesto en marcha en el año 2006 por la UIT-T.
- Utilizado para voz y audio con técnicas de compresión a velocidades muy bajas, es parte del estándar H.324.
- Maneja dos tipos de velocidades: 5.3Kbps y 6.3Kbps con la técnica ACELP²⁰ y ML-MLQ²¹ respectivamente.
- Tiempo estimado para retardo de compresión de la trama es de 30ms.
- Muy baja velocidad de bits, necesita un buen ancho de banda para trabajar correctamente.
- No recomendado para VoIP.

➤ **G.726 adaptador diferencial PCM con codificación a 16, 24, 32 y 40Kbps**

- Aprobado por la UIT -T en el año de 1990.
- Convierte el canal de 64Kbps estándar a las velocidades de 16, 24, 32 y 40Kbps.
- El rendimiento es muy bueno aunque el retardo de procesamiento es mayor que G.711.
- Se basa en la tecnología ADPCM²².

²⁰ ACELP.- Algoritmo patentado para codificación de voz usado por los codecs G.729 y G.723.

²¹ ML-MLQ.- algoritmo de codificación de voz utilizado en G.723 para trabajar a velocidad de 6.3Kbps.

²² ADPCM.- codificador de forma de onda basado en PCM con algunas funcionalidades adicionales.

➤ **G.729 Codificador de voz a 8Kbps usando estructura conjugada ACELP.**

- Desarrollado por la UIT –T en el año de 1990.
- Proporcionan una calidad similar de ADPCM a 32Kbps.
- Los dispositivos Cisco utilizan por defecto este códec, usando tramas de voz de 10ms.
- Buen funcionamiento en entornos LAN.
- Utiliza una técnica conocida como CS-ACELP²³, la misma que reduce el tamaño de la señal de entrada en una razón de 8:1.
- Utiliza un mínimo ancho de banda, tiene soporte pero debe ser adquirirse una licencia para trabajar.

➤ **iLBC Internet Low Bit Rate Codec**

- Diseñado principalmente para aplicaciones de VoIP.
- Es un códec de voz Open Source libre y gratis de banda corta, desarrollado por Global IP Sound (GIPS).
- Trabaja con anchos de banda reducidos, para bloques de 20ms apenas el ancho de banda es 15.20Kbps, mientras que con 30ms se reduce más aun a 13.33Kbps.
- En cuanto a calidad se refiere presenta una leve degradación de la voz provocado por pérdida o retraso de paquetes.
- Es un códec reciente por lo cual no existe soporte y al proporcionar mejor calidad necesita de mayor procesamiento.
- No soporta un número alto de llamadas simultáneas.

²³ CS-ACELP.- algoritmo de codificación que permite transmisiones a 8Kbps a una frecuencia de 8Hz (Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction)

➤ GSM Sistema Global para comunicación móvil

- Propio códec para telefonía celular.
- El tipo de compresión que usa es RPE-LTP²⁴.
- Divide a la voz en bloques de 20ms los mismos que son transportados al códec para la compresión.
- Ancho de banda de consumos es de 13.3Kbps.

1.4.2. TABLA DE RESUMEN DE CODECS DE AUDIO

Para resumir las características de los códec usados en VoIP, se plantea la Tabla 1 con las más importantes como lo hace (VoipForo, 2014):

Tabla 1. Características principales de códec de audio

Códec	Bit rate (Kbps)	Bit por trama	Tipo de compresión	MOS	Retardo de compresión (ms)
G.711	64	8	PCM	4.1	0.75
G.722	64	14	SAD- PCM	5	0.0625
G.723	5.3	189	ACELP	3.8	30
	5.3	189	ML-MLQ	3.6	30
G.726	32	4	ADPCM	3.85	0.125
G.729	8	80	ADPCM/CS-ACELP	3.92	10
ILBC	13.3	400	LRC	3.8	30
	15.2	308			30
GMS	13.3	260	RPE-LTP	3.6	20

Referencia: VoipForo (2014) Codecs. Recuperado de: <http://www.voipforo.com/codec/codecs.php>

²⁴ RPE-LTP.- esquema empleado con la finalidad de reducir la cantidad de datos enviados desde la estación móvil y la estación base.(Regular Pulse Excitation Long-Term Prediction)

1.5. PROTOCOLOS VOIP

Al igual que las redes de datos se manejan en base a una pila de protocolos y aplicaciones, la VoIP trabaja sobre protocolos que se ajustan a la tecnología y a las necesidades de los usuarios. Existen dos tipos de protocolos principales relacionados con VoIP: transporte y control de datos, estos trabajan sobre la capa de transporte, como se muestra en la Figura 3 a continuación. El protocolo RTP²⁵, en conjunto del protocolo RTCP²⁶ se los utiliza ligados a H.323, SIP y más protocolos de señalización de llamada para conformar así la pila fundamental del transporte de voz sobre el protocolo IP (Alice, Julio).



Figura 3. Estructura de protocolos de VoIP.

Referencia: Editado de Qinxia (Alice), (2007). Analysing the Characteristics of VoIP Traffic.

Recuperado de: <http://goo.gl/QXoNV8>

²⁵ RTP.- Protocolo de capa sesión, utilizado para la transmisión de información en tiempo real como voz y video. (Real Time Protocol)

²⁶ RTCP.- Protocolo usado en la transmisión de información en tiempo real de manera controlada. (Real Time Control Protocol)

1.5.1. PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN

Los protocolos de señalización están encargados de principalmente de establecer una llamada entre dos dispositivos, es decir permite loguearse/desloguearse de un servidor de VoIP, transmitir claves para el inicio y fin de una sesión, indicar el tipo de datos que se están transmitiendo y transmitir las direcciones de origen y destino. Los protocolos más importantes para la tecnología de VoIP son H.323, SIP, IAX²⁷.

1.5.1.1. Protocolo H.323

Creado por la UIT – T²⁸ para la transmisión de datos, voz y video, a través de redes basados en conmutación de paquetes sin calidad de servicio como son las redes IP. Se considera el protocolo más usado para la difusión en la telefonía IP.

Se caracteriza de los demás protocolos por ser un protocolo binario, presentar una mejor interoperabilidad con la PSTN, proporciona un mejor soporte para los sistemas de video. Fue diseñado para trabajar en redes de área local para transmitir voz y datos, posteriormente se habilitó su expansión para trabajar en redes más amplias como son Internet (O'REILLY, 2005).

La arquitectura que maneja H.323 es completa pues posee sus propios puertos para señalización y codificación, para llevar así a cabo la comunicación entre los usuarios y garantizar la compatibilidad de los dispositivos. Para eso utiliza los siguientes protocolos:

²⁷ IAX.- Protocolo usado por Asterisk, de código abierto para manejar conexiones de VoIP. (Inter Asterisk eXchange protocol)

²⁸ UIT-T.- Organismo especializado en Telecomunicaciones, encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional.

- H.225 para el control de llamadas en la misma que se incluye señalización, registro y admisión.
- H.235 encargado principalmente de la seguridad y cifrado.
- H.450 usado en el caso de existir servicios suplementarios.
- RTP/RTCP principalmente utilizados para el transporte de contenido multimedia

y una serie de codecs:

- G.711 encargado de representar una señal de audio en frecuencias de la voz humana, con una tasa de 8000 muestras por segundo, es decir a 64Kbit/s.
- G.722 es una evolución del códec G.711 exclusivo de la VoIP.
- G.723 permite la compresión más del audio, permitiendo más llamadas simultaneas.
- G.729 es el más preferido codecs para aplicaciones de WAN.

1.5.1.2. Protocolo SIP

Session Initiation Protocol (SIP) es un protocolo desarrollado por la IETF²⁹ especificado en el RFC 3261, desarrollado en lenguaje ASCII³⁰ es un protocolo abierto, utilizado para el establecimiento de una sesión en una red IP, simple e independiente por lo tanto se convierte en escalable y posee la capacidad para acoplarse a diferentes arquitecturas

²⁹ IETF.- Organización internacional encargada de regular las propuestas y los estándares de Internet (Internet Engineering Task Force)

³⁰ ASCII.- Código de caracteres basado en el alfabeto latino, con 7 bits para representar caracteres. (American Standar Codec for Information Interchange)

y escenarios de implementación. Similar a HTTP³¹ y SMTP³² pues es un protocolo de petición – respuesta, trabaja en conjunto con las aplicaciones de Internet (O'REILLY, 2005).

Se ha convertido en una herramienta simple de usar, permitiendo construir servicios convergentes de voz y multimedia. Proporciona mecanismos especiales con el fin de que los usuarios finales y servidores proxy faciliten entre algunos servicios como:

- Desvío de llamadas en caso: usuario ocupado, llamada sin respuesta, incondicionales, cambio de dirección
- Movilidad personal.
- Invitación a la conferencias de multidifusión
- Llamada automática

1.5.1.3. Protocolo IAX

(O'REILLY, 2005) indica que el protocolo IAX fue creado con la finalidad de minimizar el ancho de banda necesario para la señalización y proporcionar a demás apoyo para la traducción de direcciones de red (NAT)³³; usa el protocolo UDP sobre el puerto de Internet (puerto 4569) para recibir y transmitir datos de señalización, utiliza menos espacio que el protocolo RTP, triplicando las llamadas a través de un solo megabit conjuntamente con el código de compresión G729.

³¹ HTTP.- Protocolo encargado de la trasferencia de hipertexto. (Protocolo de trasferencia de Hipertexto)

³² SMTP.- Protocolo simple encargado del intercambio de mensajes de correo electrónico. (Simple Mail Transfer Protocol)

³³ NAT.- Mecanismo utilizado por los routers IP para hacer una traducción de direcciones incompatibles. (Network Address Translation)

Este protocolo puede detectar automáticamente si una línea está fuera de servicio, pues usa constantemente consultas mediante ping permitiendo que las respuestas del protocolo IAX sean enviados de vuelta al origen en lugar de negociar con una dirección IP externa.

El protocolo IAX por sus características transmite paquetes de audio con solo 4 bytes de cabecera y usa comandos de muy bajo ancho de banda. En el caso de generarse múltiples llamadas la red de IAX reduce la sobre carga de cada canal mediante la combinación de los datos de varios canales en un solo paquete, reduciendo no solo el número de cabeceras si no también su número de paquetes. Esta característica es muy importante cuando se trabaja en redes inalámbrica (O'REILLY, 2005).

1.5.2. COMPARACIÓN DE LOS PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN

A continuación se muestra una tabla comparativa con la finalidad de determinar el mejor de los protocolos de señalización, se describen alguna de las características más importantes.

Tabla 2. Comparación de protocolos de señalización.

Características	H. 323	SIP	IAX
Estándar	UIT-T	IETF	ASTERISK-DIGINUM
Tipo de datos transmitidos	Voz, video	Voz, multimedia	Específicamente para VoIP
Puertos	Usa de un rango (1024/65535) tres puertos	Utiliza el puerto 5060 para señalización y 2 puertos RTP por cada sesión	Usa únicamente el puerto 4569
Disponibilidad	Baja, de especificación compleja, en desuso actualmente	Alta, protocolo libre, de especificación fácil y muy usado por sistemas actuales	Alta, protocolo libre, de especificación simple pero no conocida en el mercado.

Características	H. 323	SIP	IAX
Seguridad	Medianamente seguro, usa SSL para la seguridad en capa transporte	Medianamente seguro, usa autenticación y claves de encriptación	Poco seguro usa el algoritmo MD5
Tecnología	Utiliza protocolos TCP o UDP y RTP	Utiliza los protocolos TCP y UDP	Utiliza únicamente el protocolo UDP
Ancho de banda	Dependiente de los componentes de la arquitectura	Necesita mayor ancho de banda al usar mensajes de texto	Requiere de menos ancho de banda porque utiliza datos binarios
NAT	Posee problemas de NAT necesita un gatekeeper para solucionarlos	Problemas de NAT al viajar por separado la señalización y los datos	Al estar encapsulados conjuntamente la señalización y los datos no presenta problemas de NAT
Codificación	Codifica en formato binario	Codifica en formato ASCII	Codifica en formato binario
Códec	Soporta cualquier códec estandarizado o propietario.	Soporta cualquier códec estandarizado o propietario.	Soporta cualquier códec estandarizado o propietario.

Referencia: VoipForo (2014) Protocolos VoIP. Recuperado de: <http://www.voipforo.com/H323/H323objetivo.php>

En base a la Tabla 2 de comparación de protocolos de señalización, se concluye que el protocolo más adecuado para trabajar en redes VoIP es SIP, puesto que es el más usado en los sistemas actuales, no necesita de protocolos adicionales de acuse de recibo y tan solo usa el protocolo UDP; adiciona a esto autenticación y encriptación con la finalidad de brindar seguridad a los datos que son transmitidos dentro de una red; trabaja sin ningún tipo de inconveniente con cualquier códec de audio. Uno de sus únicos inconvenientes es el uso de mayor ancho de banda al transmitir mensajes de texto y los problemas de NAT al viajar de forma independiente la señalización y los datos.

1.5.3. FUNDAMENTOS DE SEÑALIZACIÓN MEDIANTE SIP

El protocolo SIP de significado Session Initiation Protocol, desarrollado por Internet Engineering Task Force (IETF), el protocolo se encarga únicamente de la señalización, no del

transporte de voz, pues trabaja en conjunto con el protocolo RTP que es uno de los protocolos de la pila de TCP/IP. (Blog sobre telefonía, 2014)

En la evolución de SIP se han tenido varias versiones y la que actualmente está vigente es la SIP/2.0 (2002). SIP es un protocolo que además de ser usado en la telefonía IP también se lo usa para transmisiones multimedia, videoconferencias y actualmente en los contenidos multimedia de los sistemas de telefonía de 3ra y 4ta generación. (Blog sobre telefonía, 2014)

(Thomas Porter, 2004) menciona que una de las razones por las que se usa el protocolo SIP es porque los usuarios pueden cambiar de ubicación y utilizar equipos diferentes, SIP soluciona este inconveniente pues trabaja con varios componentes de red para identificar y localizar estos puntos finales. La información esta transmitida mediante servidores proxy, encargados de almacenar el registro y las direcciones para ubicar al usuario. SIP trabaja con la ayuda de otros protocolos para la transferencia de voz, texto u otros, por lo tanto ejecuta protocolos de capas superiores para realizar otras funciones.

SIP se vuelve un protocolo tan versátil por su simplicidad, es un protocolo que trabaja con ASCII o textbased, parecido a HTTP o SMTP, que lo hace ligero y flexible a comparación de otros. Los protocolos antes mencionados son protocolos de petición de respuesta, lo que significa que se hace una petición a un servidor y espera la respuesta del mismo para establecer la sesión. Utiliza menos recursos al reutilizar protocolos ya existentes, a la vez minimiza la complejidad de SIP permitiendo que se trabaje con una variedad más amplia de aplicaciones. (Thomas Porter, 2004)

1.5.3.1. Características de SIP

Dentro de las principales características que (Thomas Porter, 2004) enumera para el protocolo SIP son las siguientes:

- Ubicación del usuario, el punto final fue identificado de tal manera que se puede establecer una sesión.
- Disponibilidad del usuario, cuando el usuario al que está siendo invitado tiene la opción de indicar si desea participar en la comunicación.
- Capacidades del usuario, permite establecer los medios de comunicación y sus parámetros técnicos que se utilizarán en la comunicación.
- Gestión de sesiones, donde se modifican los parámetros de la sesión, los datos se transfieren, los servicios se invocan, y se termina la sesión

1.5.3.2. Arquitectura SIP

Al ser SIP un protocolo simple como antes ya se mencionó, no sería capaz de funcionar en una red sin hacer uso de otros protocolos, para establecer una comunicación es importante disponer de dispositivos para usuarios como de servidores los mismos que son necesarios para permitir que la intercomunicación, adicional a eso una serie de protocolos que se encargan de llevar la voz y los datos por medio de las redes. Todo esto constituye la arquitectura de SIP. (Thomas Porter, 2004)

De acuerdo a (Simon, Jean-Louis, & Roland, 2005) los principales componentes que utiliza SIP son:

- Agentes, se refiere a los puntos finales de una llamada.
 - **Agente Usuario UA³⁴**: encargado de emitir y recibir solicitudes SIP, utiliza un UE³⁵ que puede ser una PC, teléfono IP o una estación móvil.
- Servidores SIP, equipos de red.
 - **Servidor Proxy**: recibe solicitudes de clientes que desean establecer una conexión y las encamina hacia otros servidores.
 - **Servidor de Redireccionamiento**: recepta las solicitudes SIP, traduce la dirección SIP de destino en una o varias direcciones de red y las devuelve al cliente.
 - **Registrador**: servidor encargado de aceptar las solicitudes SIP. Un usuario se registra al enviar un mensaje al registrador el mismo que almacena la dirección IP en una base de datos de localización.

1.5.3.3. Tipos de arquitectura SIP

Las solicitudes enviadas por los componentes de SIP son procesadas de diferentes maneras por lo cual se dividen en dos tipos de arquitecturas que se las describen a continuación:

➤ **Cliente/Servidor**

La relación de los equipos en la arquitectura cliente/servidor tienen dos funciones como (Thomas Porter, 2004) los describe:

³⁴ UA: User Agent, Agente Usuario SIP.

³⁵ UE: User Equipment, Equipo de usuario SIP.

- El cliente que solicita servicios o recursos específicos.
- El servidor que se encarga de que las solicitudes respondan a los servicios o recursos solicitados.

Un cliente envía una solicitud para registrarse en un servidor Proxy o un servidor de redireccionamiento que le permita comunicarse con otro UA, es un ejemplo de una arquitectura cliente/servidor en donde el cliente se encarga de solicitar los servicios y el servidor de escuchar a la red para procesar solicitudes o generar otros servicios.

Los servidores SIP pueden proporcionar diferentes servicios, un servidor de registro puede registrar clientes y ejecutar el servicio de localización permitiendo a los clientes y otros servidores localizar a otros usuarios que estén registrados dentro de su red.

➤ **Peer to Peer**

En la arquitectura P2P³⁶ los equipos tienen características similares y pueden iniciar sesiones el uno con el otro y hacer solicitudes de servicio de otros. Cada equipo tiene la capacidad de brindar servicios y recursos, por lo tanto si uno deja de estar disponible, existe un segundo que puede ser contactado para intercambiar mensajes o acceder a recursos, actuando tanto como cliente y servidor.

La principal ventaja de este tipo de arquitectura es que los equipos involucrados pueden proporcionar ancho de banda, espacio de almacenamiento y potencia de cálculo; haciendo que la configuración y los costos de funcionamiento sean bajos.

³⁶ P2P: Peer to Peer, tipo de arquitectura SIP.

1.5.3.4. Métodos y respuestas SIP.

1.5.3.4.1. Métodos SIP

Si un usuario desea conectarse es necesario enviar información entre clientes y servidores, al momento de realizar esas peticiones existen un grupo de comandos que usa SIP para la señalización que se describen a continuación (Thomas Porter, 2004) (Simon, Jean-Louis, & Roland, 2005):

- **REGISTER:** usado por un UA para registrar su dirección SIP y dirección IP en el servidor de registro.
- **INVITE:** usado para establecer una sesión SIP entre dos agentes usuarios, contiene información de quien genera la llamada, su destinatario y el tipo de flujo que se intercambiará.
- **ACK:** utilizado para aceptar una sesión y de igual manera confirmar que se puede iniciar el intercambio de mensajes de forma fiable.
- **OPTION:** utilizado para conocer características de capacidad y estado de un UA o de un servidor, con lo que se puede iniciar una sesión entre los dos.
- **SUBSCRIBE:** utilizado para solicitar información actualizada sobre el estado de otro UA, la finalidad de todo esto es conocer si un usuario está en línea, ocupado, fuera de línea, etc.
- **CANCEL:** usado para pedir el abandono de la llamada que está en curso, de una solicitud pendiente sin necesidad de determinar la sesión.

- **BYE:** usado para finalizar una sesión activa, puede ser generado por el usuario que inicio la llamada o de quien está siendo llamado, el comando BYE es el único que puede finalizar por completo una sesión.

1.5.3.4.2. Respuestas SIP

Después de realizada una solicitud a un servidor SIP o a un UA, un sin número de respuestas pueden ser enviadas, se las puede agrupar en seis categorías diferentes, el formato de estos códigos empiezan con un número relativo para cada categoría, a continuación se muestran los distintos tipos de respuestas: (Thomas Porter, 2004) (Simon, Jean-Louis, & Roland, 2005)

- **Informational (1xx)** la solicitud ha sido recibida y está en proceso.
- **Success (2xx)** la solicitud antes recibida es reconocida y es aceptada.
- **Redirection (3xx)** la solicitud no puede ser completada y no es necesario de pasos adicionales.
- **Client error (4xx)** la cuenta con la que se desea iniciar sesión presenta errores, por lo tanto el servidor no puede continuar con la solicitud.
- **Server error (5xx)** la solicitud es recibida pero el servidor no puede procesarla, por ser problemas del propio servidor.
- **Global failure (6xx)** la solicitud es recibida pero el servidor no puede procesarla, este tipo de errores se pueden producir en cualquier servidor, por lo que las solicitudes no se desvían a otro servidor para ser procesadas.

1.5.4. PROTOCOLOS DE TRANSPORTE

1.5.4.1. Protocolo UDP

Protocolo de datagrama de usuario (UDP), es un protocolo no orientado a conexión que no proporciona una detección de errores ni conformación de ACK³⁷ correspondiente a la capa transporte del modelo TCP/IP³⁸, presenta las siguientes características:

- Proporciona un datagrama poco confiable, el servicio es fiable pero no garantiza el orden en que se entregan los paquetes.
- Los paquetes pueden perderse o ser entregados fuera de orden a los usuarios.
- Los usuarios pueden tener datagramas cambiados.
- UDP no trabaja con los datos tan solo los recibe y transmite inmediatamente.
- Trabaja en modo full dúplex es decir realiza trasferencias en ambas direcciones.
- No adiciona sobrecarga por cada segmento que utiliza.
- UDP es rápido, puede admitir la comunicación punto a punto y punto a multipunto.

1.5.4.2. Protocolo RTP

Protocolo de transporte que trabaja sobre UDP por que le brinda características necesarias para así ganar velocidad, aunque se tenga que sacrificar la fiabilidad de los datos, no garantiza la entrega de los paquetes a su destinatario final ni la entrega en el instante

³⁷ ACK.- Mensaje enviado del destino al origen para confirmar la recepción del mensaje.

³⁸ TCP/IP.- Modelo de descripción de protocolos de red, para permitir que un equipo pueda comunicarse en una red.

adecuado de los mismos. Usa puertos pares asignados desde el 1025 y 65535 pero el más conocido es el puerto 5004 (Gil Cabezas, 2009).

La función principal de este protocolo es multiplexar varios flujos de datos que trabajan en tiempo real en un solo flujo de paquetes UDP. Es por eso que puede trabajar en redes unicast o multicast. Para entregar a su destinatario el protocolo RTP enumera los paquetes desde su origen asignándole un valor mayor al de su antecesor paquete que ya fue enviado (EFORT, 2014).

El protocolo RTP realiza un proceso con la finalidad de transmitir los paquetes en el orden y el tiempo adecuado:

- Identifica el tipo de tráfico que se está transportando.
- Añade un marcador para identificar el instante en que se empieza a transmitir.
- Permite realizar un cálculo de retardo y fluctuación.
- Incluye numeración de secuencia para identificar la pérdida de un paquete.
- Permite que se realicen conversaciones múltiples puesto que puede ser transportado en paquetes multicast.

1.5.4.3. Protocolo RTCP

Protocolo de control de flujo de RTP, que se encarga básicamente de la transmisión periódica de paquetes de control para todos los participantes de una sesión, también ofrece información de la calidad de la distribución de los datos. Utiliza y trabaja conjuntamente con un puerto impar contiguo al de RTP por defecto el puerto 5005 (EFORT, 2014).

Funciones:

- La realimentación es una parte crítica en el uso de RTP como protocolo de transporte puesto que las aplicaciones pueden usar para controlar la forma en que se comportan.
- Regeneración para el diagnóstico de falla de distribución.
- RTCP permite la supervisión y el diagnóstico de la distancia.
- Controla la velocidad a la que los participantes en una sesión RTP transmiten paquetes RTCP.

Al manejar una sesión de algunos participantes, los paquetes RTCP se transmiten aproximadamente uno cada cinco segundos, pero al tratarse de un grupo más grande se transmiten paquetes RTCP uno solo cada treinta segundos. En conclusión a mayor número de participantes menos paquetes RTCP envían es decir es un protocolo escalable que permite acoplar una decena de miles de usuarios (Gil Cabezas, 2009).

1.6. ENCAPSULAMIENTO DE TRAMA DE VOIP

Mientras dos usuarios desean establecer una llamada, se realiza un proceso interno de encapsulación de tramas para posteriormente ser transmitidas por el protocolo IP, este proceso se lo realiza después de que una llamada ha sido establecida exitosamente. Las señales analógicas una vez convertidas a señales digitales son encapsuladas por el protocolo RTP y posteriormente por el protocolo UDP como se muestra en la figura a continuación.

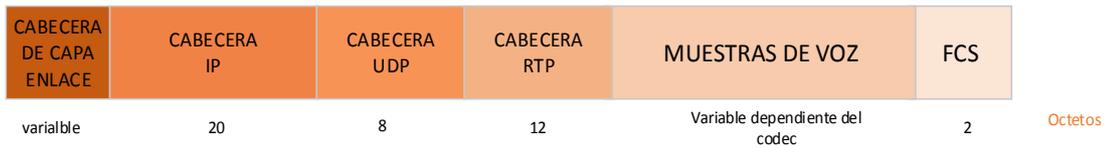


Figura 4. Trama encapsulación de VoIP

Referencia: Editado de Telefonía VoIP Encapsulamiento de una trama VoIP. Recuperado de: <http://goo.gl/A5SSDs>

A continuación se describen los campos de la trama de VoIP con el fin de conocer cómo se estructura la trama:

- **FCS.-** se encarga de la detección de errores en la transmisión, constituido de 2 octetos.
- **Muestras de voz.-** los paquetes digitalizados se agrupan de forma variable, depende mucho esto del códec que se está utilizando para la compresión de los mismos.
- **Cabecera RTP.-** propio del protocolo de transporte en tiempo real, consta de 12 octetos.
- **Cabecera UDP.-** propio del protocolo de transporte de datagramas, de 8 octetos.
- **Cabecera IP.-** protocolo de internet de las redes LAN y WAN.
- **Cabecera de capa enlace.-** responsable de que los archivos sea entregados con fiabilidad dentro de la red de los datos, de longitud variable.

1.7. PROCESO PARA REALIZAR UNA LLAMADA IP

Se tiene un escenario como se muestra en la figura 5, con dos usuarios los mismos que están previamente registrados en el servidor de VoIP, con una dirección IP y un número de extensión. Cada usuario posee un teléfono IP el mismo que por medio de software o hardware se encarga de transformar las señales analógicas en señales digitales y empaquetar los datos dentro de un paquete IP para ser transmitidos por los diferentes caminos de una red IP.

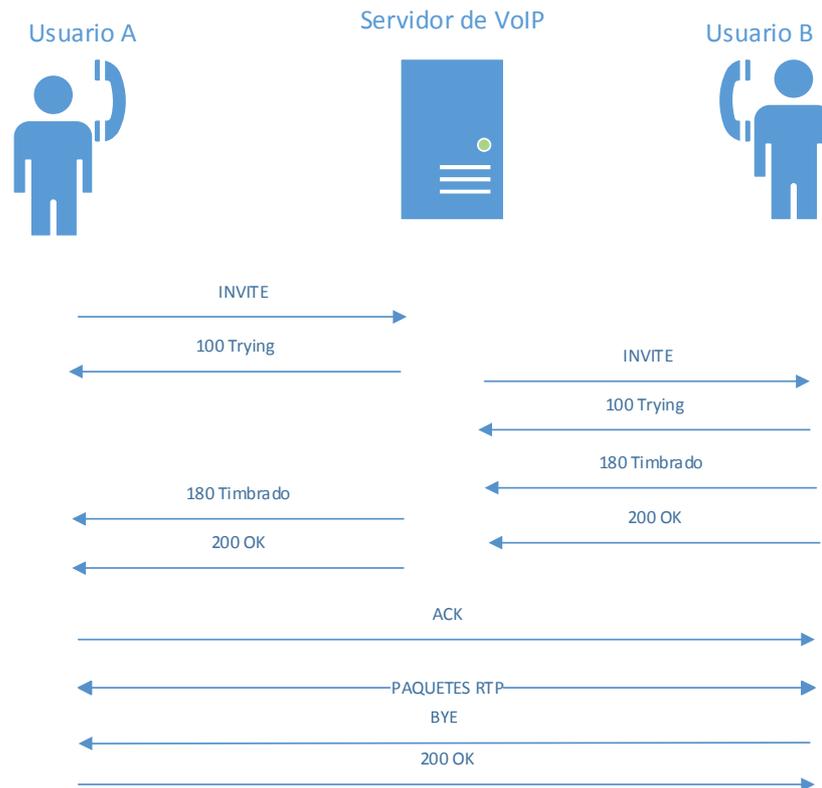


Figura 5. Proceso de conexión y establecimiento de una llamada SIP.
Referencia: (Luzuriaga & Malla, 2012).

El usuario A desea establecer una comunicación con el usuario B, para lo cual levanta el micrófono del teléfono IP, digita el número de extensión que tiene asignado el usuario B, en ese instante es enviado un mensaje de INVITE hacia el servidor de VoIP, el mismo que le envía una respuesta 100 Trying, mientras se encarga de establecer la conexión con el usuario B; el servidor VoIP envía un INVITE al usuario B el mismo que responde con un 100 Trying seguido de un 180 de timbrado, para luego aceptar la llamada con un mensaje 200OK.

El servidor VoIP envía el timbrado 180 junto con un mensaje 200 OK para avisarle al usuario A que está disponible la llamada, para confirmar que se desea establecer la llamada el usuario A envía un ACK de confirmación, seguidamente empieza la transferencia de paquetes RTP, hasta que uno de los dos, cual quiera de ellos, envíe un mensaje BYE con el que finaliza la sesión, y el otro usuario confirma la finalización con un 200 OK.

1.8. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE VoIP

Al tratarse de un servicio es importante dar a conocer cuáles son los beneficios y las contradicciones del mismo, con la finalidad de que el usuario sepa que va a mejorar dentro de su funcionamiento y uso

1.8.1. VENTAJAS

Hay características que hacen a la VoIP una tecnología de gran demanda como se detalla en (Luisrubi, 2014), las ventajas más importantes se las describen a continuación:

- El software que usa esta tecnología es de mayor calidad por cumplir características de economía y gratuidad.
- Las tarifas de llamadas locales e internacionales son notablemente baratas en comparación a la telefonía tradicional.
- Es un servicio integral con funciones de chat, audio y video conferencia.
- Se puede dar uso a los teléfonos convencionales usando adaptadores de VoIP convirtiéndolos en teléfonos IP.
- Adaptadores ATA móviles es decir que pueden ser trasladados de un lugar a otro.
- No necesita de una PC encendida para poder realizar una llamada.
- La cuota básica mensual y el costo por minuto es inferior, debido a la falta de control del gobierno y los impuestos relacionados con el Internet.
- No se realizan cobros adicionales por servicios de identificador de llamadas, correos de voz, llamada en espera y timbres especiales.

1.8.2. DESVENTAJAS

De igual manera en el sitio web (Telefonia Voz IP, 2014) se nombran algunos de los inconvenientes dentro de la VoIP que generan incertidumbre en los usuarios y se los detalla a continuación:

- Su principal limitante es la conexión a Internet, pues si no existe conexión o ésta falla esto impide el servicio.
- La voz puede llegar distorsionada debido a problemas de latencia, errores de transmisión y el número elevado de usuarios.
- No puede ser usado este sistema en caso de llamadas de emergencia.
- Aun la tecnología está en proceso de desarrollo no es completamente perfecta.
- Requiere de alta velocidad de acceso a Internet.
- En caso de pérdida de energía o si el proveedor de Internet quedan fuera de servicio el servidor de VoIP y adaptadores ATA³⁹.
- Se necesita de una línea PSTN en caso de trabajar con tarjetas de crédito.
- La calidad de la voz varía críticamente en cada llamada.
- Es vulnerable igual que la conexión de área local.

1.9. FACTORES QUE AFECTA LA CALIDAD DE LA VoIP

Como se conoce, en una red de datos los paquetes pueden tomar diferentes caminos para llegar a su destino, por lo que pueden verse afectados de manera adversa las

³⁹ ATA.- Adaptadores telefónicos analógicos.

características de audio y video en una comunicación. A continuación se definen jitter, latencia y pérdida de paquetes, que son factores que afectan la calidad y la fiabilidad de la telefonía IP. (NENA, 2004)

1.9.1. LATENCIA

A la latencia (NENA, 2004) la defina como el tiempo medido en milisegundos, que tarda los paquetes de datos en viajar del punto de origen al punto de destino. Si el tráfico que cruza por una red está dentro de las capacidades, la latencia será probablemente baja. Cuando los niveles sobrepasan la capacidad de procesamiento de los diferentes componentes, se arriesga a que algunos paquetes se queden en colas de espera. Una llamada mediante VoIP que atraviese con altas cifras de latencia puede tener un retraso evidente en el audio.

(Alice, Julio) se pronuncia de que la voz no puede tolerar demasiada demora en una llamada con VoIP. El tiempo máximo de latencia que una llamada de voz puede tolerar es de 150 milisegundos (de preferencia 100 milisegundos). La calidad de una llamada puede verse comprometida, cuando los paquetes de voz se retardan por encontrarse en una cola de paquetes de datos a causa de demasiado tráfico sobre una misma línea de comunicación.

1.9.2. JITTER

(Alice, Julio) Describe que para que la voz sea inteligible, los paquetes de voz que tienen una consecuencia deben tener un intervalo entre ellos regular. El jitter describe el grado de variabilidad en las entregas de los paquetes, y puede ser causado por altas ráfagas de tráfico

de datos o simplemente demasiado intercambio de datos en la red. Los paquetes de voz toleran solo un aproximado de 75 milisegundos (de preferencia 40 milisegundos) de retardo jitter.

Cada paquete de datos puede tomar una ruta diferente a través de una red, su tiempo de transmisión puede ser diferentes. Puesto que si algunos puntos de la red se congestionan simultáneamente, los paquetes pueden tener una latencia muy variable. En algunos de los casos los fabricantes de equipos optan por implementar búferes de fluctuación, actuando para minimizar la variación en los tiempos de llegada entre paquetes y contrarrestar los efectos de la fluctuación de la fase de esta manera (NENA, 2004) define al Jitter.

1.9.3. PÉRDIDAS DE PAQUETES

(NENA, 2004) define a la pérdida de paquetes como el número de paquetes de datos que no llegan al destino final. Dentro de la red los paquetes pueden desviarse por distintas rutas, o ser excluidos y recibirse en un orden diferente al marcado al iniciar una comunicación. Se puede manifestar en las llamadas de VoIP como breves momentos de silencio, solo cuando la pérdida de paquetes es significativo, los usuarios pueden detectar este problema.

La pérdida de paquetes se produce con frecuencia en las redes de datos, no necesariamente deben ser retransmitidos en muchas ocasiones deben ser descartados. (Alice, Julio) define que el tráfico de voz puede tolerar menos de un 3% de pérdida de paquetes, antes de que estos vacíos puedan ser detectados por el oído humano.

1.10. SOFTWARE LIBRE PARA TELEFONÍA IP

1.10.1. ASTERISK

Forma parte de una implementación de “Open Source” para realizar funciones de una pequeña central telefónica, admitiendo llamadas simultáneas entre un número de usuarios y permitiendo hacer uso de otros servicios telefónicos. Software con doble licencia una GNU⁴⁰ Public License y otra comercial, diseñado para trabajar con muchos protocolos de VoIP e incluye características IP- PBX como: buzón de voz, conferencia de llamadas, respuesta interactivas, entre otras características que (Muñoz, 2010) describe.

1.10.1.1. Características.

Asterisk de acuerdo (sinologic, 2014) presenta características como las enumeradas a continuación que hacen de esta plataforma una alternativa muy interesante para VoIP:

- Soporte de enlaces digitales RDSI⁴¹ y CAS.⁴²
- Soporta fusiones conjuntas a troncales analógicas.
- Brinda servicios como Buzón de voz, conferencias de voz, colas de llamadas y registro de llamadas detalladas.
- Asignación de categorías dial plan para servicios locales y celulares.
- Soporta protocolos VoIP como SIP, H.323, IAX, MGCP.

⁴⁰ GNU.- Sistema operativo Unix-like, formado en su totalidad por Software Libre.

⁴¹ RDSI.- Red integrada telefónica, que soporta un sin número de servicios vocales u otros. (Red Digital de Servicios Integrados)

⁴² CAS.- transmisión de la información de señalización en el canal de voz. (Canal de Señalización Asociada)

1.10.1.2. Servicios

Asterisk incorpora servicios o funcionalidades similares a una pequeña central convencional y otras más avanzadas las cuales (Quarea, 2014) las describe y se enumeran a continuación:

- **Trasferencias:** se encarga principalmente de transferir una llamada en curso a otra extensión de forma directa o previamente una consulta.
- **Desvíos:** permite la transferencia de una llamada entrante hacia un número específico en casos especiales.
- **Conferencia múltiple:** admite la comunicación entre múltiples usuarios de la misma central.
- **Correo vocal:** funciona en casos específicos que las llamadas no puedan ser contestadas y son programadas para desviarlas hacia el buzón de voz integrado al correo electrónico.
- **Música en espera:** Asterisk permite introducir música de espera en formatos .wav y mp3.

1.10.2. ELASTIX

(Muñoz, 2010) menciona que Elastix corresponde a una solución de comunicaciones unificadas desarrollada por Palo Santo sobre una plataforma de “Software Libre”, trabaja bajo código abierto permitiendo el abaratamiento de costos y mejoras en los servicios. Integra en un solo paquete tecnologías como: VoIP PBX, Fax, mensajería, email, entre otras; para esto trabaja en conjunto con cuatro programas como: Asterisk, Hylafax, Openfire y Postfix.

1.10.2.1. Características

Elastix presenta las siguientes características en cuanto a funcionamiento como se describe en su página web (Elastix, 2014) :

- Tiene la capacidad de trabajar simultáneamente varias máquinas virtuales de Elastix sobre un mismo servidor.
- Posee una interfaz Web muy amigable para la administración.
- Características de QoS⁴³ propias de la plataforma como cancelación del eco.
- Cuenta con un servidor DHCP para la asignación dinámica de las direcciones IP.
- Soporta diferentes protocolos para VoIP como SIP y IAX entre los principales.
- Una de sus ventajas es que puede usar entre algunos codecs de audio como: G.711, G.722, G.729, iLBC, entre otros.

1.10.2.2. Servicios

(Quarea, 2014) enumera los servicios más importantes que brinda Elastix a continuación:

- **Fax:** servidor de fax con acceso desde la web, personalizado, control de acceso y visor de Faxes integrado con descargas en formato PDF⁴⁴.
- **Email:** servidor administrable desde la Web y soporte multi-dominio.

⁴³ QoS.- rendimiento promedio de una red telefónica de importancia para el transporte de tráfico especial. (Quality of Service)

⁴⁴ PDF.- estándar abierto para el intercambio de documentos electrónicos creado por Adobe Systems.

- **Colaboración:** posee un calendario integrado con funciones de recordatorios de voz y libreta telefónica con la capacidad de clic- to- call.
- **Call Center:** está provisto de un módulo de call center con marcador predictivo incluido.
- **Mensajería instantánea:** gracias a programas como OpenFire⁴⁵ se establece un servidor de mensajería que puede ser configurado desde la Web.

1.10.3. TRIXBOX

Distribución del sistema operativo GNU/Linux basado en Centos⁴⁶, incluye la implementación de Asterisk y otra utilidades, software de código abierto que proporciona beneficios en la reducción de costos y brinda los servicios tanto a la telefonía tradicional como a la VoIP (Manual para configurar redes, 2014).

1.10.3.1. Características

A continuación se enumera las características más importantes de Trixbox:

- Es un tipo de distribución fácil de instalar y de operar, usado principalmente por pequeñas empresas.
- Posee acceso remoto mediante una plataforma gráfica FreePBX⁴⁷ para la configuración de manera más fácil.

⁴⁵ OpenFire.- Sistema de mensajería instantánea GLP.

⁴⁶ Centos.- sistema operativo basado en software libre y código abierto publicado en formato binario

⁴⁷ FreePBX.- interfaz gráfica de usuario de código abierto que controla y maneja Asterisk.

- Incorpora estándares tradicionales TDM⁴⁸ y puertos analógicos FXS⁴⁹ y FXO⁵⁰, permitiendo conectarse a las redes públicas de telefonía y redes IP.
- Es una plataforma escalable ya que puede ofrecer el servicio desde un mínimo número de usuarios hasta un conjunto totalmente grande de usuarios.
- Tiene la capacidad de trabajar con protocolos SIP, IAX, H.323, entre otros.

1.10.3.2. Servicios

Trixbox incorpora algunos servicios que se los detalla rápidamente a continuación:

- **Buzón de voz:** un sistema de contestador automático que es personalizado por los usuarios y está vinculado con el correo electrónico.
- **Room Conference:** permite que varios se adhieran a una llamada convirtiéndola en una conferencia virtual.
- **IVR:** sistema automatizado de respuestas seleccionadas por el usuario de un menú que le permitirán redirigir la llamada a su destino.
- **CDR:** permite detallar las llamadas tanto realizadas como recibidas con fines de costos y facturación.
- **ACD:** sistema automático de distribución para caso en los que se presente áreas de atención al cliente o soporte técnico.

⁴⁸ TDM.- Multiplexación por división de tiempo, técnica que permite la transmisión de señales digitales.

⁴⁹ FXS.-conector de una central telefónica, usado para conectar teléfonos analógicos a un ordenador y con un software especial realizar y recibir llamadas.

⁵⁰ FXO.-

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA Y RED DE DATOS DE FLORALP S.A.

2.1. ANTECEDENTES

FLORALP S.A. es una industria familiar que tiene sus inicios en el año 1964 como una industria láctea, basada en principios de vida sencillos como ahorro, esfuerzo y colaboración; pocos años después empiezan a usarse herramientas de planeación estratégica, construcción de armonía, sensibilización frente a la comunidad, el medio ambiente y a la nutrición del consumidor final (FLORALP , 2014).

Actualmente FLORALP S.A. tiene su matriz ubicada en la ciudad de Ibarra, es una industria dedicada a la producción y comercialización de lácteos siendo su especialidad los quesos maduros de gran calidad.



Figura 6. Edificio FLORALP S.A. Matriz Ibarra.
Referencia: FLORALP S.A. Recuperado de: <http://www.worldtravelserver.com>

2.1.1. MISIÓN

FLORALP S.A es una industria dedicada a la elaboración y comercialización de productos lácteos artesanales especializada en quesos maduros, manteniendo características de origen y calidad exigidas por el mercado, asegurando una relación personal, justa y transparente con nuestros clientes, proveedores, la comunidad y el medio ambiente (FLORALP , 2014).

2.1.2. VISIÓN

Alcanzar hasta el año 2020 el crecimiento sustentable de productos lácteos a nivel nacional y americano, aprovechando nuestra experiencia y armonía organizacional, que sirvan de base para la formación de un grupo empresarial y familiar que impulse iniciativas para mejorar las condiciones nutricionales, culturales, de educación y medio ambiente tanto para sus miembros como para la comunidad, sus clientes y proveedores (FLORALP , 2014).

2.2. ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL

A continuación se muestra el organigrama estructural de cómo se encuentran organizadas las dependencias en FLORALP S.A.

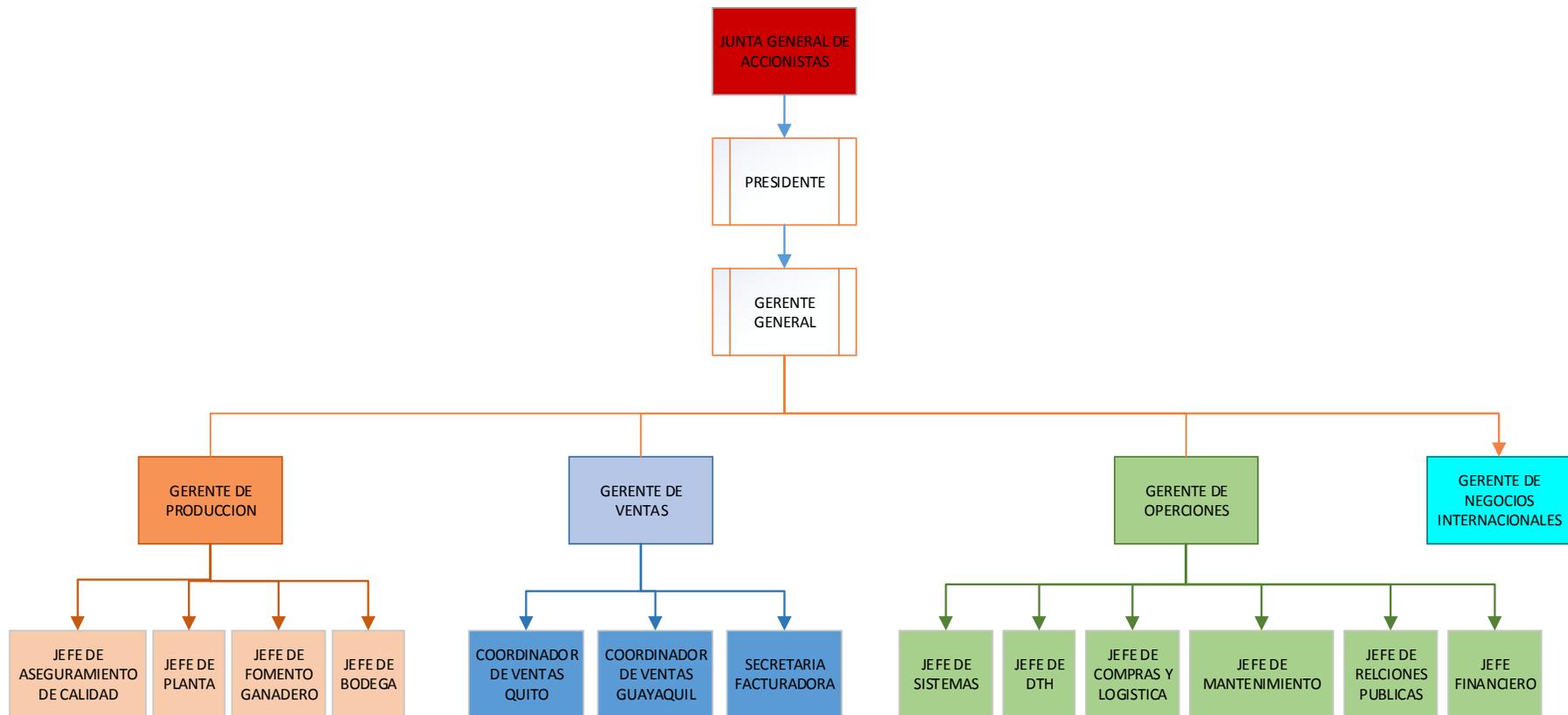


Figura 7. Organigrama estructural FLORALP S.A.
 Referencia: SGS Información Servicios FLORALP (2011), basado en email de María Paulina Vaca Asistente de DTH.

2.3. DESCRIPCIÓN DE EMPLEADOS DE LA MATRIZ Y SUCURSALES.

FLORALP S.A está conformado por una matriz y varias sucursales repartidas dentro del país como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 3. Detalle de empleados de FLORALP S.A.

	Ubicación	Dirección	Personal administrativo	Personal de producción	Personal mantenimiento
Planta Ibarra	Caranqui, Imbabura	Princesa Paccha 51-63 y Duchicela	23	75	5
Planta San Gabriel	Mata Redonda, Carchi	Panamericana norte Km. 186	0	34	0
Oficina Quito	Pichincha	Av. Eloy Alfaro 50194 y De las Frutillas	18	0	9
Oficina Guayaquil	Guayas	Av. De las Américas 103 C.C. El Terminal	9	0	6
Oficina Cuenca	Azuay, Parroquia Sucre	Del Batan 4107 e Imbabura	2	0	2
TOTAL			52	109	22

Referencia: SGS Información Servicios FLORALP (2014), basado en email de María Paulina Vaca asiste de DTH⁵¹.

2.4. ANÁLISIS DE LA RED DE DATOS DE FLORALP S.A.

La industria FLORALP S.A. cuenta actualmente con una red de datos de manera independiente, por lo cual es necesario conocer cada uno de los parámetros que se manejan en cada red de datos, sus características y servicios.

La red no posee un servicio de Telefonía IP, tan solo se hace uso de una central análoga PANASONIC Advanced Hybrid System KX Ta616 con seis líneas y veinticuatro extensiones, las mismas que son parte independiente de la red de datos interna.

⁵¹ DTH.- Departamento de talento humano.

La red LAN interna de la matriz cuenta con un direccionamiento IP clase C 192.X.X.X y máscara de subred 255.255.255.0, segmentada de tal manera que las sucursales posean un rango de red que les permita la comunicación, compartición de archivos, servicios internos propios de la industria como manejo de base de datos, servicios integrados de costos y ventas.

2.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DATOS FLORALP S.A IBARRA

A continuación se describirán las características de la red de datos de la matriz Ibarra y se generalizará las características de las sucursales pues se maneja una red similar en cada una de ellas.

2.4.1.1. Características generales

Por ser la matriz en la que se centralizan los servidores se detalla claramente cada una de las características de la red de datos:

- La industria FLORALP S.A. maneja una arquitectura de red individual en cada una de sus sucursales, los principales servicios se encuentran centralizado en la matriz Ibarra.
- En el edificio de la parte administrativa se encuentra ubicado el Rack1 de comunicaciones y la central telefónica PANASONIC Advanced Hybrid System KX Ta616 la misma que cuenta con 24 líneas de extensión.
- La planta baja correspondiente a las bodegas de quesos maduros se encuentra ubicado el Cuarto de Equipos, en el mismo que se concentran todos los equipos de transmisión y recepción del tráfico de voz, video y datos.

- Las oficinas administrativas posee un cableado estructurado con diez años de uso, el medio de transmisión es cable UTP Cat5e para las estaciones de trabajo y comunicaciones de backbone UTP Cat6, el medio de transmisión usado para la comunicación entre las oficinas y las planta procesadora es por medio de Fibra óptica Monomodo.
- La planta procesadora posee al igual que las oficinas, un rack de comunicaciones, con cableado estructurado con cable UTP Cat6 para las estaciones de trabajo con diez años de uso, el área de mantenimiento y las viviendas comparten el mismo rack de comunicaciones.
- Las redes de cada una de las sucursales no poseen una administración, es decir no poseen VLANs ni Calidad de Servicio (QoS), por lo cual algunos de los servicios presentan un tiempo de respuesta alto y subutilizan el ancho de banda.
- El cableado estructurado como ya se ha nombrado anteriormente su tiempo de vida es de diez años y se encuentra con las debidas etiquetas para la identificación de los puertos, pero no existe un documento con el que se pueda constatar la nomenclatura.
- Los puntos de red de todas las sucursales no poseen una certificación, no utilizan ninguna norma de cableado estructurado para el recorrido de cables y distancias.
- Las áreas de trabajo poseen etiquetas que identifican la ubicación en los racks respectivos, pero el incremento del número de usuarios y creaciones de nuevos departamentos han provocado que no exista las respectivas identificaciones.
- Los equipos terminales utilizan cable UTP Cat. 5e conectados a la pared mediante conectores RJ45 con una longitud no determinada y sin certificación.

2.4.1.2. Topología de red

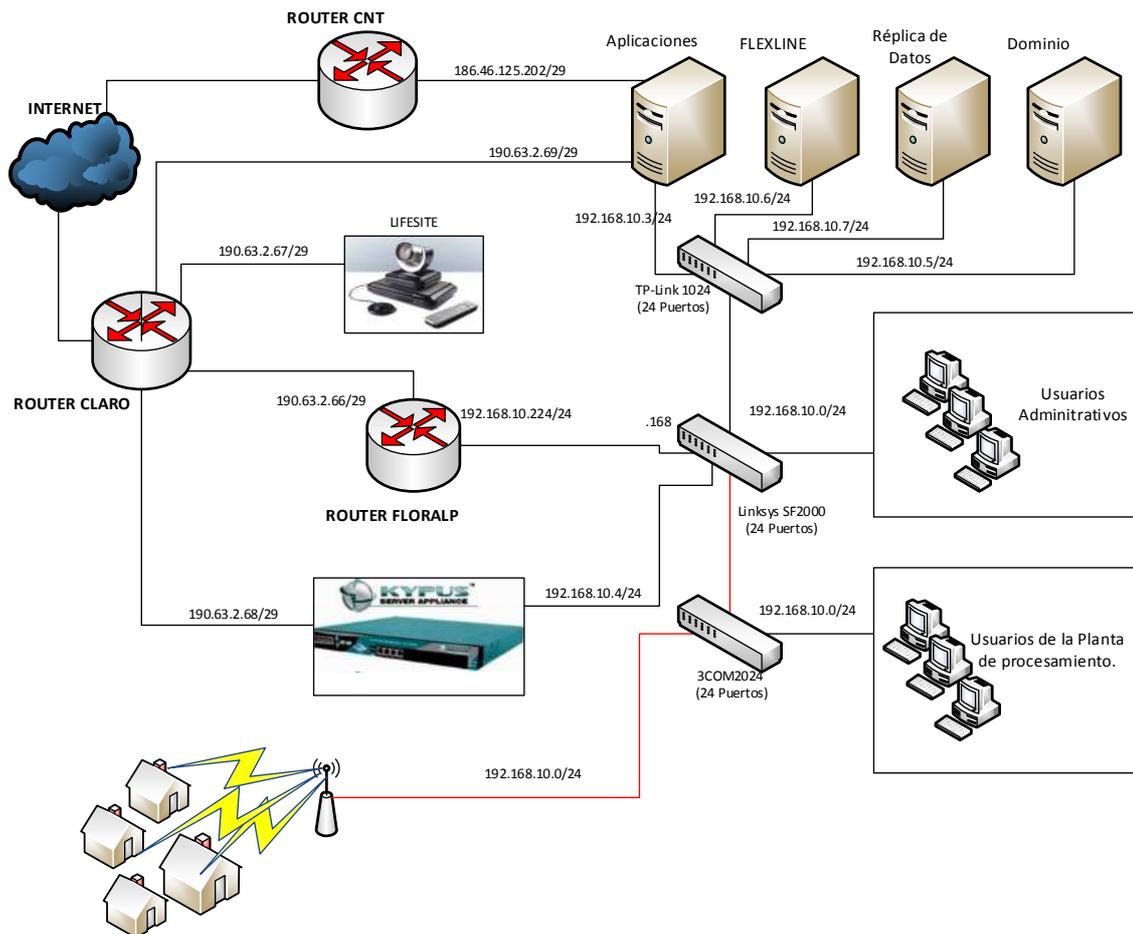


Figura 8. Topología de red de la matriz Ibarra
Referencia: Departamento de sistemas. Basado en: diseño lógico de red actual.

2.4.1.3. TABLA DE DIRECCIONAMIENTO ACTUAL

Tabla 4. Direccionamiento de Red

HOST	DIRECCIÓN IP	MÁSCARA DE SUBRED	GATEWAY
USUARIOS			
IbaFloTIJefe	192.168.10.15	255.255.255.0	192.168.10.4
ibaflobodsum	192.168.10.18	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloProGer	192.168.10.19	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloFinGer	192.168.10.20	255.255.255.0	192.168.10.4
IBAFLOFINCARTE	192.168.10.22	255.255.255.0	192.168.10.4
IBAFLOFINAUX03	192.168.10.23	255.255.255.0	192.168.10.4
ibaflopropor	192.168.10.24	255.255.255.0	192.168.10.4
ibaflodoc	192.168.10.27	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloCostos	192.168.10.29	255.255.255.0	192.168.10.4
ibafломantenimiento	192.168.10.30	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloProTinas	192.168.10.32	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloFinPerez	192.168.10.39	255.255.255.0	192.168.10.4

HOST	DIRECCIÓN IP	MÁSCARA DE SUBRED	GATEWAY
ibaflo mantalmac	192.168.10.40	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloFomento	192.168.10.41	255.255.255.0	192.168.10.4
IBAFLO AMBIENTEM	192.168.10.42	255.255.255.0	192.168.10.4
ibaflo comjefe	192.168.10.47	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloDthAsis	192.168.10.48	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloGerAsis	192.168.10.49	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloGerGen	192.168.10.50	255.255.255.0	192.168.10.4
IBAFLO CALLAB	192.168.10.57	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloBodCen	192.168.10.63	255.255.255.0	192.168.10.4
ibaflo paquita	192.168.10.93	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloProEmpa	192.168.10.98	255.255.255.0	192.168.10.4
ibaflo activos	192.168.10.146	255.255.255.0	192.168.10.4
IBAFLO PROPROC	192.168.10.155	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloFomento	192.168.10.158	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloSisAsis	192.168.10.160	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloProJefe	192.168.10.167	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloSisAsis	192.168.10.177	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloFinGer	192.168.10.186	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloCalJefe	192.168.10.189	255.255.255.0	192.168.10.4
IbaFloTaTJefe	192.168.10.198	255.255.255.0	192.168.10.4

SERVIDORES

		255.255.255.0	192.168.10.4
IbaSvrFloClikex	192.168.10.3	255.255.255.248	190.63.2.69
		255.255.255.248	186.46.125.202
KYPUS	192.168.10.4	255.255.255.0	190.63.2.68
IbaSvrFloDom	192.168.10.5	255.255.255.0	192.168.10.4
FIREWALL	192.168.10.6	255.255.255.0	190.63.2.66
IbaSvrFloData	192.168.10.7	255.255.255.0	192.168.10.4
Ibasvr flovoip	192.168.10.133	255.255.255.0	192.168.10.133

EQUIPOS DE RED

	190.63.2.65	255.255.255.248	
	190.63.2.66	255.255.255.248	
Router Claro	190.63.2.67	255.255.255.248	
	190.63.2.68	255.255.255.248	
	190.63.2.69	255.255.255.248	
Router CNT	186.46.125.202	255.255.255.248	
Antena X	192.168.10.10	255.255.255.0	192.168.10.4
Antena Y	192.168.10.11	255.255.255.0	192.168.10.4
Antena Z	192.168.10.12	255.255.255.0	192.168.10.4
Switch Linksys	192.168.10.168	255.255.255.0	192.168.10.4

Referencia: IPSCAN. Basado en datos obtenidos de IPSCAN

2.4.1.4. Elementos de red de la matriz FLORALP S.A.

La sucursal de Ibarra maneja la mayoría de los servicios, posee los siguientes racks y elementos de red que se detallan a continuación:

2.4.1.4.1. Rack 1 de comunicaciones.

El rack 1 está ubicado en la planta baja de las oficinas administrativas tiene las siguientes características:

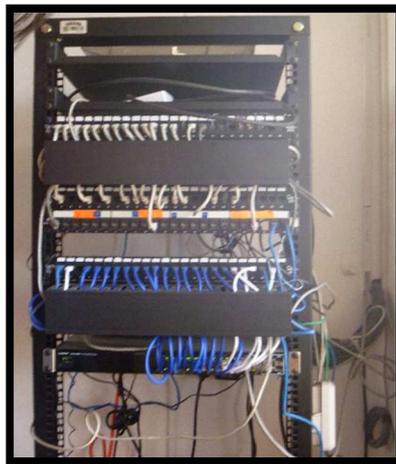


Figura 9. Rack 1 ubicado en las oficinas administrativas
Referencia: Departamento de sistemas.

- Posee dos patch panel, uno para datos y otro para voz.
- Desde el proveedor del servicio CLARO, se entrega una conexión a Internet con una capacidad de ancho de banda de 3Mbps.
- Existen convertidores de fibra óptica TP-LINK MC110CS para la conversión hacia el router del mismo proveedor.
- El router Cisco 1700 del proveedor se encuentra ubicado en el rack1.
- Está ubicada en la parte superior del rack1 la central telefónica PANASONIC Advanced Hybrid System KX Ta616.

- Para la segmentación de la red se hace uso un switch LINKSYS SFE2000 que es propio de FLORALP S.A.

EQUIPOS

➤ **Router proveedor Claro Cisco 1700**

Es un router con funcionalidades principalmente en acceso a datos, proporcionando funcionalidad y flexibilidad al momento de acceder a Internet. Posee enrutamiento WAN, calidad de servicio, enrutamiento LAN y acceso a VPN (Cisco, 2014).

➤ **Router Linksys Cisco wrt54g2**

Dispositivo que cuenta integrado tres diferentes servicios: punto de servicio inalámbrico con estándares Wireless-G (802.11g a 54 Mbps) y Wireless-B (802.11b a 11 Mbps), un switch 10/100 de 4 puertos dúplex y la función de router permitiendo la compartición de la conexión a internet de alta velocidad.

Adicionalmente posee seguridad inalámbrica Wi-Fi Protected Access™ 2 (WPA2), administración de la seguridad: Directivas de acceso a Internet con programación temporal. Los puertos LAN soportan la conexión cruzada automática (MDI/MDI-X), no es necesario cables de conexión cruzada (LINKSYS, 2014).

➤ **Switch LINKSYS SFE2000**

Dispositivo conmutador, con puertos 24 x Ethernet 10/100 Mbit/s con un ancho de banda interno de 12,8 Gbit/s, administrable por interfaz web, telnet y SNMP. Soporta Normas

Auto MDI/MDIX, IEEE 802.1p (Prioridad etiquetas), IEEE 802.1Q (VLAN), IEEE 802.1d (Spanning Tree), IEEE 802.1 s (Multiple Spanning Tree) (Apacelli.com, 2014).

➤ **Convertidor de Fibra Óptica TP-LINK MC110CS**

Convertidor de medios de comunicación, fabricado para convertir la fibra óptica 100BASE-FX a los medios de cobre 100BASE-TX o viceversa. Se encuentra diseñado bajo normas IEEE 802.3u 10/100Base-TX y 100Base-FX. Está diseñado para el uso con cables de fibra monomodo utilizando el conector tipo SC; trabaja en 1310 nm para la transmisión y recepción de datos (TP-LINK, 2014).

2.4.1.4.2. Rack 2 de comunicaciones

El segundo Rack de comunicaciones se encuentra ubicado en la Planta de Producción y posee las siguientes características:

- El patch core está dedicado únicamente para datos, no se especifica un patch core para la voz.
- El medio de transmisión usado para las comunicaciones en áreas de trabajo es UTP Cat6.
- Para la conexión entre los dos racks se utiliza Fibra Óptica Monomodo cableada por tubería subterránea.
- El switch 3COM de veinticuatro puertos, tiene la función de la distribución de las diferentes direcciones IPs.

- Se hace uso de un convertidor de fibra óptica TP-LINK MC110CS para la conversión a medios de cobre cable UTP.

EQUIPOS

➤ Switch 3COM

Es un switch 10/100 de 24 puertos, no administrable, pre-configurado para una instalación rápida, usando medios de transmisión de cobre. Su auto-negociación ajusta la velocidad del puerto con la del dispositivo de comunicación por medio de (MDI/MDIX). Sus puertos pueden ofrecer un ancho de banda promedio de Ethernet 10BASE –T o Fast Ethernet 100BASE-TX (Alamacen informatico.com, 2014).

2.4.1.4.3. Cuarto de equipos

El cuarto de equipos se encuentra ubicado junto a las bodegas de quesos maduros y posee las siguientes características:



Figura 10. Rack 2 de comunicaciones
Referencia: Departamento de sistemas de FLORALP.

- Dimensiones de 3x3m²
- Cuenta con dos UPS de 6KVA y 2KVA conectados en cascada.
- No cuenta con aire acondicionado, pero mantiene un ambiente frío por estar cerca de los cuartos fríos que son parte de las bodegas de quesos maduros.
- No posee una seguridad para el acceso a los equipos.
- No cuenta con un generador eléctrico propio solo para los equipos de red.
- Posee un sistema de puesta a tierra.
- Cuenta con redundancia para el servidor de aplicaciones y un servidor de backup.
- Se encuentra funcionando un switch TP-Link TL-SF1024 mediante el cual se hace la distribución de la red.
- Por parte del proveedor de CNT se encuentra en funcionamiento un router Cisco 800 Series Routers y un convertidor de fibra óptica.

Dentro del cuarto de equipos se encuentran alojados los siguientes equipos de red:

Tabla 5. Equipos de red en FLORALP S.A Ibarra

Cantidad	Equipos
4	servidores
1	switch
	Proveedor
2	router
	convertidor de fibra
2	UPS
1	monitor
1	dispositivos de entrada y salida

Referencia: Departamento de sistemas. Basado en: inventario de equipos.

A continuación se detallan las características de los equipos de red y los servidores que actualmente se alojan en el cuarto de equipos.

SERVIDORES

➤ Servidor de dominio.

Tabla 6. Características del servidor de dominio

SERVIDOR	SERVIDOR DE DOMINIO	EQUIPO FÍSICO
Equipo	Intel Xeon Hp ProLiant ML110	
Generación	Gen 7	
Capacidad	500 GB HDD	
Memoria RAM	10 GB	
Sistema operativo	Windows server 2012	
IP	192.168.10.5	
Mascara de subred	255.255.255.0	
Ubicación	Rack 1	
Uso	Administración de usuarios y equipos de red.	
Dominio	Ibasvflodom	

Figura 11. Servidor de dominio.

Referencia: Departamento de sistemas. Basado en: datos obtenidos de forma manual y datos del jefe de sistemas

➤ Servidor de datos y aplicación.

Tabla 7. Características del servidor de datos y aplicación

SERVIDOR	SERVIDOR DE DATOS Y APLICACIÓN	EQUIPO FÍSICO
Equipo	Intel Xeon HP ProLiant DL380p	
Generación	Gen 8	
Capacidad	800 GB	
Memoria RAM	16 GB	
Sistema operativo	Windows server 2012	
IP	192.168.10.7	
Mascara de subred	255.255.255.0	
Ubicación	Rack 1	
Uso	Almacena el sistema en producción	
Dominio	Ibasvflodata	

Figura 12. Servidor de aplicaciones.

Referencia: Departamento de sistemas. Basado en: datos obtenidos de forma manual y datos del jefe de sistemas

➤ **Servidor de replicación de datos.**

Tabla 8. Características del servidor de replicación de datos

SERVIDOR	SERVIDOR DE REPLICACIÓN DE DATOS	EQUIPO FÍSICO
Equipo	Intel Xeon ProLiant ML350e	
Generación	Gen 8	
Capacidad	2 TB	
Memoria RAM	8 GB	
Sistema operativo	Windows server 2012	
IP	192.168.10.8	
Máscara de subred	255.255.255.0	
Ubicación	Rack 1	
Uso	Replicación de datos de backup	
Dominio	Ibasvrflobk	

Figura 13. Servidor de replicación.

Referencia: Departamento de sistemas. Basado en: datos obtenidos de forma manual y datos del jefe de sistemas

➤ **Servidor Flexline.**

Tabla 9. Características del servidor Flexline

SERVIDOR	SERVIDOR FLEXLINE	EQUIPO FÍSICO
Equipo	Hp ProLiant ML370	
Generación	Gen5	
Capacidad	300 GB	
Memoria RAM	8 GB	
Sistema operativo	Windows server 2003	
IP	192.168.10.6	
Máscara de subred	255.255.255.0	
Ubicación	Rack 1	
Uso	Almacena la aplicación del sistema actual Flexline	
Dominio	Servidorflexline	

Figura 14. Servidor Flexline

Referencia: Departamento de sistemas. Basado en: datos obtenidos de forma manual y datos del jefe de sistemas

EQUIPOS

➤ **Switch TP-Link TL-SF1024**

El TL-SF1024 es un switch con 24 puertos a 10/100 Mbps confiable y de fácil uso para su administración por lo cual presta servicios insuperables. No necesita de ninguna configuración pues dispone de una instalación Plug and Play. No es necesario disponer de cables cruzados para conectarse al switch, dispone de la función de Auto MDI/MDI-X; adicional a esto cuenta con la detección automática de los puertos que identifica la velocidad del enlace del dispositivo de red, garantizando la compatibilidad y rendimiento (TP-Link, 2014).

➤ **Router Cisco 800 Series Routers**

Corresponde a una familia de routers que combina el acceso a Internet y la seguridad a velocidades de banda ancha en un solo dispositivo, tiene la capacidad de conectarse a Internet a través de 3G, Metro Ethernet, y varios tipos de DSL. Puede seleccionar enlaces WAN redundantes, incluidos en ellos Fast Ethernet, DSL⁵², 3G1⁵³ y RDSI⁵⁴ para garantizar la continuidad.

Dispone de 4 puertos 10/100 Fast Ethernet gestionable con soporte VLAN y PoE⁵⁵, un puerto de consola para configuración externa, puerto USB 1.1 para credenciales de seguridad y Cisco Configuration Professional para la configuración remota (Cisco, 2008).

⁵² DSL.- Línea de abonado digital, protocolo de banda ancha.

⁵³ 3G1.- Servicio de banda ancha simultánea.

⁵⁴ RDSI.- Red Digital de Servicios Integrados, facilita las conexiones extremo a extremo.

⁵⁵ POE.- Power Over Ethernet, alimentación eléctrica por cable Ethernet.

2.4.1.4.4. Equipos de usuario.

FLORALP S.A dispone de equipos de red que utilizan los usuarios para acceso a los distintos servicios, a continuación se describe:

➤ **Computadores de escritorio:**

La mayoría de los computadores presentan las siguientes características, sistema operativo Windows 7, Windows 8.1 licenciados, Kaspersky como antivirus con licencia activa y con programas básicos como Microsoft Office 2010 y 2013, Internet Explorer 9,10 y 11. Son muy pocos los equipos de escritorio que cuentan con sistema operativo Windows XP.

- Dentro de la matriz Ibarra existen alrededor de 20 computadores de escritorio la mayoría de ellos son clones Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 2.80GHz - 3.20GHz.
- En las oficinas de Quito se manejan 10 computadores de escritorio marca DELL VOSTRO 220 - Intel Core2 Duo CPU E7400 @ 2.80GHz.
- Las oficinas de Guayaquil disponen de 7 computadores de escritorio CLON - INTEL⁵⁶ - D865GVHZ - Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 3.00GHz e INTEL CORE I5 3.0GHZ.
- La planta de San Gabriel cuentan con 2 computadores de escritorio un CLON VIA Pentium 4 CPU 2.8 Ghz y Compaq Evo D220.
- En la sucursal de la ciudad de Cuenca existen 2 computadores de escritorio Clon AMD⁵⁷ ATX AM3 X4 / 4Gb dd3 / 800GB / DVDRW.

⁵⁶ INTEL.- Marca comercial de fabricante de circuitos integrados más grande del mundo.

⁵⁷ AMD.- Advanced Micro Device, compañía fabricante de procesadores de cómputo.

➤ **Equipos portátiles:**

Los usuarios móviles cuentan con portátiles con sistema operativo Windows 8, antivirus licenciado Kaspersky y programas básicos como Microsoft Office 2010 y 2013 Internet Explorer 9,10 y 11.

- La matriz Ibarra cuenta con 8 portátiles de marca DELL 2.27GHZ 3GB RAM DDR3, Toshiba Satellite M645 - Intel Core i5, HP⁵⁸ AMD Turion.
- Las oficinas de Quito poseen 5 portátiles de marca DELL Intel Core2 Duo CPU T8300 2.4 Ghz, Toshiba Intel Pentium III Xeon 1995 MHz y una MACBOOK⁵⁹ PRO, 2.4 ghz, 8GB, 250 GB, discoSuperDrive.
- En las oficinas de Guayaquil existen 4 portátiles marca Toshiba A70 - Satellite A70 - HD. 60Gb.
- La planta de San Gabriel no cuenta con portátiles y las oficinas de Cuenca disponen de un solo equipo Toshiba⁶⁰ Satellite L655- S5158 - Intel Icore i3 - 4Gb - 640GB - 15,6

2.4.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS SUCURSALES

A continuación se describirán las características de las diferentes sucursales con la finalidad de conocer la estructura de la red de datos, se la ha descrito de una manera general pues las sucursales manejan una red plana sin servicios ni aplicaciones.

⁵⁸ HP.- Hewlett-Packard, empresa de tecnología de información.

⁵⁹ MACBOOK.- ordenador portátil desarrollado por Apple.

⁶⁰ TOSHIBA.- compañía japonesa dedicada a la manufactura de aparatos electrónicos.

2.4.2.1. Características Generales

Las sucursales poseen un cierto número de similitudes en cuanto a su red de datos las cuales se describen a continuación:

- Las sucursales de Quito, Guayaquil y Cuenca poseen un mismo proveedor de servicio de Internet que es Claro, el mismo que entrega el servicio por cobre con una capacidad de 2Mbps. La sucursal de San Gabriel cuenta con un proveedor de servicio de Internet que es TV Montufar.
- Cada proveedor aloja un router de su propiedad con el cual se entrega el servicio al router de FLORALP S.A.
- De propiedad de FLORALP S.A. es un router que varía el modelo y características, un switch que está encargado de distribuir la red de datos.
- Los equipos están almacenados en un cuarto con sistema de enfriamiento para mantener en un ambiente adecuado a todos los equipos.
- Posee un UPS de 2KVA en caso de pérdida de energía eléctrica en los equipos hasta que la planta de energía comience a funcionar y evitar así que los picos hagan daño a los equipos.
- En la sucursal de Quito se cuenta con cámaras de vigilancia analógicas ubicadas en sitios específicos, el equipo administrador de estas cámaras se encuentra de igual manera alojado en el cuarto de equipos.
- No posee una restricción de acceso al cuarto en el que se alojan los equipos.

2.4.2.2. Topología de red de las sucursales

A continuación se muestra la topología de red generalizada con la que se trabaja en las sucursales.

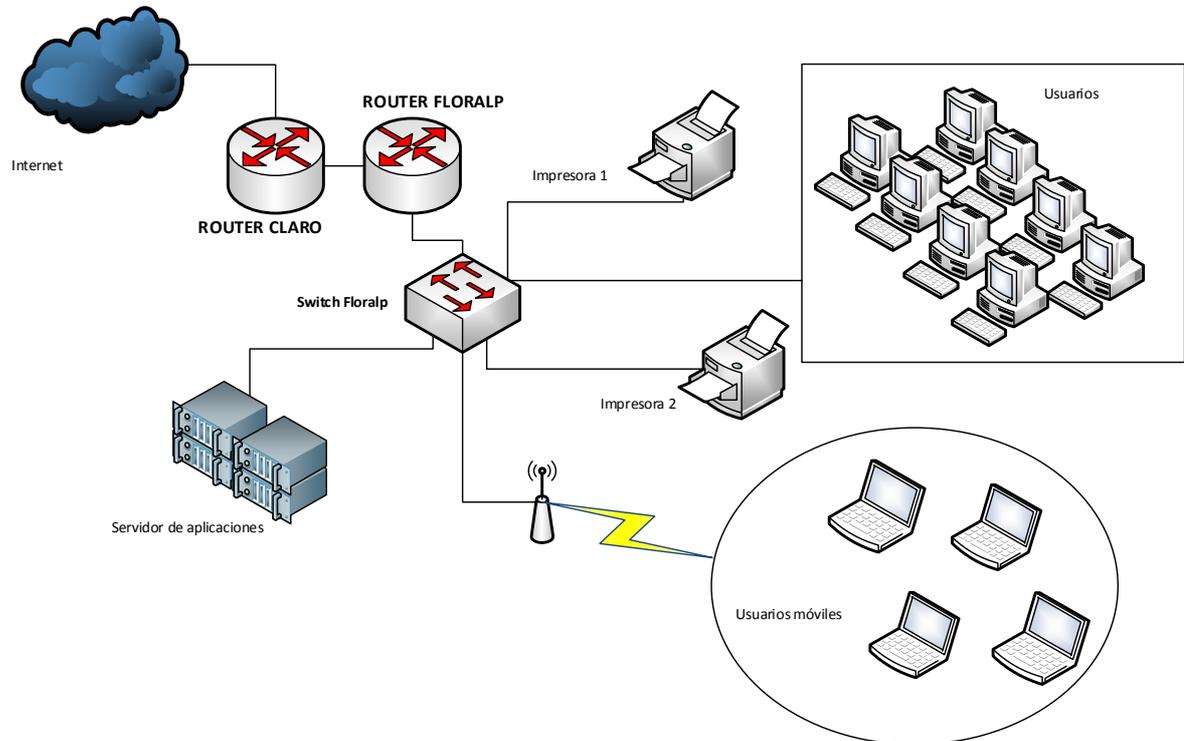


Figura 15. Topología de red de sucursales.

Referencia: Departamento de sistemas. Basado en: visita de sucursales y diagrama de red.

2.5. RED WAN DE FLORALP S.A.

El diagrama que se muestra a continuación es la topología de la red WAN con la que actualmente trabaja FLORALP S.A.

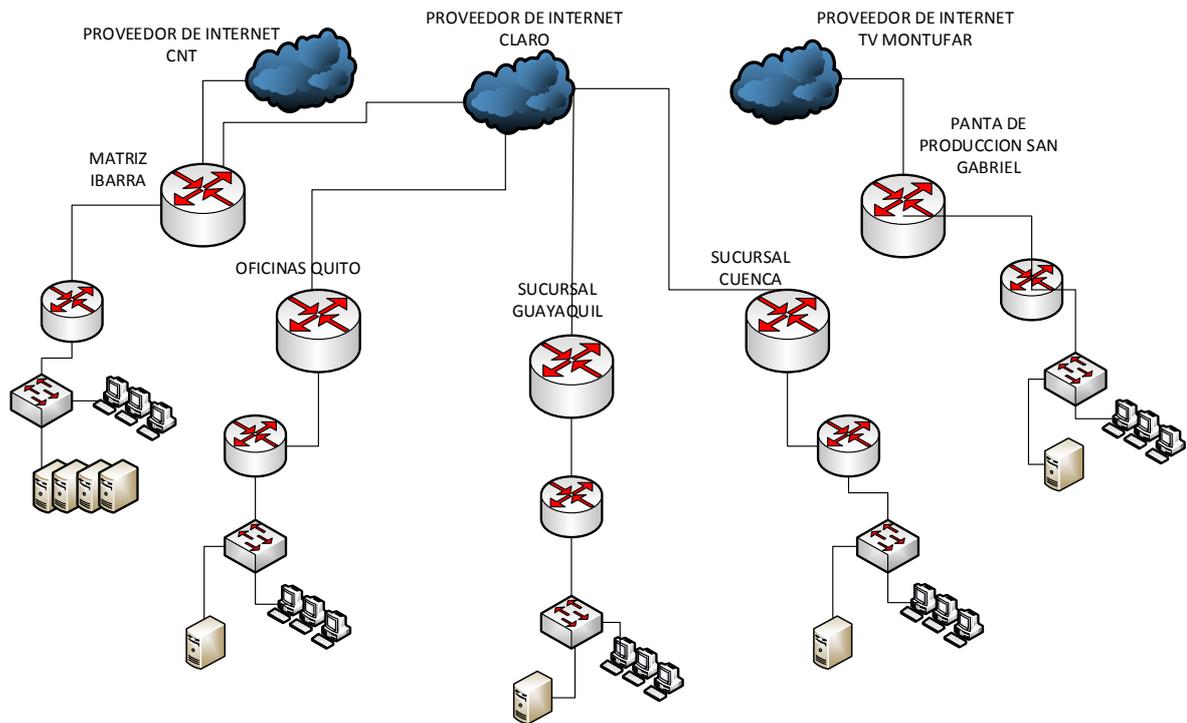


Figura 16. Topología de la red WAN de FLORALP S.A
Referencia: Departamento de sistemas. Basado en: información de proveedores de internet.

En la cuido de Ibarra se maneja actualmente dos proveedores de servicio que entrega por medio de Fibra óptica la empresa CNT EP, y por medios de cobre CLARO, el mismo que es proveedor de las sucursales de Quito, Cuenca y Guayaquil; independientemente trabaja la planta de producción ubicada en San Gabriel que su proveedor es TV MONTUFAR.

2.6. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED TELEFÓNICA DE FLORALP S.A.

FLORALP S.A cuenta con dos centrales telefónicas una de ellas utilizada en la matriz de la ciudad de Ibarra de marca PANASONIC y la segunda en las oficinas de la ciudad de Quito siendo esta de la misma marca pero diferente modelo cada una, a continuación se detallaran las características técnicas de las centrales con la finalidad de dimensionar los servicios de la nueva central telefónica IP con la cual se brindarán los servicios a la industria.

2.6.1. PANASONIC ADVANCED HYBRID SYSTEM KX Ta616

La matriz de la ciudad de Ibarra posee actualmente la central análoga PANASONIC Advanced Hybrid System KX Ta616 que se muestra en la figura a continuación, la misma que está ubicada en la planta baja de las oficinas administrativas conectado por medio de cable multipar con el Rack1 de comunicaciones, para luego conectarse al patch panel y así ser distribuidos a los distintos puntos de los usuarios.



Figura 17. Central Panasonic, matriz Ibarra
Referencia: foto capturada por Araceli Martínez.

La central actualmente cuenta con módulos de expansión, no soporta más extensiones de las que posee actualmente, la conexión de la central al patch panel para la distribución no está bajo ninguna norma de cableado, existen muchos empalmes entre líneas lo que hace q haya atenuación, ruido, lo que ocasiona molestias a los usuarios; ha cumplido su vida útil.

Es necesario conocer las características de esta central telefónica para lo cual gracias al manual de configuración se obtuvo la siguiente información:

- La capacidad del sistema se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 10. Capacidad del sistema Panasonic KXTA616

Sistema básico	Extensiones	8
	Líneas exteriores	3
Expansión	Cantidad máxima de extensiones	24
	Cantidad máximas de líneas exteriores	6

Referencia: Modificado de Panasonic Manual de instalación KX-TA616. Recuperado de:
http://www.gervasoni.biz/pdf/panasonic/centrales/panasonic_instal_cent.pdf

- El sistema puede ampliar la capacidad de líneas exteriores y de extensiones instalando una tarjeta opcional
- Tiene la capacidad para trabajar con teléfonos específicos de la marca Panasonic y además pueden conectarse dispositivos de línea única y terminales de datos.
- Posee un puerto serial RS232 hembra para la salida de los datos pues cuenta con la opción de detalle de llamadas.
- Esta central cuenta con características específicas como:
 - Transferencia de llamada
 - Captura, envío, división de llamada
 - Señalización de estación ocupada
 - Llamada en espera
 - Conferencia
 - Función DISA⁶¹ (Acceso Directo a Sistema de Entrada)

La central no posee una configuración mediante interfaz gráfica por lo cual necesita de un teléfono programador modelo KX-T7030 con el cual se realiza todo tipo de configuración de parámetros de acuerdo a las necesidades de la oficina.

⁶¹DISA.-Permite que una persona que llame desde el exterior pueda tener acceso a funciones específicas del sistema como si esa persona fuese una extensión del sistema.

Este teléfono cuenta con las siguientes características (Inversiones Teleiva .com 19 C.A., 2014):

- Pantalla LCD
- 12 botones programables para líneas.
- 4 botones de marcado rápido.
- Contestador manos libre.
- Llamada en espera.
- Botones de flash, modo silencio, remarcado, conferencia, transferencia de llamadas.

2.6.2. PANASONIC KX-TDA100D

En la oficina de la ciudad de Quito para la comunicación interna de los diferentes departamentos se utiliza la central Panasonic KX-TA 100D, la misma que se encuentra ubicada en el tercer piso, en la parte superior del rack de comunicaciones. Las conexiones son con cable multipar Cat.6 hacia el patch panel y mediante cable UTP Cat.5 hacia los usuarios.

Esta central cuenta con las siguientes características:

- La capacidad del sistema es el siguiente:

Tabla 11. Capacidad de sistema en tarjetas

Tipo de tarjeta	KX-TA100D
Tarjeta de línea	7
Tarjeta de extensión	7
Total	7

Referencia: Modificado de (Panasonic) Panasonic ideas for life. Recuperado de: <http://goo.gl/cDmkHp>

Tabla 12. Capacidad de sistema en dispositivos

Tipo de terminal	Número máximo
Teléfono	176
TLU	128
KX-DT300 / KX-T7600 serie DPT	104
TEL-IP	112
Consola SDE	8
Antena	26
Antena de alta densidad	13
EP	128
Sistema de procesamiento de voz (VPS)	2
interfono	16
Dispositivo de apertura de puertas	16
Sensor externo	16
Relé externo	16

Referencia: modificado de: (Panasonic)Panasonic ideas for life. Recuperado de: <http://goo.gl/cDmkHp>

- Posee un puerto de interface serial RS-232 y USB.
- Tiene características para combinar la telefonía tradicional con la telefonía sobre protocolo IP.
- El sistema también es compatible con tarjetas "hot-swap", es decir, que pueden cambiarse o añadirse módulos sin apagar el sistema.
- Adicionalmente se dispone de herramientas de programación para PC que ayudan a cambiar la configuración rápidamente desde cualquier ubicación de red.
- El sistema KX-TDA100D facilita de una manera sencilla la distribución de llamadas y la gestión de los agentes, proporcionando control total del uso del sistema telefónico.

Esta central telefónica adicionalmente posee un teléfono programador modelo: KX-DT346 que tiene las siguientes características (Onedirect, 2014):

- 24 teclas programables con LED.

- Gran pantalla 6 líneas
- Tecla de navegación.
- Manos libres.
- Toma auricular.
- Compatible con módulo Bluetooth para conexión auricular inalámbrico
- Montaje mural posible.
- Compatible con centralita TDA/TDE/NCP.

2.6.3. DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE RED TELEFÓNICA

FLORALP S.A tanto la matriz como las diferentes sucursales manejan independientemente sus troncales, siendo su proveedor del servicio en todas las sucursales CNT EP, a continuación se detallan las troncales:

Tabla 13. Troncales de FLORALP S.A

FLORALP S.A	Troncales
Matriz Ibarra	06 2 651 150
	06 2 650 789
	06 2 650 722
	06 2 650 687
	06 2 650 608
	06 2 650 639
Oficinas Quito	02 3 261 555
	02 3 260 439
	02 3 260 392
	02 3 261 660
	02 3 260 748
	02 3 340 118
	02 3 340 823
Oficinas Guayaquil	04 2 130 021
	04 2 130 190
	04 2 130 327
Oficinas Cuenca	04 2 130 345
	05 2 817 310
Planta San Gabriel	05 2 882 326
	06 2 220 135

Referencia: Departamento de finanzas. Basado en datos de recepción.

2.6.3.1. Distribución de las extensiones

La industria FLORALP S.A maneja dentro de la matriz Ibarra y Quito extensiones de las troncales que dispone, en las siguientes tablas se describe características de las mismas:

➤ Matriz Ibarra

Tabla 14. Distribución de número de extensiones en Ibarra

Departamento	Extensión	Servicios
Gerente general	102	Todos
Recepción	101	Salidas a celular
Asistente de recursos humanos	103	Salidas a celular
Jefe de sistemas	104	Salidas a celular
Jefe de compras	105	Salidas a celular
Jefe de crédito e innovación	106	Salidas a celular
Gerente financiero	109	Salidas a celular
Cartera	110	Salidas a celular
Asistente de contabilidad 1	111	Básicos
Guardia	112	Básicos
Mantenimiento	113	Básicos
Asistente de costos	114	Básicos
Jefe de aseguramiento de calidad	115	Básicos
Bodega de productos final	116	Básicos
Jefe se seguridad y salud	117	Salidas a celular
Asistente de calidad	118	Básicos
Bodega de suministros	119	Básicos
Casa Sr. Norberto	121	Todos
Oficinas Quito	144	Salidas a celular
Fax	145	Ninguno
Contadora general	146	Básicos
Casa Sr. Oscar	158	Todos
Casa Sra. Perla	159	Todos
Casa Sra. Ruth	160	Todos
Bodega de productos terminado	166	Básicos
Jefe de fomento ganadero	103 ext	Salidas a celular

Referencia: Departamento de sistemas. Basado en inventario de puertos y puntos de red.

➤ Oficinas Quito

Tabla 15. Distribución de número de extensiones de oficinas Quito

Departamento	Extensión	Servicios
Recepción	101	Salida a celular
Jefe de DTH	102	Salida a celular
Jefe de gestión	103	Salida a celular
Consejo familiar	104	Básicos
Jefe de comunicaciones	105	Salida a celular
Jefe de márquetin	106	Salida a celular
Maq. Cialmaco isoporte	107	Básicos
Gerente comercial	108	Salida a celular
Jefe de innovación y desarrollo	110	Básicos
Fax	111	Ninguno
Jefe de food service	112	Salida a celular
Asesor comercial 1	114	Básicos
Asesor comercial 2	115	Básicos
Asesor comercial 3	116	Básicos
Asesor comercial 4	117	Básicos
Jefe de Retail	118	Salida a celular
Autoservicios Zulac	119	Básicos
Servicio al cliente	120	Básicos
Autoservicios FLORALP	121	Básicos
Autoservicios FLORALP	122	Básicos
Cartera	123	Básicos
Sala de reuniones	125	Básicos
Bodega	126	Básicos

Referencia: Departamento de sistemas. Basado en inventario de puertos y puntos de red.

➤ Oficinas Guayaquil

Tabla 16. Distribución de número de extensiones de oficinas Guayaquil.

Departamento	Extensión	Servicios
Recepción	101	Salida a celular
Asesor comercial 1	102	Salida a celular
Asesor comercial 2	103	Salida a celular
Asistente de cartera	104	Básicos
Jefe ventas	105	Básicos
Bodega	106	Básicos

Referencia: Departamento de sistemas. Basado datos proporcionados por el jefe de sistemas

➤ **Oficinas Cuenca**

Para las oficinas en la ciudad de Cuenca se tiene tan solo dos líneas telefónicas, las mismas que no necesitan de una central telefónica con más extensiones puesto que en el lugar trabajan tan solo cuatro personas. En base a la información prestada por el Jefe de sistemas existe la planificación de incrementar el número de empleados en donde sí se necesitará un plan de marcado con extensiones para cada usuario.

➤ **Planta San Gabriel.**

La planta de producción actualmente no posee un sistema de extensiones, debido a que no existe un número muy alto de usuarios que hagan uso de telefonía, tan solo se hace uso de su único número convencional.

2.7. ESTADÍSTICAS DE TRÁFICO DEL SERVICIO TELEFÓNICO

Para conocer detalles del servicio q se brinda actualmente en telefonía se presenta a continuación el análisis de una encuesta y los datos obtenidos de las planillas de llamadas, con la finalidad de conocer parámetros fundamentales para el dimensionamiento de la nueva central telefónica IP.

2.7.1. ENCUESTA DIRIGIDA A LOS EMPLEADOS DE FLORALP S.A.

Con la finalidad de recopilar información por parte de los usuarios finales de telefonía se realizó una encuesta la misma que se encuentra en el Anexo A, con la que se pretende

conocer las horas de mayor tráfico, el destino y origen de las llamadas entre otros parámetros. Se tomó en cuenta que la mayoría de empleados poseen actualmente una cuenta en Skype con la que se comunican con los empleados de las diferentes oficinas, por lo que se incluyó preguntas respecto al mismo.

La encuesta fue realizada por medio de Google Docs y enviada por medio de un correo electrónico a la cuenta interna de la industria, para los empleados de la matriz en la ciudad de Ibarra y las oficinas de la ciudad de Quito.

Las respuestas que se receptaron fueron un total de cuarenta y uno, de las cuales veintiséis corresponden a la matriz de Ibarra y quince de las oficinas de la ciudad de Quito; de las cuales se puede obtener los siguientes porcentajes a cada pregunta que se realizó:

2.7.1.1. Tabulación de respuestas a la encuesta realizada.

Tabla 17. Interpretación de resultados de encuesta realizada

PREGUNTA	INTERPRETACIÓN
El medio que utiliza para comunicarse es:	El 56% de los empleados tanto de la ciudad de Ibarra y Quito usan Skype como medio de comunicación y tan solo un 44% utiliza la telefonía tradicional para comunicarse.
¿Qué día de la semana recibe mayor número de llamadas a su extensión?	Las llamadas tienen una igualdad de porcentaje del 24% para los días miércoles, jueves y viernes; el día en que más llamadas se reciben es el día lunes con un 29%.
¿En qué horario existe mayor cantidad de llamadas?	El horario en que existe mayor cantidad de llamadas tanto entrantes como salientes, es en la mañana con un 34% seguidamente del horario de la tarde con un 22%.
¿Aproximadamente cuántas llamadas telefónicas recibe usted en un hora?	El número de llamadas promedio que se recibe en una hora está en el rango de 0 a 3 llamadas con un porcentaje de 27%, el rango de 3 a 5 llamadas tiene un 12%.
¿De dónde provienen las llamadas con mayor frecuencia?	Las llamadas provienen con mayor frecuencia de la ciudad de Ibarra, los proveedores y llamadas internas con un 22%, de la ciudad de Quito y San Gabriel las llamadas ocupan un 15%.

PREGUNTA	INTERPRETACIÓN
La duración de las llamadas que recibe está dentro del rango de:	El rango de duración que posee mayor porcentaje de uso es de 0 a 3 minutos con un 24% para llamadas entrantes, seguido con un 17% el rango de 2 a 5 minutos.
¿Aproximadamente cuántas llamadas telefónicas realiza usted en un hora?	El número de llamadas que los empleados utilizan para realizar llamadas esta entre 0 y 3 llamadas en una hora con un 37%.
Las llamadas que usted realiza con más frecuencia son dirigidas a:	La mayoría de llamadas son salientes y dirigidas a los proveedores de materiales y suministros con un 24% y con 22% son llamadas al personal interno de las dos ciudades.
La duración de las llamadas que realiza está dentro del rango de:	Las llamadas que se realizan tienen una duración aproximada de 0 a 3 minutos con un 22% y el 17% corresponde a los 3 a 5 minutos.
¿Dispone usted de llamadas a celular?	Las extensiones que actualmente se encuentran configuradas en un 39% poseen llamadas a celular
¿Ha tenido algún tipo de inconveniente el momento de realizar una llamada?	Por lo general la mayoría de inconvenientes se presentan pues comparten una misma extensión, y existen problemas con la centrales que ya tienen algunos años de uso, y la molestia es en el corte de llamadas cada 5 min por el temporizador
¿Ha escuchado sobre la tecnología de Voz sobre IP?	La mayoría de los empleados no han escuchado ni poseen conocimientos acerca de la tecnología de Voz sobre el protocolo IP

Referencia: Tabulación Google Docs. Recuperado de: <http://goo.gl/sDTssv>

La Tabla 17 contiene las respectivas interpretaciones a las preguntas realizadas en la encuesta a los empleados de FLORALP S.A. gracias a la ayuda de Google Docs se obtuvieron gráficas de los porcentajes a cada pregunta las mismas que se encuentran en el Anexo B.

2.7.2. ANÁLISIS DE TRÁFICO DE LLAMADAS TELEFÓNICAS

La principal característica que una red de VoIP debe prestar es calidad en sus llamadas, para lo cual es necesario el cálculo de troncales y el ancho de banda necesario para que el transporte de los datos se los realice de tal manera que no exista ningún tipo de inconvenientes al establecer una llamada.

Es necesario conocer el número de llamadas generadas por los usuarios, para determinar parámetros como llamadas concurrentes y las horas de mayor tráfico; para lo cual se procedió a obtener datos de la central telefónica PANASONIC Advanced Hybrid System KX Ta616, pero por motivos técnicos (falla del puerto serial RS232) no se pudo obtener de esta forma los datos, de tal manera que se solicitó el detalle de planilla telefónica de las llamadas salientes a CNT EP de los meses de junio, julio y agosto del presente año (2014) de los números de Ibarra y Quito de la industria FLORALP SA, los mismos que se adjuntan en el Anexo C.

2.7.2.1. Análisis del tráfico saliente.

Para el análisis del tráfico saliente se utilizará el método de analizar semanas alternas de tres meses diferentes, mediante la tabulación del detalle de planillas de los números de Ibarra y de Quito.

2.7.2.1.1. Cálculo de mayor flujo de tráfico

Los datos para los siguientes cálculos se los obtuvo de la siguiente manera: de junio la primera semana del mes (2-6 de junio), de julio la tercera semana del mes (14-18 de julio) y como el último mes de agosto la cuarta semana (25-29 de agosto).

El flujo de tráfico puede ser calculado con la siguiente ecuación:

$$T = \frac{C}{A}$$

T: Flujo de tráfico

C: Número de ocupaciones

A: Tiempo duración de llamadas

Ecuación 1. Cálculo de flujo del tráfico.

Referencia: (Culqui, 2013)

Adicionalmente se debe conocer el tiempo promedio (T) que comprende la duración total de las llamadas sobre el número de ocupaciones en una hora, en la matriz de Ibarra y la oficina en Quito de la semana del 2-6 de junio se tiene los siguientes datos.

Tabla 18. Tráfico de voz saliente por días matriz Ibarra

Fecha	6/2/2014	6/3/2014	6/4/2014	6/5/2014	6/6/2014
Ocupaciones	21	18	32	25	25
Duración	1883	1967	3065	2009	2857
T(s/ocupaciones)	89.67	109.28	95.78	80.36	114.28

Referencia: Planillas de CNT EP.

Tabla 19. Tráfico de voz saliente por días en oficinas Quito

Fecha	6/2/2014	6/3/2014	6/4/2014	6/5/2014	6/6/2014
Ocupaciones	116	119	77	94	106
Duración	7550	13356	5781	9346	9534
T(s/ocupaciones)	65.09	112.24	75.08	99.43	89.94

Referencia: Planillas de CNT EP.

2.7.2.1.2. Hora pico de llamadas

Es importante conocer la hora durante las horas laborables que tenga mayor tráfico y así dimensionar la red.

$$C = \frac{\text{Número de ocupaciones}}{3600 \text{ s}}$$

Ecuación 2. Cálculo de llamadas originadas.

Referencia: (Culqui, 2013)

Como ejemplo se tomará el día miércoles 4 de junio del presente año en el horario que tiene mayor número de ocupaciones que es a las 09:00 de la mañana para la matriz Ibarra.

$$A = C * T$$

Ecuación 3. Cálculo de flujo del tráfico en Erlans.

Referencia: (Culqui, 2013)

$$A = \frac{\text{Número de ocupaciones}}{3600 \text{ s}} * T$$

$$A = \frac{12 \text{ ocupaciones}}{3600 \text{ s}} * 95.78 \frac{\text{s}}{\text{ocupaciones}}$$

$$A = 0.32 \text{ Erlans}$$

Tabla 20. Flujo de tráfico día miércoles 4 del mes de junio matriz Ibarra

HORARIO	Número de ocupaciones	T(s/ocupaciones)	A(Erl)
7:00 -7:59	0	95.78	0.00
8:00 – 8:59	2	95.78	0.05
9:00 – 9:59	12	95.78	0.32
10:00 – 10:59	4	95.78	0.11
11:00 – 11:59	5	95.78	0.13
12:00 – 12:59	2	95.78	0.05
13:00 – 13:59	0	95.78	0.00
14:00 – 14:59	0	95.78	0.00
15:00 – 15:59	4	95.78	0.11
16:00 – 16:59	1	95.78	0.03
17:00 – 17:59	0	95.78	0.00
18:00 – 18:59	0	95.78	0.00

Referencia: Tabulación manual de planillas, basado en planilla de CNT EP.



Figura 18. Hora pico del día miércoles 4 en la matriz Ibarra

Referencia: Tabulación manual de planillas, basado en datos de la Tabla 20.

Tabla 21. Flujo de tráfico día miércoles 4 del mes de junio oficina Quito

HORARIO	Número de ocupaciones	T(s/ocupaciones)	A(Erl)
7:00 -7:59	1	75.08	0.02
8:00 – 8:59	1	75.08	0.02
9:00 – 9:59	13	75.08	0.27
10:00 – 10:59	17	75.08	0.35
11:00 – 11:59	3	75.08	0.06
12:00 – 12:59	14	75.08	0.29
13:00 – 13:59	4	75.08	0.08
14:00 – 14:59	1	75.08	0.02
15:00 – 15:59	13	75.08	0.27
16:00 – 16:59	8	75.08	0.17
17:00 – 17:59	3	75.08	0.06
18:00 – 18:59	1	75.08	0.02

Referencia: Tabulación manual de planillas, basado en planilla de CNT EP.



Figura 19. Hora pico del día miércoles 4 en la oficina Quito

Referencia: Tabulación manual de planillas, basado en datos de la Tabla 21.

Para el resto de los días de la semana se aplicaron las mismas ecuaciones obteniendo los siguientes datos tanto para Ibarra como Quito, respectivamente en el Anexo D se encuentran detallados cada uno de estos cálculos por meses y semanas.

Tabla 22. Hora pico de la primera semana de junio en la matriz Ibarra.

Fecha	Horario	Ocupaciones	T(s/ocup)	A(Erl)
6/2/2014	12:00:00	2	89.67	0.05
6/3/2014	18:00:00	4	109.28	0.12
6/4/2014	9:00:00	12	95.78	0.32
6/5/2014	8:00:00	6	80.36	0.13
6/6/2014	16:00:00	5	114.28	0.16

Referencia: Tabulación manual de planillas, basado en planillas telefónicas CNT EP.

Tabla 23. Hora pico de la primera semana de junio en la oficina de Quito

Fecha	Horario	Ocupaciones	T(s/ocup)	A(Erl)
6/2/2014	16:00:00	20	65.09	0.36
6/3/2014	12:00:00	30	112.24	0.94
6/4/2014	9:00:00	17	75.08	0.35
6/5/2014	15:00:00	14	99.43	0.39
6/6/2014	10:00:00	25	89.94	0.62

Referencia: Tabulación manual de planillas basado en planillas telefónicas CNT EP.

Para conocer el flujo de tráfico de una línea telefónica, se realiza la siguiente tabla en la cual se detalla el número de ocupaciones por cada línea en el horario de las 09:00 de la mañana del día miércoles 4 de junio para la matriz Ibarra y para la oficina de Quito del día 3 de junio a las 12 de medio día, de la tabla 22 y 23 se derivan los siguientes datos:

Tabla 24. Flujo de tráfico por cada línea telefónica en la matriz de Ibarra

Número telefónico	Número de ocupaciones	T(s/ocupaciones)	A(Erl)
62650608	8	95.78	0.21
62651150	4	95.78	0.11
	12		0.32

Referencia: Tabulación manual de planillas, basado en planillas telefónicas CNT EP.

Por medio de la Ecuación 4 que se muestra a continuación se puede obtener el tráfico promedio por cada línea, dividiendo el flujo de tráfico total para el número de líneas de las cuales se hicieron uso para realizar llamadas.

$$A = \frac{\Delta A(Erl)}{\text{Número de líneas}}$$

Ecuación 4: Cálculo de Erlang

Referencia: (Culqui, 2013)

$$A = \frac{0.32(Erl)}{2}$$

$$A = 0.16 (Erl)$$

Tabla 25. Flujo de tráfico por cada línea telefónica en la oficina Quito

Número telefónico	Número de ocupaciones	T(s/ocupaciones)	A(Erl)
23260392	5	112.24	0.16
23260439	10	112.24	0.31
23261555	15	112.24	0.47
	30		0.94

Referencia: Tabulación manual de planillas, basado en planillas telefónicas CNT EP.

$$A = \frac{0.94(Erl)}{3}$$

$$A = 0.31 (Erl)$$

2.7.2.2. Análisis del tráfico entrante

Para el análisis del tráfico entrante se usa el método de la tabulación de encuestas realizadas a los empleados de FLORALP S.A. de la matriz Ibarra y las oficinas en Quito. De acuerdo a los datos obtenidos se toma como un tiempo promedio de llamadas 3 minutos de duración.

Tabla 26. Número de llamadas en una hora en la matriz Ibarra

Día	Número de llamadas
Lunes	8
Martes	6
Miércoles	6
Jueves	8
Viernes	7

Referencia: encuesta en google docs. Basado en: tabulación de encuestas

El cálculo de los Erlans por cada día de la semana se los realizará con la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\text{número de llamadas} * \text{duración (s)}}{3600s} (Erlans)$$

Ecuación 5. Cálculo de flujo del tráfico entrante en Erlang.

Referencia: (Culqui, 2013)

Como ejemplo se toma el día lunes con 8 ocupaciones en una hora.

$$A = \frac{8 \text{ ocupaciones} * 180s}{3600s} \text{ (Erlans)}$$

$$A = 0.4 \text{ (Erlans)}$$

Para la oficina de Quito se tienen los siguientes datos:

Tabla 27. Número de llamadas en una hora en la oficina Quito

Día	Número de llamadas
Lunes	5
Martes	4
Miércoles	4
Jueves	2
Viernes	2

Referencia: encuesta en google docs. Basado en tabulación de encuestas

Como ejemplo se toma el día lunes con 5 ocupaciones en una hora.

$$A = \frac{5 \text{ ocupaciones} * 180s}{3600s} \text{ (Erlans)}$$

$$A = 0.25 \text{ (Erlans)}$$

Como resultado se obtiene la siguiente tabla de resumen:

Tabla 28. Resultado de Erlangs para una semana.

Día	Ibarra Erlang	Quito Erlang
Lunes	0.40	0.25
Martes	0.30	0.20
Miércoles	0.30	0.20
Jueves	0.40	0.10
Viernes	0.35	0.10

Referencia: Encuesta en google docs. Basado en cálculo de hoja de Excel.

2.7.2.2.1. Hora pico de llamadas entrantes

De acuerdo a la encuesta realizada, las llamadas entrantes tienen mayor tráfico los días lunes en el horario de la mañana comprendido entre las 8:30 y 11:00, con menor frecuencia se presentan los días de miércoles a viernes de igual forma en el horario de la mañana y la tarde comprendida de 14:30 a las 16:00.

2.8. ANÁLISIS DE TRÁFICO DE DATOS EN LA RED DE FLORALP S.A.

La calidad de la voz depende necesariamente de las características de la red en la cual se van a transmitir datagramas IP.

Se definen algunos parámetros por los cuales se evalúan la calidad de funcionamiento de la red como son: retardo, ancho de banda, pérdidas, throughput, entre otros. Las mediciones más comunes son realizadas punto a punto entre origen y destino o en uno de los trayectos por los que atraviesa el tráfico.

Para medir estos parámetros se usará una herramienta de software que permita conocer datos de los niveles de carga que soportan los enlaces y los servidores. El software que se utilizó fue Iperf que es compatible y funcional para Windows y Linux, es una herramienta capaz de medir el rendimiento de TCP y UDP en las comunicaciones de las redes de área local.

2.8.1. IPERF HERRAMIENTA DE MONITOREO DE TRÁFICO

Es una herramienta de uso común que puede crear flujos TCP y UDP y medir el rendimiento de la red. Iperf está escrito en lenguaje C. Fue desarrollado por el Equipo de Soporte de Aplicaciones distribuidas (DAST) en el National Laboratory for Applied Network Research (NLANR).

Iperf es totalmente configurable con lo que se puede ajustar algunos parámetros con los que se puede probar el rendimiento, optimizar o ajustar la red en algunos casos. Iperf trabaja en modo cliente/servidor y puede medir el rendimiento a los dos extremos ya sea unidireccional o bidireccional. Es un software de código abierto que funciona en diversas plataformas como Windows, Linux y Unix. (Iperf)

- UDP: Iperf permite al usuario especificar el tamaño de datagrama y proporcionar resultados para el rendimiento y pérdida de paquetes.
- TCP: Iperf mide el rendimiento de la carga útil y utiliza para 1024 * 1024 megabytes y 1000 * 1000 para megabits.

La salida típica de Iperf contiene un informe con marca de tiempo de la cantidad de datos transferidos y el rendimiento.

2.8.1.1. Configuración de Iperf en la red de FLORALP S.A.

En el diagrama (Figura 20) que se muestra a continuación se describe la conexión que se realizó para capturar los paquetes con Iperf.

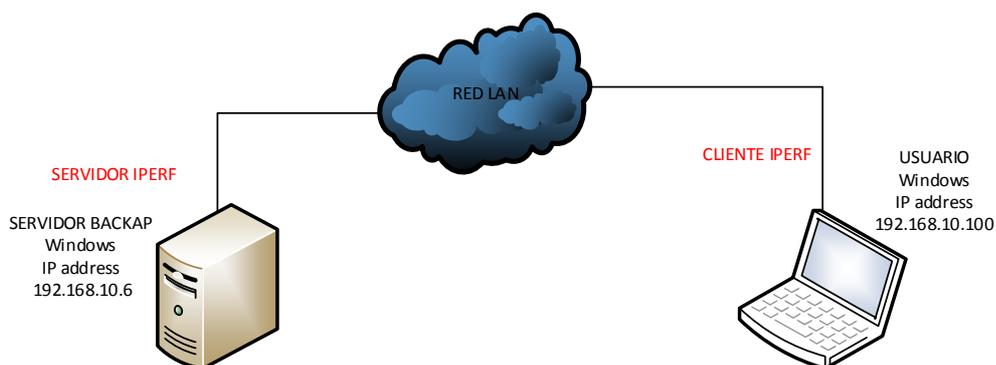


Figura 20. Diagrama de conexión para captura de tráfico

Referencia: Configuración Iperf (www.openmaniak.com, 2011) Recuperado de: <http://openmaniak.com/es/iperf.php>

Por defecto el cliente Iperf se conecta al servidor en el Puerto TCP 5001 y el ancho de banda mostrado por Iperf es el ancho de banda del cliente al servidor. A continuación se muestran las opciones de configuración tanto del cliente como servidor.

- **Servidor Iperf**

A parte de la opción -s que deja a IPref a la escucha, se puede usar:

Tabla 29. Configuración de servidor Iperf

-d	como servicio
-r	remove servicio
-u	Recibir datagramas UDP en vez de TCP por defecto.
-m	muestra MTU (depende del sistema operativo)
-w	Especifica el tamaño de ventana (TCP window size). Muy útil para ir calculando nuestro tamaño de ventana más óptimo según las mediciones de ancho de banda.
-f	[bkmBKM] mostrar resultados en bits/s, kilobits/s, megabytes/s, Bytes/s, KiloBytes/s, MegaBytes/s (s=segundos).

Referencia: Diferentes tipos de configuración de Iperf. Modificado de: <http://www.wcruzy.pe/ri/iperf.pdf>

En base a la Tabla 29 que se muestra anteriormente se realizaron las siguientes configuraciones para el servidor:

```

iperf.exe -s -u -fMB -i1
-----
Server listening on UDP port 5001
Receiving 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 0.06 MByte (default)
-----

```

Figura 21. Configuración de Servidor Iperf
Referencia: Configuraciones de Iperf. Basado en: <http://www.wcruzy.pe/ri/iperf.pdf>

- **Ciente Iperf**

Lo más común en la configuración de un cliente Iperf es la opción `-c` pero se pueden agregar otras alternativas de configuración las más importantes se las describe en la siguiente tabla:

Tabla 30. Configuraciones del cliente Iperf

-f	[bkmBKB] (igual que lo comentado como servidor)
-w	lo mismo que para servidor
-m	muestra MTU (depende del sistema operativo)
-T	ttl especifica valor TTL
-i	Segundos especifica un intervalo, medido en segundos, en el cual se volverá a realizar la medición.
-t	Segundos tiempo duración transmisión. Hace más fiable la medida.

Referencia: Configuraciones de Iperf. Modificado de: <http://www.wcruzy.pe/ri/iperf.pdf>

De acuerdo a las opciones de configuración que se muestran en la tabla anterior el cliente Iperf tiene los siguientes parámetros:

```

iperf.exe -c 192.168.10.6 -u -fMB -t10
-----
Client connecting to 192.168.10.6, UDP port 5001
Sending 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 0.06 MByte (default)
-----
[ 3] local 192.168.10.165 port 63315 connected with 192.168.10.6 port 5001

```

Figura 22. Configuración del cliente Iperf
Referencia: Configuraciones de Iperf. Basado en: <http://www.wcruzy.pe/ri/iperf.pdf>

2.8.2. RESULTADOS DE TRÁFICO CON IPERF

Los datos fueron obtenidos desde el 21 de agosto del 2014 hasta el día 4 de septiembre del mismo año, para determinar el análisis de tráfico de la red de FLORALP S.A.

La Tabla 31 que se muestra a continuación contiene el resumen de los resultados obtenidos diariamente; en los mismos que se tiene un valor constante del tamaño de Buffer UDP que es de 64 Kbyte.

Tabla 31. Resultados de Iperf

Fecha	[ID] Intervalo (sec.)	Transfer (MBytes)	Bandwidth (MBytes/sec)	Jitter (ms)	Lost/Total	Datagramas
21/08/2014	[4] 0.0-10.1	1.25	0.12	7.284	0/ 893	0%
22/08/2014	[3] 0.0-10.0	1.25	0.12	7.284	0/893	0%
25/08/2014	[3] 0.0-10.0	1.25	0.12	7.284	0/893	0%
26/08/2014	[3] 0.0-10.0	1.25	0.13	6.691	0/893	0%
27/08/2014	[4] 0.0-10.0	1.25	0.12	6.24	0/ 893	0%
28/08/2014	[3] 0.0-10.0	1.25	0.12	6.074	0/893	0%
1/9/2014	[4] 0.0-10.0	1.25	0.12	6.531	0/893	0%
2/9/2014	[3] 0.0-10.0	1.25	0.12	6.298	0/893	0%
3/9/2014	[3] 0.0-10.0	1.25	0.13	0.465	0/893	0%
4/9/2014	[3] 0.0-10.0	1.25	0.12	6.262	0/893	0%

Referencia: Hojas de cálculos de Excel. Basado en los resultados obtenidos de Iperf.

Para apreciar de mejor manera el jitter se muestra la Figura 23 una gráfica lineal de los valores obtenidos, los cuales muestran que el día 21 de octubre tiene un jitter considerable pero los días finales del mismo mes, presentan un jitter estable e incluso el día 3 de septiembre se muestra un promedio aproximado a 0.

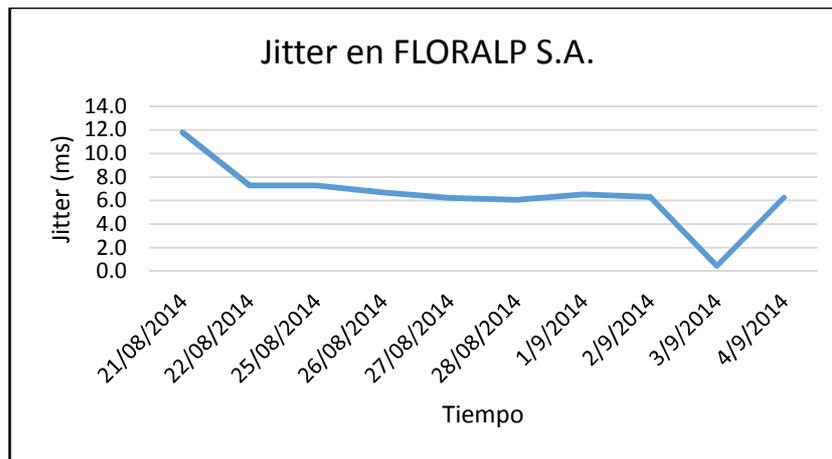


Figura 23. Resultados de Jitter en FLORALP S.A
Referencia: Hojas de cálculos de Excel Basado en datos obtenidos con Iperf

Adicional a los datos obtenidos por Iperf se muestran los valores de retardo obtenidos en la red con la herramienta PING, el mismo que se encarga de comprobar el estado de conexión de uno o varios equipos remotos mediante paquetes de solicitud de eco y respuesta de eco, midiendo la latencia o el tiempo que tardan en comunicarse los mismos. La configuración de la misma se la hizo desde un usuario conectado a la red inalámbrica hacia el servidor de aplicaciones. A continuación se muestran los datos obtenidos durante dos semanas en diferentes horarios.

Tabla 32. Resultados de la herramienta PING en la red

Fecha	RTT Mínima (ms)	RTT Promedio (ms)	RTT Máximo (ms)	Núm. de paquetes transmitidos	Núm. de paquetes recibidos	Paquetes perdidos
21/08/2014	1	6	16	10	10	0
22/08/2014	1	7	29	10	10	0
25/08/2014	1	11	99	10	10	0
26/08/2014	1	1	2	10	10	0
27/08/2014	1	1	5	10	10	0
28/08/2014	1	1	6	10	10	0
1/9/2014	1	2	9	10	10	0
2/9/2014	1	1	8	10	10	0
3/9/2014	0	0	1	10	10	0
4/9/2014	0	0	0	10	10	0

Referencia: Hojas de cálculos de Excel Basado en los resultados obtenidos de la herramienta PING

En la Figura 24 que se muestra a continuación se ilustra una gráfica lineal de los valores obtenidos en los diferentes días y se muestra que existió un tipo de retardo alto del día lunes 25 de octubre para la comunicación de los usuarios al servidor de aplicaciones.

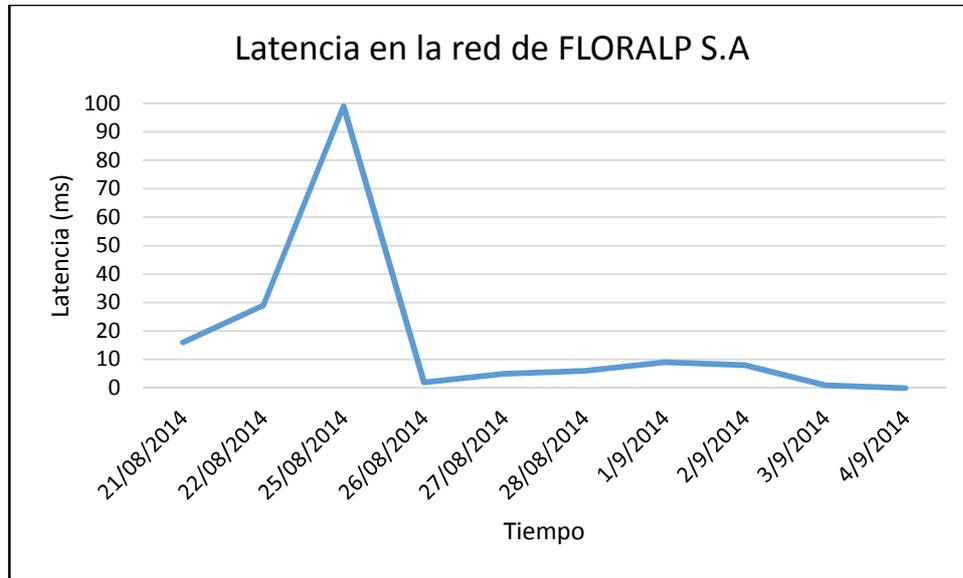


Figura 24. Resultado de la herramienta PING
Referencia: Hojas de cálculos de Excel. Basado en estadísticas de la herramienta PING

2.9. REQUERIMIENTOS PARA TRÁFICO DE RED

De acuerdo a las características de la red de datos de FLORALP S.A obtenidas por los métodos antes mencionados se puede determinar que es factible la implementación de un sistema de Telefonía IP, tomando en cuenta los siguientes requerimientos:

- Tomar en cuenta que los valores máximos definidos para Jitter son de 40 ms, por lo cual se debería mantener el valor promedio de 6ms que actualmente se existe en la red de datos, para así garantizar que no existan problemas el momento de mantener una llamada con VoIP.

- De igual forma para la latencia que posee un rango aceptable de 100ms, mantener los valores bajos de 17.5 ms como promedio con la finalidad de tener una conversación aceptable dentro de la red de datos.
- Por requerimientos del administrador se desea brindar el servicio de telefonía IP a todo el personal administrativo y de producción que permita la intercomunicación entre las distintas sucursales.
- Se mantendrá una línea analógica alternativa conectada a la red telefónica pública para casos de emergencia o cuando la central deje de funcionar por cortes de energía eléctrica.
- Las restricciones para las llamadas a números celulares, con un tiempo acordado con el administrador de acuerdo a la necesidad y al cargo que desempeñe el usuario dentro de la Industria FLORALP S.A.
- Por el costo que representa la adquisición de teléfonos IP o a su vez convertidores ATA, se brindará el servicio mediante softphone de telefonía instalado tanto en computadores personales como en dispositivos móviles.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE LA PLATAFORMA DE SOFTWARE LIBRE

PARA ToIP

3.1. ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS SOFTWARE LIBRE PARA ToIP

Al software que brinde a los usuarios libertad para usar, modificar y redistribuir se lo conoce como Software libre, el mismo que presenta beneficios tecnológicos, social y que tiende a ser muy eficiente puesto que se lo mejora no siempre de mano del propietario. El no requerir de una licencia para trabajar reduce costos de adquisición y de igual manera en casos de soporte (Free Software Foundation, 2014).

Por este tipo de características actualmente existen un sin número de plataformas de software libre para centrales IP-PBX⁶² por cual es necesario especificar los requisitos de software en base al estándar IEEE⁶³ 830 y su actualización con la norma ISO/IEC/IEEE 29148:2011, con la finalidad de seccionar la plataforma que más se ajuste a los requerimientos de la Industria FLORALP S.A.

⁶² IP-PBX.- equipo de comunicaciones diseñado para ofrecer servicios de comunicaciones usando las redes de dato principalmente el protocolo IP.

⁶³ IEEE.- Organización profesional sin fines de lucro, dedicado a la estandarización. (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)

3.1.1. ESTÁNDAR IEEE 830 PARA LA ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE

El estándar IEEE 830 de la versión del año 1998 y conjuntamente con su actualización ISO/IEC/IEEE 29148 del año 2011 para la Especificación de Requisitos de Software, permite la elección de un software para la central telefónica IP-PBX, mediante la evaluación de un sin número de parámetros y requisitos específicos.

Tanto el estándar IEEE 830 y la ISO/IEC/IEEE 29148 cuentan con un formato de documento muy similar entre los dos, el ítem 9.5 de la segunda norma antes mencionada que contiene parámetros adicionales que hacen a la actualización una norma más completa. Las dos se adjuntan en el Anexo E.

3.1.1.1. Propósito

El principal propósito que debe cumplir el software es que brinde un servicio óptimo para la transmisión de voz sobre el protocolo IP, además que las características, y funcionalidades del software se acoplen a las necesidades de la red de FLORALP S.A.

3.1.1.2. Alcance

- Conmutar paquetes IP, almacenar usuarios, brindar conexión entre usuarios finales y ofrecer servicios adicionales como mensajería instantánea.

- Cumplir con el objetivo específico de la utilización de software libre, con una versión estable y robusta.

3.1.1.3. Perspectiva

Debido al uso de plataformas de software libre para las centrales telefónicas se muestra en la figura a continuación la dependencia de una plataforma sobre otro sistema mayor y así facilitar la comprensión.

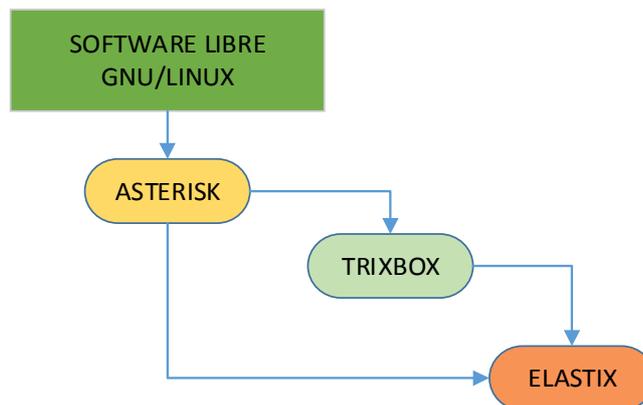


Figura 25. Diagrama de dependencias de sistemas.

Referencia: Foros de software libre. Basado en: <http://asteriskmx.com/asterisk-vs-elastix-vs-trixbox-vs-asterisknow-vs-freepbx-explicando-la-diferencia/>

Todas las plataformas se derivan de software libre utilizan plataformas como Centos, Ubuntu en sus versiones más actuales, Asterisk es la plataforma principal de IP-PBX puesto que usa la programación pura para las configuraciones es decir es un sistema completo que hay que pulir para obtener las características que el usuario necesita.

Por otro lado TrixBox es una plataforma de igual manera basada en software libre que trabaja dependiente de algunas características que Asterisk le proporciona, es una plataforma

que usa interface gráfica gracias a FreePBX permitiendo ser de laguna manera más amigable al usuario, cuanta con características más enfocadas al administrador de la red.

Elastix es parte de Asterisk puramente en algunas versiones pero también existe una que presenta características de TixBox y Asterisk en conjunto, a pesar de no ser propia y depende de otras plataformas es la adecuada puesto que se ha sido modificada de tal manera que se encuentra lo más indispensable tanto para el usuario y administrador, puede integrar servicios como Vtiger⁶⁴ o bases de datos.

3.1.1.4. Características de los usuarios

El software debe tener características medias y altas puesto que los usuarios del sistema tienen un nivel de educativo alto, con experiencia en el manejo de estos sistemas y no existe usuarios con algún tipo de discapacidad dentro de FLORALP S.A.

3.1.1.5. Restricciones

A las restricciones que están sometidas las plataformas IP-PBX son:

- Trabajar conjuntamente con servidores que usan un ancho de banda considerable.
- El cableado estructurado que actualmente presenta FLORALP S.A. usa cable UTP categoría 5e y 6.
- El sistema operativo que utilizan la mayoría de los usuarios es licenciado.
- La arquitectura de red en la que actualmente se trabaja es plana.

⁶⁴ Vtiger.- Sistema para la administración de la relación de los clientes, basado en software libre.

3.1.2. REQUISITOS ESPECÍFICOS

3.1.2.1. Requisitos comunes de las interfaces

3.1.2.1.1. Interfaces de usuario

REQ01: Administración: El software debe proveer al administrador de red una interfaz gráfica que facilite la administración, que presente un menú claro en el que me permita conocer parámetros como:

- Recursos de sistema tipo de procesador tiempo de funcionamiento y memoria utilizada.
- Opciones de Red, permite el cambio de los parámetros de red (direcciones IP, DNS, etc.) mediante una interfaz gráfica.
- Configuración PBX, en la que se encuentra toda la configuración de extensiones SIP, IAX entre las más usadas.
- Configuración de servicios adicionales que la plataforma provea, como email, mensajería instantánea, FAX, etc.

3.1.2.1.2. Interfaces de hardware

REQ02: Interfaces: El software debe disponer de la compatibilidad con interfaces de hardware para poder comunicarse con la PSTN, ya sea por troncales analógicas, circuitos

análogos, que son comúnmente las líneas telefónicas; o las interfaces FXO y FXS, circuitos digitales, que son puertos llamados POTS⁶⁵- Servicio telefónico básico y antiguo.

3.1.2.1.3. Interfaces de software

REQ03: Compatibilidad: el software debe ser compatible con la mayoría de los fabricantes que se encuentran en el mercado de teléfonos IP, softphone, tarjetas FXO y FXS, Gateway, entre otros.

3.1.2.1.4. Restricciones de memoria

REQ04: Memoria RAM: El software debe presentar una capacidad de memoria RAM mínima como requerimiento para ser instalado en un servidor.

3.1.2.2. Requisitos funcionales

3.1.2.2.1. Llamadas VoIP

REQ05: Soporte de protocolos: El software debe tener la capacidad de trabajar no solo con un protocolo sino más bien poder combinar algunos según los requerimientos del administrador.

REQ06: Soporte de codecs de audio: Al existir algunos codecs de audio libres y propietarios el software debe estar en la capacidad de soportar los distintos codecs.

⁶⁵ POST.- Plain Old Telephone Service, servicio telefónico ordinario o tradicional.

REQ07: Control de llamadas: La plataforma debe permitir el control minucioso de las llamadas con el fin de aprovechar al máximo los recursos del software.

REQ08: Llamadas simultaneas: El software debe permitir realizar varias llamadas simultáneas y con las mismas calidades todas.

3.1.2.2.2. Reportes

REQ09: Administración y reportes: El software debe poseer una interface gráfica que permita la administración y gestión de manera remota.

REQ10: Reporte de llamadas: Como cualquier otra central analógica debe tener la capacidad de generar reportes de todas las llamadas entrantes y salientes.

REQ11: Base de datos: El software debe estar asociado a una base de datos ya sea interna o externa para almacenar la información de llamadas y de agendas de usuarios.

3.1.2.3. Requisitos no funcionales

3.1.2.3.1. Características generales

REQ12: Versión: El software debe presentar la última versión y la más estable para su instalación.

REQ13: Arquitectura: El software deberá manejar un tipo de arquitectura estable o modular con el fin de organizar todos los dispositivos que se encuentren a cargo del software.

REQ14: Licencia: El software debe poseer como principal característica que su licenciamiento debe ser libre.

REQ15: Número de usuarios: El software debe tener la capacidad de soportar un número considerable de usuarios puesto que se pretende manejar una matriz y cuatro sucursales.

3.1.2.3.2. Requisitos de rendimiento

REQ16: Rendimiento: El software debe presentar un alto rendimiento y disponibilidad para trabajar todos los días de la semana las veinticuatro horas puesto que es un servicio que nunca debe presentar fallas y estar funcional en casos de emergencia.

REQ17: Interoperabilidad: La plataforma debe ser capaz de trabajar en conjunto con otras plataformas pues se presentan diferentes arquitecturas y se pretende unificar la matriz con las diferentes sucursales.

REQ18: Escalabilidad: El software debe ser escalable puesto que la arquitectura tiene tendencias a un crecimiento para los próximos años.

3.1.2.3.3. Seguridad

REQ19: Seguridad y fiabilidad: El software debe presentar un sin número de características de seguridad y fiabilidad para evitar que personas fuera de la industria puedan acceder a la conversaciones que se mantengan dentro de la red.

3.1.3. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS PARA SELECCIÓN DE SOFTWARE

3.1.3.1. Valoración de los requerimientos

Después de que se han descrito los principales requerimientos para la elección del software se establecerá el puntaje para cada requerimiento y así poder determinar cuál es el que más se ajusta a las exigencias del administrador.

Tabla 33. Valoración de los requerimientos

REQUERIMIENTO	VALOR	CARACTERÍSTICAS
REQ01: Administración	0	No posee una interface gráfica de administración.
	1	Posee una interface gráfica no propia.
	2	Posee una interface gráfica propia del software.
REQ02: Interfaces	0	Interfaces T1/E1
	1	Interfaces T1/E1 Y PRI
	2	Interfaces T1/E1, PRI Y FXO, FXS
REQ03: Compatibilidad	0	No es compatible con otros fabricantes
	1	Es compatible con un número reducido de fabricantes
	2	Es compatible con un número considerable de fabricantes
REQ04: Memoria RAM	0	Memoria entre 0 y 128 MB
	1	Memoria entre 128 y 256MB
	2	Más de 256 MB
REQ05: Soporte de protocolos	0	Soporta los protocolos SIP , IAX, IAX2, MGCP
	1	Soporta los protocolos SIP , IAX, IAX2/H.323/ MGCP/SCCP/FXS/ FXO/DTMF/PRI
	2	Soporta protocolos google talk, SIP, IAX2, MGCP, SCCP
REQ06: Soporte de codecs de audio	0	Soporta los codecs G.711, G.729, G.723.1 GSM, G.726, iLBC
	1	Soporta los codecs G.711, G.722, G.726, G.729, G.723.1, GSM, G.726
REQ07: Control de llamadas	0	No soporta el control de llamadas
	1	Si soporta el control de llamadas.
REQ08: Llamadas simultaneas	0	No soporta llamadas simultaneas
	1	Soporta 1000 llamadas simultáneas.
	2	Soporta más de 1000 llamadas simultáneas.
REQ09: Administración y reportes	0	No se puede realizar la administración vía web.
	1	Si se puede realizar la administración vía web.
REQ10: Reporte de llamadas	0	No se puede generar un reporte de llamadas realizadas por la central.
	1	Si genera un reporte de llamadas realizadas por la central.
REQ11: Base de datos	0	Posee una base de datos externa.
	1	Posee una base de datos interna.
REQ12: Versión	0	Su versión es actualizada
	1	Su versión es actualizada y estable.

REQUERIMIENTO	VALOR	CARACTERÍSTICAS
REQ13: Arquitectura	0	Arquitectura plana y no conservadora.
	1	Arquitectura modular, con problemas de bloqueo.
	2	Arquitectura modular y conservadora.
REQ14: Licencia	0	Necesita de licenciamiento para su funcionamiento a largo plazo.
	1	Utiliza licenciamiento libre GNU/GPL
REQ15: Número de usuarios	0	Soporta de 2 a 500 usuarios.
	1	Soporta de 2 a 1000 usuarios.
REQ16: Rendimiento	0	Rendimiento bajo.
	1	Rendimiento medio
	2	Rendimiento alto.
REQ17: Interoperabilidad	0	Limitada a trabajar con una plataforma.
	1	Puede trabajar con dos o más plataformas.
	2	Puede trabajar con cualquier tipo de plataforma.
REQ18: Escalabilidad	0	El software no es escalable.
	1	El software es escalable.
REQ19: Seguridad y fiabilidad	0	El software no posee ningún tipo de seguridad y poco fiable.
	1	El software posee mediana seguridad y fiabilidad.
	2	El software es seguro y fiable.

Referencia: (Castro & Massa, 2010). Recuperado de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2031/1/CD-2852.pdf>

3.1.3.2. Calificación para cada plataforma

En base al estándar IEEE 830 y la calificación asignada a cada uno de los parámetros descritos en la en la sección anterior, se realiza la calificación para determinar cuál de los softwares es el más adecuado.

Tabla 34. Calificación de parámetros para elección de Software

REQUERIMIENTO	Asterisk	Elastix	Tribox
REQ01	1	2	1
REQ02	2	1	1
REQ03	2	3	2
REQ04	2	2	2
REQ05	1	1	2
REQ06	0	1	0
REQ07	1	1	1

REQUERIMIENTO	Asterisk	Elastix	Tribox
REQ08	1	2	1
REQ09	1	1	1
REQ10	0	1	1
REQ11	1	1	1
REQ12	1	1	1
REQ13	1	2	2
REQ14	1	1	1
REQ15	0	1	0
REQ16	1	1	1
REQ17	1	1	0
REQ18	1	1	1
REQ19	2	1	2
TOTAL	20	25	21

Referencia: (Castro & Massa, 2010). Recuperado de: <http://goo.gl/82s5kh>

A pesar de ser mínima la diferencia entre los software se observa claramente que Elastix califica para ser elegida como la plataforma a usar por algunas de sus características y principalmente a sus modificaciones que se han permitido obtener un software totalmente depurado y probado su funcionamiento por varios años.

Elastix a presentando buenas características en aspectos como: no depender de otro software para presentar al usuario una interface gráfica fácil de manipular y que permita la administración remota, tener la capacidad de soportar variados codecs de audio para evitar restringir el funcionamiento bajo a determinados codecs, el número de llamadas simultaneas es de gran importancia pues la industria está en constante comunicación y debe soportar el mayor número de conversaciones en línea sin que estas pierdan su calidad, el reporte de llamadas detallado para conocer el uso de la red y mejorar la administración, el número de usuarios que se pueden registrar en la base de datos es claramente importante pues se maneja una industria con tendencias a crecer en el trascurso de los próximos años; por estas características Elastix califica para ser la mejor opción a usar.

3.2. PLATAFORMA ELASTIX

Elastix es un software de código abierto dedicado a la comunicaciones unificadas desarrollado en el año 2006 por PaloSanto Solution , inicialmente fue parte complementaria de Asterisk, para luego convertirse en una de la mejores herramientas disponibles para PBX.

PaloSanto Solution incorporó al software de Asterisk las mejores herramientas disponibles para PBX, una interface gráfica propia fácil de administrar y configurar, añade además un conjunto de utilidades con la finalidad de brindar confiabilidad y modularidad (Landívar, Comunicaciones unificadas con Elastix, 2008).

Elastix perteneciente a una solución de comunicaciones unificadas de código abierto, permitiendo el uso libre y la distribución del mismo; permitiendo así economizar los costos e invertirlos de manera eficiente los servicios adicionales que esta plataforma presenta. (elastix, 2007)

3.2.1. CARACTERÍSTICAS

Elastix es una de las mejores plataformas para servicios de VoIP por las siguientes características enlistadas en su propia página web (PaloSanto Solution, 2014): (Landívar, Comunicaciones Unificadas con Elastix, 2008)

PBX

- Grabación de llamadas con interface vía Web.

- Voicemails con soporte para notificaciones por email.
- IVR configurable y bastante flexible.
- Soporte para la sintetización de voz.
- Herramienta para crear lotes de extensiones lo cual facilita instalaciones nuevas.
- Cancelador de eco integrado.
- Provisionador de teléfonos vía Web. Esto permite instalar numerosos teléfonos en muy corto tiempo.
- Soporte para Video-fonos.
- Interface de detección de hardware de telefonía.
- Servidor DHCP para asignación dinámica de IPs a IP-Phones.
- Panel de operador. Desde donde el operador puede ver toda la actividad telefónica de manera gráfica y realizar sencillas acciones drag-n-drop como transferencias, parqueos, etc
- Reporte de detalle de llamadas (CDRs) con soporte para búsquedas por fecha, extensión y otros criterios.
- Tarifación con reportación de consumo por destino.
- Reporte de uso de canales por tecnología (SIP, ZAP, IAX, Local, H323)
- Soporte para colas de llamadas.
- Centro de conferencias. Desde donde se puede programar conferencias estáticas o temporales.
- Soporta protocolo SIP, IAX, H323, MGCP, SKINNY entre otros.
- Codecs soportados: ADPCM, G.711 (A-Law & μ -Law), G.722, G.723.1 (pass through), G.726, G.729 (si se compra licencia comercial), GSM, iLBC.
- Soporte para interfaces análogas FXS/FXO.
- Soporte para interfaces digitales E1/T1/J1 a través de protocolos PRI/BRI/R2.

- Soporte para interfaces bluetooth para celulares (canal chan_mobile)
- Identificación de llamadas.
- Troncalización.
- Rutas entrantes y salientes las cuales se pueden configurar por coincidencia de patrones de marcado lo cual da mucha flexibilidad.
- Soporte para *follow-me*.
- Soporte para grupos de ringado.
- Soporte para *paging* e *intercom*. El modelo de teléfono debe soportar también esta característica.
- Soporte para condiciones de tiempo. Es decir que la central se comporte de un modo diferente dependiendo del horario.
- Soporte para PINes de seguridad.
- Soporte DISA.
- Soporte *Callback*.
- Editor Web de archivos de configuración de Asterisk.
- Acceso interactivo desde el Web a la consola de Asterisk.

Fax

- Servidor de Fax administrable desde Web.
- Visor de Faxes integrado, pudiendo descargarse los faxes desde el Web en formato PDF.
- Aplicación fax-a-email.
- Personalización de faxes-a-email.
- Control de acceso para clientes de fax.
- Configurador Web de plantillas de e-mails.

General

- Ayuda en línea embebida.
- Elastix está traducido a 20 idiomas.
- Monitor de recursos del sistema.
- Configurador de parámetros de red.
- Control de apagado/re-encendido de la central vía Web.
- Manejo centralizado de usuarios y perfiles gracias al soporte de ACLs.
- Administración centralizada de actualizaciones.
- Soporte para backup/restore a través del Web.
- Soporte para temas o skins.
- Interface para configurar fecha/hora/huso horario de la central.

Email

- Servidor de Email con soporte multi-dominio.
- Administrable desde Web.
- Interfase de configuración de Relay.
- Cliente de Email basado en Web.
- Soporte para "cuotas" configurable desde el Web.

Colaboración

- Calendario integrado con PBX con soporte para recordatorios de voz.
- Libreta telefónica (Phone Book) con capacidad clic-to-call.
- Dos productos de CRM integrados a la interfase como vTigerCRM y SugarCRM.

Extras

- Interface de generación de tarjetas de telefonía basada en software A2Billing.
- CRM completo basado en el producto vTigerCRM.
- También versiones open source de SugarCRM Call Center.
- Módulo de call center con marcador predictivo incluido. Más detalle de este módulo más abajo.

Mensajería instantánea

- Servidor de mensajería instantánea basado en OpenFire e integrado a PBX con soporte para protocolo Jabber, lo que permite usar una amplia gama de clientes de IM disponibles.
- Se puede iniciar una llamada desde el cliente de mensajería (si se usa el cliente Spark)
- El servidor de mensajería es configurable desde Web.
- Soporta grupos de usuarios.
- Soporta conexión a otras redes de mensajería como MSN, Yahoo Messenger, GTalk, ICQ, etc. Esto permite estar conectado a varias redes desde un mismo cliente.
- Reporte de sesiones de usuarios.
- Soporte para plugins.
- Soporta conexiones server-to-server para compartir usuarios.

3.2.2. ARQUITECTURA

Como se había mencionado anterior mente, Elastix posee como base principal de la PBX de Asterisk, su arquitectura está estructurada por bloques como se muestra en la figura siguiente:

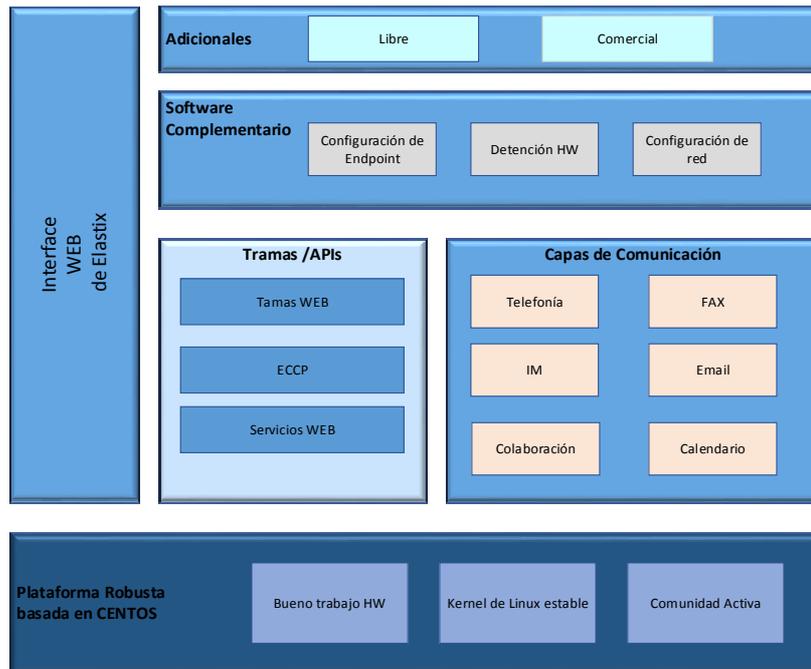


Figura 26. Arquitectura de Elastix

Modificado de: PaloSanto Solutions Comunicaciones Unificadas con Elastix. Recuperado de: <http://goo.gl/WXRnfK>

Elastix al ser una distribución de “Software Libre” como servidor de Comunicaciones Unificadas integra en un solo paquete un sin número de tecnologías que nos permiten la comunicación como:

- VoIP PBX
- Fax
- Mensajería Instantánea.
- Email.
- Colaboración.

Elastix encarga gran parte de su funcionamiento a cuatro programas muy importantes como son Asterisk, Hylafax, Openfire y Postfix, brindando las funciones de PBX, Fax, Mensajería Instantánea e Email respectivamente. Está basado en una plataforma robusta como lo es CentOS, popular distribución Linux orientada a servidores.

3.2.3. DIMENSIONAMIENTO DEL HARDWARE

De acuerdo a (Landívar, Comunicaciones unificadas con Elastix, 2008) explica que no existe una ciencia o método exacto que permita dimensionar el hardware para una instalación de Elastix pues intervienen múltiples factores al momento de la instalación.

Se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Numero de extensiones que se va a tener conectado a la central y el tipo de las misma ya sea analógicas, SIP, IAX, MGCP, etc.
- El número de llamadas simultáneas que se pretende ofrecer y el tipo de línea se piensa tener, rdsi básicas, analógicas, VoIP, SIP, IAX, H.323, etc.
- Cuál es el ratio de llamadas (cuatro llamadas por cada diez usuarios)
- El tipo de códec que se va a usar.
- Principalmente el tipo de red que se tiene en la infraestructura: red-local, internet, atm, ADSL, etc.

Es importante tener en cuenta un aspecto significativo, si se dispone de un hardware al que se pretende instalar Elastix se debe hacer una prueba de rendimiento de la siguiente manera, realizar el mayor número de llamadas simultaneas de tal manera que el procesador

trabaje en treinta por ciento y las llamadas se mantengan estables y sin ningún tipo de pérdidas, esta es la mejor manera de comprobar que un hardware puede soportar la plataforma.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP

4.1. REQUERIMIENTOS PARA SISTEMA DE TELEFONÍA IP

Si la finalidad es proveer un servicio que tenga calidad en sus llamadas y una alta disponibilidad, debe realizarse un dimensionamiento de equipos hardware que tengan la capacidad de soportar el software de telefonía y servicios adicionales que se quieran implementar.

Al momento de dimensionar un servidor no se pretende proponer uno que posea características específicas, pues todo depende de algunos factores como son el tráfico que cruza por la red donde va a ser implementado, las veces que el servicio sea solicitado, entre otros; para esto se hará la comparación de servidores que cumplan para el soporte de las plataforma de la telefonía.

En el presente capítulo se detallarán los requerimientos del administrador, dimensionamiento del sistema, hardware necesario para soportar el sistema, la configuración de las VPNs para garantizar la comunicación entre las sucursales y calidad de servicio en las llamadas.

4.1.1. REQUERIMIENTOS DE ADMINISTRACIÓN

De acuerdo con las solicitudes del administrador del área de sistemas se requiere las siguientes características para el sistema de telefonía IP:

- Se debe proveer el servicio de VoIP a los usuarios dentro de cada una de las sucursales, de tal manera que se tenga una red interna de comunicación.
- Las prioridades de llamadas deben ser dadas según el cargo de la persona que va a hacer uso de la misma.
- Mantener una línea telefónica para uso en el caso de fallas del sistema de telefonía IP.
- El uso alternativo de teléfonos IP y de softphones para los usuarios de la red.
- Brindar un servicio de telefonía confiable, estable y escalable para un futuro crecimiento de la red.
- Mantener la privacidad de las llamadas realizadas entre las diferentes sucursales.

4.1.2. PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO

Antes de proceder al dimensionamiento de una central telefónica es importante que se analice el crecimiento tanto de la red, como el número de usuarios futuros que tendrán acceso al servicio. Se debe garantizar la estabilidad y escalabilidad de la red para su crecimiento futuro.

Actualmente el número de empleados que forman parte de FLORALP S.A es de ciento ochenta y tres personas al mes de julio de 2014, este número ha ido incrementando en un 20% los últimos años, según los datos entregados por Paulina Vaca, asistente encargada del departamento de talento humano (DTH) de la matriz de la ciudad de Ibarra, quienes son los encargados de llevar este tipo de registros.

4.2. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

Para dimensionar el sistema se debe tomar en cuenta algunos parámetros enlistados a continuación, la finalidad de los mismos es realizar cuidadosamente el diseño de los distintos sistemas.

- Selección del códec de audio.
- Cálculo de ancho de banda para el sistema.
- Factores que afectan a la calidad del sistema.
- Llamadas simultaneas.

4.2.1. SELECCIÓN DEL CÓDEC

Es importante conocer la cantidad de información que maneja una central telefónica IP, por lo tanto es necesario analizar cada uno de los protocolos que hacen parte del proceso de telefonía IP.

Dentro de una transmisión de voz mediante el protocolo IP se necesita protocolos adicionales que ocupan ancho de banda extra, estos protocolos son Ethernet, UDP, RTP e IP. Para lo cual se realizarán los cálculos necesarios con el fin conocer la cantidad de información que se envían en una transmisión.

Es necesario la comparación de los siguientes codecs con los datos que se muestran en la Tabla 35.

Tabla 35. Datos de codecs

Códec	Tamaño Carga útil de voz (payload) (Bytes)	Paquetes por segundo (PPS)	Velocidad de transmisión (bps)	Payload (ms)
G.723	24	33.3	5300	30
G.711	160	50	64000	20
GSM	32.5	50	13000	20
G.729	20	50	8000	20

Referencia: (Vasco, 2010) Diseño de un sistema de telefonía IP para Conectividad Global. Recuperado de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2497/1/CD-3199.pdf>

Para la demostración de los cálculos se escogerá el códec G.723, para la transmisión de voz, que tiene una carga útil de datos de voz 24bytes, con 20ms de payload en transmisión.

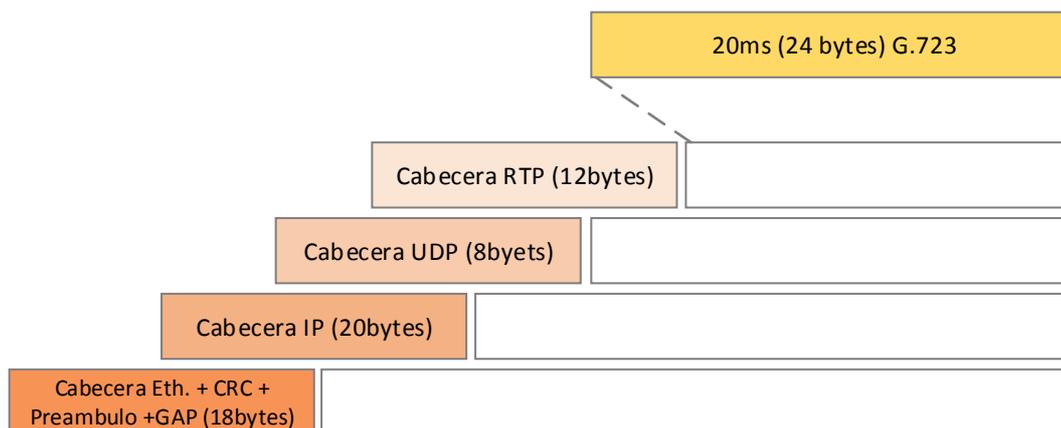


Figura 27. Carga útil de códec G.723

Referencia: (Vasco, 2010). Recuperado de: <http://goo.gl/0PzuPz>

Para calcular el ancho de banda para el códec G.723, es necesario sumar todas las cabeceras de los protocolos IP, UDP, RTP.

$$\text{Bytes transmitidos} = \text{cabecera RTP} + \text{cabecera UDP} + \text{cabecera IP}$$

Ecuación 6: Suma de cabeceras

Recuperado de: (Vasco, 2010)

$$\text{bytes transmitidos} = 20 + 12 + 8$$

$$\text{bytes transmitidos} = 40 \text{ (bytes)}$$

Se suma adicional a estos bytes transmitidos el encabezado de la trama a usar para la transmisión, y la carga útil del códec G.723.

$$\text{bytes total transmitidos} = \text{cabecera Eth} + \text{bytes transmitidos} + \text{carga util G.723}$$

Ecuación 7: Total de bytes transmitidos
Recuperado de: (Vasco, 2010)

$$\text{bytes total transmitidos} = 18 + 40 + 24$$

$$\text{bytes total transmitidos} = 82(\text{bytes})$$

Para ayudar en los siguientes cálculos es necesario transformar el total de bytes transmitidos a bits, por lo se multiplica por ocho.

$$\text{total de bits transmitidos} = 82 * 8$$

Ecuación 8: Total de bits transmitidos
Recuperado de: (Vasco, 2010)

$$\text{total de bits transmitidos} = 656 \text{ bits}$$

El códec entrega un número determinado de tramas en un segundo, para conocer número de tramas se utiliza la siguiente formula.

$$\text{Paquetes por segundo (PPS)} = \frac{\text{Vtx Codec G.723}}{\text{Carga util (bits)}}$$

Ecuación 9: Paquetes por segundo
Recuperado de: (Vasco, 2010)

$$\text{Paquetes por segundo (PPS)} = \frac{5300}{192}$$

$$\text{Paquetes por segundo (PPS)} = 27.6041$$

Si se desea conocer el ancho de banda necesario para la transmisión del total de tramas se debe multiplicar el total de los bits transmitidos por las tramas que se envían en un segundo.

$$AB \text{ para tx en } 1s = \text{bits total transmitidos} * \text{paquete por segundo}$$

Ecuación 10: Ancho de banda para el total de tramas
Recuperado de: (Vasco, 2010)

$$AB \text{ para tx en } 1s = 656 \frac{\text{bits}}{\text{trama}} * 27.6041 \frac{\text{tramas}}{s}$$

$$AB \text{ para tx en } 1s = 18108.28 \frac{\text{bits}}{s}$$

Para conocer el número de llamadas simultáneas que se puede tener dentro de la red de FLORALP S.A. debemos tomar en cuenta que el ancho de banda proporcionado por el proveedor de servicios de Internet es de 3Mbps.

$$\text{llamadas simultaneas} = \frac{AB \text{ del proveedor}}{AB \text{ codec}}$$

Ecuación 11: Total de llamadas simultáneas.
Recuperado de: (Vasco, 2010)

$$\text{llamadas simultaneas} = \frac{25165824\text{bps}}{18108.28 \text{ bps}}$$

$$\text{llamadas simultaneas} = 1389.74$$

A continuación se muestra un cuadro de resumen con los datos obtenidos al realizar los mismos cálculos para los demás codecs de audio.

Tabla 36. Resultados de cálculos.

Códec	Carga útil (ms)	Tramas x segundo	Ancho de banda (Kbits/s)	Llamadas simultaneas	Bits/trama
G.723	24	28	18.11	1389.74	656
G.711	160	50	87.20	288.60	1744
GSM	32.5	50	36.20	695.19	724
G.729	20	50	31.20	806.60	624

Referencia: Hoja de cálculo de Excel. Basado en cálculos obtenidos.

Para definir cuál de los codecs es el más conveniente se realizará el siguiente análisis, el códec G.723 puede tener un mayor número de llamadas simultaneas pero gracias a las características del Capítulo 1 se especifica que no es apto para VoIP; el códec G.711 tiene un número muy bajo en llamadas simultaneas todo esto debido a que utiliza un ancho de banda superior a todos subutilizando los recursos de la red.

El códec G.729 tiene un buen número de llamadas simultaneas pero es un códec por cual debe cancelarse las licencias de uso y no se debería invertir económicamente en un códec de audio; por otro lado el códec GSM que tiene un numero de llamada considerable y a la vez es de licencia gratuita presenta las mejores características e incluso los dispositivos de hardware y software soportan este códec por lo cual es el más adecuado para el diseño.

El códec de audio GSM permite la creación de archivos de audio .wav, que comprimidos ocupan 16.000 bytes por cada 10 segundos de audio. Se trata de un tipo de códec que opera a 13kbits/s. La señal de la voz se encuentra dividida en 20ms, cada bloque contiene 260 bits.

El estándar GSM soporta cuatro tecnologías de compresión diferente, pero las mismas que son similares al analizar y comprimir la voz. Estos incluyen full-rate, enhanced full-rate (EFR), adaptive multi-rate (AMR), and half-rate. A pesar de todo se tiene pérdidas (es decir, algunos datos se pierden durante la compresión), estos códecos se han optimizado para regenerar con precisión discurso en la salida de un enlace inalámbrico.

4.2.2. CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA PARA EL SISTEMA

Al momento de dimensionar un sistema de telefonía se debe tomar en cuenta que debe ocupar un porcentaje considerable del total de la red de tal manera que permita la transmisión de la voz y de los demás servicios que cruzan por la red sin ningún tipo de inconvenientes.

Es necesario recordar que un canal no puede ser ocupado por la voz en un 100% en horas pico, para empresas de negocios se recomienda los siguientes niveles de carga como lo menciona (Culqui, 2013):

- El 20% de la capacidad le corresponde a la voz para un día de trabajo de ocho horas.
- El 30% para hora que tenga el peor tráfico.
- El 50% para los peores quince minutos del día.

El cálculo del ancho de banda para el sistema de VoIP se lo realiza tomando en cuenta el ancho de banda del códec elegido en el sección 4.2.1, el día de la semana que presente mayor número de ocupaciones, es decir, que contenga el mayor número de llamadas simultáneas en una hora que se lo realizó en la sección 2.7.2.

$$\text{Ancho de banda del Códec GSM} = 36.20 \text{ kbps}$$

$$\text{Número de llamadas simultaneas} = 12 \text{ llamadas (Ibarra)}$$

Se debe considerar que el número de usuarios puede aumentar en los próximos años, por lo tanto, se debe considerar un incremento del 30% del número de llamadas simultáneas con respecto al número actual.

Número de llamadas con proyección de crecimiento = 16 llamadas

Por lo tanto el ancho de banda necesario para el sistema de VoIP, usando el códec GSM es de:

$$\text{Ancho de banda del sistema} = 16 \text{ llamadas} * 36.20\text{Kbps}$$

Ecuación 12: Ancho de banda para el sistema
Recuperado de: (Vasco, 2010)

$$\text{Ancho de banda del sistema} = 579.2\text{Kbps}$$

4.2.3. FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DEL SISTEMA DE VoIP

En el diseño del sistema es necesario conocer el nivel de pérdidas que actualmente sufre la red, por lo cual se realizó el estudio tanto de la parte del sistema telefónico como de la red de datos. Obteniendo que el número máximo de llamadas simultáneas es doce, generadas principalmente entre la matriz Ibarra y oficinas Quito, personal interno y los proveedores; la duración se encuentra entre el rango de 0 a 5 minutos, para los casos más críticos se tomará el tiempo de 5 minutos.

Es necesario recordar que el códec de audio seleccionado para el diseño es GSM con un ancho de banda de 36.20 Kbps por cada llamada. Si conocemos que el tiempo promedio de una llamada corresponde a 5 minutos (300s), se obtiene un valor de 10860 Kbps por cada llamada.

Al usar telefonía IP, es decir, el protocolo IP como transporte, es necesario conocer el valor de los datos enviados en una trama; de acuerdo con las características del códec de audio GSM el número de tramas que puede enviar es 50 tramas en un segundo, así se obtiene el valor de 217.2 Kbits. El valor antes obtenido debe ser multiplicado por el número de usuarios que en la ciudad de Ibarra son un total de 26, por lo tanto el valor para los cálculos siguientes es de 5647.2 Kbits.

De igual manera de la sección 2.8.2 el valor UDP para un número de 10 tramas es de 64KBytes (512Kbits) de datos por cada trama, en general los valores obtenidos son relativamente bajos y al aplicar sobre estos el servicio de VoIP se obtienen los siguientes valores:

- Jitter

De las lecturas obtenidas el jitter tienen un valor máximo de 7.3ms.

$$\frac{5647.2\text{Kbits}}{512\text{Kbits}} \times 1\text{ms} = 11.03\text{ms}$$

El valor del jitter que se obtiene al utilizar tramas con VoIP es de 7.3ms que está dentro del valor máximo aceptable para una red con VoIP.

- Latencia

De las lecturas el retardo más alto no supera los 3ms.

$$\frac{5647.2\text{Kbits}}{512\text{Kbits}} \times 3\text{ms} = 33.09\text{ms}$$

El valor promedio de latencia al utilizar tramas con VoIP es de 33.09ms es un valor bajo y muy aceptable para redes por las que cruzan paquetes de VoIP.

- Pérdida de paquetes.

De acuerdo a la Tabla 28 del capítulo 3 la pérdida de paquetes tiene un porcentaje de 0%.

4.2.4. CÁLCULO DE TRONCALES

Para el cálculo de las troncales necesarias para el tráfico de VoIP se tomará como base la tabla de tráfico del modelo Erlang B colocado como Anexo F, puesto que los cálculos matemáticos son complejos existe a disposición este tipo de tablas de referencia. Se establecerá como un valor de GoS⁶⁶, que significa la probabilidad de pérdida de llamadas, de un 1% que corresponde a la relación de si se regeneran 100 llamadas una de ellas se pierde, de igual manera de 100 llamadas entrantes una de ellas se pierde. (Garduño, 2007)

4.2.4.1. Troncales para llamadas entrantes

Al tomar en cuenta que se provee un 20% de crecimiento de número de empleados, el valor de Erlangs para el mayor número de llamadas simultaneas entrantes inicialmente es de 0.4 Erlangs para la ciudad de Ibarra y de 0.25 Erlangs para las oficinas de Quito obtenidos de las sección 2.7.2.2.

⁶⁶ GoS.- Grado de servicio, parámetro de optimización de una red telefónica.

En base a la tabla de tráfico del modelo Erlang B con un GoS del 1%. Se tiene un número de troncales tanto para la matriz Ibarra como las oficinas en Quito igual a 3 troncales para el tráfico entrante.

Tabla 37. Número de troncales para tráfico entrante

Ciudad	Erlang + 20% de crecimiento	Número de troncales entrantes
Ibarra	0.48	3
Quito	0.30	3

Referencia: Tabla de Erlang, basado en tabla de tráfico del modelo Erlang B

4.2.4.2. Troncales para llamadas salientes

De igual manera se mantiene un 20% de crecimiento del número de empleados, el valor de Erlangs para el mayor número de llamadas simultaneas salientes inicialmente es de 0.32 Erlangs para la ciudad de Ibarra y de 0.94 Erlangs para las oficinas de Quito, datos obtenidos de las Tablas 24 y 25 respectivamente.

En base a la tabla de tabla de tráfico del modelo Erlang B con un GoS del 1%. Es necesario 4 troncales para la matriz Ibarra para el tráfico saliente y 5 troncales para las oficinas de Quito para el tráfico saliente.

Tabla 38. Número de troncales para tráfico saliente

Ciudad	Erlang + 20% de crecimiento	Número de troncales salientes
Ibarra	0.384	4
Quito	1.128	5

Referencia: basado en tabla de tráfico del modelo Erlang B

4.3. DISEÑO DEL SISTEMA DEL TELEFONÍA IP

A continuación se da a conocer el diseño del sistema de telefonía IP incluyendo la topología de red, el direccionamiento, el hardware necesarios para la futura implementación, el plan de numeración para la matriz y las distintas sucursales.

El principal servicio que se pretende entregar a los usuarios de la industria FORALP S.A es de VoIP. La propuesta se basa en brindar el servicio mediante la implementación de servidores o centrales telefónicas IP en las diferentes ciudades con la finalidad de que cada usuario disponga de una extensión y pueda intercomunicarse con las diferentes sucursales.

Para este proyecto es necesario resaltar que se establecieron dos ciudades principales, en las cuales se realizará las respectivas pruebas de funcionamiento, el servicio se lo instalará en la matriz ubicada en la ciudad de Ibarra, y conectado mediante VPN se brindará el servicio a la oficina ubicada en la ciudad de Quito.

4.3.1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Después de haber estudiado la situación actual de la red de datos y la infraestructura física de la industria FLORALP S.A. y de acuerdo a los requerimientos del administrador del sistema se enlistan a continuación los requerimientos que deben satisfacer los equipos del nuevo sistema de telefonía IP.

4.3.1.1. Requerimientos generales

- La plataforma telefónica debe usar recursos de las últimas tecnologías en cuanto a servicio de llamadas se refiere, con la finalidad de brindar un servicio de calidad.
- El protocolo de señalización para la comunicación debe ser SIP.
- La central de telefonía IP debe proporcionar un sistema híbrido que maneje tanto extensiones SIP como extensiones analógicas.
- Tener la capacidad de trabajar con diferentes plataformas y brindar servicios adicionales a futuro.
- El sistema debe poseer una perspectiva de crecimiento para los siguientes cinco años.
- Debe contar adicionalmente con un sistema de mensajería interna, propia de FLORALP S.A.

4.3.1.2. Requerimientos específicos

4.3.1.2.1. Técnicos

- Capacidad para más de 200 usuarios.
- Capaz de soportar 4 troncales analógicas.
- Soporte de códec de audio GSM.
- Soporte de troncales SIP.
- Soporte de extensiones SIP.
- Soporte de VPN.

4.3.1.2.2. *Administrativos*

- Administración del sistema por medio de una interfaz gráfica totalmente amigable para el administrador.
- Configuración de extensiones SIP de una forma fácil por medio de interfaz gráfica.
- Administración remota, capaz de acceder desde cualquier lugar dentro de la red LAN y WAN la configuración y programación de la central telefónica.
- Reporte del consumo de llamadas telefónicas.

4.3.1.2.3. *Seguridad*

- Soporte de VPN para la encriptación de llamadas por la red pública.
- Acceso al sistema por SSH y Telnet.
- Solo el administrador debe conocer los password de la central IP.

4.3.2. ARQUITECTURA PROPUESTA

En la Figura 28 se muestra el diagrama del diseño del sistema de telefonía IP para la industria FLORALP S.A, en donde se muestra la topología usada para la matriz de la ciudad de Ibarra. La red propuesta incluye un Gateway para la conversión de las líneas telefónicas analógicas entregadas por CNT EP desde la PSTN, el servidor de telefonía IP con plataforma Elastix ya seleccionado en el capítulo 3, debe pasar por el firewall que simultáneamente se está desarrollando y entra a la red LAN de la matriz Ibarra para que los usuarios ya sea por medio de teléfonos IP, Softphones instalados en portátiles o computadores personales hagan uso del servicio de VoIP.

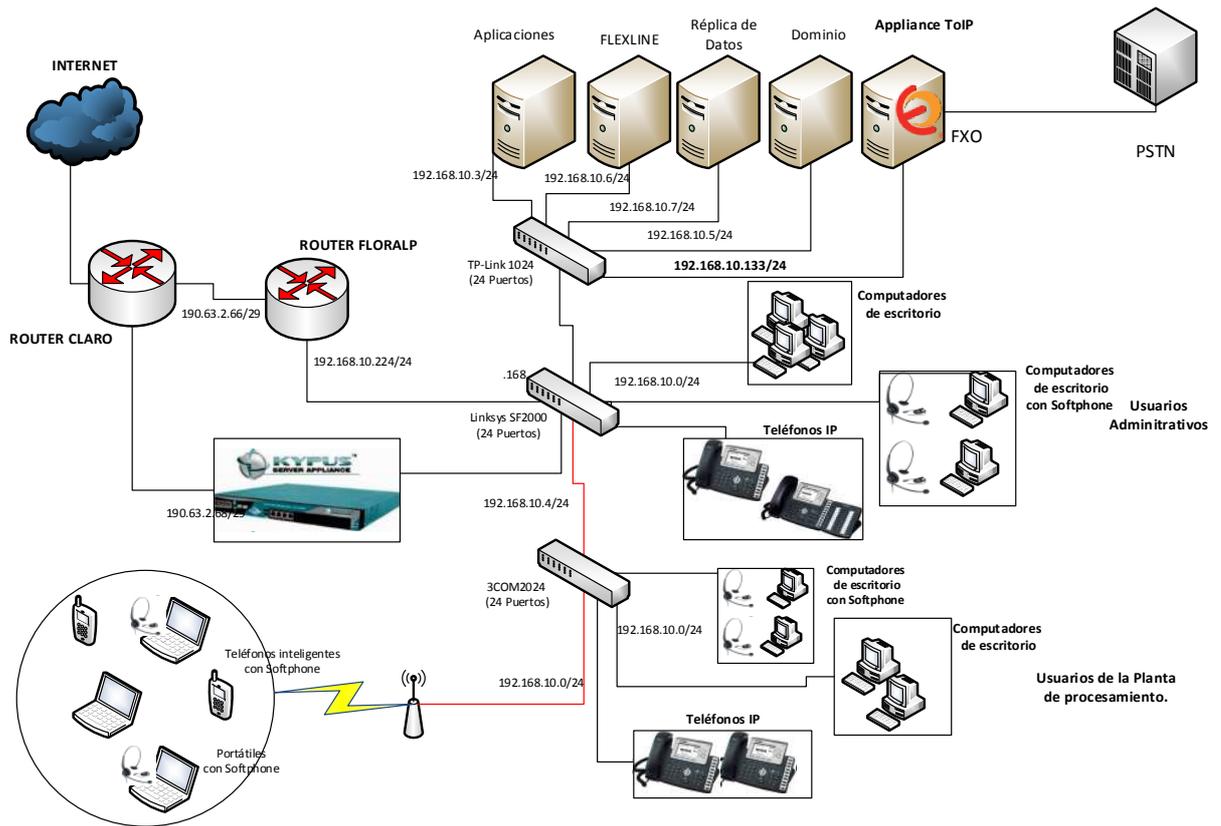


Figura 28. Topología de red propuesta para la matriz de la ciudad de Ibarra
Referencia: Departamento de sistemas de FLORALP S.A

La Figura 29 que se muestra a continuación representa la topología de red que se usará para interconectar las diferentes sucursales con la matriz de la ciudad de Ibarra.

Al no poseer FLORALP S.A. enlaces WAN para interconectar las subredes, se propuso utilizar como medio de comunicación la Internet, por medio de canales virtuales VPN, para comunicar y encriptar la información.

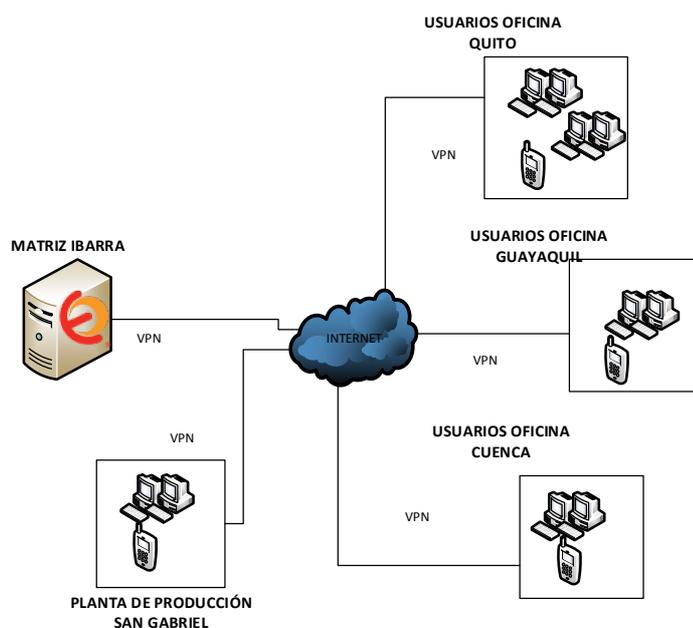


Figura 29. Topología WAN para el sistema de telefonía IP
Referencia: Departamento de sistemas de FLORALP S.A.

4.3.3. DIRECCIONAMIENTO DE LAS REDES

De acuerdo a los datos recopilados en el capítulo de levantamiento de información la industria maneja un direccionamiento IP no adecuado. Por lo cual se realizará un nuevo direccionamiento en el que a cada sucursal se le asigna un rango de direcciones. Las direcciones IP se las han distribuido de la siguiente manera como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 39. Rango de direcciones para las oficinas de FLORALP S.A.

LOCALIDAD	RANGO DE DIRECCIONES	MÁSCARA DE SUBRED
Ibarra	192.168.10.0	255.255.255.0
Cámaras IP Ibarra	192.168.30.0	255.255.255.0
Quito	192.168.20.0	255.255.255.0
Guayaquil	192.168.40.0	255.255.255.0
Cuenca	192.168.50.0	255.255.255.0
San Gabriel	192.168.60.0	255.255.255.0

Referencia: Departamento de sistemas, en base al criterio del jefe de sistemas.

4.3.4. SERVICIOS A IMPLEMENTARSE EN LA RED DE FLORALP S.A.

Elastix proporciona un sin número de servicios antes enlistados en la descripción del software, y en base a el inventario de equipos multimedia que posee la red de FLORALP S.A se propone brindar los siguientes servicios:

- **Llamadas telefónicas:** en lo que incluye llamadas internas en las oficinas y llamadas entre las diferentes sucursales.
- **Buzón de voz:** el servicio será integrado para facilitar a los usuarios recibir, enviar y escuchar mensajes de voz o recibirlos a la cuenta de correo electrónico.
- **Detalle de llamada:** mediante la cual se podrá conocer un informe de llamadas entrantes y salientes, duración de llamadas, incluso la identificación de llamadas.
- **Llamada en espera:** con la finalidad de indicar a un usuario por medio de un tono corto que existe una llamada entrante y que tiene la posibilidad de contestarla.

4.3.5. DISEÑO DE MARCADO PARA EXTENSIONES DE FLORALP S.A.

Para integrar los servicios y mejora la comunicación de las sucursales, se pretende asignar un rango específico de extensiones para cada una de las oficinas para las llamadas internas, a continuación se muestra el cuadro del rango de extensiones asignadas.

Tabla 40. Rango de extensiones para FLORALP S.A.

Primer dígito		Segundo dígito		Tercer dígito
Depende de la sucursal		Depende de la ubicación física		Depende del número de empleados
Sucursal	Dígito	Ubicación	Dígito	0-9
Ibarra	1	Planta baja	0 - 1	0-9
		Planta alta	2-3	0-9
		Producción	4	0-9
		Domicilios	5	0-9
Quito	2	Planta baja	0 - 1	0-9
		Planta alta	2 - 3	0-9
		Bodega	4	0-9
Guayaquil	3	Administrativos	0 -1	0-9
		Bodega	2	0-9
Cuenca	4	Administrativos	0	0-9
		Mantenimiento	1	0-9
San Gabriel	5	Producción	0	0-9
Disponible	6	Nuevas extensiones	0-9	0-9

Referencia: Departamento de sistemas, basado en distribución de extensiones.

Para realizar la prioridad de las llamadas se las clasifica de la siguiente manera con el siguiente código que se muestra en la Tabla 41.

Tabla 41. Código para clasificar prioridades de llamadas

Código	Tipo de llamada
A	Emergencia
B	Llamadas por cobrar
C	Llamadas al estado
D	Sucursales
E	Locales
F	Nacionales
G	Internacionales
H	Celulares
I	Interceptar llamadas
J	Sala de conferencia
K	IVR

Referencia: Preferencia de llamadas definidas por departamento de sistemas.

4.3.5.1. Extensiones Ibarra

De acuerdo al plan de marcado que se muestra en la Tabla 40, se han asignado de la siguiente manera las extensiones en la matriz de la ciudad de Ibarra; teniendo tu total de veintiocho inicialmente, con tendencia a crecer.

Tabla 42. Servicios para cada extensión de la matriz Ibarra

DEPARTAMENTO	EXTENSIÓN	SERVICIOS										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Recepción	101	X		X	X	X	X		X	X	X	X
Gerente general	102	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Asistente de recursos humanos	103	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
Jefe de sistemas	104	X			X	X	X		X	X	X	
Asistente de sistemas	105	X			X					X		
Jefe de compras	106	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Jefe de fomento ganadero	107	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Jefe de seguridad y salud	108	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mantenimiento	109	X			X	X	X		X	X		
Guardia	110	X								X		
Fax	111											
Contadora General	120	X		X	X	X			X	X	X	
Gerente financiero	121	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Jefe administrativa	122	X		X	X	X	X		X	X	X	
Asistente de contabilidad 1	123	X			X					X		
Asistente de contabilidad 2	124	X			X					X		
Asistente de contabilidad 3	125	X			X					X		
Asistente de contabilidad 4	126	X			X					X		
Asistente de contabilidad 5	127	X			X					X		
Laboratorio de leche	140	X			X	X				X		
Jefe de aseguramiento de calidad	141	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Asistente de calidad	142	X			X					X		
Bodega de productos final	143	X			X					X		
Bodega de suministros	144	X			X					X		
Casa Sr. Norberto	150	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Casa Sr. Óscar	151	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
Casa Sra. Perla	152	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
Casa Sra. Ruth	153	X	X		X	X	X	X	X	X	X	

Referencia: Definido por jefe del departamento de sistemas.

4.3.5.2. Extensiones oficinas Quito

Tabla 43. Servicios para cada extensión de las oficinas Quito

DEPARTAMENTO	EXTENSIÓN	SERVICIOS									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Recepción	201	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Jefe de DTH	202	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Jefe de gestión	203	X		X	X	X	X		X	X	
Consejo familiar	204	X			X	X	X				
Jefe de comunicaciones	205	X		X	X	X	X	X	X	X	
Jefe de márketing	206	X		X	X	X	X		X	X	
Maq. Cialmaco isoporte	207	X			X	X	X				
Gerente comercial	208	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Jefe de innovación y desarrollo	209	X	X	X	X	X	X		X	X	
Fax		X									
Jefe de food service	220	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Asesor comercial 1	221	X			X	X			X		
Asesor comercial 2	222	X			X	X					
Asesor comercial 3	223	X			X	X					
Asesor comercial 4	224	X			X	X					
Jefe de Retail	225	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Autoservicios Zulac	226	X			X	X					
Servicio al cliente	227	X			X	X	X				
Autoservicios Floralp	229	X			X	X					
Autoservicios Floralp	230	X			X	X			X	X	
Cartera	231	X	X	X	X	X	X	X		X	
Sala de reuniones	232	X			X	X	X	X	X		X
Bodega	240	X			X					X	
Bodega de suministros	241	X			X					X	

Referencia: Definido por jefe del departamento de sistemas.

4.3.5.3. Extensiones oficina Guayaquil

Tabla 44. Servicios para cada extensión de las oficinas Guayaquil.

DEPARTAMENTO	EXTENSIÓN	SERVICIOS									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Recepción	301	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Asistente de cartera	302	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Asistente comercial	303	X			X	X	X		X	X	
Ventas 1	304	X	X		X	X	X		X		
Ventas 2	305	X			X	X	X		X	X	
Ventas 3	306	X			X	X	X		X	X	
Jefe de bodega	320	X			X	X	X				

Referencia: Definido por jefe del departamento de sistemas.

4.3.5.4. Extensiones oficina Cuenca

Tabla 45. Servicios para cada extensión de las oficinas Cuenca.

DEPARTAMENTO	EXTENSIÓN	SERVICIOS									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Recepción	401	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Asistente comercial	402	X			X	X	X		X	X	X
Bodega	410	X			X	X	X				

Referencia: Definido por jefe del departamento de sistemas.

4.3.5.5. Extensiones planta San Gabriel

Tabla 46. Servicios para cada extensión de la planta San Gabriel.

DEPARTAMENTO	EXTENSIÓN	SERVICIOS									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Jefe de planta	501	X			X	X	X	X	X	X	X
Jefe de bodega central	502	X			X	X	X		X	X	X
Ayudante de producción	503	X			X	X	X				
Ayudante de producción	504	X			X						

Referencia: Definido por jefe del departamento de sistemas.

4.4. HARDWARE Y SOFTWARE PARA ToIP

En base a las características de la red de datos actual que posee la industria FLORALP S.A. es necesario adquirir los siguientes equipos para una posible implementación: un servidor Appliance en el cual se montará la plataforma de Elastix en su versión 2.5, el mismo que debe poseer características para la conexión de cuatro troncales analógicas, es decir puertos FXO y puertos FXS, interfaces Ethernet para la conexión a la red, puertos de consola para configuración entre los principales requerimiento. Teléfonos IP los mismos que serán puestos a disposición de los gerentes y jefes de cada área; diademas telefónicas para los asistentes y usuarios móviles.

Haciendo hincapié en el número de extensiones que se crearán para cada sucursal y la matriz será necesario la adquisición de un total de 52 teléfonos IP, las personas encargadas de la recepción en las oficinas dispondrán de un módulo de expansión con la finalidad de que puedan contestar llamadas de un grupo determinado. Adicionalmente del total de número de líneas actuales, seis en la matriz de Ibarra, se suspenderán el servicio de dos de ellas y de las oficinas de Quito se mantendrán las cinco líneas.

4.4.1. HARDWARE

La red de datos de la industria FLORALP S.A necesita de los siguientes equipos físicos para la implementación del diseño en la red. En el Anexo G se realiza la comparación de los diferentes marcas y modelos, a continuación se aclarará el por qué se recomienda el uso de los mismos y las principales características de los mismos.

Se mencionó en el anteproyecto que se recomendaría un servidor y tarjetas FXO/FXS, pero es justificable el recomendar otro tipo de soluciones pues hoy en día, el mercado de las centrales IP PBX es muy amplio y existen equipos que contienen todo lo necesario y que funciona sin ningún tipo de problema la plataforma Elastix. Además por criterio del Jefe de Sistemas dio preferencia a un appliance, puesto que él ha tenido problemas en la compatibilidad de software en otras ocasiones.

Se incluyen los equipos de red adicionales que complementaran el funcionamiento, en base todo esto al levantamiento de información del capítulo 2, pues se determinó que la red actual es plana y sus equipos no permiten realizar configuraciones para mejorar su rendimiento.

4.4.1.1. XORCOM CXR2000

Después de revisar el funcionamiento y características de diferentes modelos y fabricantes appliance XORCOM CXR2000 cumple con los requerimientos tanto de parte del pedido del administrador de que sea un equipo únicamente dedicado para telefonía, que contenga puertos FXS y FXO propios del equipo para evitar problemas de compatibilidad entre software y hardware. El datasheet del fabricante (XORCOM, 2014) menciona las principales características:

- Software incluido Elastix 2.4
- Versión de Linux Centos 5.x
- Procesador Intel Atom D2500, Dual Core.
- Memoria RAM 2G.
- Módulo de cancelación de Eco (opcional)
- Número máximo de llamadas concurrentes 85 (SIP) 45(PRI,FXS)
- Puertos E1/T1, FXO 8

Este appliance fue seleccionado por que posee un mayor número de llamadas concurrentes, 8 puertos incluidos FXO no es necesario adquirir módulos adicionales y es completamente funcional porque incluye la plataforma instalada por defecto. A pesar de tener un costo de inversión alto, tiene un buen desempeño.

4.4.1.2. Teléfonos IP

En lo que se refiere a teléfonos IP se puso a comparación dos marcas, Yealink y Grandstream, las mismas que poseen equipos de características similares. Se escogió la marca Yealink para todas las gamas, alta, media y baja, pues poseen mejores referencias en el mercado y son totalmente compatible con Elastix, usan la tecnología SIP y tienen características de Open VPN, QoS y VLANs.

Se tomó en cuenta el rango de usuario que va hacer uso del teléfono, y que tipo de funciones y llamadas debe atender y realizar para asignar los siguientes modelos.

A continuación se describen las características de los tres modelos correspondientes a las tres gamas necesarias dentro de la red de datos de FLORALP S.A.

4.4.1.2.1. SIP-T28P Yealink

La página del fabricante de Yealink (Yealink, 2014), denomina al modelo SIP-T28P como un equipo de última generación, con características ejecutivas; interfaz amigable con el usuario y buena calidad en la voz. Es adecuado para las recepcionista de las diferentes oficinas a continuación se nombran algunas de las razones por que se escogió el respectivo modelo.

- Un total de 6 líneas.
- Características amplias en llamadas (llamada en espera, transferencia de llamadas, etc.)
- Diferentes codecs de audio, G.711, G723, G.726 entre otros.
- Específicamente para trabajar con protocolo de señalización SIP.

- Seguridad incluida con OPEN VPN, 802.1, VLAN y QoS.
- Calidad de voz de alta definición a través del motor TI voz, HD auricular, altavoz de alta definición

4.4.1.2.2. *SIP-T20P Yealink*

El modelo SIP-T20P es un modelo de gama media, con dos cuentas VoIP, alta definición en la voz. Permite hacer llamadas de una manera sencilla y fiable. Lo importante de todo es que la instalación sencilla y económico. En la página de Yealink (Yealink, 2014) rescata las siguientes características:

- Posee dos cuentas SIP.
- Características amplias en llamadas (llamada en espera, transferencia de llamadas, etc.)
- Diferentes codecs de audio, G.711, G723, G.726 entre otros.
- Específicamente para trabajar con protocolo de señalización SIP.
- Seguridad incluida con OPEN VPN, 802.1, VLAN y QoS.
- Calidad de voz de alta definición a través del motor TI voz, HD auricular, altavoz de alta definición
- Conectores RJ45 para computador y para conexión a internet.

4.4.1.2.3. *SIP-T19P Yealink*

De acuerdo al fabricante (Yealink, 2014), el modelo SIP-T19P tiene características básicas pero fundamentales para establecer una llamada con la suficiente calidad, fácil

instalación y de forma segura. En su hoja de datos destacan las características más importantes y se las enumera a continuación:

- Posee una sola cuenta SIP.
- Características amplias en llamadas (llamada en espera, transferencia de llamadas, etc.)
- Diferentes codecs de audio, G.711, G723, G.726 entre otros.
- Específicamente para trabajar con protocolo de señalización SIP.
- Seguridad incluida con HTTP y HTTPS.
- Calidad de voz de alta definición a través del motor TI voz, HD auricular, altavoz de alta definición
- Conectores RJ45 para computador y para conexión a internet.

4.4.1.2.4. EXP39 Yealink

El modelo EXP39 tiene la finalidad de mejorar la potencia y flexibilidad de los teléfonos IP avanzada Yealink SIP-T26P y SIP-T28P. Ideal para recepcionistas, auxiliares administrativos y ejecutivos que necesitan para controlar y gestionar un gran volumen de llamadas de forma regular.

- Veinte números adicionales.
- Alta visibilidad en una pantalla LCD de 160x320.
- Marcación rápida, captura de llamada, etc.

4.4.1.2.5. *YHS32 Yealink Headset*

Es un auricular compatible con cualquier teléfono IP Yealink, confortable, ligero y garantiza comodidad en el uso continuo. Como lo menciona el fabricante (Yealink, 2014) posee características de cancelación de ruido y mejora la calidad de la voz.

- Cómodo.
- Cancelación de ruido.
- Alta durabilidad.

4.4.1.3. Switch Ethernet 10/100 de 24 puertos Cisco SFE2000P

En base a las necesidades del diseño es importante cambiar el modelo y las características de los switch, pues debe permitir algunas configuraciones como VLANs para la segmentación de la red, calidad de servicio para la voz, mejorar la disponibilidad de la red entre algunos requerimientos.

Se deja la recomendación de un switch que puede solventar las necesidades antes descritas, a continuación las características del mismo.

El switch SFE2000P está diseñado principalmente para volver robusta y necesitan características de flexibilidad y rendimiento. Adiciona a sus servicios QoS para garantizar el uso eficiente de la red, una característica muy importante en la implementación de VoIP, su nivel de seguridad es alto permitiendo la confiabilidad de los datos de los usuarios. (Cisco, 2008) enumera entre algunas las siguientes características:

- Veinticuatro puertos Ethernet 10/100 más cuatro puertos de cobre 10/100/100.
- Gestión de la calidad de servicio (QoS) con modelos de servicio diferenciados (DiffServ).
- ACL para ofrecer seguridad granular e implementación de QoS.

4.4.2. SOFTWARE

Para los usuarios móviles es necesario disponer de softphones, que le permitan acceder desde cualquier dispositivo a la central telefónica. A continuación se hace la comparación de dos de ellos.

4.4.2.1. Softphone

Un softphone es un programa informático que proporciona funcionalidades de un teléfono IP fisco instalado y configurado en un computador de escritorio, una portátil o un PDA.

Tabla 47. Requerimientos para el uso de softphones

CARACTERÍSTICAS	ZoIPer	3CX
Procesador	Mínimo Pentium II 300MHz	Mínimo Intel Pentium III 700MHz
Memoria	Mínimo 256 MB RAM	Mínimo 256 MB RAM
Sistema operativo	Windows 2000, XP, Linux y MAC	Windows 2000, XP, Vista, Linux y MAC OS , X10.4, X10.5 l Leopard
Tarjeta de sonido	16 bits	Full-duplex, 16 bits
Conexión a Internet	Conexión IP	Conexión IP
Códec que soporta	GSM, G.711, G729, iLBC, Speex	GSM, G.711, iLBC,
Protocolo que soporta	IAX/IAX2, SIP, RTP	SIP, IAX
Precio	Free	free

Referencia: Comparación de softphones basado en: (Vasco, 2010)

De acuerdo a la Tabla 47 se usará ZoIPer, debido a que utiliza menos recursos de los que necesita un Xlite, considerando que los computadores de escritorio no poseen características muy avanzadas.

4.5. CONFIGURACIÓN DE VPNs

Para complementar el funcionamiento del servicio de telefonía IP en la industria FLORALP S.A se planteó la solución de la configuración de VPNs⁶⁷, con la finalidad de interconectar las sucursales con la matriz que albergará el servidor de telefonía.

En base a las características de la red de datos de FLORALP S.A. y los equipos se realizara la configuración de la VPN pero antes se explica rápidamente los conceptos básicos de una VPN.

4.5.1. CONCEPTOS DE VPN

Una VPN, es una red privada que usa una red pública (normalmente Internet) para conectar sucursales o usuarios.

Una red privada virtual se basa en el concepto de tunneling, esto implica establecer y mantener una conexión lógica entre dos extremos en la que se ven implicados nodos intermedios. El principal protocolo es VPN que debe proporcionar autenticación, compresión de datos, cifrado de datos, direccionamiento dinámico y gestión de claves.

⁶⁷ VPN.- Red privada virtual (Virtual Private Network).

Existen tres tipos de VPNs:

- **Conexiones de clientes de acceso remoto:** brindan una solución a trabajadores móviles que deben usar los recursos de la red interna desde localizaciones remotas.
- **Comunicación site-to-site:** Dos o más redes locales son unidas a través de una VPN formando una intranet extendida. Oficinas remotas.
- **Acceso controlado dentro de una red local:** Usado en generalmente para proteger la red Wifi.

El uso de VPNs trae algunos beneficios como el ahorro de costos y la escalabilidad, pero como todo servicio muestra desventajas que no son tan relevantes pero hay q mencionarlas como por ejemplo la necesidad de una comprensión en el aspecto de seguridad, una instalación cuidadosa y configuración adecuada.

4.5.2. CONFIGURACIÓN DE VPN EN EL SERVIDOR KYPUS

Por las características que presenta la red y de acuerdo a las necesidades del servidor del sistema de telefonía IP se realizará la configuración de una VPN site to site, puesto que se pretende conectar mediante una red virtual a los softphones y teléfonos IP localizados en las oficinas de la ciudad de Quito.

Haciendo uso de los recursos actuales de la red se creará la VPN en el servidor que actualmente funciona como Firewall Proxi, tomando en cuenta que todo el tráfico de la red pasa por este servidor antes de salir a la red pública Internet.

En el Anexo J se detalla la configuración de la VPN dentro del servidor KYPUS⁶⁸, en el capítulo de pruebas de funcionamiento se realizan las respectivas configuraciones de la VPN se incluye el proceso de crear la cuenta del cliente y la conexión remota hacia la oficina de Quito.

4.5.3. CALIDAD DE SERVICIO EN LA VPN

Para una dar calidad de servicio a la voz que cruza por una VPN, se recomienda el uso de QoS Pre-Classify para redes robustas que usan equipos CISCO; la red de datos de FLORALP S.A posee equipos que no soportan este tipo de configuraciones.

Por lo tanto para la solución de QoS en la VPN, se recurre a otro tipo de métodos como es la asignación de un determinado ancho de banda por parte del equipo en el cual se configuró la VPN, a continuación se muestra la asignación de ancho de banda para la aplicación de VPN en el Proxi Kypus.

En la configuración de Redes se puede seleccionar el ancho de banda de una aplicación en especial, el tipo de VPN fue PPTP a esa se le asigna un ancho de banda garantizado de 256 Kbps y un máximo de 512Kbps, de la misma manera que en la voz tiene prioridad alta en la LAN lo tendrá en la aplicación VPN colocando el valor en High (alto).

⁶⁸ KYPUS.- Servidor appliance de seguridad.

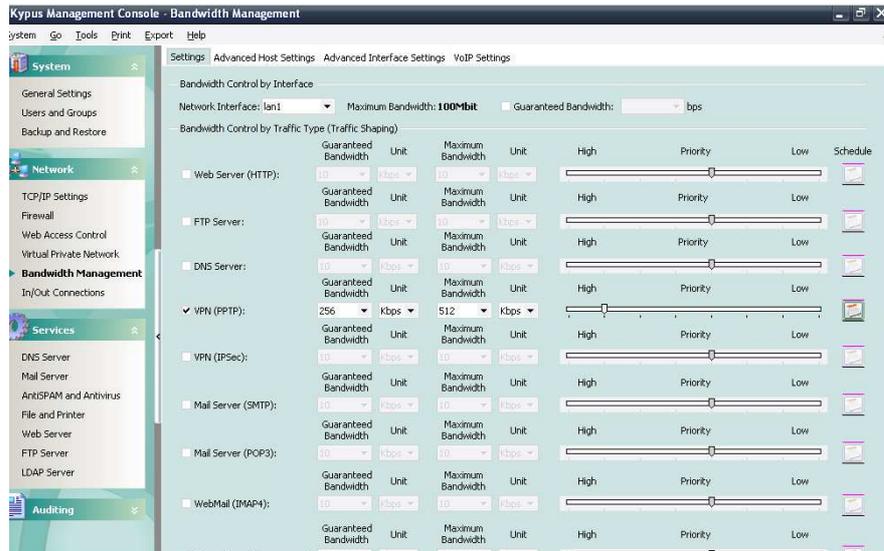


Figura 30. Asignación de ancho de banda para VPN
Referencia: Imagen capturada del servidor KYPUS

Adicionalmente se puede controlar el tiempo en que estará activa esta configuración, por tratarse de un servicio de prioridad crítica, debe estar vigente todo los días las veinticuatro horas del día, con valores de garantizados y máximos similares a los anteriores.

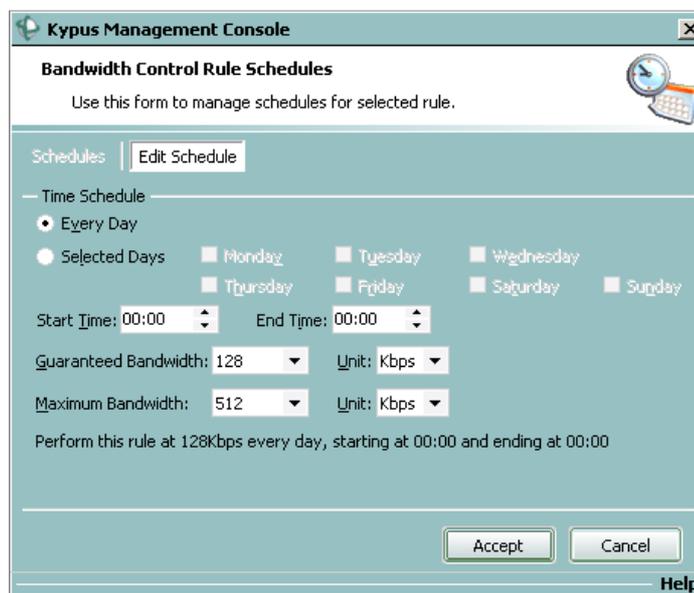


Figura 31. Reglas de Ancho de banda en VPN
Referencia: Imagen capturada del servidor KYPUS

4.6. CALIDAD DE SERVICIO ORIENTADO A LA VOZ

De igual manera que para la configuración de VPNs, se toma mucho en cuenta el estado actual de la red de datos de FLORALP S.A, de acuerdo a esto es conveniente aplicar calidad de servicio de tal manera que los niveles de latencia, jitter y pérdida de paquetes sean mínimos para que la calidad de la voz sea aceptable.

4.6.1. PROCESO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO

De acuerdo a parámetros de la calidad de servicio dentro de una red de datos, debe seguir un proceso que en la Figura 32 se muestra:

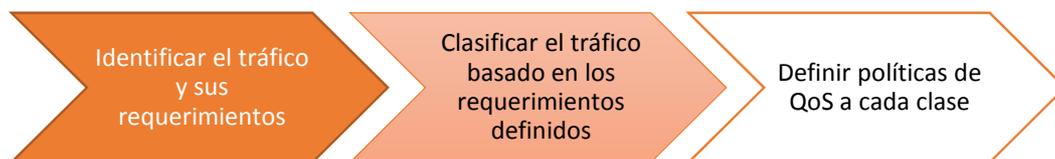


Figura 32. Proceso de implementación de QoS
Referencia: Calidad de servicio para redes TCP/IP de JFCA jfcalt@gmail.com

4.6.2. EVALUACIÓN DE LA RED

Previo a una posible ejecución es necesario conocer el estado de la red, para determinar si se puede realizar una implementación total o parcial de QoS en la red, lo cual implica resaltar las características de los equipos de red y el estado físico y lógico de la red de datos.

4.6.2.1. Determinación del estado de equipos de red.

En la sección 2.4 se describen cada uno de los equipos que forman parte de la red de datos, de la misma que se obtienen los siguientes datos válidos para la implementación de QoS.

Los equipos que actualmente forman parte de la red de datos de FLORALP S.A, principalmente la matriz Ibarra, no todos son administrables, el router principal tiene configuraciones básicas de QoS, el switch del Rack1 posee de igual manera pocas características de administración. Dentro de la planta de producción y la el Rack2 existen switch no administrables.

Las sucursales presentan una red de datos similar a la que se tiene en las oficinas de Quito, el router poseen características bajas de administración, los switch en algunos casos poseen características de administración pero no de calidad de servicio.

Por tanto se determinó, que se aplicará calidad de servicio en los equipos que puedan tener ese tipo de configuración, para mejorar la calidad de las llamadas.

4.6.2.2. Determinación de la lógica de la red.

De igual manera en el capítulo del levantamiento de información, se da a conocer que la red de datos actual no posee ningún tipo de estructuración lógica, la red de FLORALP S.A es de tipo plano por lo cual no posee VLANs, ACLs. Se aspira que al implementar el nuevo servicio de voz IP la red se convierta en una red más robusta y flexible.

4.6.2.3. Análisis de tráfico

En la sección 2.8 se realizó el análisis tanto del tráfico de datos como de voz, en la cual se determinó que la red presenta a pesar de utilizar aun un cableado con categoría 5e una buenas características para la transmisión de voz usando el protocolo IP.

Existen parámetros de latencia, jitter, pérdida de paquetes y ancho de banda los mismos que son satisfactorios para que las llamadas tengan la calidad adecuada. Por lo tanto se estima que la configuración de QoS mejore el porcentaje de aceptación de la calidad de la voz.

4.6.3. IDENTIFICACIÓN DEL TRÁFICO Y SUS REQUERIMIENTOS

A continuación se detalla el tipo de tráfico que cruza por la red de datos de FLORALP S.A y los requerimientos de los mismos, de acuerdo al criterio del departamento de sistemas de la misma.

Tabla 48. Protocolos más usados en la red de datos.

PROTOCOLO	PUERTO	Porcentaje de uso
smtp	25	7%
http	80	9%
pop3	110	7%
nntp	119	6%
epmap	135	3%
netbios-ssn	139	4%
imap	143	7%
https	443	4%
microsoft-ds	445	4%
urd	465	6%
nntp	563	6%
submission	587	6%
imaps	993	6%
pop3s	995	6%
vnc-http	5800	4%
vnc-server	5900	4%
Otros Protocolos		10%

Referencia: test de puertos con los programas Nmap/Zenmap y Axence NetTools

Los protocolos más usados son http, https, pues mantienen algunos servicios en Internet, acceden a páginas como el SRI, páginas del estado entre otras; los protocolos correspondientes a VNC puesto que acceden remotamente por la parte de sistemas a cada uno de los usuarios dentro de las oficinas o hacia los servidores.

Lo primordial actualmente es tener acceso al servidor CLIKES ya sea dentro de la red o por el dominio fuera de las oficinas como es el caso de Quito, en el que se encuentran alojadas todas las aplicaciones para contabilidad, ventas, compras, bodega, etc.

4.6.4. CLASIFICACIÓN DEL TRÁFICO

Una vez determinado las aplicaciones se proceden a clasificar el tráfico, a continuación se explica brevemente los tipos de prioridades mediante las cuales se realiza la clasificación.

Cada aplicación desempeña un rol importante dentro de la red de datos, por lo cual para brindar calidad de servicio en la transmisión de la voz, es importante clasificar las aplicaciones en cuatro niveles diferentes que a continuación se detallan

- **Prioridad crítica:** Consideradas a las aplicaciones que trabajan en tiempo real, necesita además un ancho de banda considerable para su correcto funcionamiento y no exista pérdida de paquetes y jitter. Las principales aplicaciones de prioridad crítica son la transmisión de Voz usando el protocolo IP y videoconferencias.
- **Prioridad alta:** las aplicaciones que no necesitan de un gran ancho de banda, pero son usadas a diario por los usuarios finales, y son importantes en el desempeño de la

industria. Dentro de esta prioridad se encuentran aplicaciones WEB y manejo de base de datos.

- **Prioridad media:** Aplicaciones que se encuentran disponibles para los usuarios, que ayudan a la identificación de los mismos, pueden trabajar sin problema a pesar de los retardos que pueda presentar la red. En esta prioridad se encuentran aplicaciones como acceso a la WEB, DNS, DHCP.
- **Prioridad baja:** Esta última prioridad abarca aplicaciones que son útiles pero no son de gran importancia para los usuarios, tienen mayor resistencia al retardo. Las aplicaciones que se las puede categorizar como bajo son: correo electrónico, descargas, entre otros.

Finalmente la Tabla 49 explica la clasificación de acuerdo a la prioridad que se le dará a cada aplicación que se ejecuta dentro de la red de FLORALP S.A.

Tabla 49. Prioridad y puertos de las aplicaciones en la red de FLORALP S.A

APLICACIÓN	PRIORIDAD
Voz	Critica
Video	Critica
Base de datos	Alta
Servidor de aplicaciones	Alta
Navegación WEB	Media
DNS	Media
DHCP	Baja
otras	Por defecto

Referencia: Definición por el departamento de sistemas.

El presente cuadro se lo elaboró en base a los requerimientos del departamento de sistemas, tomando en cuenta la necesidad de manejar sus aplicaciones en la red para todas las sucursales del país.

4.6.5. DEFINICIÓN DE POLÍTICAS

Las políticas que a continuación se nombran son aquellas que para una red robusta se deben cumplir para dar un buen servicio de calidad de la voz. En el presente proyecto se detallará cuáles fueron las políticas que se pusieron en práctica.

- **Diffserv (Servicio Diferenciado):** de arquitectura flexible, en el que determinado tráfico se lo trata de mejor manera que el resto, incluye características de rapidez en el tráfico, mayor disponibilidad promedio de ancho de banda y menores pérdidas. Se basa en la información contenida en cada paquete para cumplir con los requerimientos de QoS.
- **QoS MQC (Modular QoS CLI):** es un método de implementación, en el que la clasificación y las políticas del QoS se las realiza por separado.
- **ACLs (Listas de Acceso):** configuración de ACLs con la finalidad de separar el tráfico generado por IP o puertos con el fin de clasificar el tráfico que cruza por la red.
- **CoS 802.1Q/p y DSCP (Differentiated Service Code Point):** aumenta la flexibilidad y la capacidad de clases de tráfico, se utiliza para marcar los datagramas y diferenciar el servicio que recibirán en los routers. Compatible con IPv4 e IPv6.
- **WRR (Weighted Round Robin):** especificado para Queueing y muy similar a PQ (Priority Queueing) pero con la diferencia que alterna el servicio entre clases, permite que el servicio nunca este inactivo cuando haya paquetes en la cola para ser transmitidos.
- **CBWFQ (Class Based Weighted Fair Queuing):** mecanismo de encolamiento, encargado de garantizar el ancho de banda de acuerdo a la prioridad, trabaja con baja latencia y reserva el ancho de banda mínimo y por clase.

- **CBWRED (Class – Based Weighted Random Early Detection):** usado para la prevención de congestión, puede usarse ya que elige el perfil de cada clase de tráfico y se basa en DSCP e IP Precedent.

Para la eficiencia de los datos debe usarse la técnica de compresión con la elección del códec más adecuado y la fragmentación para reducir el tamaño de las tramas con MTU grande.

4.6.6. FRONTERAS DE CONFIANZA

Se conoce a la frontera de confianza como el punto en donde debe hacerse la conversión de CoS a DSCP o el marcado correspondiente a cada clase; todo depende de si el paquete es tratado de acuerdo a su marca QoS como confiable, sigue su destino con la misma, caso contrario es necesario ser etiquetado de nuevo y tratado de forma diferente (Ibitec, 2012).

Las fronteras de confianza crean un perímetro en el cual se respeta y confía en el marcaje, deben ser definidas lo más cercano al origen del tráfico, los dispositivos sobre la frontera de confianza debe estar siempre bajo la supervisión del administrador. Las fronteras de confianza más comunes son, los dispositivos terminales (teléfono IP), capa de acceso (switch) y la capa de distribución (router).

Por lo tanto las fronteras de confianza dentro de la red de datos de FLORALP S.A están configuradas en el switch principal de distribución, dentro de la calidad de servicio se ha puesto como marca de CoS 5 para los paquetes que crucen por la VLAN 20 de voz. Es el único equipo de la red que permite ese tipo de configuraciones.

4.6.7. IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS.

En base a las características de los equipos de red, las políticas que se implementarán son las siguientes.

- Asignación de un ancho de banda determinado para la aplicación de la voz.
- Selección de un códec adecuado en las fronteras de confianza.
- Priorización de la voz estableciendo un nivel cinco en los routers de configuración.
- Para calidad en la VPN se asignara un ancho de banda a la aplicación PPTP.

Todas las configuraciones de QoS en los distintos equipos se encuentran detallados en el Anexo K y las respectivas comparaciones de eficiencia en el capítulo de pruebas de funcionamiento.

CAPÍTULO V

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

5.1. DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS

La transmisión de la voz sobre el protocolo IP necesita de control en parámetros pues son fundamentales para medir el servicio de telefonía IP que se entrega a los usuarios finales. El presente capítulo está encaminado a verificar el correcto funcionamiento del sistema de telefonía, a continuación se mencionan las diferentes pruebas que se realizarán dentro de la red de FLORALP S.A.

Pruebas técnicas

- Ancho de banda utilizado por dos llamadas simultaneas.
- Pérdida de paquetes, retardo y jitter.

Pruebas de conectividad.

- Conectividad Usuarios Ibarra-servidor.
- Conectividad usuarios Quito-servidor.

5.2. PRUEBAS TÉCNICAS

Dentro de las pruebas técnicas se realizarán dos tipos de pruebas, las primeras serán realizadas sin incluir calidad de servicio en ninguno de los casos y las segundas serán incluyendo los parámetros de QoS establecidos en la sección 4.6 del cuarto capítulo

5.2.1. PRUEBAS SIN CALIDAD DE SERVICIO

Para recordar los porcentajes aceptables de los parámetros que afectan a la calidad de la voz se muestra la Tabla 50 de resumen de los mismos.

Tabla 50. Niveles aceptables para el soporte de VoIP sobre la red de FLORALP S.A

Factores	Nivel bueno	Nivel aceptable	Nivel pobre
Retardo	(0-150)ms	(150-300)ms	(>300)ms
Pérdidas	(0-1.5)%	(1.5-3)%	(>3)%
Jitter	(0-20)ms	(20-50)ms	(>50)ms

Referencia: (Luzuriaga & Malla, 2012)

5.2.1.1. Prueba usando Wireshark

Para las pruebas de jitter, pérdida de paquetes, ancho de banda se utilizó la herramienta Wireshark, la misma que permite intervenir la interfaz de red y conocer el tipo de paquetes que se está transmitiendo el servidor de telefonía, y así conocer los niveles de pérdidas que se tienen para cada caso.

Las figuras a continuación son los resultados de las capturas sin calidad de servicio de una y dos llamadas simultáneas.

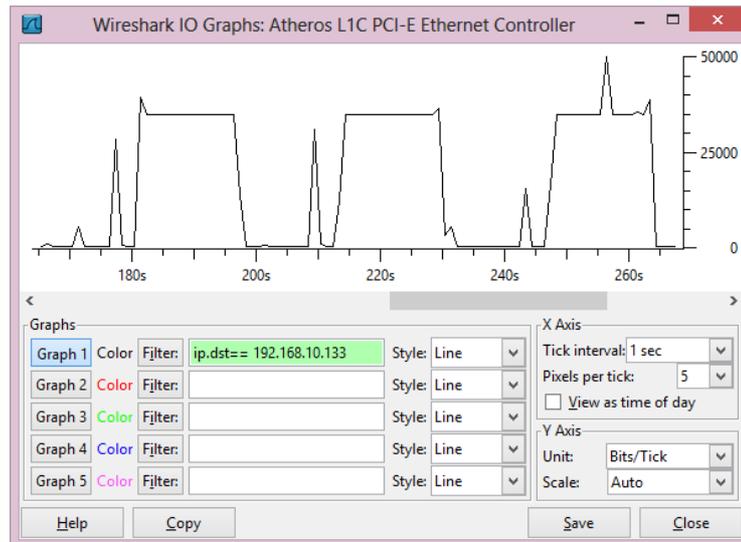


Figura 33. Captura de tráfico que pasa por el servidor de VoIP.
Referencia: Figura capturada de Wireshark.

La figura es gráfica Bits/s que muestra las llamadas que atraviesan la central de VoIP por medio de la dirección IP 192.168.10.133, se puede observar tiempos muertos en el intervalo de 200-210(s) y el consumo de tres llamadas de 15 segundos promedio cada una, alcanzando un pico aproximado de 35000 Bits en el eje “Y” y un tiempo de uso total de 268 segundos en el eje de las “X”, lo mismo que representa un ancho de banda o uso de canal para una llamada de 130.60 Bps.

El protocolo RTP es muy importante para la demostración del funcionamiento, se elige examinar cada uno de los parámetros que el protocolo RTP genera en las llamadas. Mostrando los siguientes resultados.

Src IP addr	Src port	Dst IP addr	Dst port	SSRC	Payload	Packets	Lost	Max Delta (ms)	Max Jitter (ms)	Mean Jitter (ms)	Pb?
192.168.10.100	40000	192.168.10.133	10580	0x18BE	GSM	566	0 (0.0%)	24.56	0.63	0.17	
192.168.10.100	40002	192.168.10.133	11326	0x3D6C	GSM	482	0 (0.0%)	24.63	0.63	0.13	
192.168.10.100	40004	192.168.10.133	15324	0x6952	GSM	641	0 (0.0%)	21.05	0.28	0.15	
192.168.10.100	40006	192.168.10.133	19752	0x6DF1	GSM	2	0 (0.0%)	19.90	0.01	0.05	
192.168.10.100	40008	192.168.10.133	12140	0x26E9	GSM	1161	0 (0.0%)	24.50	0.66	0.14	
192.168.10.100	40010	192.168.10.133	15150	0x2EA6	GSM	803	0 (0.0%)	21.02	0.26	0.12	
192.168.10.100	40012	192.168.10.133	19224	0x7E87	GSM	802	0 (0.0%)	24.43	0.67	0.15	
192.168.10.100	40014	192.168.10.133	17460	0x99	GSM	806	0 (0.0%)	21.02	0.27	0.12	
192.168.10.133	10580	192.168.10.100	40000	0x77D2C0E6	GSM	498	0 (0.0%)	70.07	13.91	10.77	
192.168.10.133	11326	192.168.10.100	40002	0x6A1A6662	GSM	464	0 (0.0%)	65.07	17.07	11.60	
192.168.10.133	15324	192.168.10.100	40004	0x6B503C04	GSM	629	0 (0.0%)	600.10	43.19	13.73	
192.168.10.133	19752	192.168.10.100	40006	0x59B889EB	GSM	56	0 (0.0%)	20.10	0.30	0.06	
192.168.10.133	12140	192.168.10.100	40008	0x562E0308	GSM	1167	0 (0.0%)	47.90	5.43	2.15	
192.168.10.133	15150	192.168.10.100	40010	0x4B45A62D	GSM	789	0 (0.0%)	92.89	16.58	13.06	
192.168.10.133	19224	192.168.10.100	40012	0x626B025	GSM	807	0 (0.0%)	25.57	1.30	0.43	
192.168.10.133	17460	192.168.10.100	40014	0x25129FDA	GSM	782	0 (0.0%)	54.81	15.44	11.71	

Figura 34. Interpretación de RTP Streams.
Fuente: Figura capturada de Wireshark.

De la figura 34 lo más importante que se puede resaltar es la dirección IP destino del servidor 192.168.10.133 a la cual se están encaminando las llamadas, el códec de audio utilizado GSM configurado tanto en los softphones y en la cuenta de cada usuario; le número de paquete perdidos mostrado en porcentaje, en las llamadas realizadas no existen pérdidas de paquetes todas presentan 0.0% de paquetes perdidos; lo más relevante de esta figura es mostrar los valores de jitter, el valor más alto de jitter es de 43.19 (ms) que de acuerdo a la Tabla 41 se encuentra dentro de un nivel aceptable para la red, Max Delta⁶⁹ (ms) y Mean⁷⁰ Jitter(ms) de igual manera presentan valores que no afectan a las llamadas.

⁶⁹ Max Delta: diferencia de tiempo entre el paquete que arriba y el siguiente en arribar

⁷⁰Mean Jitter: Jitter promedio

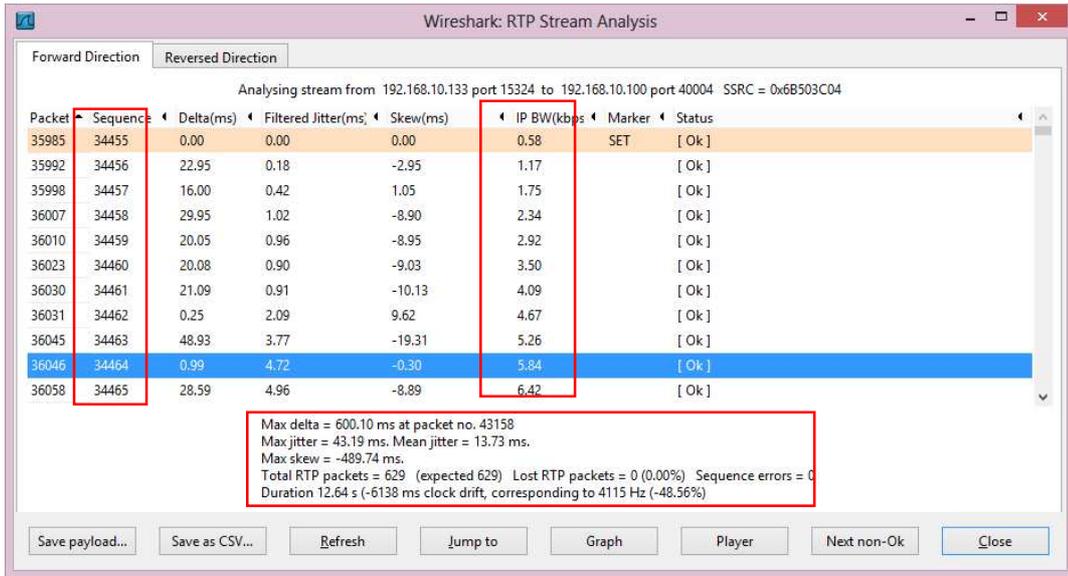


Figura 35. Análisis de RTP Stream más alto.
 Referencia: Figura capturada de Wireshark.

La figura 35 muestra el análisis detallado de paquete por paquete que fue entregado, la columna de la secuencia muestra el orden de los paquetes, un resumen de todo el paquete: Max delta (600.10ms), Max jitter (43.19 ms), Mean jitter (13.73ms); total de paquetes RTP transmitidos 629, paquetes RTP perdidos 0 (0.0%), secuencia de error 0 y la duración de la transmisión 12.64 s. El ancho de banda que utiliza cada paquete transmitido de igual manera se presenta en una columna.

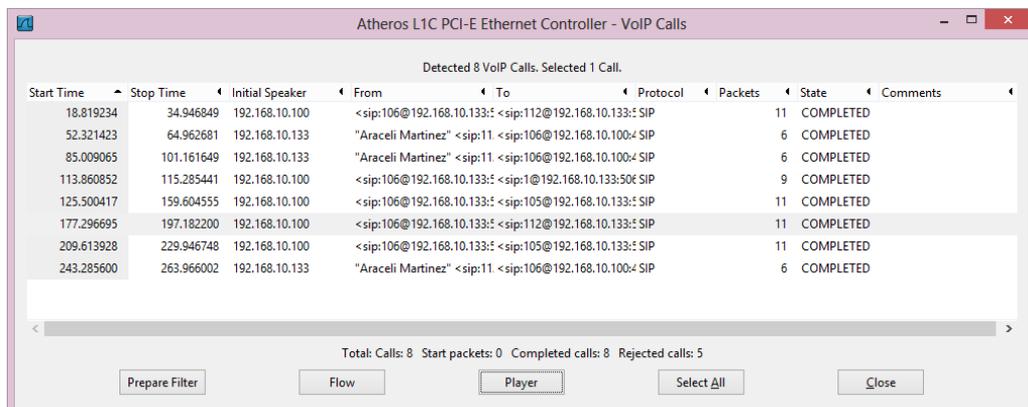


Figura 36. Análisis de las llamadas VoIP.
 Referencia: Figura capturada de Wireshark.

Es también posible analizar las llamadas VoIP realizadas gracias al programa Wireshark, la figura 36 muestra el listado de llamadas que se realizaron dentro intervalo de captura, mostrando el tiempo de inicio y finalización, cual es emisor y el receptor, el protocolo usado que en este caso es SIP, el número de paquetes transmitidos y si finalizo o está en curso la llamada.

5.2.2. PRUEBAS CON CALIDAD DE SERVICIO

Para las pruebas con calidad de servicio se realizó con dos llamadas simultaneas y adicional a esto se ejecutó la descarga de un archivo para comprobar que los parámetros de calidad de servicio configurados son los correctos.

Con la ayuda de Wireshark y NetMeter, se obtuvo las siguientes gráficas y resultados, que haciendo referencia a la Tabla 49 se describen nuevos valores obtenidos con QoS.

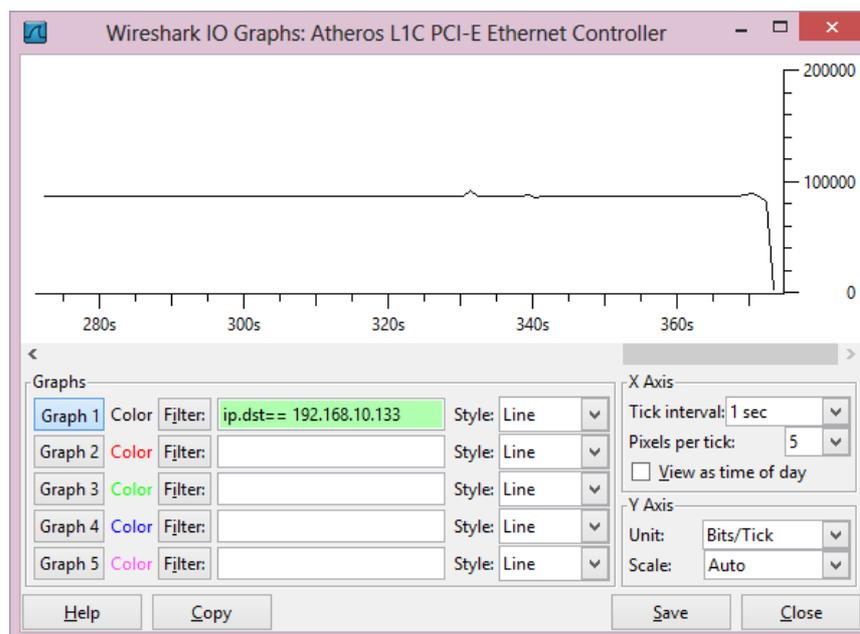


Figura 37. Captura de tráfico que pasa por el servidor de VoIP con QoS.
Referencia: Figura capturada de Wireshark.

Como se observa en la Figura 37 la gráfica en el eje “Y” presenta un valor máximo de 90000 Bits y en el eje “X” un tiempo de duración de 375 segundos, los mismos que proporcionan el ancho de banda de 240 bps. En base a la prueba sin calidad mejora el valor de ancho de banda a pesar de que existe una descarga en proceso.

La gráfica que presenta el programa NetMeter, de color rojo se muestra la descarga que se está realizando por la misma interfaz que se realiza la llamada que de color amarillo se observa que es constante durante el lapso que se establece la llamada,

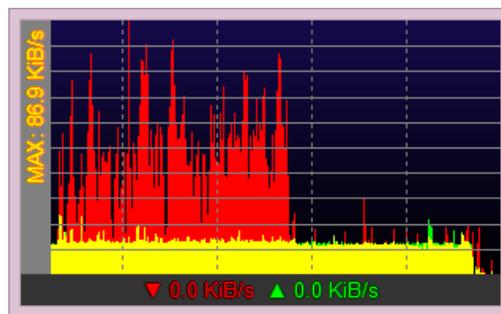


Figura 38. Gráfica de consumo de ancho de banda.
Referencia: Imagen capturada del programa NetMeter.

Al analizar los paquetes RTP de las llamadas realizadas se obtiene lo siguiente.

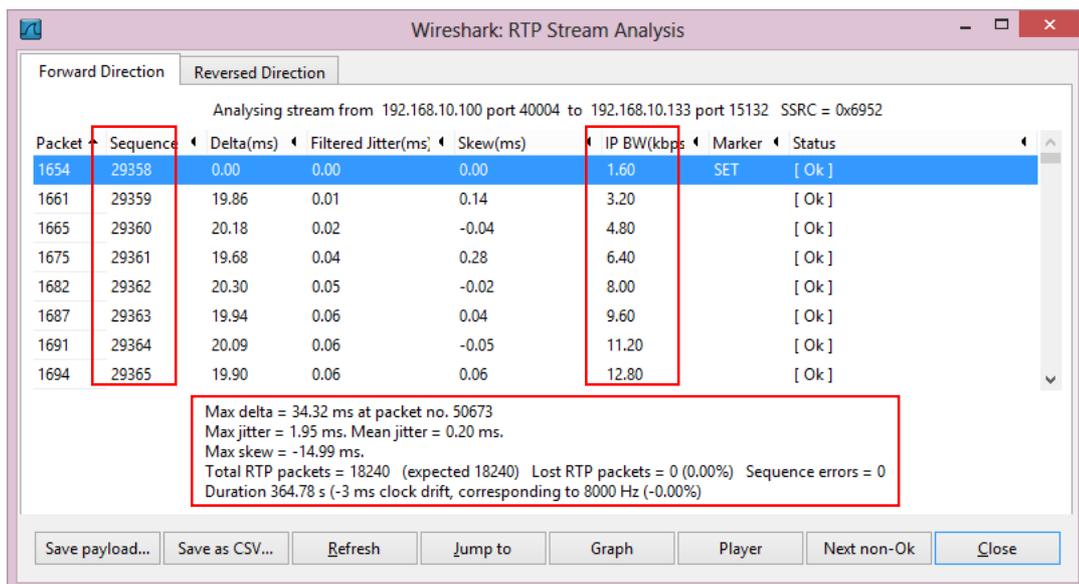


Figura 39. Análisis de RTP Stream (llamada1)
Referencia: Figura capturada de Wireshark.

A pesar de realizarse dos llamadas simultaneas y la descarga el valor de Max jitter (1.95ms) disminuyó en comparación a la prueba sin QoS, no hubo pérdida de paquetes (0 0.0%), el ancho de banda no supera a los 15 kbps, los paquetes fueron entregados con una secuencia correcta.

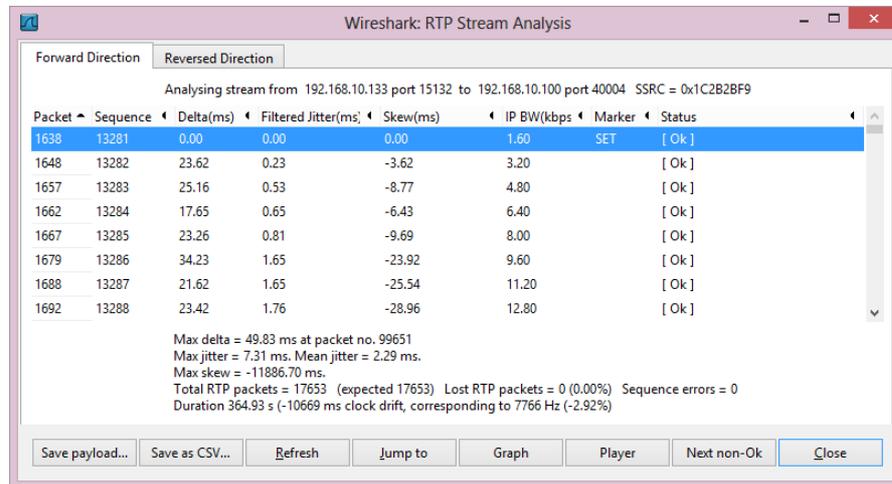


Figura 40. Análisis de RTP Stream (llamada 2)
 Referencia: Figura capturada de Wireshark..

En la segunda llamada existe un incremento del valor de Max jitter (7.31ms) que aun siendo alto no se compara con el obtenido sin configurar QoS a los equipos de red, de la misma forma no existen pérdida de paquetes (0 0.0%), son entregados en orden y no sobrepasa el uso de ancho de banda a los 13.0 kbps.

5.3. PRUEBAS DE CONECTIVIDAD

5.3.1. LLAMADAS INTERNAS.

Para la comprobación de las llamadas internas se realizará una llamada entre el departamento de sistemas y la planta de producción.

Primero se registrarán mediante dos softphones las cuentas respectivas de Andrés Collaguazo (Asistente de sistemas ext.105) y Patricio Lozada (Jefe de producción ext.140).

A continuación se muestra el ingreso de las respectivas cuentas en los diferentes softphones, la extensión 105 3CXPhone y 106 Jitsi son registradas con éxito

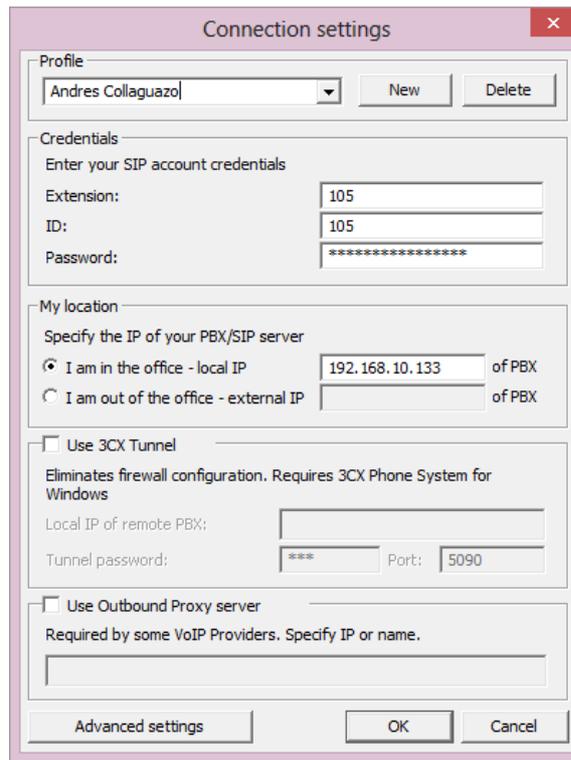


Figura 41. Registro de cuenta 105
Referencia: Figura de configuración de softphone 3CX Phone

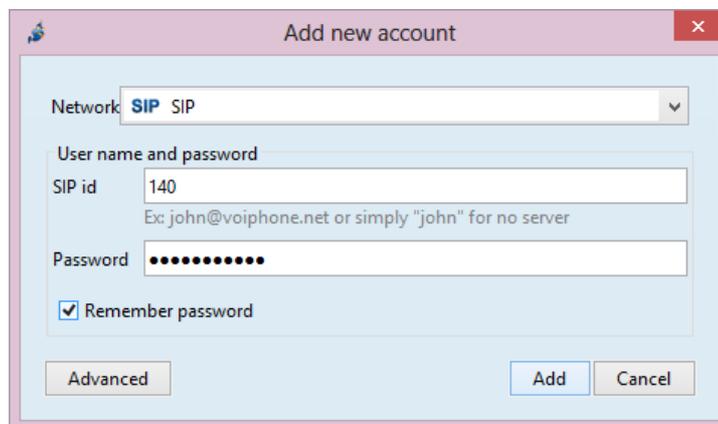


Figura 42. Registro de la cuenta 140
Referencia: Figura de configuración de softphone Jitsi

Para comprobar que son registradas correctamente se puede observar en el Panel del operador y mediante la consola CLI de Asterisk.

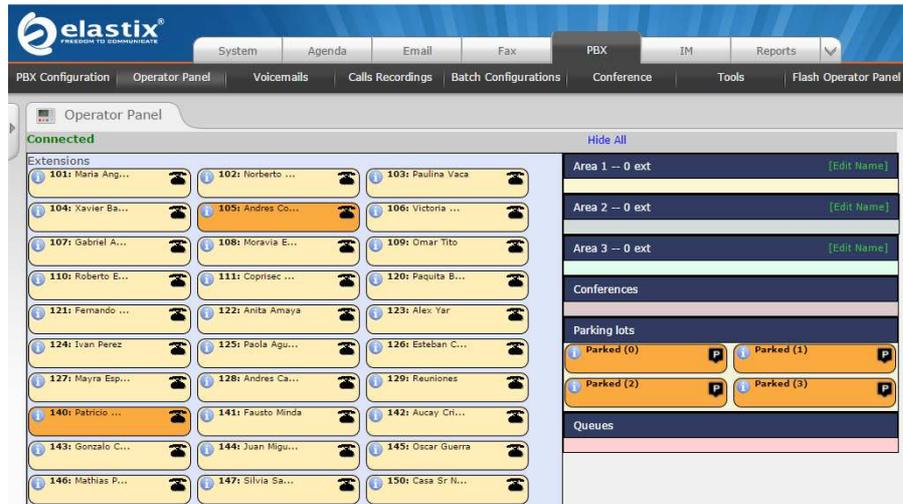


Figura 43. Panel de operador de Elastix
Referencia: Elastix 2.5.

Se muestra en la figura 43 las extensiones de color naranja las que se encuentran activas en el momento de la captura.

```
-- Remote UNIX connection
-- Remote UNIX connection disconnected
-- Registered SIP '105' at 192.168.1.9:55244
[2015-02-04 02:55:23] NOTICE[2627]: chan_sip.c:23560 handle_response_peerpoke: Peer '105' is now Reachable. (128ms / 2000ms)
-- Registered SIP '140' at 192.168.1.5:38536
[2015-02-04 02:56:46] NOTICE[2627]: chan_sip.c:23560 handle_response_peerpoke: Peer '140' is now Reachable. (19ms / 2000ms)
floralp*CLI>
```

Figura 44. CLI de Asterisk.
Referencia: Imagen capturada del CLI de Asterisk.

La figura 44 muestra el reporte de las dos extensiones registradas con éxito, con un tiempo promedio de su conexión.

La extensión 106 marca a la extensión 140 todo el proceso de conexión se detalla en el CLI de Asterisk que a continuación se muestra.



Figura 45. Llamada iniciada por la extensión 105
Referencia: 3cx Phone



Figura 46. Llamada entrante a la extensión 140
Referencia: Softphone Jitsi.

En el CLI de Asterisk se puede observar el marcado de la extensión 105, gracias al dial plan es redireccionada la llamada, mediante el protocolo SIP se establece la llamada y mediante el protocolo RTP se transmiten los paquetes.

```

-- Executing [s@sub-presencestate-display:1] Goto("SIP/105-000000a", "state-1") in new stack
-- Goto (sub-presencestate-display,state-,1)
-- Executing [state-@sub-presencestate-display:1] Set("SIP/105-000000a", "PRESENCESTATE_DISPLAY=") in new stack
-- Executing [state-@sub-presencestate-display:2] Return("SIP/105-000000a", "") in new stack
-- Executing [s@macro-dial-one:40] Set("SIP/105-000000a", "CONNECTEDLINE(name,i)=Patricio Lozada") in new stack
-- Executing [s@macro-dial-one:41] Set("SIP/105-000000a", "CONNECTEDLINE(number)=140") in new stack
-- Executing [s@macro-dial-one:42] Set("SIP/105-000000a", "D_OPTIONS=trI") in new stack
-- Executing [s@macro-dial-one:43] Dial("SIP/105-000000a", "SIP/140,15,trI") in new stack
== Using SIP RTP TOS bits 184
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called SIP/140
-- Connected line update to SIP/105-000000a prevented.
-- SIP/140-0000000b is ringing
-- SIP/140-0000000b is ringing
-- SIP/140-0000000b is ringing
-- SIP/140-0000000b is ringing
-- Connected line update to SIP/105-000000a prevented.
-- SIP/140-0000000b answered SIP/105-000000a
floralp*CLI>

```

Figura 47. Descripción del proceso de llamada.
Referencia: CLI de Asterisk.

Inicia el timbrado a la extensión 140, hasta que el receptor acepta la llamada y se establezca la llamada.

```

-- Goto (macro-hangupcall,s,41)
-- Executing [s@macro-hangupcall:41] NoOp("SIP/105-000000a", "MONITOR_FILE_NAME=") in new stack
-- Executing [s@macro-hangupcall:42] GotoIf("SIP/105-000000a", "1?skiprg") in new stack
-- Goto (macro-hangupcall,s,45)
-- Executing [s@macro-hangupcall:45] GotoIf("SIP/105-000000a", "1?skipblkvm") in new stack
-- Goto (macro-hangupcall,s,48)
-- Executing [s@macro-hangupcall:48] GotoIf("SIP/105-000000a", "1?theend") in new stack
-- Goto (macro-hangupcall,s,50)
-- Executing [s@macro-hangupcall:50] AGI("SIP/105-000000a", "hangup.agi") in new stack
-- Launched AGI Script /var/lib/asterisk/agi-bin/hangup.agi
-- <SIP/105-000000a>AGI Script hangup.agi completed, returning 0
-- Executing [s@macro-hangupcall:51] Hangup("SIP/105-000000a", "") in new stack
== Spawn extension (macro-hangupcall, s, 51) exited non-zero on 'SIP/105-000000a' in macro 'hangupcall'
== Spawn extension (macro-dial-one, h, 1) exited non-zero on 'SIP/105-000000a'
== Spawn extension (macro-dial-one, s, 43) exited non-zero on 'SIP/105-000000a' in macro 'dial-one'
== Spawn extension (macro-exten-vm, s, 7) exited non-zero on 'SIP/105-000000a' in macro 'exten-vm'
== Spawn extension (from-internal, 140, 2) exited non-zero on 'SIP/105-000000a'
floralp*CLI>

```

Figura 48. Fin de llamada.
Referencia: CLI de Asterisk.

Cualquiera de los dos usuarios puede finalizar la llamada, cuando Asterisk recibe el mensaje de fin de sesión, la extensión que inicio la llamada queda libre al igual que el receptor, y estos valores se actualizan para una nueva conexión.

5.3.2. LLAMADAS A LA OFICINA EN QUITO.

Después de que se ha creado con éxito el túnel VPN para conectar las oficinas de Ibarra con Quito, se muestra una llamada entre las dos recepcionistas de cada ciudad. La llamada se establecerá entre las extensiones 101 y 201.

Las capturas de las oficinas de Quito fueron realizadas gracias la sección de TeamViewe, a continuación se muestra el registro de la extensión 201.

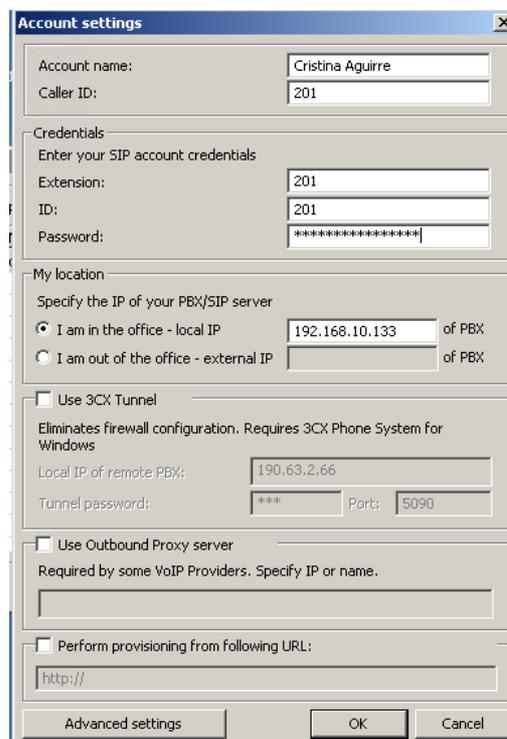


Figura 49. Registro de la extensión 201 (Quito)
Referencia: Imagen del programa TeamViewer.

Con todos los campos requeridos, se guardan los parametros de la extension.

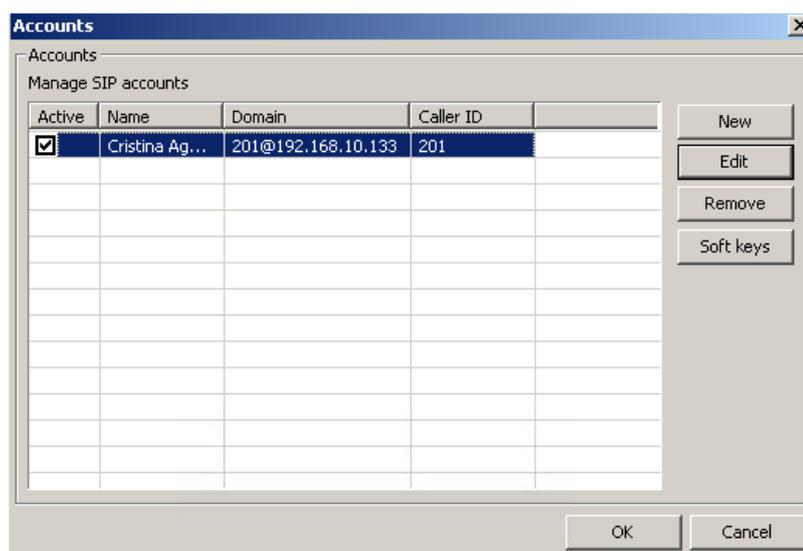


Figura 50. Activación de la extensión.
Referencia: Imagen proporcionada por TeamViewer.

Se debe esperar a que la cuenta SIP se conecte con la central Elastix, si los parámetros están todos correctos, se muestra ON HOOK en la pantalla del softphone como la siguiente Figura 51.



Figura 51. Cuenta SIP 201 registrada con éxito.
Referencia: Imagen proporcionada por TeamViewer.

Para verificar que la conexión fue realizada desde de la ciudad de Quito por el túnel VPN se muestra el panel de operador. Recordando que en la configuración de la VPN se asignó este rango de direcciones IP para el tulo PPTP.



Figura 52. Registro en el panel de operador de la extensión 201 (Quito)
Referencia: Elastix 2.5 Recuperado de: <http://192.168.10.133>

La extensión 101 en la oficina de Ibarra, On Hook, la extensión 201 conectada y para su comprobación por la sesión de TeamViewer de igual manera.



Figura 53. Extensiones de prueba, en línea.
Referencia: Imagen proporcionada por TeamViewer.

Finalmente para comprobar se inicia una llamada y se obtiene una sección exitosa.

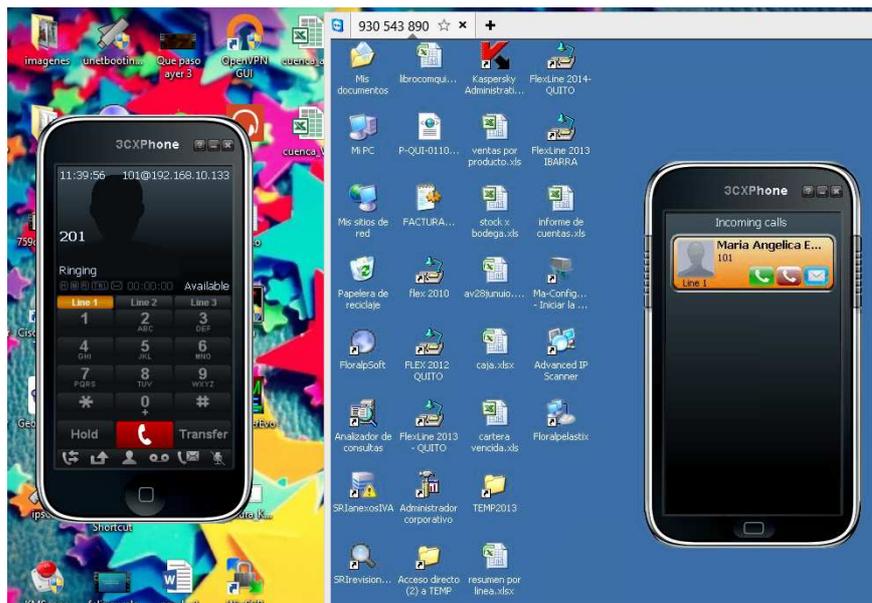


Figura 54. Timbrado de la extensión 101 a la 202
Referencia: Imagen proporcionada por TeamViewer.

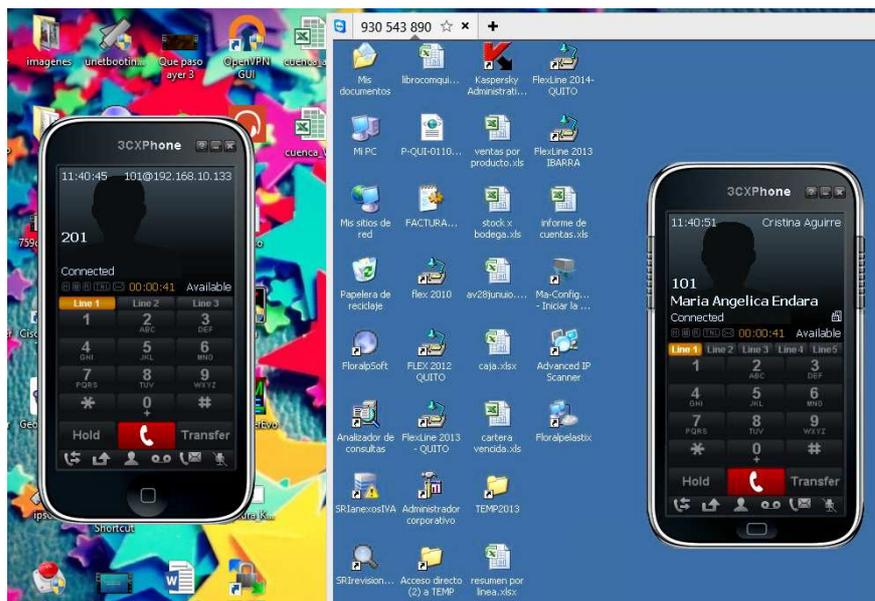


Figura 55. Llamada exitosa entre Ibarra y Quito.
Referencia: Imagen proporcionada por TeamViewer.

Durante las llamadas de prueba se pudieron observar los siguientes consumos de recursos de la red.

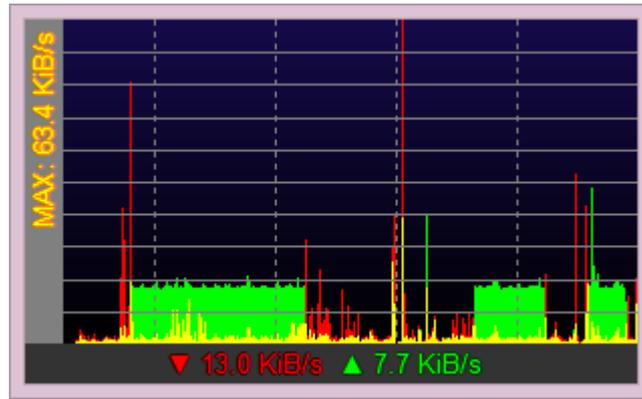


Figura 56. Consumo de ancho de banda en llamadas a Quito.
Referencia: Imagen proporcionada por el programa NetMeter.

La Figura 56 muestra de color amarillo un consumo máximo de 63.4 KiB/s, dentro de todo el periodo de color rojo un 13.0 KiB/s correspondiente a descargas desde la red, y un 7.7 KiB/s de color verde que corresponde a las llamadas por el túnel VPN.

De acuerdo a los parámetros aceptables de calidad de servicio, la llamada a la oficina de Quito, posee valores aceptables, a continuación se muestran las capturas gracias al programa Wireshark.

La siguiente figura muestra las llamadas realizadas a la oficina en Quito, el principal protocolo que se toma en cuenta es los paquetes generados por el protocolo RTP.

The figure shows a screenshot of the 'Wireshark: RTP Streams' window. The window title is 'Wireshark: RTP Streams'. Below the title bar, it says 'Detected 5 RTP streams. Choose one for forward and reverse direction for analysis'. The main content is a table with the following columns: Src IP addr, Src port, Dst IP addr, Dst port, SSRC, Payload, Packets, Lost, Max Delta (ms), Max Jitter (ms), Mean Jitter (ms), and Pb?. The table contains 5 rows of data.

Src IP addr	Src port	Dst IP addr	Dst port	SSRC	Payload	Packets	Lost	Max Delta (ms)	Max Jitter (ms)	Mean Jitter (ms)	Pb?
192.168.10.180	40008	192.168.10.133	18144	0x18BE	g711U	1776	0 (0.0%)	25.52	3.72	2.37	
192.168.10.180	40010	192.168.10.133	19648	0x3D6C	g711U	1002	0 (0.0%)	27.82	3.73	2.40	X
192.168.10.180	40012	192.168.10.133	12790	0x6952	g711U	2155	0 (0.0%)	42.35	4.30	1.80	X
192.168.10.180	40014	192.168.10.133	19336	0x6DF1	g711U	1725	0 (0.0%)	21.51	0.67	0.49	
192.168.10.180	40016	192.168.10.133	15350	0x26E9	g711U	966	0 (0.0%)	25.47	3.80	2.38	X

Below the table, there are instructions: 'Select a forward stream with left mouse button, and then Select a reverse stream with Ctrl + left mouse button'. At the bottom, there are several buttons: Unselect, Find Reverse, Save As, Mark Packets, Prepare Filter, Copy, Analyze, and Close.

Figura 57. Paquetes RTP.
Referencia: Imagen capturada de Wireshark.

En base al resumen de la respectiva llamada, muestra que no se tiene pérdidas, un Máximo Jitter de 3.72ms, el ancho de banda que utilizó esta llamada es de 80kbps.

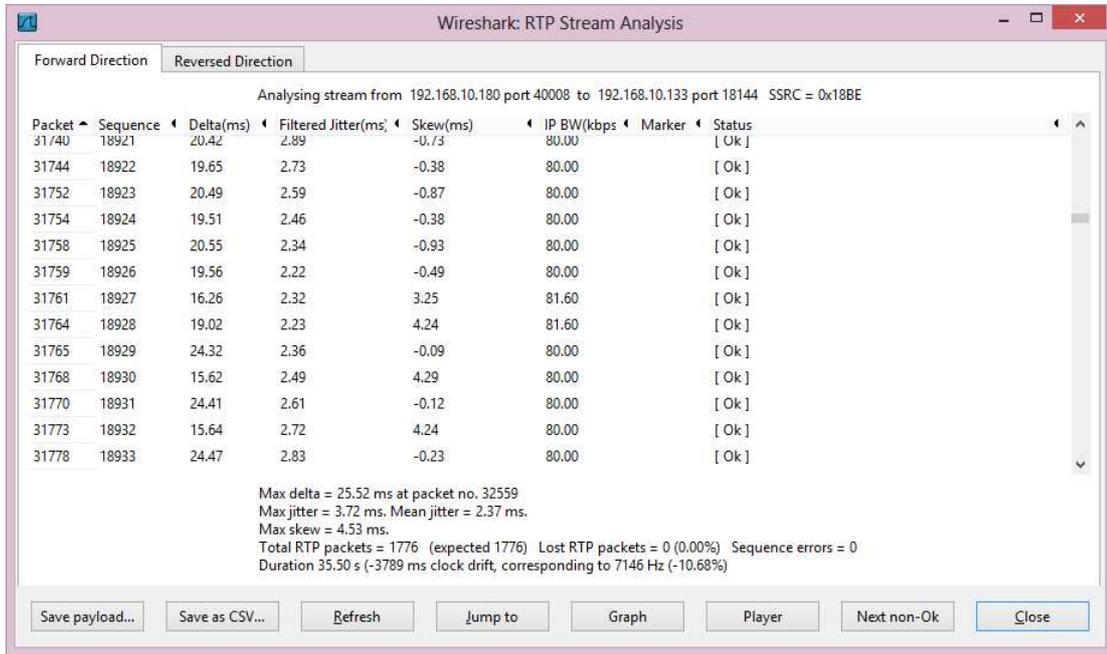


Figura 58. Análisis de paquetes RTP
Referencia: Imagen capturada de Wireshark.

Se realizó también una prueba con descarga de archivos, que presento los siguientes resultados.

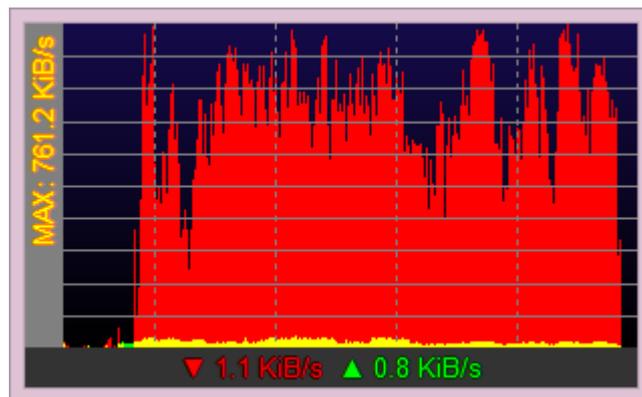


Figura 59. Prueba con descarga de archivos.
Referencia: Imagen capturada de Wireshark.

Al realizar la llamada conjuntamente con descargas de archivos, se puede apreciar que tiene un valor mayor el Max jitter en comparación a la Figura 58, pero mantiene el mismo ancho de banda de 80kbps y sin pérdida de paquetes.

Wireshark: RTP Stream Analysis

Analysing stream from 192.168.10.180 port 40012 to 192.168.10.133 port 12790 SSRC = 0x6952

Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
53439	29536	20.53	0.68	-0.46	80.00		[Ok]
53440	29537	19.53	0.67	0.01	80.00		[Ok]
53446	29538	25.43	0.97	-5.42	80.00		[Ok]
53452	29539	14.69	1.24	-0.11	80.00		[Ok]
53454	29540	24.37	1.43	-4.49	80.00		[Ok]
53455	29541	15.64	1.62	-0.13	80.00		[Ok]
53461	29542	19.58	1.54	0.30	80.00		[Ok]
53465	29543	20.54	1.48	-0.25	80.00		[Ok]
53469	29544	19.54	1.42	0.22	80.00		[Ok]
53473	29545	20.50	1.36	-0.28	81.60		[Ok]
53476	29546	24.54	1.56	-4.82	80.00		[Ok]
53477	29547	15.54	1.74	-0.36	80.00		[Ok]
53481	29548	19.64	1.65	0.00	80.00		[Ok]

Max delta = 42.35 ms at packet no. 58181
 Max jitter = 4.30 ms. Mean jitter = 1.80 ms.
 Max skew = -26.36 ms.
 Total RTP packets = 2155 (expected 2155) Lost RTP packets = 0 (0.00%) Sequence errors = 0
 Duration 43.08 s (-7149 ms clock drift, corresponding to 6672 Hz (-16.60%))

Save payload... Save as CSV... Refresh Jump to Graph Player Next non-Ok Close

Figura 60. Análisis de paquetes RTP con descarga de archivos.
 Referencia: Imagen capturada de Wireshark.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Es necesario dar a conocer el costo de inversión y la justificación de los gastos generados en la implementación de este nuevo sistema en la industria FLORALP S.A, con la finalidad de ver si su posible implementación es viable, confiable y sobre todo que contribuya en el crecimiento de la red interna y la comunicación de las diferentes sucursales con la matriz.

En el presente capítulo se presenta el presupuesto referencial de la inversión, el análisis económico mediante el método costo beneficio del nuevo sistema y así determinar la inversión inicial y el tiempo de recuperación de la misma.

6.1. COSTO BENEFICIO

Se define al análisis costo beneficio como una técnica que tiene el fin de valorar las inversiones, no solo en la parte económica si no incluye también aspectos social y ambiental, que no son consideradas en los análisis puramente financieros (Expansión.com, 2015)

6.2. ETAPAS DEL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Las etapas recomendadas para el análisis costo beneficio del sistema de telefonía IP para la industria FLORALP S.A, son las siguientes:

- Análisis económico del sistema actual de telefonía.
- Costos de implementación del nuevo sistema.
- Cálculos de valores VAN⁷¹, TIR, Beneficio-Costo, y ROI⁷².

6.2.1. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA ACTUAL DE TELEFONÍA

6.2.1.1. Gasto por telefonía actual

Gracias al área de contabilidad de la industria FLORALP S.A se obtuvo los pagos de telefonía de todo el año 2014 a excepción de las oficinas de Cuenca que solo se posee un determinado número de meses de consumo. El resumen de los costos se muestra en la siguiente Tabla 51.

Tabla 51. Costo por telefonía del año 2014 de FLORALP S.A

MES	Costo mensual (Dólares)
Enero	838.49
Febrero	1034.4
Marzo	980.47
Abril	932.93
Mayo	1077.38
Junio	1043.76
Julio	1107.71
Agosto	1387.79
Septiembre	1106.79
Octubre	1221.73
Noviembre	1206.59
Diciembre	1212.42
TOTAL ANUAL	13150.46

Referencia: Facturas del área de Contabilidad.

⁷¹ TRP.- Taza de Rendimiento promedio.

⁷² ROI.- Retorno de la inversión inicial.

En la siguiente gráfica se puede observar que el consumo de telefonía tiene un incremento en los últimos meses y el más notable se da en el mes de agosto.

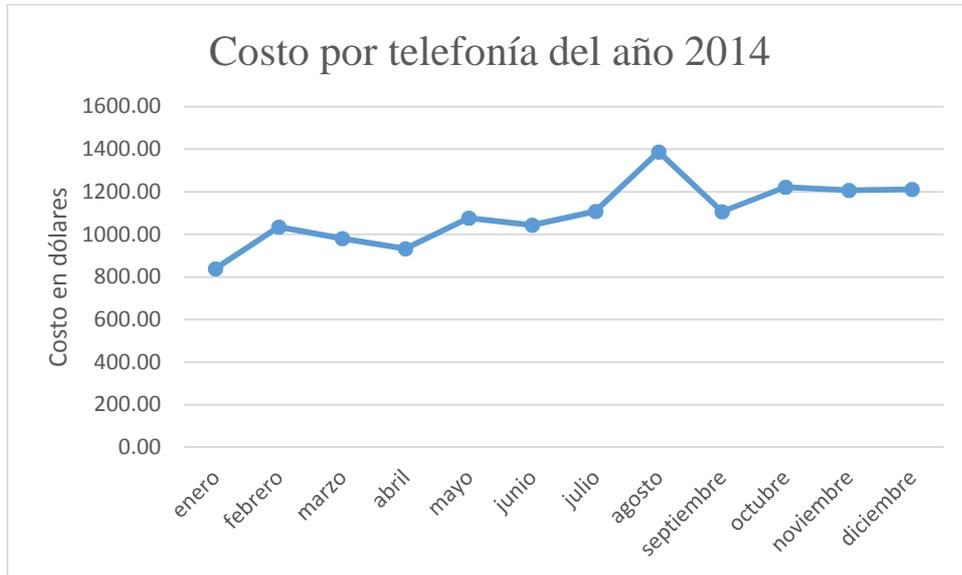


Figura 61. Gráfica de costo de telefonía de la industria FLORALP S.A
Referencia: Facturas de telefonía.

El gasto promedio mensual por costos de telefonía de la empresa FLORALP S.A es de \$1095.78 dólares.

6.2.1.2. Método de reducción de costos por telefonía.

El método escogido para la reducción de costos es el siguiente; en la sección 4.2.4 se realizó en cálculo de las troncales en base al consumo de Erlangs, la matriz y la oficina de la ciudad de Quito presentan el consumo más alto en telefonía, por la tanto se recomienda eliminar seis líneas de las veinte que actualmente funcionan.

El motivo de esta disminución es que gracias al sistema de telefonía IP, los consumidores rebajarán el costo al comunicarse mediante extensiones SIP que serán asignadas por la nueva central.

Tabla 52. Costo mediante la eliminación de líneas telefónicas.

MES	Costo líneas a conservarse	Beneficio de líneas a eliminarse
Enero	660.33	178.16
Febrero	802.16	232.24
Marzo	721.72	258.75
Abril	708.13	224.8
Mayo	770.29	307.09
Junio	710.64	333.12
Julio	776.67	331.04
Agosto	1040.17	347.62
Septiembre	797.03	309.76
Octubre	841.95	379.78
Noviembre	863.67	342.92
Diciembre	862.44	349.98
TOTAL ANUAL	9555.2	3595.26

Referencia: Facturas del área de Contabilidad

En base a la Tabla 52 se deduce que el gasto promedio mensual con el nuevo sistema es de \$796.26 dólares, mientras que el ahorro promedio mensual será de \$ 299.60 dólares. Los valores antes mencionados son un estimado de los valores que la industria podría facturar por costos de telefonía.

6.2.2. COSTOS DE INVERSIÓN DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP.

En la siguiente tabla se detallan los costos de los equipos que son necesarios dentro de la red de datos de la industria FLORALP S.A. para una futura implementación de este sistema.

Tabla 53. Presupuesto referencial para el sistema de telefonía IP

Cantidad	Equipo	Precio por unidad	Total
1	Servidor VoIP	\$2,700.00	\$2,700.00
8	Teléfono IP SIP-T28P Yealink	\$180.00	\$1,440.00
19	Teléfono IP SIP-T21P Yealink	\$106.40	\$2,021.60
29	SIP-T19P Yealink	\$85.00	\$2,465.00
4	Consola de extensión EXP39 Yealink	\$150.00	\$600.00
4	YHS32 Yealink Headset	\$56.00	\$224.00
10	Headset PC	\$65.00	\$650.00
1	Costo de instalación y configuración	\$800.00	\$800.00
	TOTAL		\$10,900.60

Referencia: Presupuesto Central IP PBX. Proveedor MaxiGroup.

Es necesario aclarar que los valores antes presentados no incluyen el valor del 12% IVA⁷³ que corresponde a \$1,308.07 dando un valor total de \$12,208.67 dólares.

6.2.3. ANÁLISIS DE COSTOS

6.2.3.1. Flujo neto.

Se define al flujo neto como el movimiento de efectivos, es decir sus ingresos y egresos en un determinado periodo de tiempo, los mismos que pueden estar asociados a un proyecto de inversión concreto o a la empresa en su conjunto (Expansión.com, 2015)

Tabla 54. Flujo de caja

Oficina	AÑOS							
	0	1	2	3	4	5	6	7
BENEFICIOS								
Cuenca		303.8	303.8	303.8	303.8	303.8	303.8	303.8
Guayaquil		222.42	222.42	222.42	222.42	222.42	222.42	222.42
Ibarra		881.01	881.01	881.01	881.01	881.01	881.01	881.01
		612.39	612.39	612.39	612.39	612.39	612.39	612.39
Quito		1101.23	1101.23	1101.23	1101.23	1101.23	1101.23	1101.23
		474.41	474.41	474.41	474.41	474.41	474.41	474.41
Total beneficios	0	3595.26	3595.26	3595.26	3595.26	3595.26	3595.26	3595.26
EGRESOS								
Inversión en equipos VoIP	12208.67							
Transporte		100	103.5	107	110.5	114	117.5	121
Repuestos		200	207	214	221	228	235	242
Mano de obra		158	163.53	163.53	163.53	163.53	163.53	163.53
Sesiones remotas		200	207	214	221	228	235	242
Total egresos	12208.67	658	681.03	698.53	716.03	733.53	751.03	768.53
FLUJO NETO	-12208.67	2937.26	2914.23	2896.73	2879.23	2861.73	2844.23	2826.73

Referencia: Base a datos de tablas y calculo previos.

⁷³ IVA.- Impuesto al valor agregado.

Vale aclarar que se estimó un incremento de los egresos de acuerdo a la inflación anual presentada por el diario (El Universo, 2014) en su página web, para el 2014 con un 3.5%.

La Tabla 54 detalla los beneficios y egresos al invertir en el sistema de telefonía, se va a lograr empezar a recuperar la inversión inicial desde el sexto a séptimo año.

6.2.3.2. Cálculo del valor VAN

El VAN es un indicador financiero que se permite medir los flujos de los futuros ingresos y egresos que puede tener un proyecto, para así, conocer si después de descontar la inversión inicial queda algún tipo de ganancia. Es el principal indicador de que un proyecto es viable. (CrecerNegocios, 2015)

Para el cálculo del VAN es necesario conocer la tasa de descuento, que actualmente según la SEMPLADES aclara que la tasa de descuento debe ser del 12%.

Tabla 55. Cálculo del VAN

Tasa de descuento	
	12%
Año	Flujo neto
0	-12208.67
1	2937.26
2	2914.23
3	2896.73
4	2879.23
5	2861.73
6	2844.23
7	2826.73
VAN	\$972.19

Referencia: Cálculo de hoja de Excel.

Al interpretar el valor del VAN puesto que es positivo, se determina que el proyecto es viable.

6.2.3.3. Cálculo del TIR

“La TIR es la tasa de descuento (TD) de un proyecto de inversión que permite que el BNA sea igual a la inversión (VAN igual a 0)” así se define al TIR según (CrecerNegocios, 2015) en su página web.

Las funciones financieras de Excel nos permite realizar el cálculo del TIR, para el presente diseño se ha obtenido un valor del 14%, analizando con respecto al valor del 12% de la tasa de descuento el valor del TIR debe ser siempre mayor, para la factibilidad de un proyecto.

6.2.3.4. Relación costo beneficio

La relación de costo beneficio, establece por separado los valores presentes de los ingresos y los egresos, para luego ser divididos ente la suma de los valores presentes de los costos e ingresos. (AulaFacil.com, 2014)

La relación costo beneficio puede tener dos situaciones:

- **Relación B/C >1:** Índice que indica que por cada dólar de costos se obtiene más de un dólar de beneficio. En consecuencia, el proyecto puede aceptarse.
- **Relación B/C < 1:** Índice que indica que por cada dólar de costos se obtiene menos de un dólar de beneficio. El proyecto no es lo suficientemente rentable.

$$C/B = \frac{\text{Valor presente de ingresos}}{\text{Valos presente de costos}}$$

Ecuación 13. Relación costo beneficio
Fuente: recuperado de (SCielo, 2010)

Tabla 56. Valor presente de beneficios

Tasa de descuento	12%
Año	Total de beneficios
0	0
1	3595.26
2	3595.26
3	3595.26
4	3595.26
5	3595.26
6	3595.26
7	3595.26
VAN Beneficios	\$16,407.89

Referencia: Cálculos de hoja de Excel.

Tabla 57. Valor presente de egresos

Tasa de descuento	12%
Año	Total de beneficios
0	12208.67
1	658
2	681.03
3	698.53
4	716.03
5	733.53
6	751.03
7	768.53
VAN Egresos	\$15,435.70

Referencia: Cálculos- de hoja de Excel.

Por lo tanto la relación análisis costo benefició de esta proyecto tiene el siguiente resultado.

$$C/B = \frac{16407.89}{15435.70}$$

$$C/B = 1.06$$

El análisis costos beneficio nos indica que es rentable y además que por cada dólar que se invierte en el proyecto se recuperará 0.06 centavos de dólar.

6.3. CONCLUSIÓN DE LA INVERSIÓN

La industria FLORALP S.A tiene un gasto muy elevado de telefonía, como lo muestran los datos obtenidos por medio de las facturas mensuales de todas las troncales a nivel nacional. Aproximadamente se cancelan mensualmente mil dólares, siendo las oficinas de Ibarra y Quito las que presentan mayor consumo, el mayor número de minutos consumidos son por llamadas a celular.

El método para conocer cuál será el beneficio de la implementación del nuevo sistema de telefonía IP es la eliminación de las troncales que tiene un consumo intermedio, pues los costos se reducen en un 30%.

La inversión inicial de proyecto es de \$12,208.67 para toda la industria, a pesar de ser una inversión inicial alta y sabiendo que el primer año será solo de egresos, se tiene un beneficio de las líneas a eliminarse de aproximadamente de \$3595.26 dólares al año; por lo tanto que el flujo neto de la Tabla 52 se lo empezará a recuperar entre el año sexto y séptimo.

El valor del VAN es el primer indicador que permite a un proyecto saber si es factible, es su valor positivo, para el presente proyecto este valor se convierte en positivo al cumplirse el séptimo año. El valor del TIR es también importante pues debe ser mayor y entre más lejano al

valor de la tasa de descuento es más factible el proyecto y los años de recuperación de la inversión serán menores.

La relación Costo-Beneficio tiene un índice de relación si es mayor a 1, existirá ganancias, para que esta relación cumpla con este valor debe ser mayor el valor obtenido por los beneficios, que el valor presente de los costos; es decir que si no se tienen beneficios al pasar de los años no tendrá buenos resultados la inversión inicial.

El presente proyecto es factible a pesar de su tardía recuperación de la inversión, pero no solo tiene beneficios económicos si no también tiene beneficios laborales, pues permitirá que las oficinas tengan un medio de comunicación propio de la industria, ayudara a que la red de datos se vuelva robusta y flexible, pues al necesitar de nuevos equipos para la trasmisión de voz sobre IP genera que los demás servicios que cruzan por la red crezcan.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad permitir a la industria lechera FLORALP S.A, crecer por medio del uso de nuevas tecnologías de comunicación, adicional a esto acceder a que su red de datos se vuelva robusta y flexible a la vez; sin olvidar que esta tecnología abarata los costos por consumo de telefonía.

La central telefónica PBX Panasonic Advanced Hybrid System KXTA616 ha cumplido ya su vida útil, por lo cual ocasiona molestias a los usuarios; la red de datos por otro lado es plana, sin clasificación de tráfico, sin ACLs ni VLANs, la red FLORALP S.A Ibarra trabaja independientemente de sus otras oficinas.

Las plataformas de software libre permiten actualmente dar solución a aplicaciones y servicios en el mismo nivel que un software de paga lo puede hacer, tomando en cuenta que los beneficios de ser libre es el ahorro en costos de licenciamiento, y que la mayoría de las empresas, no solo publicas sino también las privadas, poseen este tipo de soluciones, es un ejemplo claro las centrales IP PBX con una alta demanda por sus costos y buen servicio.

Con la ayuda del estándar IEEE 830 (1998) y la norma ISO/IEC/IEEE 29148 (2011), Especificación de Requisitos de Software, se realizó la selección del software de telefonía IP que se ajuste a las necesidades y brinde las mejores soluciones a los usuarios de la red. Como

resultado se obtuvo, que la plataforma Elastix, brinda estabilidad, eficiencia tanto en memoria como en recurso a la red, se integra fácilmente a cualquier tipo de infraestructura en la que se ubique.

El dimensionamiento de equipos está basado en la elección del software de la central, una vez definido cual se utilizará, se dimensiona el tipo de servidor tomando en cuenta que debe soportar un número determinado de usuarios y que debe tener características físicas para conectarse a la red pública de telefonía.

Es necesario recordar que actualmente existen un sin número de soluciones para la transmisión de voz sobre IP, en el mercado se puede encontrar desde tarjetas de telefonía FXO/FXS, Gateways, appliance dedicados exclusivamente para trabajar con plataformas de software libre, e incluso switch que permiten reutilizar el cableado casi en desuso Cat5e sin preocuparse por la calidad en la voz.

Una de las principales desventajas de la telefonía IP es la calidad en la voz, a comparación de una línea analógica q no tiene este tipo de problemas; pero se puede mejorar estas características al usar políticas de calidad de servicio en la red de datos, permitiendo así la satisfacción de los usuarios finales.

Gracias al análisis Costo-Beneficio en el que se incluyen cálculos de VAN, TIR, se puede determinar si un proyecto es viable para una implementación, siempre y cuando el valor obtenido en la relación sea mayor a uno; el presente proyecto a pesar de tener un periodo largo de recuperación es rentable.

7.2. RECOMENDACIONES

Gracias al diseño del sistema de telefonía se registró algunas falencias en la red de FLORALP S.A por lo cual se recomienda mejorar los equipos de ruteo y de conmutación, para permitir configuraciones avanzadas como por ejemplo calidad de servicio, ACLs, VLANs, entre otros.

El cableado estructurado ha cumplido su tiempo de vida útil de cinco años por lo cual se recomienda hacer una certificación de puertos, para permitir que la transmisión de la voz no tenga ningún tipo de problema.

Es muy importante no olvidar realizar las configuraciones de calidad de servicio de acuerdo al modelo presentado en el diseño, ya que, se debe brindar una llamada sin problemas como eco y retardo. Se recomienda usar el módulo de cancelador de eco que Elastix posee para tarjetas analógicas o módulos adicionales.

Elastix presenta actualmente tres versiones estables, 2.4, 2.5 y 3.0, para proyectos o diseños la versión 2.4 y 2.5 son las más adecuadas, no requieren licenciamiento y están disponibles en la página www.elastix.com, la versión 3.0 incluye nuevos parámetros de administración pero por el momento no cuenta con el soporte necesario y existen módulos que aún no se los ha incluido, como Addons, configuración de extensiones por lotes, Easy VPN entre otros.

Lo más importante en una red de datos es su seguridad, por lo cual es necesario configurar el módulo de Firewall que Elastix trae embebido, deshabilitar el acceso por web mientras no sea el administrador quien lo vaya a usar.

En la creación de usuarios y en lo que se refiere a claves de acceso debe usarse contraseñas fuertes, es decir, que deben contener números, letras mayúsculas y minúsculas y un carácter especial; de igual manera las claves de accesos debe ser diferentes a las que Elastix las coloca por default; cambiar el acceso remoto por puertos conocidos, utilice VPNs para su administración remota e incluso para los usuarios fuera de la red, todo esto hará que el servidor sea vulnerable a cualquier tipo de ataque.

Para la factibilidad y el uso adecuado del servicio de telefonía, se recomienda la compra de la licencia de Free PBX, con la finalidad de que las restricciones de llamadas sean controladas por ese software para permitir que solo las personas que conozcan de la clave y usuario puedan realizar llamadas a celulares o internacionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alamacen informatico.com. (30 de Julio de 2014). *3COM Baseline Switch 2024*. Obtenido de Alamacen informatico.com: http://www.almacen-informatico.com/3COM_baseline-switch-2024-3C16471B-ME_53937_p.htm
- Alice, Q. (Julio). *Analysing the Characteristics of VoIP Traffic*. Canadá: No definido. Recuperado el 15 de Marzo de 2014
- Apacelli.com. (30 de Julio de 2014). *Linksys SFE2000*. Obtenido de Apacelli.com: <http://es.apacelli.com/routers-and-switches-linksys/linksys-sfe2000/>
- Asterisk México. (31 de Diciembre de 2007). *Comparación de codecs de VoIP*. Recuperado el 21 de Febrero de 2014, de Asterisk México: <http://asteriskmx.com/foros/threads/845-Comparaci%C3%B3n-de-codecs-de-VoIP>
- AulaFacil.com. (2014). *Evaluación Privada de proyectos*. Obtenido de Relación Costo beneficio: <http://www.aulafacil.com/proyectos/curso/Lecc-23.htm>
- Blog sobre telefonía. (25 de Abril de 2014). Recuperado el 30 de Septiembre de 2014, de Voz sobre IP: Fundamentos de la señalización mediante el protocolo SIP: <http://telefonía.blog.tartanga.net/2014/04/25/voz-sobre-ip-fundamentos-de-la-senalización-mediante-el-protocolo-sip/>
- Castro, S., & Massa, A. (2010). *Formulación de una guía metodológica para implementar una infraestructura virtual con alta disponibilidad y balanceo de carga y backup,consecuente a un análisis y comparación de las soluciones de la virtualización de servidores usando IEEE 830 para la se*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 12 de Septiembre de 2014, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2031/1/CD-2852.pdf>
- Cisco. (2008). *Cisco*. Recuperado el 7 de Agosto de 2014, de Cisco 880 Series Integrated Services Routers: http://www.cisco.com/cisco/web/solutions/small_business/products/routers_switches/800_series_isr/docs/880ISR_DS.pdf
- Cisco. (2008). *Hoja de datos*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2014, de Cisco SFE2000P: <http://goo.gl/HnKFH2>

- Cisco. (29 de 07 de 2014). *Cisco 1721 Modular Access Router*. Obtenido de Cisco:
<http://www.cisco.com/c/en/us/products/routers/1721-modular-access-router/index.html>
- Corrales, J., & Rendon, Á. (Octubre de 2001). *Telefonía Telefonía IP, Voz sobre IP, Conceptos y Arquitectura*. Obtenido de Departamento de Telematica:
<http://dtm.unicauca.edu.co/pregrado/conmutacion/transp/4.1-VoIP.pdf>
- CreceNegocios. (2015). *El VAN y el TIR*. Recuperado el 2 de febrero de 2015, de
<http://www.crecenegocios.com/el-van-y-el-tir/>
- Culqui, N. (2013). “*DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEFONÍA IP BASADO EN SOFTWARE LIBRE E INTEGRACIÓN CON LA RED DE DATOS; COMO ALTERNATIVA DE COMUNICACIÓN DE VOZ SOBRE EL PROTOCOLO IP ENTRE DEPENDENCIAS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE SAN MIGUEL DE IBARRA*”. Ibarra. Recuperado el 15 de Diciembre de 2014
- EcuRed. (20 de Febrero de 2014). *Conocimiento con todo y para todos*. Obtenido de EcuRed: <http://www.ecured.cu/index.php/C%C3%B3dec>
- EFORT. (15 de Marzo de 2014). *RTP y RTCP*. Obtenido de EFORT:
http://www.efort.com/media_pdf/RTP_ES_EFORT.pdf
- El Universo. (7 de Mayo de 2014). *Inflación anual en Ecuador se aceleró 3,23%, según INEC*. Recuperado el 2 de febrero de 2015, de <http://goo.gl/ygVguA>
- elastix. (2007). *Casos de éxito*. Recuperado el 16 de Octubre de 2014, de Elastix como plataforma de comunicaciones para personas con capacidades especiales en países de desarrollo: www.elastix.org
- Elastix. (15 de Abril de 2014). *Características*. Obtenido de Elastix Freedom to Communicate: <http://www.elastix.org/index.php/es/informacion-del-producto/caracteristicas.html>
- Expansión.com. (2015). *Diccionario económico*. Recuperado el 20 de Enero de 2015, de Análisis coste/beneficio: <http://goo.gl/MrFlc8>
- Federal Communications Commission. (21 de septiembre de 2009). *Telefonía por Internet (VoIP) Información para el consumidor*. Obtenido de Federal Communications Commission: <http://transition.fcc.gov/cgb/consumerfacts/spanish/voip.html>

- FLORALP . (25 de Mayo de 2014). *FLORAL Ecuador*. Obtenido de FLORALP Expertos en quesos: <http://www.floralp-sa.com/corporativo-ecuador/mision-y-vision.html>
- Free Software Foundation. (11 de Marzo de 2014). *Qué es el software libre*. Obtenido de El sistema operativo GNU: <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html>
- Garduño, F. (25 de Mayo de 2007). *UDLAP BIBLIOTECAS*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2014, de Colección de Tesis Digitales Universidad de las Americas Puebla: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/garduno_a_f/portada.html
- Gil Cabezas, J. (2009). *Protocolo de transporte en tiempo real -RTP-*. Córdoba: no definido.
- HP. (2014). *Servidores HP ProLiant ML*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2014, de Servidor HP ProLiant ML310e Gen8 v2: <http://goo.gl/PdtwDW>
- Ibitec. (2012). *CCNA voice*. Obtenido de Calidad de servicio: http://www.forumtech.net/cisco/voice_1/voice1/otros/cap12.pdf
- iNPHONEX. (14 de Diciembre de 2012). *Requerimientos de Banda Ancha y CODECs*. Recuperado el 3 de Febrero de 2014, de iNPHONEX: <http://www.inphonex.es/soporte/voip-codecs.php>
- Inversiones Teleiva .com 19 C.A. (5 de agosto de 2014). *Teléfonos Híbridos*. Obtenido de Distribuidor Panasonic: <http://www.kx-tem.com/telefonos-panasonic-analogicos-digitales/telefonos-hibridos-panasonic.html>
- Iperf. (s.f.). Recuperado el 21 de agosto de 2014, de Iperf: <http://www.wcruzy.pe/ri/iperf.pdf>
- Landívar, E. (2008). *Comunicaciones unificadas con Elastix (Vol. II)*. Quito, Ecuador: no definido.
- Landívar, E. (2008). *Comunicaciones Unificadas con Elastix*. Quito: no definido.
- LINKSYS. (30 de Julio de 2014). *LINKSYS a Division of Cisco*. Obtenido de Navegue por Internet, trabaje o juegue sin necesidad de cables.: http://www.bestphone.com.ar/comercio46/html/278145WRT54G2-ES_V10_DS_NC-WEB.pdf
- Luisrubi. (26 de Febrero de 2014). *Ventajas de la telefonía IP*. Obtenido de Luisrubi: <http://luisrubi.wordpress.com/category/ventajas-y-desventajas-de-la-telefonía-ip/>

- Luzuriaga, J., & Malla, C. (Noviembre de 2012). *Universidad Politécnica Salesiana*. Recuperado el 20 de enero de 2015, de Implementación de un servicio de Telefonía IP para COOPCCP: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3475>
- Manual para configurar redes. (17 de Abril de 2014). *Trixbox*. Obtenido de Manual para configurar redes: <http://howtonet.wordpress.com/trixbox/>
- Muñoz, A. (2010). *Elastix a Ritmo de Merengue*. Republica Dominicana: No definido.
- NENA. (10 de Junio de 2004). *VoIP Characteristics*. Recuperado el 27 de Agosto de 2014, de National Emergency Number Association: <https://www.nena.org/?page=Standards>
- Onedirect. (5 de Agosto de 2014). *Los mejores precios en telefonía profesional*. Obtenido de Panasonic KX-DT346: <http://www.onedirect.es/productos/panasonic/panasonic-kx-dt346>
- O'REILLY. (2005). Switching to VoIP. En T. Wallingford, *Switching to VoIP* (pág. 158). United States of America: Safari.
- PaloSanto Solution. (29 de Marzo de 2014). *Elastix. Freedom to communicate*. Obtenido de <http://www.elastix.org/index.php/en/product-information/features.html>
- Panasonic. (s.f.). *Panasonic Ideas for Live*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2014, de TDA 100D Especificaciones: http://www.panaret.es/es/Ficha_de_producto/8/193/Central_telefonica_hibrida_TDA100D/
- Quarea. (12 de Marzo de 2014). *Asterisk: Funcionalidades básicas y avanzadas*. Obtenido de Voz datos IP: http://www.quarea.com/es/asterisk_funcionalidades_basicas_avanzadas
- Rosa, F. S. (2009). Introducción a la telefonía IP utilizando estándares. En F. S. Rosa, *Introducción a la telefonía IP utilizando estándares* (págs. 9,10). Barcelona: GNU Free Documentation License.
- SANGOMA. (2013). *Sangoma Media Gateways*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2014, de Vega 50 Analog/BRI Gateway: <http://www.sangoma.com/assets/docs/datasheets/en/vega50.pdf>
- SciELO. (Junio de 2010). *Evaluación económica de la producción de cítricos cultivados en el Piedemonte del Departamento del Meta durante 12 años*. Recuperado el 25 de Enero de 2015, de <http://goo.gl/qaxQ5X>

- Simon, Z., Jean-Louis, D., & Roland, G. (2005). *Etude et FORMations en Telecommunications*. Recuperado el 3 de Octubre de 2014, de SIP : Session Initiation Protocol: http://www.efort.com/media_pdf/SIP_ESP.pdf
- sinologic. (12 de Marzo de 2014). *Lista de características de Asterisk 12*. Obtenido de sinologic: <http://www.sinologic.net/blog/2013-08/lista-de-caracteristicas-de-asterisk-12.html#.U3DzYPldWsk>
- Telefonia Voz IP. (26 de Febrero de 2014). *Desventajas de la Telefonía IP*. Obtenido de Telefonía Voz IP: <http://www.telefoniavozip.com/voip/desventajas-de-la-telefonía-ip.htm>
- Thomas Porter. (2004). *Practical VoIP Security*. (G. Byrne, Ed.) Canadá: O'Reilly Media. Recuperado el 30 de Septiembre de 2014, de <http://www.ipshka.com/doc/soft/voip/Practical%20VoIP%20Security/Practical%20VoIP%20Security.pdf>
- TP-LINK. (30 de Julio de 2014). *Convertidor Multimedia de Modo Individual de 10/100Mbps*. Obtenido de Switches Serie JetStream: <http://www.tp-link.com/mx/products/details/?model=MC110CS>
- TP-Link. (2014). *Switches Serie JetStream* . Recuperado el 7 de Agosto de 2014, de Switch para bastidor con 24 puertos a 10/100 Mbps: <http://www.tplink.com/es/products/details/?model=TL-SF1024#over>
- Universidad Rey Juan Carlos. (Abril de 2014). *Departamento de Sistemas Telemáticos y Computación*. Recuperado el 5 de Enero de 2015, de OpenVPN: <http://gsyc.es/~mortuno/sro/openvpn.pdf>
- Vasco, M. (2010). *Dimensionamiento de una central telefonía IP utilizando estándares abiertos y software libre para la empresa Conectividad Global*. Quito. Recuperado el 9 de Septiembre de 2014, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2497/1/CD-3199.pdf>
- VoipForo. (22 de Febrero de 2014). *Codecs*. Obtenido de VoipForo: <http://www.voipforo.com/codec/codecs.php>
- www.openmaniak.com. (4 de Agosto de 2011). *Word Wide Made*. Recuperado el 5 de Septiembre de 2014, de Networking Iperf: <http://openmaniak.com/es/iperf.php>

XORCOM. (2014). *XR2000 IP-PBX Data Sheet*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2014, de <http://www.xorcom.com/files/techdocs/datasheet-xr2000.pdf>

Yealink. (2014). *Enterprise HD IP Phone*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2014, de SIP-T28P: <http://goo.gl/3hXo1g>

ANEXOS