



# UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

## **Diseño e Implementación de un Sistema de Telefonía IP basado en Software Libre para la Empresa Flornintanga S.A.**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos  
establecidos para optar por el título de:  
Ingeniero en Redes y Telecomunicaciones

Profesor Guía:  
Ing. Víctor Hugo Ulloa

**AUTORES:**  
**ÁLVARO EDWIN BUESTÁN ARÍZAGA**  
**BYRON VINICIO ARTIEDA HIDALGO**

Año  
2012

### **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

---

Víctor Hugo Ulloa  
Ingeniero en Electrónica y Control  
C.I.: 1708029796

### DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

---

Álvaro Edwin Buestán Arizaga

C.I.: 171695812-7

---

Byron Vinicio Artieda Hidalgo

C.I.: 171138660-5

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por la fuerza que me da día a día.

A mis padres por su respaldo en todo momento de mi vida.

A mis hermanos por el acolite.

A mi enamorada por el apoyo que me brindo para culminar el presente trabajo.

A cada uno de mis amigos y profesores de la carrera por hacer estos tres años los mejores de mi vida universitaria.

De todo corazón muchas gracias.

**Álvaro**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto les he dedicado a mis padres, María Magdalena, Luís Buestán, quienes me han enseñado que los logros se los consigue con esfuerzo y lucha los cuales han inculcado en mí día a día.

A mis hermanos por su apoyo diario y por depositar en mí su confianza y estar siempre a mi lado.

A Ceci que está en todo momento a mi lado en las buenas y malas, gracias.

Y a todas las personas que han estado involucradas directa e indirectamente con este humilde servidor, muchas gracias.

**Álvaro**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por darme sus bendiciones y las fuerzas necesarias para cumplir mis metas y objetivos.

A mi madre por todo el apoyo, esfuerzo y dedicación que me supo brindar durante todas las facetas de mi vida.

A mis profesores por compartir incondicionalmente sus experiencias, enseñanzas y formación. Gracias.

**Byron**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto va dedicado a mi querida mamá Inesita, quien con sus consejos, ejemplo y orientación supo guiarme por la senda del bien, e incentivó en mí, perseverancia y valor para la culminación de este proyecto y la carrera profesional.

A mi padre quien desde el reino de los cielos, está siempre junto a mí y su recuerdo motiva mis logros y metas alcanzadas.

De la misma forma dedico este trabajo a mi abuelita Rosita, por su cariño y constante apoyo.

**Byron**

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo principal el diseño e implementación de una red de telefonía IP basado en un sistema de software libre para la Empresa Flornintanga S.A. para lo cual se realizó una investigación sobre la tecnología que envuelve la telefonía IP, con el fin de resaltar sus conceptos, capacidades y ventajas.

En el capítulo I se presenta una descripción general sobre el estado actual de la Empresa Flornintanga S.A., empezando por la misión, visión y su organización administrativa, adicionalmente se realiza un análisis de su infraestructura tecnológica existente y los requerimientos del servicio de telefonía así como los justificativos el alcance y el planteamiento de la solución del proyecto.

En el capítulo II se menciona generalidades sobre el marco teórico que encierra la telefonía IP, su funcionalidad, elementos que lo constituyen, aspectos técnicos de configuración, calidad de servicio y tipos de software libre que existen así como también soluciones de telefonía IP de tipo propietario, para finalmente hacer una comparación entre estas dos tipos de soluciones.

En el capítulo III se desarrolla el diseño y la planificación del proyecto, que comienza con el planteamiento de requerimientos y la especificación de requisitos de software para la elección del sistema de telefonía que mejor se ajuste a las necesidades de la Empresa. Posteriormente se analiza los factores técnicos que determinan el dimensionamiento de la central telefónica y los elementos que conforman la red de telefonía en general.

En el capítulo IV se realiza la documentación de la implementación del sistema de telefonía IP, como lo es su instalación y configuración, de la misma forma para los dispositivos telefónicos IP y aplicaciones softphones. Finalmente se



realizan pruebas del sistema en producción a lo que se refiere a su funcionalidad y rendimiento.

En el capítulo V se realiza un análisis costo beneficio de la utilidad del proyecto, para lo cual primeramente se citan los costos detallados que conllevaran la ejecución, puesta en marcha y operación del sistema de telefonía IP, con esta información verificar mediante herramientas financieras como son la tasa interna de retorno TIR y el valor actual neto VPN, la factibilidad de la inversión en lo que se refiere a la rentabilidad para la Empresa.

Finalmente en el capítulo VI se presenta las conclusiones y recomendaciones que los autores tienen a bien mencionar en función a la experiencia y la investigación realizada.

## ABSTRACT

This project has as main objective the design and implementation of an IP telephony network based on a system of free software for Flornintanga Company S.A. for which there was a technology research involving IP telephony, to highlight their concepts, capabilities and advantages.

Chapter I provides an overview of the current state of the Company Flornintanga S.A., starting with the mission vision and administrative arrangements, in addition, an analysis of their existing technology infrastructure and service requirements as well as supporting telephony the scope and approach of the project solution.

Chapter II is mentioned an overview of the theoretical framework that holds the IP telephony functionality, constituent elements, technical aspects of setting, quality of service and types of free software there as well as IP telephony solutions proprietary type, to finally make a comparison between these two types of solutions.

In Chapter III develops the design and project planning begins with the approach of requirements and software requirements specification for the choice of telephony system that best meets the needs of the Company. Then we analyze technical factors that determine the sizing of the PBX and the elements of the telephone network in general.

Chapter IV is performed documenting the implementation of IP telephony system, such as installation and configuration, the same way for IP phone device and softphone applications. Finally, tests are done to the production system in terms of its functionality and performance.

Chapter V is performed a cost benefit analysis of the usefulness of the project, for which costs are listed first detail involving the execution, commissioning and

operation of the IP telephony system to verify this information using financial tools such as are the internal rate of return IRR and NPV net present value, the feasibility of investment in terms of profitability for the Company.

Finally, in chapter VI presents the conclusions and recommendations that the authors have mentioned it in terms of experience and research.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>2</b>
<b>1 SITUACIÓN ACTUAL Y ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA FLORNINTANGA S.A.</b> .....	<b>2</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	2
1.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL .....	2
1.2.1 Ubicación Geográfica.....	2
1.2.2 Organigrama Jerárquico de Funcionarios .....	3
1.2.3 Misión .....	4
1.2.4 Visión .....	5
1.2.5 Valores.....	5
1.3 CONECTIVIDAD, SEGURIDAD Y SERVICIOS DE RED.....	5
1.3.1 Infraestructura de Red .....	5
1.3.2 Conexión a Internet.....	6
1.3.3 Seguridad de la Red .....	7
1.3.4 Servicios y Aplicaciones .....	8
1.3.5 Estado actual de los Servicios de Telefonía .....	9
1.4 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS.....	10
1.4.1 Investigación Preliminar .....	10
1.4.2 Análisis de Encuestas y Entrevistas .....	11
1.5 OBJETIVOS .....	13
1.5.1 Objetivo General .....	13
1.5.2 Objetivos Específicos.....	13
1.6 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA .....	14
1.6.1 Formulación .....	14
1.6.2 Sistematización.....	14
1.7 PROPUESTA .....	15
1.7.1 Alcance .....	16
1.7.2 Expectativa de Resultados .....	17
1.7.3 Factibilidad.....	17
1.8 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	18
1.8.1 Justificación Teórica .....	18
1.8.2 Justificación Práctica .....	21
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>24</b>
<b>2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	<b>24</b>
2.1 REDES CONVERGENTES O DE NUEVA GENERACIÓN (NGN).....	24

2.2	VOZ SOBRE IP (VoIP) .....	27
2.3	SISTEMA DE TELEFONÍA IP .....	28
2.3.1	Elementos de una Red de Telefonía IP .....	29
2.3.1.1	IP PBX [4].....	29
2.3.1.2	Puertos FXS y FXO.....	31
2.3.1.3	Concentrador de Rutas (Gatekeeper) .....	33
2.3.1.4	Pasarela (Gateway).....	33
2.3.1.5	Equipos Terminales [5].....	34
2.3.2	Adaptadores ATA.....	38
2.3.3	Ventajas y Desventajas de la Telefonía IP frente a la Telefonía convencional .....	39
2.3.3.1	Ventajas .....	39
2.3.3.2	Desventajas .....	40
2.4	QoS (CALIDAD DE SERVICIO) .....	42
2.4.1	Factores Técnicos que afectan la QoS en Telefonía IP .....	42
2.4.1.1	Latencia.....	42
2.4.1.2	Jitter .....	44
2.4.1.3	Eco [6] .....	45
2.4.1.4	Perdida de Paquetes (Packet Loss) .....	46
2.4.1.5	Umbrales de QoS para VoIP .....	47
2.5	PROTOCOLOS UTILIZADOS EN SISTEMAS DE TELEFONÍA IP .....	47
2.5.1	Protocolos de Direccionamiento y Enrutamiento .....	47
2.5.1.1	IP (Protocolo de Internet) .....	49
2.5.2	Protocolos de Transporte.....	50
2.5.2.1	TCP (Protocolo de Control de Transmisión).....	51
2.5.2.2	UDP (Protocolo de Datagrama de Usuario) .....	51
2.5.2.3	RTP (Protocolo de Transporte en Tiempo Real).....	52
2.5.2.4	RTCP (Protocolo de Control en Tiempo Real) .....	53
2.5.2.5	RSVP (Protocolo de Reserva de Recursos).....	53
2.5.3	Protocolos de Señalización.....	54
2.5.3.1	H.323 [11].....	54
2.5.3.2	SIP (Protocolo de Inicio de Sesión).....	55
2.5.3.3	Megaco H.248.....	62
2.5.3.4	IAX2 (Protocolo de Intercambio entre Asterisk) .....	63
2.6	CODIFICACIÓN Y COMPRESIÓN DE VOZ SOBRE IP .....	65
2.6.1	Códecs utilizados en Sistemas de Telefonía IP .....	66
2.7	SISTEMAS IP PBX PARA ADMINISTRACIÓN DE TELEFONÍA IP .....	67
2.7.1	Sistemas IP PBX basados en Estándares Libres .....	67
2.7.1.1	Definición de Software Libre y Código Abierto .....	67
2.7.1.2	Tipos de Licencias en Software Libre.....	70
2.7.1.3	AsteriskNOW.....	72
2.7.1.4	Elastix [16].....	73
2.7.1.5	Tribox [17] [18] .....	75
2.7.2	Sistemas IP PBX basadas en Soluciones Comerciales.....	78
2.7.2.1	Cisco [19] .....	78

2.7.2.2	Avaya [21]	81
2.7.2.3	Alcatel-Lucent [22]	82
2.7.3	Comparación Costo/Utilidad entre sistemas IP PBX basados en Software Libre y Soluciones Comerciales	84

## **CAPÍTULO III..... 87**

### **3 DISEÑO DE LA RED DE TELEFONÍA IP PARA LA EMPRESA FLORNINTANGA S.A..... 87**

3.1	ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS.....	87
3.2	PLANTEAMIENTO DE UNA SOLUCIÓN DE TELEFONÍA IP.....	88
3.3	ELECCIÓN DEL SOFTWARE IP PBX MEDIANTE EL ESTÁNDAR IEEE 830.....	89
3.3.1	Introducción .....	89
3.3.1.1	Propósito .....	89
3.3.1.2	Alcance .....	90
3.3.1.3	Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas .....	90
3.3.1.4	Referencias .....	90
3.3.1.5	Visión General del Documento.....	91
3.3.2	Descripción General .....	91
3.3.2.1	Perspectiva del Sistema.....	91
3.3.2.2	Funciones del Sistema .....	92
3.3.2.3	Características del Usuario .....	92
3.3.2.4	Restricciones.....	93
3.3.2.5	Suposiciones y Dependencias .....	93
3.3.2.6	Requisitos Futuros .....	93
3.3.3	Requisitos Específicos.....	94
3.3.3.1	Funcionalidad.....	94
3.3.3.2	Rendimiento .....	97
3.3.4	Selección del Sistema IP PBX .....	97
3.4	DIMENSIONAMIENTO DE LA IP PBX.....	99
3.4.1	Dimensionamiento de Códecs .....	99
3.4.2	Factores QoS.....	102
3.4.3	Dimensionamiento de Hardware.....	104
3.4.3.1	Tarjetas Interfaz FXO.FXS .....	106
3.4.3.2	Dimensionamiento de Troncales de Voz.....	107
3.5	DIMENSIONAMIENTO DEL ENLACE DE INTERNET.....	111
3.5.1	Tráfico de Voz.....	111
3.5.2	Tráfico de Datos.....	112
3.6	DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPAMIENTO TERMINAL .....	113
3.7	SEGURIDAD DE LA RED .....	115
3.7.1	Políticas de Seguridad Física.....	115
3.7.2	Políticas de Seguridad Lógica.....	116
3.8	PLAN DE MARCADO (DIAL PLAN) .....	117
3.9	DIRECCIONAMIENTO IP DE LA RED.....	119
3.10	PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO .....	120

**CAPÍTULO IV ..... 123**

**4 IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ..... 123**

4.1	IMPLEMENTACIÓN DE LA IP PBX TRIXBOX.....	123
4.1.1	Pasos para la Instalación.....	123
4.1.2	Configuración Básica del Sistema .....	128
4.1.2.1	Parámetros de Red .....	128
4.1.2.2	Configuración de Controladores de Teléfonos IP.....	130
4.1.3	Configuraciones Generales de la IP PBX .....	131
4.1.4	Configuraciones Específicas de la IP PBX .....	135
4.1.4.1	Configuración de Troncales .....	135
4.1.4.2	Configuración de Ruta Saliente.....	137
4.1.4.3	Creación de Extensiones .....	139
4.1.4.4	Configuración de un IVR .....	142
4.1.4.5	Configuración de Ruta Entrante .....	144
4.1.4.6	Configuración del Servicio sígueme (Follow Me).....	145
4.1.4.7	Conferencias .....	147
4.1.4.8	Música de Espera (Music on Hold).....	148
4.2	CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS TERMINALES .....	149
4.2.1	Configuración de un Terminal Telefónico IP .....	149
4.2.2	Instalación y Configuración de una Aplicación Softphone .....	154
4.3	DESARROLLO DE PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	157
4.3.1	Pruebas de Conectividad en Red Local e Internet.....	157
4.3.1.1	Reporte PRTG de Ancho de Banda .....	158
4.3.1.2	Reporte PRTG de Tiempos de Respuesta.....	158
4.3.1.3	Análisis de Rendimiento de la Red .....	159
4.3.2	Pruebas de Rendimiento de la Central IP PBX.....	160
4.3.2.1	Pruebas con IPTRAF de Tráfico en la Central IP PBX.....	161
4.3.2.2	Estadísticas de Tráfico por Interface de Red .....	162
4.3.2.3	Estadísticas de Tráfico de Llamadas Telefónicas.....	164
4.3.2.4	Análisis de Resultados .....	165

**CAPÍTULO V ..... 167**

**5 ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO DEL PROYECTO..... 167**

5.1	COSTOS DE INVERSIÓN.....	167
5.1.1	Costos de Hardware para la IP PBX.....	168
5.1.1.1	Costos de Equipos Telefónicos IP.....	170

5.2	COSTOS OPERATIVOS .....	172
5.2.1	Costo de Administración .....	172
5.2.2	Costo de Soporte Técnico .....	172
5.2.3	Costo de Mantenimiento .....	173
5.2.4	Costos de Servicios de Conexión .....	173
5.3	RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN .....	173
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>177</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>177</b>
6.1	CONCLUSIONES.....	177
6.2	RECOMENDACIONES .....	178
<b>Bibliografía.....</b>		<b>194</b>
<b>Anexos.....</b>		<b>197</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1	Estructura Organizacional Flornintanga S.A.....	3
Fig. 1.2	Red telefónica actual de Flornintanga S.A .....	9
Fig. 1.3	Esquema de bypass telefónico.....	20
Fig. 1.4	Esquema de comunicación permitido.....	20
Fig. 1.5	Esquema de conectividad propuesto para la red de telefonía IP.....	22
Fig. 2.1	Red Convergente .....	25
Fig. 2.2	Tecnologías de VoIP .....	28
Fig. 2.3	Puertos FXO y FXS .....	32
Fig. 2.4	Tarjeta TDM400p con 4 puertos FXO activos .....	32
Fig. 2.5	Interfaz de softphone EyeBeam .....	36
Fig. 2.6	Equipo telefónicos IP GrandStream GVX-3140.....	37
Fig. 2.7	Tipos de Conexiones físicas de teléfonos IP.....	38
Fig. 2.8	Adaptador GrandStream Handy tone286 .....	39
Fig. 2.9	Entidades lógicas básicas de SIP .....	60
Fig. 2.10	Logo de AsteriskNOW .....	73
Fig. 2.11	Logo de Elastix.....	74
Fig. 2.13	Logo de Trixbox.....	77
Fig. 2.13	Cisco Integrated Service Router 2821 .....	80
Fig. 2.14	Teléfonos IP Marca Cisco .....	80
Fig. 2.15	Grafica de un Media Gateway Avaya modelo G450.....	82
Fig. 2.16	Solución Alcatel-Lucent OmniPCX Enterprise (CS).....	83
Fig. 3.1	Diseño de la solución de telefonía IP planteada.....	88
Fig.3.2	Calculadora de Erlang B <sup>[27]</sup> .....	110
Fig. 4.1	Sitio Web oficial de Trixbox .....	124
Fig. 4.2	Menú inicial de la instalación de Trixbox .....	125
Fig. 4.3	Menú opciones de idioma en instalación de Trixbox .....	125
Fig. 4.4	Menú opciones de zona horaria en instalación de Trixbox.....	126
Fig. 4.5	Establecimiento de contraseña para usuario root .....	126
Fig. 4.6	Proceso de copia de ficheros en la instalación de Trixbox.....	127

Fig. 4.7	Pantalla de inicio de carga de servicios de Trixbox.....	127
Fig. 4.8	Menú de configuración del sistema .....	129
Fig. 4.9	Configuración de red .....	129
Fig. 4.10	Instalación de software de teléfonos .....	131
Fig. 4.11	Pantalla inicial de la interfaz web de Trixbox.....	132
Fig. 4.12	Autenticación de usuario maint .....	132
Fig. 4.13	Pantalla de registraci3n online de la central Trixbox .....	133
Fig. 4.14	Actualizaci3n de complementos y funciones de Trixbox .....	134
Fig. 4.15	Descarga de paquetes adicionales en Trixbox.....	135
Fig. 4.16	Menú opciones configuraci3n de troncales en Trixbox.....	136
Fig. 4.17	Configuraci3n parámetros de troncales en Trixbox .....	137
Fig. 4.18	Configuraci3n rutas salientes .....	138
Fig. 4.19	Opciones de tipos de extensiones.....	140
Fig. 4.20	Configuraci3n de parámetros de extensiones .....	140
Fig. 4.21	Configuraci3n de correo de voz.....	141
Fig. 4.22	Registro de extensiones creadas .....	142
Fig. 4.23	Agregaci3n de la grabaci3n de voz en la IP PBX.....	143
Fig. 4.24	Configuraciones generales del IVR .....	143
Fig. 4.25	Configuraci3n de extensiones dirigidas del IVR .....	144
Fig. 4.26	Configuraci3n de rutas entrantes .....	145
Fig. 4.27	Configuraci3n del servicio Follow me .....	146
Fig. 4.28	Configuraci3n conferencias .....	147
Fig. 4.29	Configuraci3n funci3n m3sica en espera.....	148
Fig. 4.30	Recarga de servicios Asterisk en Trixbox.....	149
Fig. 4.31	Configuraci3n de direcci3n IP de forma estática v3a interfaz web.....	151
Fig. 4.32	Configuraci3n de una cuenta SIP en tel3fono IP .....	152
Fig. 4.33	Configuraciones adicionales en tel3fono IP.....	154
Fig. 4.34	Configuraci3n de c3decs en tel3fono IP .....	154
Fig. 4.35	Interfaz de X-lite .....	155
Fig. 4.36	Configuraci3n de una cuenta SIP en X-lite.....	156
Fig. 4.37	Softphone X-lite registrado en la IP PBX.....	157

Fig. 4.38	Reporte PRTG de utilización de ancho de banda de la red.....	158
Fig. 4.39	Reporte PRTG de picos de respuesta en tiempo real .....	159
Fig. 4.40	Reporte PRTG de servicios en tiempo real .....	160
Fig. 4.41	Reporte PRTG de rendimiento de la IP PBX.....	161
Fig. 4.42	Reporte IPTRAF de conexiones por interface de red y puertos .....	162
Fig. 4.43	Estadísticas de tráfico para eth0 .....	163
Fig. 4.44	Estadísticas de tráfico para eth1 .....	163
Fig. 4.45	Estadísticas de tráfico de llamadas telefónicas .....	164
Fig. 5.1	Calculadora de TIR y VPN .....	175

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Características estándar de las redes locales de Flornintanga S.A.....	5
Tabla 1.2	Características de los enlaces de Internet de Flornintanga S.A .....	6
Tabla 2.1	Clases de calidad e interactividad de una llamada[7].....	43
Tabla 2.2	Cuadro comparativo de los factores que afectan QoS en VoIP .....	47
Tabla 2.3	Clasificación de protocolos de enrutamiento dinámico IGP .....	49
Tabla 2.4	Métodos utilizados en SIP <sup>[11]</sup> .....	61
Tabla 2.5	Respuestas utilizadas por SIP <sup>[13]</sup> .....	62
Tabla 2.6	Cuadro comparativo de protocolos de señalización <sup>[11]</sup> .....	65
Tabla 2.7	Cuadro de los Códecs de audio más utilizados. <sup>[11]</sup> <sup>[14]</sup> .....	67
Tabla 2.8	Cuadro de los tipos de licencia de software libre <sup>[15]</sup> .....	71
Tabla 2.9	Cuadro de terminología de licencias de software libre <sup>[15]</sup> .....	72
Tabla 2.10	Cuadro comparativo de soluciones basadas en Asterisk.....	78
Tabla 2.11	Cuadro comparativo costo/utilidad entre IP PBX.....	85
Tabla 3.1	Cuadro de comparación de las distribuciones de IP PBX .....	98
Tabla 3.2	Valores de carga útil de voz de los códecs .....	100
Tabla 3.3	Valores de paquetes por segundo de los códecs.....	100
Tabla 3.4	Resultados del ancho de banda de los códecs .....	101
Tabla 3.5	Evaluación MOS para los códecs de voz más utilizados <sup>[23]</sup> .....	102
Tabla 3.6	Requisitos mínimos de hardware recomendados por Trixbox .....	104
Tabla 3.7	Cuadro referencial de hardware mínimo de una IP PBX <sup>[24]</sup> .....	105
Tabla 3.8	Consumo telefónico en el mes de Enero.....	107
Tabla 3.9	Utilización del servicio telefónico en la hora pico .....	108
Tabla 3.10	Tabla de Erlang B <sup>[26]</sup> .....	109
Tabla 3.11	Resultados para cantidad de troncales de voz.....	110
Tabla 3.11	Resultados para el requerimiento de ancho de banda para VOZ.....	112

Tabla 3.12	Reporte de volumen de tráfico en los enlaces de Internet .....	112
Tabla 3.13	Resultados totales para requerimiento de ancho de banda .....	113
Tabla 3.16	Características del teléfono IP Polycom Soundpoint IP550.....	114
Tabla 3.17	Plan de numeración para extensiones telefónicas .....	118
Tabla 3.18	Restricciones y accesos para llamadas telefónicas .....	119
Tabla 3.19	Direccionamiento lógico de la red .....	120
Tabla 3.20	Estimación de cantidad de usuarios a 5 años. ....	122
Tabla 4.2	Configuración de direcciones IP en la IP PBX.....	128
Tabla 4.2	Caracteres especiales en el patrón de marcado .....	138
Tabla 4.3	Niveles de acceso a configuración de teléfono IP GrandStream.....	150
Tabla 5.1	Costos referenciales de equipos para la IP PBX.....	168
Tabla 5.2	Costos referenciales de tarjetas análogas de telefonía.....	169
Tabla 5.3	Costos referenciales de equipos telefónicos IP.....	170
Tabla 5.4	Resumen de costos de inversión .....	171
Tabla 5.5	Resumen de costos de operación .....	173

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1	Calculo del Ancho de Banda de un códec .....	99
Ecuación 3.2	Calculo de la carga de protocolos .....	1
Ecuación 3.3	Cálculo del valor PPS .....	100
Ecuación 3.4	Calculo de la intensidad de tráfico ofrecido.....	108
Ecuación 3.5	Calculo del ancho de banda para tráfico de voz .....	111
Ecuación 3.7	Cálculo del valor futuro del ancho de banda .....	121
Ecuación 5.1	Cálculo del Valor presente neto <sup>[28]</sup> .....	174

## INTRODUCCIÓN

El gran avance tecnológico desplegado en las últimas décadas en el campo de las telecomunicaciones, ha conllevado a la generación y la implementación de nuevos sistemas de telefonía que apoyen a mejorar la gestión operativa en las empresas.

En este contexto, los sistemas de telefonía IP están siendo aplicados a gran escala, debido al continuo desarrollo de las redes IP, dentro de las cuales se van generando nuevas tecnologías y con diferentes técnicas, nuevos protocolos de transmisión y nuevos estándares, así pues los fabricantes de hardware continuamente van desarrollando equipos que logran implementar eficazmente estas nuevas tecnologías.

El mercado tecnológico actual brinda la posibilidad de implementar servicios de telefonía IP, mediante dos tipos de plataformas bien definidas. El primer tipo de plataformas utiliza equipos fabricados con normas estándar es decir con funciones de interoperabilidad con equipos de otros fabricantes, adicionalmente utiliza aplicaciones informáticas basadas en estándares abiertos y software libre; este tipo de sistemas no poseen costos de licenciamiento, proporciona sostenibilidad, flexibilidad, escalabilidad y tiene un desarrollo propio, de esta manera puede ser adaptado a necesidades específicas dentro de una organización.

La segunda posibilidad es mediante la implementación de soluciones propietarias las cuales utilizan tanto equipos como software del mismo fabricante, el cual si posee costos de licenciamiento; este tipo de sistemas posee una gran evolución en pro de facilitar el manejo y la administración para el usuario final por medio de agradables interfaces gráficas; adicionalmente cuenta con un personalizado soporte para enfrentar posibles inconvenientes de funcionamiento y nuevos requerimientos.

## **CAPÍTULO I**

### **1 SITUACIÓN ACTUAL Y ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA FLORNINTANGA S.A.**

#### **1.1 ANTECEDENTES**

La Empresa Flornintanga S.A. lleva operando por más de 10 años en el país, su área de negocio es la importación y comercialización de materiales, accesorios y equipamiento para la instalación de invernaderos, galpones hidropónicos, sistemas de riego, etc., los cuales son requeridos para el sector agroforestal y agroindustrial como florícolas y empresas dedicadas a la producción agrícola.

Adicionalmente la empresa brinda asesorías, evaluaciones, diseño de proyectos en las áreas antes mencionadas, así como también servicios de instalación y mantenimiento de todo tipo de infraestructuras requeridas por el sector agrícola, ganadero y agropecuario.

#### **1.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL**

##### **1.2.1 Ubicación Geográfica**

Flornintanga S.A. se encuentra operando en el Ecuador, y geográficamente ha desplegado oficinas en ubicaciones estratégicas dentro del país y fuera de él por motivos de la naturaleza de su negocio.

Su oficina matriz se encuentra ubicada en la ciudad de Tabacundo y sucursales en las ciudades de Quito, Ambato, y Bogotá Colombia, posee vínculos

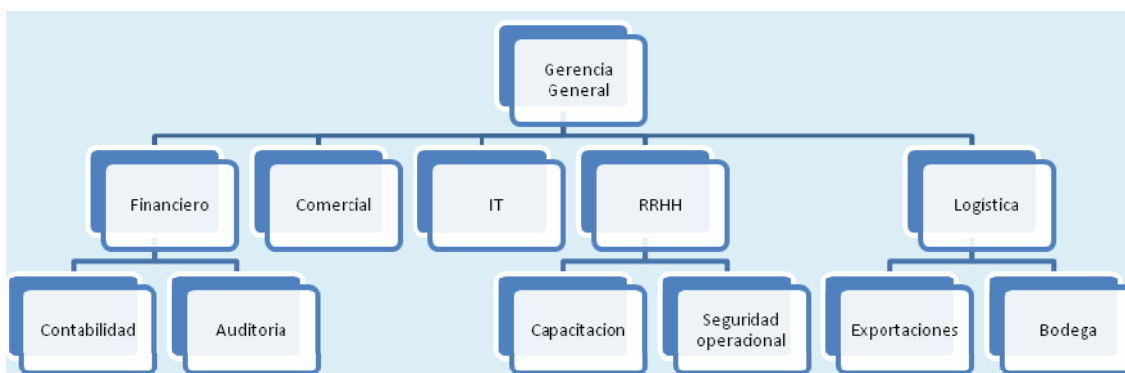


comerciales con filiales y alianzas estratégicas en Colombia, Perú, España y Estados Unidos.

### 1.2.2 Organigrama Jerárquico de Funcionarios

La Empresa Flornintanga S.A. se encuentra conformada jerárquicamente, y sus departamentos se encuentran distribuidos siguiendo modernos lineamientos y estándares de organización empresarial.

Fig. 1.1 Estructura Organizacional Flornintanga S.A.



Fuente: Empresa "Flornintanga S.A"

La organización del personal de la Empresa está conformada por veinte y nueve usuarios los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

- **Tabacundo** (Oficina Matriz): 13 funcionarios
  - Gerente General
    - Asistente de Gerencia
  - Jefe de Ventas
    - Asistente Comercial 1
    - Asistente Comercial 2
    - Asistente Comercial 3
  - Jefe de Recursos Humanos
    - Asistente de Personal (Capacitación y Seguridad)
  - Jefe de Tecnologías de Información
    - Asistente de Sistemas

- Jefe de Logística
  - Asistente de Almacén
  - Técnico
  
- **Quito:** (Oficina Sucursal 1): 6 funcionarios
  - Jefe Financiero
    - Contador
    - Auditor
    - Auxiliar Contable
  - Agente de Importación y Exportación
  - Asistente de Logística
  
- **Ambato:** (Oficina Sucursal 2): 5 funcionarios
  - Jefe sucursal
    - Asistente Comercial 1
    - Asistente Comercial 2
    - Asistente de Bodega
    - Asistente de Logística
  
- **Bogotá:** (Oficina Sucursal 3): 5 funcionarios
  - Jefe Sucursal
    - Asistente Ventas 1
    - Asistente Ventas 2
    - Asistente de Almacén
    - Asistente de Logística

### 1.2.3 Misión

Proveer suministros y productos de alta calidad para atender al sector agroforestal, agroindustrial y sistemas de riego, conservando el medio ambiente, con la participación activa del personal operativo y administrativo debidamente capacitados y orientados a satisfacer las necesidades de los clientes, a fin de mantener el liderazgo en el mercado.

### 1.2.4 Visión

Mantener el liderazgo y reconocimiento nacional e internacional con el mejor equipo humano, totalmente comprometido con el servicio y aprovisionamiento al cliente y la preservación del medio ambiente; con una estructura ágil, eficiente y flexible, con capacidad de respuesta inmediata a los cambios y necesidades del mercado.

### 1.2.5 Valores

Los valores que se promulgan en la Empresa Flornintanga S.A son:

- Honestidad.
- Cumplimiento
- Respeto.
- Preocupación por el Cliente.
- Amabilidad.
- Responsabilidad.

## 1.3 CONECTIVIDAD, SEGURIDAD Y SERVICIOS DE RED

### 1.3.1 Infraestructura de Red

Las redes de datos locales de la Empresa Flornintanga S.A. se encuentran conformadas de manera uniforme en cada una de sus oficinas tanto matriz como las sucursales siguiendo la siguiente estandarización:

**Tabla 1.1 Características estándar de las redes locales de Flornintanga S.A.**

Tecnología	Protocolos	Cableado	Conmutador	Direccionamiento IP
Ethernet conmutada	TCP/IP	Estructurado, cable UTP 5e	Switch 3com Superstack 24 puertos	Estático, clase C

**Elaborado por:** Los autores

Cada puesto de trabajo cuenta con dos puntos de red, en las oficinas matriz y sucursales.

En el centro de datos de la oficina matriz se encuentra un rack (armario de comunicaciones) en el cual están instalados los equipos de conmutación y ruteo así como una base celular, y equipos UPS.<sup>1</sup>

De la misma forma se disponen de dos patch panels (organizadores de conexión de puntos de red) cada uno de 16 puertos.

En cada una de las oficinas sucursales se dispone únicamente de un rack pequeño con un patch panel de 24 puertos y un UPS.

### 1.3.2 Conexión a Internet

Flornintanga S.A tiene un contrato con la Corporación “Stealth Telecom” la cual provee de enlaces a Internet a todas las dependencias de la Empresa ubicadas dentro del Ecuador. Las características de los enlaces son los siguientes:

**Tabla 1.2 Características de los enlaces de Internet de Flornintanga S.A**

Oficina	Dispositivo terminal de datos	Ancho de banda (kbps)	Disponibilidad	Tecnología del enlace
Tabacundo	Router 3com	1024	99.9%	ADSL
Quito	Router 3com	512	99.9%	ADSL
Ambato	Router 3com	512	99.9%	ADSL

**Elaborado por:** Los autores

Los usuarios acceden a Internet, mediante un servidor denominado proxy que cumple la función principal de compartir una única conexión de Internet a varios usuarios simultáneamente valiéndose de la tecnología de traducción de

<sup>1</sup> UPS: (Uninterruptible power supply). Proveedor de energía ininterrumpido. Equipo eléctrico que almacena energía de forma limitada para proveer de la misma en casos de cortes energéticos.

direcciones de red (NAT). Este servidor proxy está basado en software libre, en este caso es la aplicación “Squid”, la cual esta implementada para brindar este servicio.

En el Anexo D, se presenta un reporte de tráfico y uso de ancho de banda, al cual se puede acceder por medio de la herramienta Cacti<sup>2</sup> que es parte de un servicio agregado que el proveedor de Internet presta a la Empresa.

### **1.3.3 Seguridad de la Red**

En la Empresa Flornintanga S.A., se dispone de un esquema de seguridad basado en estándares de software libre, el cual esta implementado en cada una de las dependencias con la finalidad de mitigar posibles ataques que puedan afectar la disponibilidad de la red y la seguridad de la información. Este esquema lo conforman:

- Un IPS (sistema de prevención de intrusiones), cuyas funciones están delegadas a “Snort”, un software de libre uso que cuenta con funcionalidades efectivas para controlar accesos y conexiones no autorizadas.
- Un firewall (cortafuegos), que para este caso es “IPtables”, una solución de software cuyas funciones es filtrar paquetes de datos, con la finalidad de controlar el tipo de tráfico que sale y entra de la red local.

La seguridad física de los elementos esenciales de la red, así como los dispositivos informáticos en general, está bajo la supervisión del personal del departamento de sistemas de la Empresa. Cabe mencionar que se cuenta con un ambiente físico seguro en el cual funciona el centro de datos, hacia el cual se mantiene restringido el acceso a personal no autorizado.

---

<sup>2</sup> Cacti: Es una completa solución para la generación de gráficos para monitoreo de tráfico de red y uso de ancho de banda para redes de área local y extendida.

Adicionalmente, para coadyuvar la prevención de posibles ataques que afecten la seguridad de la información, se cuenta con el software antivirus “Kaspersky” el cual está instalado en cada computador personal de cada usuario, y el mismo que es actualizado automáticamente mediante una programación rutinaria que se ejecuta a diario.

A si mismo existe un plan de obtención de actualizaciones y parches para corregir vulnerabilidades de seguridad de los sistemas operativos y las aplicaciones de software.

#### **1.3.4 Servicios y Aplicaciones**

Para el manejo de la información que cada departamento genera dentro de la Empresa Flornintanga S.A, se cuenta con un sistema de software basado en la arquitectura cliente-servidor denominado “SysCom” el cual realiza la gestión de las áreas: financiera, comercial, operativa y recursos humanos.

Cuenta con varios módulos independientes y correlacionados entre sí. Esta aplicación almacena y extrae datos desde una base de datos la cual esta manejada por el RDBMS<sup>3</sup> Microsoft SQL Server en su versión 2005. Tanto la aplicación de software como la base de datos se encuentran en servidores independientes a los cuales los usuarios acceden haciendo uso de la red.

En la oficina matriz, la administración de usuarios, políticas de accesos a los terminales y demás políticas de seguridad, son manejadas por medio del servicio de Directorio Activo implementado en el servidor Microsoft Windows 2003 Server.

Los servicios de correo electrónico corporativo, transferencia de archivos (FTP) y alojamiento del sitio Web de la Empresa, están implementados en servidores externos los cuales pertenecen a la Empresa “Stealth Telecom” quien también

---

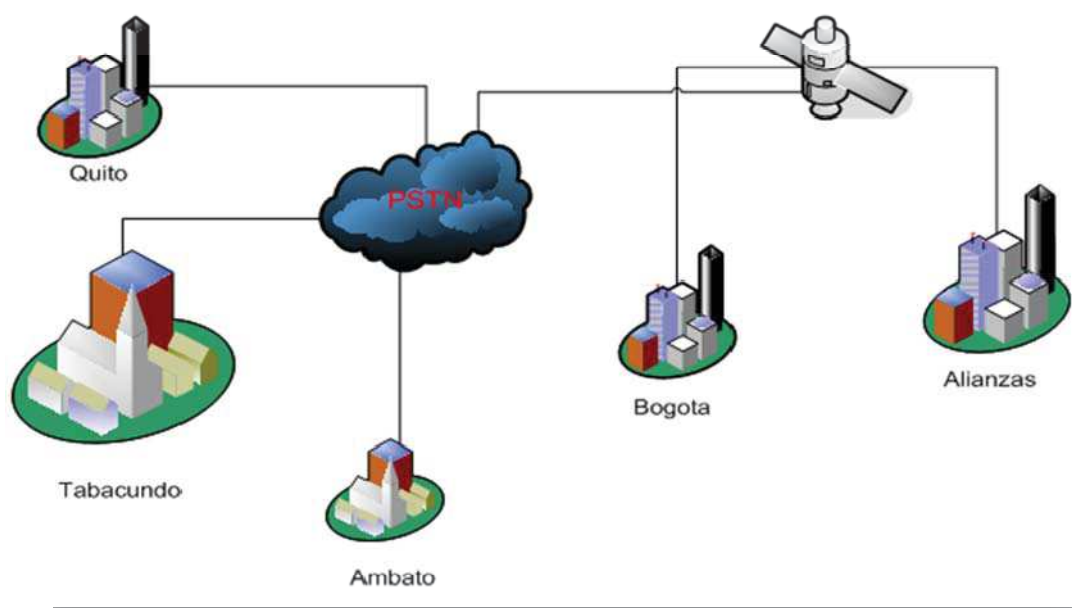
<sup>3</sup> RDBMS: (Relational Database Management System) Sistema administrador de base de datos relaciones.

provee de servicios de internet. La administración de estos servicios está bajo la supervisión del departamento de sistemas de Flornintanga S.A.

### 1.3.5 Estado actual de los Servicios de Telefonía

La Empresa Flornintanga S.A, en su infraestructura organizacional, cuenta con varios departamentos; Gerencia General, Financiero, Comercial, Recursos humanos, Tecnologías de la información, Logística, y cada una de sus diferentes dependencias las cuales se comunican telefónicamente entre sí a través de la red PSTN,<sup>4</sup> además de comunicarse con sus clientes, alianzas y principales distribuidores, que la mayoría de ellos cuentan con oficinas fuera del Ecuador, como se detalla en el siguiente gráfico.

Fig. 1.2 Red telefónica actual de Flornintanga S.A



**Elaborado por:** Los autores

Este tipo de comunicación origina a la Empresa elevados costos y una comunicación no tan personalizada con sus clientes, Flornintanga S.A. se encuentra en la búsqueda de una solución que les permita reducir costos por

<sup>4</sup> PSTN: (Public Switched Telephone Network) Red telefónica pública conmutada o red convencional de servicios telefónicos.

telefonía, brindar un mejor servicio a sus clientes y contar con soluciones tecnológicas actuales.

## **1.4 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS**

### **1.4.1 Investigación Preliminar**

La Empresa requiere bajar sus costos de comunicación telefónica tradicional, que existe internamente como fuera de ella, por tal motivo se encuentra estudiando la posibilidad de implementar una mini central telefónica IP, en la cual se puede tener la facilidad de tener extensiones individuales para usuarios en los diferentes departamentos con los que cuenta la organización, los cuales se comunicarán entre sí sin generar ningún valor, brindándoles características específicas para que realicen sus tareas sin ningún problema.

Adicionalmente, se puede establecer restricciones para llamadas a números que la Empresa considera que son innecesarios, por ejemplo llamadas a provincias, internacionales, celulares, y solo habilitando este tipo de llamadas a ciertos usuarios dependiendo de sus necesidades y funciones que desempeñan.

Con este tipo de administración se tendrá un control del mal uso de este servicio, así como también, contar con una solución que no esté limitada a un determinado número de usuarios sino que al contrario sea escalable y modular de tal forma que no exista ningún problema al momento que la Empresa crezca y se requiera implementar más usuarios o aplicaciones.

Este sistema o solución será implementada en la infraestructura de la red corporativa local de datos y enlaces extendidos a otras provincias y ciudades, con la cual la Empresa interconecta su oficina matriz y sus oficinas sucursales, a través del Internet.



### 1.4.2 Análisis de Encuestas y Entrevistas

A partir de una metodología de investigación adecuada se puede conseguir el descubrimiento, la averiguación, y el estudio, de esquemas existentes con la finalidad de dar explicaciones lógicas a las diferentes preguntas que se tiene en una investigación, las cuales son analizadas mediante un método sistemático.

Para el presente proyecto se ha visto la necesidad de hacer uso del método de investigación que sustenta su marco de resultados en base a entrevistas, cuestionarios, encuestas, observaciones entre otras, de esta manera se tendrá una metodología de contacto directo con el objeto a estudiar.

Se realizó una encuesta al personal de la Empresa Flornintanga S.A para hacer un estudio más a fondo del uso de las llamadas telefónicas, adicionalmente y para poder tener un estudio más minucioso y más exacto, este ciclo de entrevistas se las realizo durante una estadía de 5 días consecutivos en la Empresa. Se tomaron muestras a usuarios de cada departamento, los cuales participaron activamente durante este proceso que es parte de la investigación preliminar de requerimientos.

Para el presente análisis se toman los resultados de las encuestas los cuales se pueden verificar en el Anexo B.

**Pregunta 1:** ¿cuantas llamadas telefónicas se reciben en una hora dentro de la jornada laboral de trabajo?

El resultado obtenido es: de 0 a 10 llamadas. Este valor se ajusta al manejo de una operación comercial normal. En temporadas altas esta cantidad podría elevarse en un 50%.

**Pregunta 2:** ¿cuantas llamadas telefónicas se realizan en una hora dentro de la jornada laboral de trabajo?

El resultado obtenido es: de 0 a 10 llamadas. Dela misma manera que en la pregunta uno, es un valor esperado en la gestión de una organización comercial mediana.

**Pregunta 3:** ¿Qué día(s) de la semana se recibe mayor cantidad de llamadas?

El resultado obtenido es: todos los días, especialmente los lunes, martes y viernes. Se pudo verificar que todos los días se ejecutan transacciones comerciales, y contactos con clientes. Los lunes la comunicación se genera en mayor cantidad por presentación de informes y reportes de los empleados a sus respectivos jefes.

**Pregunta 4:** ¿en qué horario dentro de la jornada laboral se utiliza más el servicio telefónico?

El resultado obtenido es: en la mañana. Los motivos son porque en este horario, los clientes llaman para hacer pedidos para que las entregas o los envíos sean realizados por la tarde.

**Pregunta 5:** ¿qué duración tienen las llamadas telefónicas?

El resultado obtenido es: de 3 a 5 minutos. Es un promedio normal de duración para transacciones comerciales o solicitud de información.

**Pregunta 6:** ¿Qué personas llaman con mayor frecuencia?

El resultado obtenido es: clientes. Esta información es obvia por los movimientos comerciales realizados a diario.

**Pregunta 7:** ¿a qué usuarios de la organización se dirige la mayor cantidad de llamadas?

El resultado obtenido es: usuarios área comercial. Los clientes se contactan continuamente a sus asesores comerciales para solicitar ordenes de pedido.

Este análisis conlleva a concluir que el flujo de llamadas telefónicas en la Empresa es continuo y vital para el negocio, por tal motivo es imprescindible la necesidad de contar con un sistema de telefonía interno con capacidad de cubrir las necesidades existentes y futuras a fin de aportar al crecimiento y metas de la organización.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo General**

Diseñar e implementar un sistema de telefonía IP sobre una plataforma de software libre en la infraestructura de datos de la Empresa “Flornintanga S.A”.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Diseñar y documentar un modelo de telefonía IP que brinde un buen servicio de calidad a la empresa.
- Instalar y configurar aplicaciones de telefonía IP con facilidades mejoradas para el usuario.
- Administrar el servicio de telefonía de forma centralizada.
- Diseñar el sistema de telefonía escalable y accesible.
- Realizar un análisis costo beneficio de la solución implementada.

- Documentar la evaluación de las pruebas y rendimiento de la solución implementada.
- Dimensionar el hardware donde se implementará Asterisk.

## **1.6 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.6.1 Formulación**

¿Cómo aportar a que las empresas u organizaciones conozcan y dispongan de las soluciones de telefonía IP a bajos costos y con calidad de servicio a través de la red corporativa LAN - WAN?

### **1.6.2 Sistematización**

- ¿Cómo conocer que la Tecnología de VoIP puede ayudar a reducir costos de telefonía tradicional a Flornintanga S.A?
- ¿Cuáles son los componentes de software y hardware que hacen posible la aplicación de la Telefonía IP?
- ¿Cuáles son las ventajas de Asterisk en comparación con soluciones comerciales?
- ¿Cómo se establecería la solución de telefonía IP para la empresa Flornintanga S.A?
- ¿Cómo saber y conocer las regulaciones establecidas para la Telefonía IP tanto en el país como fuera de él para su aplicación?

## 1.7 PROPUESTA

La solución que se plantea en el presente proyecto, es la instalación y configuración de un sistema de telefonía IP en la infraestructura de datos que posee actualmente la Empresa, con la finalidad de abaratar costos del servicio telefónico, brindar mejor calidad de servicio hacia sus usuarios, en las diferentes dependencias y contar con una plataforma de telefonía escalable, móvil y flexible para futuros requerimientos de crecimiento de la empresa.

La comunicación telefónica que se realiza entre las diferentes áreas o departamentos de esta empresa se puede realizar utilizando la infraestructura que posee Flornintanga S.A para el envío de datos, los servicios de los que dispone la empresa se los puede explotar evitando así un gasto o consumo innecesario.

Ciertamente su ejecución producirá un gasto considerable al momento de su implementación, sin embargo este será recuperable a mediano plazo por la reducción del costo del servicio de la red PSTN, reduciendo sus costos sustancialmente a nivel local, nacional e internacional.

Además, promueve la convergencia entre redes, pues utiliza la red pública de telefonía que emplea técnicas de conmutación de circuitos para el transporte de tráfico de voz y conjuntamente trabaja con la red de datos que emplean técnicas de conmutación de paquetes para el tráfico de datos por la cual se enviara paquetes de voz.

Esto se puede lograr con el simple pero estricto acoplamiento de su sistema o infraestructura de datos para él envío de voz, la cual se digitaliza convertido en paquetes de datos y se enruta para viajar a través de la red de la empresa y fuera de ella, estos paquetes son codificados con lo que se evitará la saturación del ancho de banda, gracias a los códecs que son algoritmos de compresión de paquetes de voz.

Por tanto no se dependerá de la red telefónica pública en ciertos tramos, puesto que al momento de realizar la llamada telefónica se está utilizando la red de datos interna de la empresa, lo cual implica no incurrir en gastos debido al uso de la red pública de telefonía.

El costo de servicio de Internet puede variar en función de las necesidades o servicios que se desee implementar, por ejemplo: al momento de la comunicación externa, si se dispone de un ancho de banda adecuado, la telefonía IP será óptima sin entorpecer el funcionamiento de la red.

A todo este procedimiento se lo llama tecnología VoIP que va de la mano con telefonía IP, que no es más que una aplicación de VoIP que se ha desarrollado mucho en los últimos años, entregando soluciones de calidad para evitar interferencias, voz robotizada y mala calidad de la señal que eran muy comunes antes, además de sus elevados costos iniciales para su implementación a pequeña y gran escala.

Hoy en día existen un sinnúmero de soluciones más atractivas y de bajos costos en el mercado que brindan más servicios; "Asterisk" es uno de ellos, este software está desarrollado bajo licencia GPL (Licencia Publica General) que trabaja como una mini central telefónica IP a pequeña y gran escala, también por contar con gran cantidad de aplicaciones y soluciones tales como mensajería instantánea, correo de voz, parqueo de llamadas, acoplamiento con bases de datos, conexión a la red pública telefónica (PSTN), encolamiento de llamadas, IVR (Interactive Voice Response) que se traduce como respuesta de voz interactiva, entre más aplicaciones que pueden ser activadas según los requerimientos del cliente.

### **1.7.1 Alcance**

Se implementará una central telefónica IP en la matriz de la Empresa Flornintang S.A que se encuentra ubicada en la ciudad de Tabacundo, en esta

se configurarán extensiones para las diferentes sucursales, las mismas que tendrán como única salida las líneas de la matriz a través de una tarjeta análoga que contenga puertos de entrada para una determinada cantidad de líneas troncales y una base celular las cuales se configurarán en la base del sistema de telefonía IP Asterisk, para las diferentes extensiones en la que se va a configurar protocolos como son SIP e IAX2 que permitan transportar la voz encapsulada en paquetes de datos.

La central telefónica, va a tener implementada calidad de servicio en la red de telefonía IP en su tráfico de salida hacia las extensiones de las sucursales y la matriz.

Se va a disponer del servicio de accesibilidad mediante el Internet a la central telefónica y a dispositivos móviles desde cualquier ubicación geográfica.

### **1.7.2 Expectativa de Resultados**

Con la implementación de este sistema de telefonía IP, se espera como resultados reducir costos mensuales por consumo telefónico, administrar el servicio de llamadas de forma efectiva, tener la posibilidad de utilizar la infraestructura de telefonía IP desde cualquier ubicación en el mundo que cuente con una conexión aceptable de internet, y disponer de un sistema centralizado en el cual se pueda tener el control total de las diferentes llamadas que realizan los empleados en la empresa.

### **1.7.3 Factibilidad**

Esta solución tecnológica es factible de implementar por las siguientes razones:

- Existe la infraestructura de red que permitirá transportar la voz en este caso la red de datos local corporativa de la Empresa y enlaces de Internet para interconectar dependencias.

- El presupuesto para esta implementación es relativamente bajo tomando en cuenta las facilidades y ventajas que aporta un sistema de telefonía IP a una empresa.
- Existe la disponibilidad de hardware, equipos, y dispositivos de comunicación telefónica necesarios en el mercado local de diferentes marcas y en variados modelos y precios.
- Existe la disponibilidad del recurso humano técnico para llevar a cabo esta implementación, con todos los conocimientos, formación y experiencia profesional requerida.

## **1.8 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

### **1.8.1 Justificación Teórica**

Este proyecto se justifica, ya que en la actualidad existen muchas formas de dar soluciones más baratas de telefonía IP para pequeñas y medianas empresas a través de implementaciones que están al alcance, mucho más económicas y atractivas como lo es Asterisk.

Asterisk es una plataforma basada en software que emula una mini central telefónica que soporta la mayoría de protocolos para la funcionalidad de telefonía IP, trabajando con los principales códecs de compresión de paquetes de voz para evitar la saturación del ancho de banda, además de soportar o trabajar con un sinnúmero de dispositivos de telefonía IP en comparación con otras soluciones.

Esta solución es muy conocida en el Ecuador y el mundo, dando excelentes resultados en las diferentes empresas que la han implementado. Adicionalmente se puede mencionar que este tipo de sistemas pueden ser



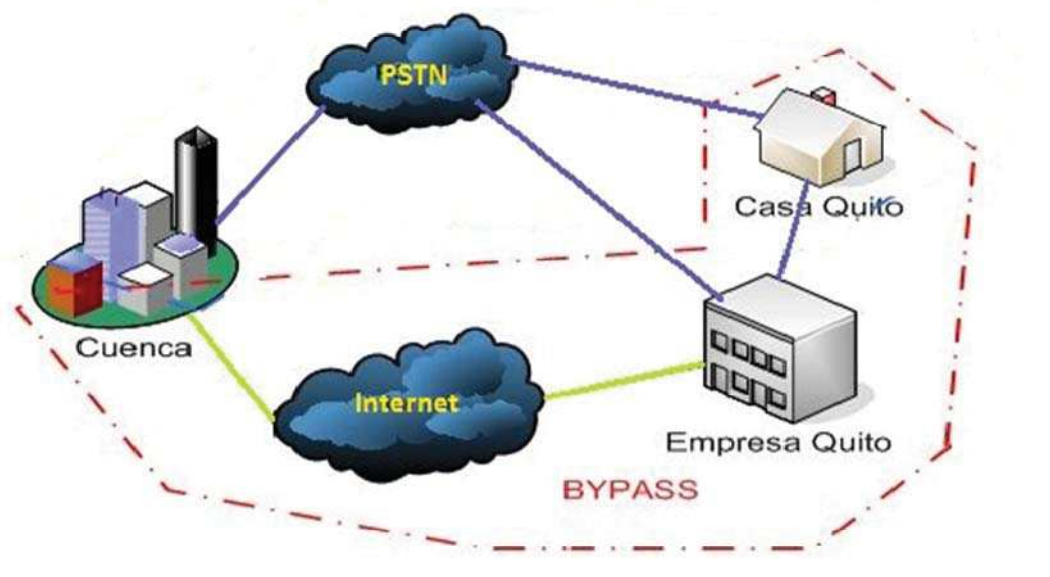
implementados en infraestructura corporativa de redes de área local, extendida o simplemente en hogares.

Este tipo de implementaciones promueven un ahorro para la empresa que incorpora esta solución en su negocio pues no utilizará la red telefónica PSTN de manera interna ni externa, sino su propia red LAN o el servicio de Internet, que es un valor que no agregará ningún rubro más por ser un servicio previamente cancelado y fijo; claro que si su ancho de banda no es suficiente se tendrá que contratar un servicio más conveniente para el funcionamiento de telefonía IP, esta solución está desarrollada bajo software libre, es decir no tiene ningún costo por su uso. Sin embargo, para realizar ciertas llamadas telefónicas existen reglas, las cuales prohíben su utilización en diferentes áreas al momento de la comunicación telefónica.

Por ejemplo, se considera prohibido el alzar o levantar llamadas en el Ecuador, esto quiere decir que, si realizamos llamadas interprovinciales a través de la empresa se estaría identificando como llamada local por la red PSTN, es decir si una persona se encuentra en Cuenca y desea comunicarse a su hogar en Quito y lo realiza a través de la empresa que posee el servicio de telefonía IP y está usando un tramo de la red PSTN para lograr la conexión telefónica.

Este tipo de llamadas son consideradas como llamadas locales ya que se está levantando una la llamada en Quito gracias a la central IP, evitando todo el tramo interprovincial que tiene la PSTN que presta este servicio. El realizar este tipo de llamada se la considera como un Bypass. (Ver figura 1.3)

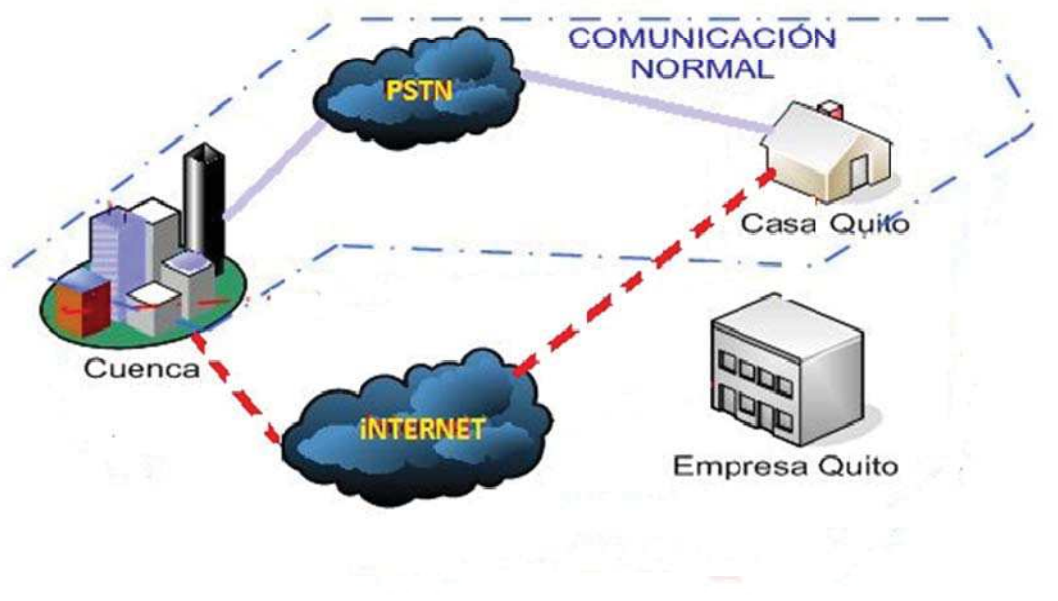
Fig. 1.3 Esquema de bypass telefónico



Elaborado por: Los Autores

Para que esto no sea un delito, se debería contar en el hogar con algún dispositivo o aplicación de software que se conecte a un sitio web proveedor de servicios de Voz sobre IP el cual este activo, conectado al Internet y permita realizar telefonía IP sin utilizar en ningún momento el tramo de la red PSTN.

Fig. 1.4 Esquema de comunicación permitido



Elaborado por: Los Autores

### 1.8.2 Justificación Práctica

Actualmente, es impresionante como la tecnología está desarrollándose a pasos agigantados y no podía ser la excepción la tecnología de Voz sobre IP, ésta se ha venido desarrollando para ya no ser un dolor de cabeza al momento de su implementación y sus altos costos, para ser implementada en redes corporativas locales y extendidas geográficamente, generando mucha confianza en empresas que se ven tentadas por estas soluciones totalmente viables y operativas.

Las organizaciones empresariales muestran gran inquietud por su aplicación y su incorporación sobre su red corporativa de datos, restablecida por los parámetros de calidad/precio.

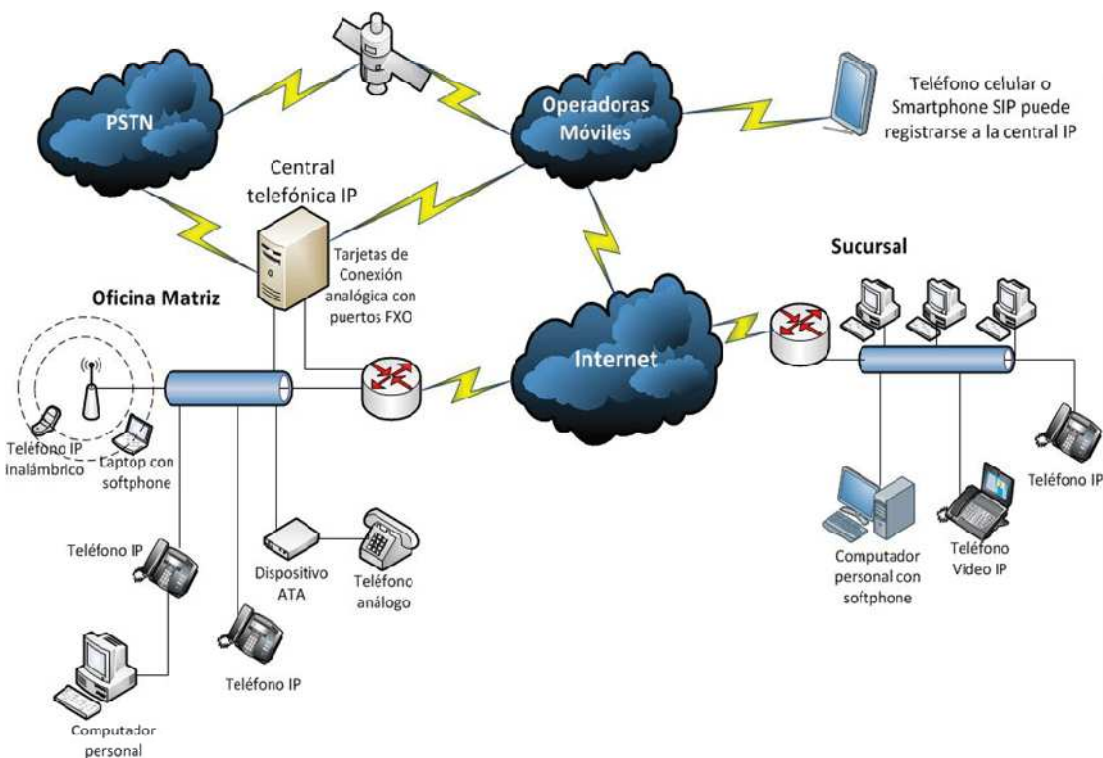
Las soluciones actuales implican diseño, optimización de las distintas herramientas y recursos disponibles en las propias organizaciones que se acoplan a sus sistemas para optimizar su funcionamiento por disponer de aplicaciones como correo electrónico de voz, encolamiento de llamadas, extensiones dedicadas a clientes importantes, mensajería, parqueo de llamadas, etc., con lo cual se vuelven más competitivos en este mundo globalizado.

Cabe señalar que para la utilización de este sistema se debe disponer de algunos requisitos técnicos mínimos los cuales son básicos para que la telefonía IP pueda operar como lo es una red basada en el protocolo IP operativa, y un esquema de seguridad de la información que apoye a la continuidad y la disponibilidad de las comunicaciones.

Este proyecto se justifica básicamente en la implementación de una central telefónica IP la cual ejecutara su funcionalidad desde un equipo informático como lo es un computador personal, en el cual se instalará la distribución de código abierto basada en Asterisk denominada "Trixbox CE".

Este equipo emulara las funciones de una central telefónica convencional, la que además contara con tarjetas análogas electrónicas que proveerán conectividad hacia la red pública telefónica así como a la red de telefonía celular, la red de datos local de la Empresa y a la red Internet, de esta manera, se obtendrá una red convergente ó multiservicios.

**Fig. 1.5 Esquema de conectividad propuesto para la red de telefonía IP**



**Elaborado por:** Los Autores

La central telefónica IP además, tendrá la capacidad de manejar números de acceso telefónico interno denominados extensiones, las cuales estarán al servicio de cada uno de los usuarios en las distintas dependencias y departamentos de la Empresa Flornintanga S.A.

La administración centralizada de la central, permitirá habilitar y restringir accesos y permisos al momento de realizar llamadas dentro y fuera del de la provincia o del país, con lo cual se reducirá por completo el costo de llamadas innecesarias o que no sean de interés para el negocio de la Empresa.

Para un proyecto de mediana y gran escala se necesitará implementar otros requisitos como por ejemplo políticas de calidad de servicio y adicionalmente otros dispositivos y recursos de comunicaciones para cubrir estos requerimientos tanto en su estructura física como de servicio.

## CAPÍTULO II

### 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En este capítulo se mencionará los conceptos fundamentales que se ven involucrados en una comunicación basada en VoIP como son protocolos, equipamiento, estándares, y consecuentemente el paso a la creación de una infraestructura de Telefonía IP.

Finalmente se realizará un análisis costo beneficio en función a la utilidad que brinda la utilización de soluciones basadas en software libre vs. Soluciones propietarias o comerciales.

#### 2.1 REDES CONVERGENTES O DE NUEVA GENERACIÓN (NGN)

Las redes convergentes o redes multi-servicio se definen como la integración de los servicios de voz, datos y video sobre una misma red común basada en el protocolo de Internet (IP<sup>5</sup>) como protocolo de capa de red.

Tradicionalmente, estos servicios se han prestado en forma separada sobre redes específicas para cada tipo de transporte de información.

Así pues, la red de voz se ha venido transmitiendo mediante una red cuya gestión se la realiza con la utilización de una o varias centrales telefónicas y estas redes a su vez se conectan a la red telefónica pública.

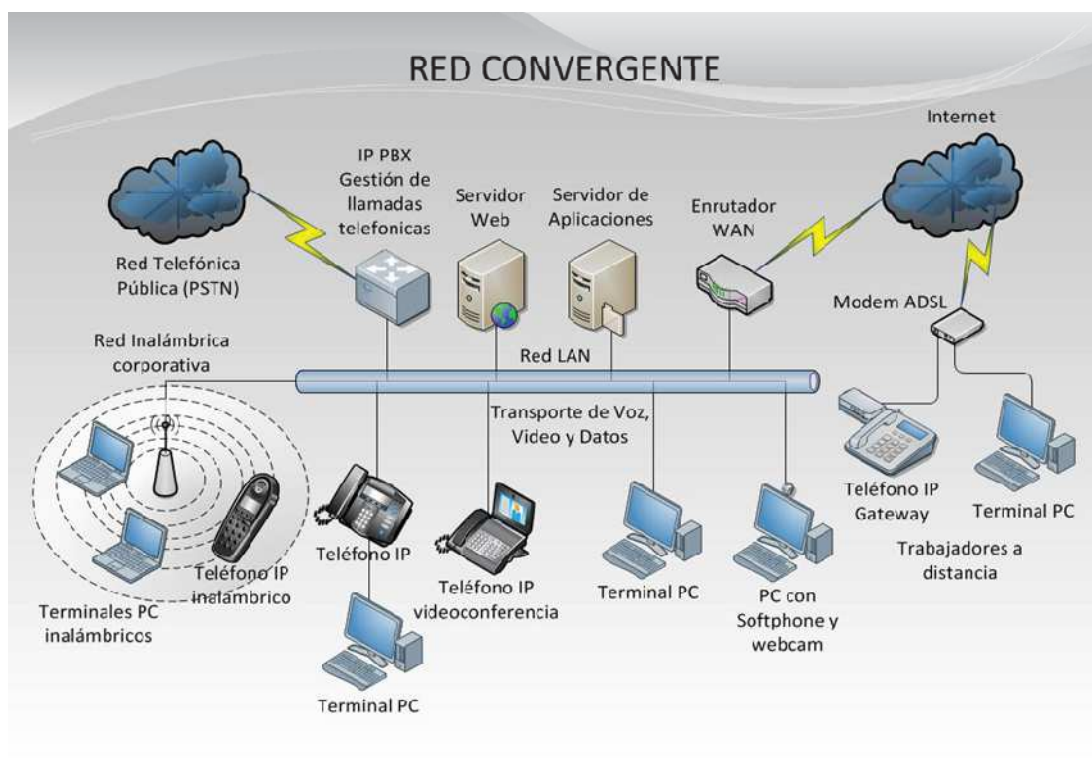
En el caso de la transmisión de datos, la red es operada con equipos como enrutadores y conmutadores que transportan y gestionan los paquetes de un origen a un destino.

---

<sup>5</sup> IP: Protocolo de Internet. Pertenece a la capa de red del modelo OSI, protocolo no orientado a conexión, encargado del direccionamiento en redes basadas en conmutación por paquetes.

Las organizaciones buscan implementar una única red en la que se pueda disponer de servicios de voz, datos y video haciendo uso de la convergencia de redes. Con esta implementación se persigue optimizar el uso de recursos de red, obteniendo reducción de costos de administración, mantenimiento y manejo de la información, así como el aumento de la productividad.

**Fig. 2.1 Red Convergente**



**Elaborado por:** Los Autores

Este tipo de redes están creciendo a gran escala por las enormes prestaciones con las que cuenta, de tal forma que surgen a nivel empresarial tomando el nombre de Redes de Nueva Generación (NGN) las cuales se definen según la ITU<sup>6</sup> como: una red de transferencia de paquetes que permite ofrecer servicios de telecomunicación diversos y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha, cuya calidad de servicio pueda ser controlada mediante tecnologías QoS,<sup>7</sup> y en la que las funciones relacionadas

<sup>6</sup> ITU: (International Telecommunication Union) Unión Internacional de Telecomunicaciones.

<sup>7</sup> QoS: (Quality of Service) Calidad de servicio es una serie de tecnologías que permiten garantizar que un determinado tipo de datos llegue con prioridad sobre otros.

con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. [1]

- Según los lineamientos y estándares de la ITU, las características principales de las NGN, incluidas en la Recomendación Y.2001<sup>8</sup> son:
- La transferencia estará basada en paquetes.
- Las funciones de control están separadas de las capacidades de portador, llamada/sesión, y aplicación/servicio.
- Soporte de una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos basados en construcción de servicios por bloques (incluidos servicios en tiempo real/de flujo continuo en tiempo no real y multimedia).
- Tendrá capacidades de banda ancha con calidad de servicio (QoS) extremo a extremo.
- Tendrá interoperabilidad con redes tradicionales a través de interfaces abiertas.
- Movilidad generalizada.
- Acceso sin restricciones de los usuarios a diferentes proveedores de servicios.
- Diferentes esquemas de identificación.
- Características unificadas para el mismo servicio, como es percibida por el usuario.

---

<sup>8</sup> Y. 2001: Recomendación UIT-T referente a la visión general de las redes de próxima generación.



- Convergencia entre servicios fijos y móviles.
- Soporte de las múltiples tecnologías de última milla.

Estas características, se enfocan de ofrecer nuevas herramientas tecnológicas, que le reporten beneficios al usuario en términos de costos, así como también en calidad y diversidad de servicios.

## **2.2 VOZ SOBRE IP (VoIP)**

Es la tecnología que permite transmitir conversaciones telefónicas mediante la conversión o codificación en paquetes para poder ser transportadas en tiempo real a través de redes basadas en el protocolo IP.

Esta posibilidad permite establecer conversaciones entre usuarios haciendo uso de una infraestructura de red de datos como puede ser una red local o una red extendida como la Internet, en lugar de utilizar la red de telefonía tradicional. VoIP se divide en dos grupos <sup>[2]</sup>:

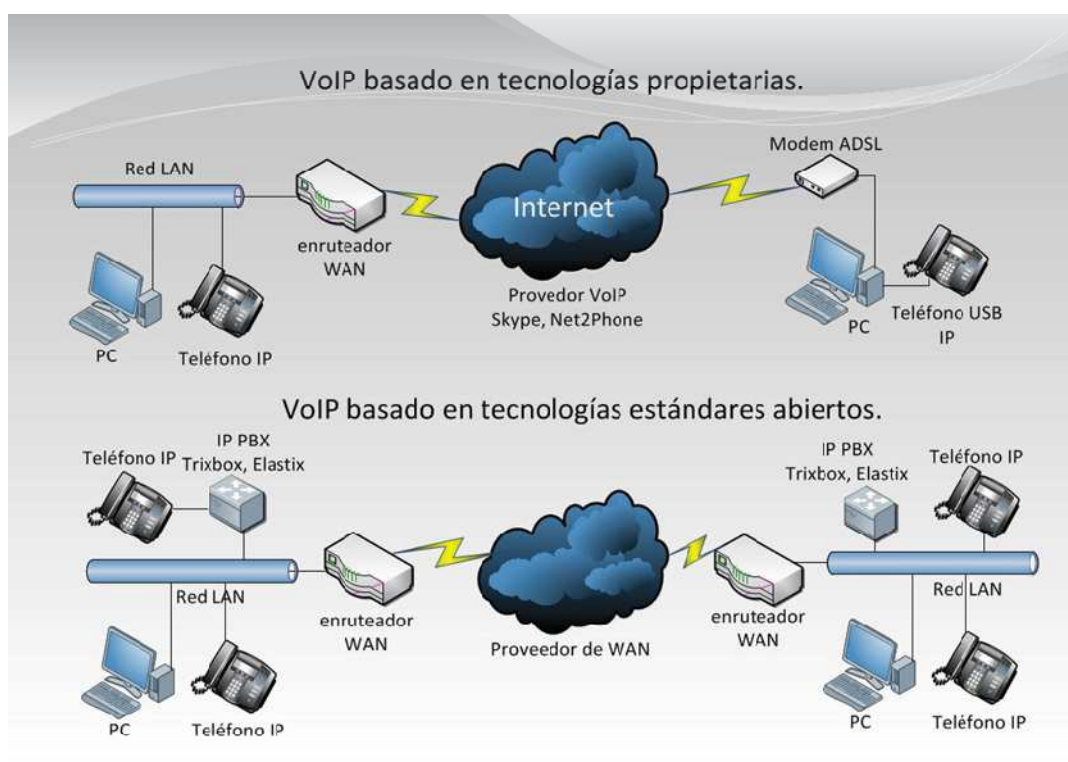
El primer grupo se refiere a las tecnologías cerradas propietarias, en lo cual se puede mencionar a Skype<sup>9</sup>, cuya funcionalidad es establecer comunicación entre usuarios por medio de voz, video y texto a través de Internet. Skype es una aplicación que se puede descargar libremente sin costo, sin embargo, existen funcionalidades que para ser usadas se debe realizar un pago.

En el segundo grupo se encuentran las tecnologías de estándares abiertos basados en SIP, H.323 o IAX. Trixbox se encuentra dentro de este grupo y es una de las plataformas de VoIP más usada actualmente a nivel corporativo.

---

<sup>9</sup> Skype: Software que permite comunicación de texto, voz y video con VoIP sobre Internet

Fig. 2.2 Tecnologías de VoIP



Elaborado por: Los autores

### 2.3 SISTEMA DE TELEFONÍA IP

Se define como telefonía IP a la tecnología que permite establecer llamadas telefónicas utilizando redes basadas en el protocolo IP y además que exista la disponibilidad de interconectarse con otras redes como la PSTN<sup>10</sup> y/o la telefonía móvil.

Es necesario establecer las diferencias entre telefonía, telefonía IP y VoIP, que en muchos de los casos puede ser motivo de confusión. Telefonía es el servicio, es decir la prestación que se encuentra disponible al público mediante una red como la PSTN por ejemplo, en tanto que la telefonía IP es la tecnología encargada de prestar el mencionado servicio y adicionalmente sirve para

<sup>10</sup> PSTN: (Public Switched Telephone Network) red telefónica pública conmutada es una red con conmutación de circuitos tradicional optimizada para comunicaciones de voz en tiempo real.

prestar otros servicios considerados en las redes de datos como transmisión de video por ejemplo.

VoIP en este contexto viene a ser la tecnología que permite la transmisión de voz por medio de redes IP, pero estas redes no están interconectadas a otras infraestructuras de telefonía como la PSTN o telefonía móvil.<sup>[3]</sup>

Para la humanidad, la necesidad de comunicarse ha sido motivo de constante investigación, lo que ha conllevado al surgimiento de nuevas y versátiles tecnologías de comunicación como el Internet y la telefonía móvil, las cuales han desplegado inmensas infraestructuras para lograr coberturas geográficas extensas, todo esto con la finalidad de proveer servicios en lugares remotos y conseguir conectividad a nivel intercontinental.

Estos alcances han sido la plataforma para la concepción de la telefonía IP, que mediante la implementación de redes convergentes permiten la transmisión de cualquier tipo de tráfico por un mismo medio, lo que hace muy flexible la interoperabilidad de redes y tecnologías.

### **2.3.1 Elementos de una Red de Telefonía IP**

#### **2.3.1.1 IP PBX <sup>[4]</sup>**

IP PBX es una central telefónica que funciona sobre un sistema que soporta VoIP diseñado para ofrecer servicios de comunicación no solo de voz sino también de video a través de las redes de datos. Por medio de esta central se puede manejar un número ilimitado de extensiones en sitios locales o remotos los cuales mediante Internet, se puede tener la facilidad de añadir video, conectar troncales digitales o servicios de VoIP (SIP trunking)<sup>11</sup> para llamadas internacionales a bajo costo.

---

<sup>11</sup> SIP Trunking: solución basada en VoIP que permite a los proveedores de telefonía por Internet dar servicio de voz mediante comunicaciones unificadas vía IP.

A las IP PBX se pueden conectar directamente dispositivos terminales como teléfonos IP para establecer enlaces directos de comunicación telefónica, adicionalmente se pueden conectar líneas de las redes telefónicas públicas convencionales así como también de las redes móviles por medio de dispositivos denominados bases celulares.

Se debe tomar en cuenta que esta tecnología, puede utilizar software basado en código abierto y propietario, siendo los primeros actualmente los más difundidos y utilizados por sus bajos costos en su implementación y mantenimiento principalmente en pequeñas y medianas empresas.

Cabe mencionar que en la mayoría de los casos una IP PBX es implementada en computadores personales, esto conlleva a tener problemas de hardware normales en una PC como sobrecalentamiento de CPU, errores de memoria o disco duro, etc. Para evitar estos eventos, se requiere realizar un dimensionamiento del performance de la IP PBX ha ser implementada para dotarle de las prestaciones que sean necesarias para su normal funcionamiento.

Este tipo de centrales se caracterizan por su confiabilidad y a su fácil configuración y administración, cuentan con interfaces graficas vía web y todas las funcionalidades que se requieren para crear un entorno de comunicación flexible y adaptable a varios tipos de fabricantes de hardware.

Adicionalmente estas centrales pueden llegar a ser muy escalables por contar con la posibilidad de integrar varias tecnologías como E1, T1 con la finalidad de ampliar la cantidad de puertos para integrar el número de líneas telefónicas que sean requeridas.

Las IP PBX, dadas sus características y facilidades, son ideales para las empresas que manejan grandes cantidades de llamadas y de teléfonos, y algo que se debe destacar es que esta tecnología está en constante evolución y

mejoras en sus prestaciones, esto ha conllevado al desplazamiento y al retiro de operación de las central telefónicas convencionales casi completamente.

### **2.3.1.2 Puertos FXS y FXO**

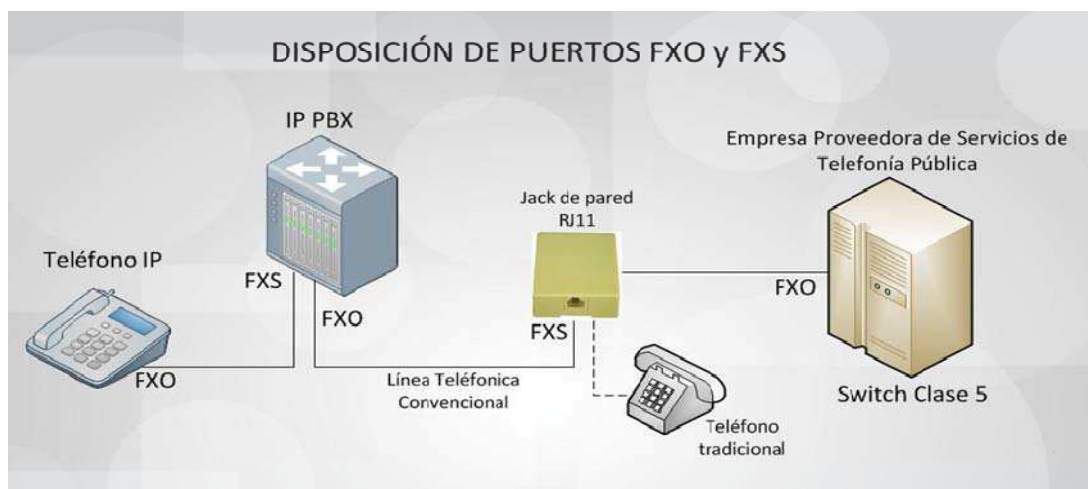
FXS (Foreign Exchange Station) y FXO (Foreign Exchange Office) son los nombres de las interfaces que utilizan las líneas telefónicas análogas públicas con la finalidad de proveer el servicio de telefonía dentro de una red convencional o tradicional.

En una red de telefonía IP, los puertos FXO son utilizados para interconectar la IP PBX con líneas telefónicas de la red PSTN y la red de telefonía móvil, mientras que con los puertos FXS se pueden conectar teléfonos directamente a la central IP.

En términos generales se puede definir como puerto FXS a la interface que proveer línea a un usuario y por lo tanto es la encargada de alimentar a un terminal telefónico con el tono de marcado, corriente y tensión al timbre de llamada.

Un puerto FXO es utilizado para recibir señales de una FXS, en este contexto, un FXO viene a ser considerado un dispositivo telefónico terminal que bien puede enviar hacia la red una indicación de colgado/descolgado (cierre de bucle), aceptar señales de llamada y obviamente tiene la capacidad de recibir señales vocales. Los puertos FXO y FXS van siempre en pares, es decir, son similares a un enchufe macho/hembra.

Fig. 2.3 Puertos FXO y FXS



Elaborado por: Los autores

Los puertos FXO y FXS vienen incorporados en hardware por medio de tarjetas electrónicas acondicionadas para la función que sean requeridas. En una misma tarjeta pueden instalarse tantos puertos FXO y FXS como la capacidad del dispositivo lo permita.

Fig. 2.4 Tarjeta TDM400p con 4 puertos FXO activos



Fuente: <http://www.pcenterperu.com/store/index.php>

### **2.3.1.3 Concentrador de Rutas (Gatekeeper)**

Un gatekeeper es una función opcional de una red VoIP, el cual puede ser utilizado en el enrutamiento y la gestión central de todos los puntos finales en una zona determinada. Esto incluye la gestión de terminales, gateways y MCU (unidades de control multipunto).

El gatekeeper proporciona variables lógicas para servidores proxy o puertas de enlace en una ruta de llamada para proporcionar conectividad con la red telefónica pública conmutada (PSTN), Esto hace que se mejore la calidad de servicio (QoS), y para hacer cumplir las políticas de seguridad. Un gatekeeper VoIP proporciona traducción de direcciones, control de ancho de banda, y controlar el acceso a una red de terminales y gateways VoIP.

### **2.3.1.4 Pasarela (Gateway)**

Una pasarela es requerida para hacer la traducción entre las redes de VoIP y la red PSTN. La implementación de una pasarela de VoIP es requerido a fin de unirse y traducir las redes híbridas de telefonía a la perfección, adicionalmente convierte el tráfico TDM de la red telefónica pública conmutada (PSTN) en tráfico basado en VoIP.

Una característica importante que se debe destacar de las pasarelas es que son considerados como puntos finales inteligentes, por lo que están en capacidad de proporcionar facturación, alarmas, respuesta de voz interactiva (IVR), enrutamiento, la manipulación de dígitos, y la seguridad.

Una pasarela VoIP también se lo conoce como un Media Gateway, SoftSwitch, Controlador de Media Gateway, servidor SIP, o como cualquier otro dispositivo cuya función es manejar los datos de señalización de VoIP.

### 2.3.1.5 Equipos Terminales <sup>[5]</sup>

Son los dispositivos basados en software o hardware que son empleados por el usuario final con la finalidad de iniciar, establecer o finalizar una llamada telefónica. Estos dispositivos están en la capacidad de proporcionar comunicación bidireccional en tiempo real con otro terminal, gateway o unidad de control multipunto MCU. Esta comunicación puede contener señales de control, audio, video y datos.

Todos los terminales de Telefonía IP tienen cierta inteligencia que está proporcionada por un Agente de Usuario (UA), que consiste en un programa informático (siempre activo, del tipo demonio) cuya función es dialogar con otras entidades también de tipo UA.

Algunos de los dispositivos que pueden tener una función de UA son los Teléfonos IP, ordenadores con Softphone, pasarelas telefónicas y sistemas de mensajería automática.

Los UA's inician y terminan las sesiones mediante mensajes que solicitan algún servicio, responden a solicitudes o piden respuestas, contiene dos elementos: un Agente de Usuario cliente (UAC) y un Agente de Usuario servidor (UAS).

El UAC es una aplicación cliente que inicia solicitudes de tipo SIP<sup>12</sup> hacia la red IP, en tanto que el UAS en cambio es una aplicación que al recibir una solicitud SIP de la red IP se pone en contacto con el usuario y devuelve la respuesta que este desee.

Cuando un UAC emite una solicitud, esta pasa por algunos proxys y termina en un UAS del corresponsal. Cuando dicho UAS responde, la respuesta se hace

---

12 SIP: (Session Initiation Protocol) Protocolo de Inicio de Sesiones. Es el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario donde intervienen video, voz, mensajería instantánea juegos en línea y realidad virtual.



llegar al UAC del otro extremo de la conversación. Los procedimientos UAC y UAS dependen de dos factores. Si la solicitud o respuesta forma parte o no de un diálogo, y cuál es el método invocado por la solicitud.

Se debe tomar en cuenta que para poder usar un terminal IP y mantener conversaciones con otros usuarios hay que configurarlo con los parámetros que proporcione el administrador del servicio de telefonía IP.

### Softphones

Los softphones son terminales de telefonía IP basados en software. Para su funcionamiento estas aplicaciones pueden ser instaladas en un ordenador personal, en un PDA o incluso en un teléfono móvil, de donde toman los recursos informáticos puntuales para funcionar.

Los softphones son exclusivamente diseñados para telefonía IP, adicionalmente también hay otro grupo de softphones que además de telefonía IP soportan videoconferencia y mensajería.

Es bastante común que los softphones se puedan configurar para trabajar con otros protocolos diferentes de SIP. Su aspecto o interface con el usuario intenta parecerse a los teléfonos regulares o a los programas de mensajería.

Fig. 2.5 Interfaz de softphone EyeBeam



Fuente: <http://www.inphonex.es/soporte/eyebeam-configuracion.php>

## Teléfonos IP

Suelen tener el aspecto de un teléfono convencional, posee un display y teclas de función, adicionalmente en su interior han de tener un agente de usuario (UA), lo cual obliga a que tengan embebido un pequeño procesador.

Adicionalmente tienen agregado un conector RJ-45 para engancharlo directamente a la red mediante la asignación de una dirección IP y de esta forma ser tratado como cualquier elemento dentro de la misma.

**Fig. 2.6** Equipo telefónicos IP GrandStream GVX-3140



**Fuente:** [http://www.voipminic.com/shop/product\\_info.php/products\\_id/836](http://www.voipminic.com/shop/product_info.php/products_id/836)

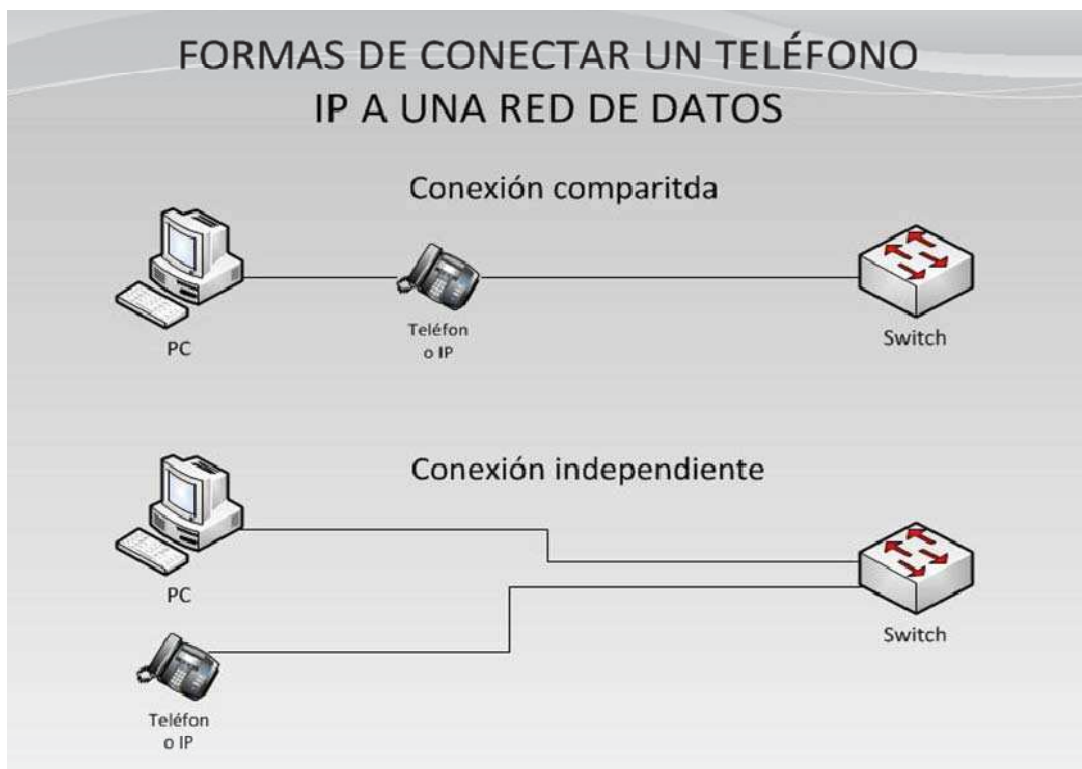
Pueden recibir alimentación eléctrica del propio conmutador o switch haciendo uso de la tecnología PoE.<sup>13</sup>

La mayoría de teléfonos IP se conectan directamente al tomacorriente para recibir energía eléctrica.

Físicamente existen varias opciones de conexión de un teléfono IP a la red de datos, dado el hecho de que normalmente estos dispositivos disponen de dos puertos Ethernet, es posible conectarlos de manera que simulen ser un puente entre el conmutador y el computador personal.

<sup>13</sup> PoE: (Power over Ethernet) energía sobre Ethernet. Tecnología que permite que dispositivos como teléfonos IP reciban alimentación eléctrica a través del cable de datos UTP.

Fig. 2.7 Tipos de Conexiones físicas de teléfonos IP



Elaborado por: Los autores

### 2.3.2 Adaptadores ATA

Un ATA (Adaptador Telefónico Análogo) es un dispositivo, que se utiliza para transformar un terminal telefónico analógico o tradicional en un terminal telefónico IP. Su función principal es transmitir señales telefónicas mediante la conversión de digital a analógico y viceversa.

Fig. 2.8 Adaptador GrandStream Handy tone286



Fuente: <http://www.grandstream.com/index.php/products/ip-voice-telephony/>

El ATA para cumplir con su objetivo es ubicado entre un teléfono analógico regular y la red IP. Por lo general estos dispositivos son de pequeño tamaño y bajo coste, no obstante, en su interior deberá contener un agente de usuario para la señalización SIP más una pequeña electrónica con códec para adaptar los contenidos de voz o telefax entre el lado IP y el terminal analógico.

Se debe considerar que, la parte electrónica de un ATA es similar a la de un teléfono IP, con su pequeño procesador, sistema operativo y servidor web para facilitar la configuración.

### 2.3.3 Ventajas y Desventajas de la Telefonía IP frente a la Telefonía convencional

#### 2.3.3.1 Ventajas

Existe muchas ventajas que se pueden mencionar, a continuación se citan las más relevantes:

**Costos.** La ventaja más importante es el costo, ya que una llamada mediante telefonía VoIP es en la mayoría de los casos es mucho más barata que su equivalente en telefonía convencional. Esto es básicamente debido a que la

transmisión de la voz viaja en forma de paquetes de datos y por lo tanto comparte la misma red por la cual se transporta otro tipo de información, En tanto que la telefonía convencional tiene costos fijos, dado el hecho de que su transmisión opera sobre una red dedicada.

Usualmente para una llamada entre dos teléfonos IP la llamada es gratuita, mientras que cuando se realiza una llamada de un teléfono IP a un teléfono convencional el costo corre a cargo del teléfono IP.

**Portabilidad.** Con VoIP el usuario es capaz de realizar una llamada desde cualquier lado que exista conectividad a Internet. Dado que los teléfonos IP transmiten su información a través de Internet estos pueden ser administrados por un proveedor o el administrador de red corporativo desde cualquier lugar donde exista una conexión. Esto es una ventaja para las personas que suelen viajar mucho, estas personas pueden llevar su teléfono consigo siempre teniendo acceso a su servicio de telefonía IP.

**Servicios agregados.** En telefonía IP se pueden entregar características adicionales o servicios agregados de forma gratuita, mientras que las operadoras de telefonía convencional cobran tarifas aparte por brindar estos adicionales. Servicios agregados de VoIP pueden ser:

- Identificación de llamadas.
- Servicio de llamadas en espera
- Servicio de transferencia de llamadas
- Repetir llamada
- Devolver llamada
- Llamada de 3 líneas (llamada tripartita).

### 2.3.3.2 Desventajas

En la actualidad, aún se puede verificar la existencia de problemas en la utilización de VoIP, estas dificultades son generadas por razones que

involucran condiciones tecnológicas de bajo performance, sin embargo se prevé que, la solución se verá reflejada en un corto plazo por la constante evolución de la tecnología, no obstante existen otro tipo de limitaciones las mismas que se cita a continuación:

**Calidad de servicio.** Dado que VoIP utiliza una conexión de red por la cual se puede transportar cualquier tipo de información, la calidad del servicio se ve afectado por la competencia existente entre los distintos tipos de tráfico.

Esto quiere decir que la calidad de una conexión VoIP se puede ver afectada por problemas como la alta latencia (tiempo de respuesta) o la pérdida de paquetes. Las conversaciones telefónicas se pueden ver distorsionadas o incluso cortadas por este tipo de problemas. Es indispensable para establecer conversaciones VOIP satisfactorias contar con una cierta estabilidad y calidad en la línea de datos.

**Alimentación de energía.** VoIP requiere de una conexión eléctrica. En caso de un corte eléctrico a diferencia de los teléfonos VoIP los teléfonos de la telefonía convencional siguen funcionando (excepto que se trate de teléfonos inalámbricos). Esto es así porque el cable telefónico es todo lo que un teléfono convencional necesita para funcionar.

**Ataques de virus informáticos.** Por la naturaleza de VOIP se puede afirmar que existe la enorme posibilidad de que su funcionalidad se vea afectada por virus, gusanos y hacking, sin embargo este tipo de ataques a infraestructuras de VoIP es muy raro, no obstante las empresas involucradas en el desarrollo de plataformas de telefonía IP están en constante investigación para tratar de aplacar y corregir cualquier tipo de vulnerabilidades con la finalidad de solucionar este tipo de inconvenientes.

## **2.4 QoS (CALIDAD DE SERVICIO)**

### **2.4.1 Factores Técnicos que afectan la QoS en Telefonía IP**

En telecomunicaciones, se entiende como calidad de servicio (QoS), a la tecnología cuyo propósito fundamental es establecer prioridades en ciertos tipos de tráfico los cuales requieren que su transmisión sea rápida, estable, continúa, consistente y sobretodo con un alto grado de disponibilidad.

En redes convergentes distintos tipos de tráfico son transmitidos por un mismo medio común, en tal virtud, QoS ha sido creado para encargarse de la clasificación de estos tipos de tráfico, lo que conlleva al establecimiento de prioridades. QoS se vale de la configuración de varios parámetros y asignación de recursos para llevar a cabo su propósito, de esta forma se da lugar a la creación de colas que consiste en el almacenamiento en buffer de memoria de los paquetes que no posean prioridad de tráfico QoS, este tipo de paquetes son enviados inmediatamente después de que el tráfico con prioridad haya terminado su transmisión y no este ocupando el medio.

Las prioridades de tráfico hacen que QoS pueda garantizar que una determinada cantidad de tráfico, en un determinado lapso de tiempo pueda ser transmitido de manera óptima y constante, dando lugar a que el usuario pueda experimentar una excelente calidad de servicio en la recepción.<sup>[6]</sup>

Existen varios factores técnicos que afectan la calidad de servicio en una red de telefonía IP, los cuales son citados a continuación:

#### **2.4.1.1 Latencia**

La latencia se describe como la suma de todos los retardos que se puedan generar en cada uno de los componentes participantes de una red como son receptor, transmisor, dispositivos intermedios e inclusive el medio físico por el



cual va a ser transportada la información. Todos los elementos antes mencionados son inevitablemente en mayor o en menor grado generadores de latencia durante la señal permanezca en el medio atravesando la red en un determinado lapso de tiempo hasta alcanzar su destino.

Este problema no es específico de VoIP sino más bien de enlaces lentos en donde la información debe recorrer grandes distancias, así como por ejemplo en un enlace satelital, no obstante las comunicaciones en tiempo real como VoIP y full-dúplex son muy sensibles a la latencia.<sup>[6]</sup>

Para minimizar el efecto que tiene la latencia sobre la VoIP existen algunas medidas que pueden ayudar a disminuir estos valores:

- Aumentar la velocidad del enlace o el ancho de banda
- Dar prioridad al tráfico de Voz
- Utilizar medios de transmisión de alta velocidad como fibra óptica.

En la tabla a continuación se muestra los valores que indican las clases de calidad e interactividad de acuerdo con el retardo de transmisión en una conversación telefónica:

**Tabla 2.1 Clases de calidad e interactividad de una llamada<sup>[7]</sup>**

Clase N°	Valor Retardo en (ms)	Observaciones
1	De 0 a 150	Aceptable para la mayoría de conversaciones; sólo algunas funciones altamente interactivas pueden experimentar degradación
2	De 150 a 300	Aceptable para las llamadas de baja interactividad (satélite con 250 ms por salto).
3	De 300 a 600	Prácticamente una llamada semi-dúplex.
4	Mayor a 600	Inútil, a menos que los llamantes estén habituados a conversar en semi-dúplex (como los radioaficionados).

**Elaborado por:** Los autores

### 2.4.1.2 Jitter

El Jitter se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino.<sup>[6]</sup>

Las comunicaciones en tiempo real como VoIP son especialmente sensibles a este efecto. En general, es un problema frecuente en enlaces lentos o congestionados.

Algunos mecanismos para sobrellevar este inconveniente son:

- El aumento de mecanismos de QoS (calidad del servicio) como prioridad en las colas.
- Reserva de ancho de banda.
- Enlaces de mayor velocidad (100Mb Ethernet, E3/T3, SDH).

Se recomienda que el jitter entre el punto inicial y final de la comunicación debiera ser inferior a 100 ms. Si el valor es menor a 100 ms el jitter puede ser compensado de manera apropiada. En caso contrario debiera ser minimizado.

La solución más ampliamente adoptada es la utilización del jitter buffer. El jitter buffer consiste básicamente en asignar una pequeña cola o almacén para ir recibiendo los paquetes y sirviéndolos con un pequeño retraso. Si algún paquete no está en el buffer es decir se perdió o no ha llegado todavía, cuando sea necesario se descarta.

Normalmente en los teléfonos IP (hardware y software) se pueden modificar los buffers. Un aumento del buffer implica menos pérdida de paquetes pero más

retraso. Una disminución implica menos retardo pero más pérdida de paquetes.

### 2.4.1.3 Eco <sup>[6]</sup>

El eco se define como una reflexión retardada de la señal acústica original y es producido por un fenómeno técnico que es la conversión de 2 a 4 hilos de los sistemas telefónicos o por un retorno de la señal que se escucha por los altavoces y se filtra de nuevo por el micrófono.

El eco es especialmente molesto cuanto mayor es el retardo y cuanto mayor es su intensidad con lo cual se convierte en un problema en VoIP puesto que los retardos suelen ser mayores que en la red de telefonía tradicional.

El oído humano es capaz de detectar el eco cuando su retardo con la señal original es igual o superior a 10 ms. Pero otro factor importante es la intensidad del eco ya que normalmente la señal de vuelta tiene menor potencia que la original. Es tolerable que llegue a 65 ms y una atenuación de 25 a 30 dB.

Existe una solución denominada cancelador de eco que puede evitar este efecto. Este sistema ejecuta un procedimiento por el cual el dispositivo emisor guarda la información que envía en memoria y es capaz de detectar en la señal de vuelta la misma información, este procedimiento usualmente requiere mayor tiempo de procesamiento.

Casi todos los algoritmos de cancelación de eco operan mediante la generación de múltiples copias de la señal recibida, El proceso en si consiste en ampliar las señales retardadas exactamente en la medida necesaria para eliminar el eco. Los métodos utilizados en la determinación de los pesos de los taps (factores de escala) es lo que distingue a un algoritmo de otro. Existe cancelación de eco por hardware y por software.<sup>[8]</sup>

#### 2.4.1.4 Pérdida de Paquetes (Packet Loss)

El packet loss se define como la tasa o el porcentaje de pérdidas de paquetes cuando los mismos son descartados a medida que son transmitidos por una red, esto usualmente ocurre por varios factores inherentes principalmente a errores por saturación, congestión y/o fallas en los medios de transmisión.

La voz tiene la característica de ser predictiva de modo que si una cierta cantidad de paquetes son eliminados y por algún motivo no llegaría su destino, el oído humano sería capaz de orientar fácilmente la recomposición del mensaje para entenderlo completo, no obstante el problema se puede dar con mayor importancia si la pérdida se da por ráfagas.

VoIP transmite basado en el protocolo UDP,<sup>14</sup> el mismo que no está orientado a conexión por lo que no controla si existe una pérdida de paquetes en el camino a su destino. La pérdida de paquetes máxima admitida para que no se degrade la comunicación deber ser inferior al 1%.

Existe una medida eficaz que puede ayudar a minimizar el impacto de packet loss, esta técnica es utilizada en redes con un alto grado de congestión y/o baja velocidad, consiste en establecer que en la llamada no se transmitan los silencios. Gran parte de las conversaciones están llenas de momentos de silencio. Si solo se transmite cuando haya información audible se logra liberar bastante los enlaces y se evita fenómenos de congestión.

---

<sup>14</sup> UDP: (User Datagram Protocol) Protocolo de Datagrama de Usuario, utilizado para transmisiones no orientadas a conexión.

### 2.4.1.5 Umbrales de QoS para VoIP

Tabla 2.2 Cuadro comparativo de los factores que afectan QoS en VoIP

Factor QoS	Unidad	Niveles de Servicio				
		Excelente	Bueno	Regular	Pobre	Malo
Latencia (L)	ms	$L \leq 100$	$100 > L < 250$	$250 > L < 400$	$400 > L < 600$	$L > 600$
Jitter (J)	ms.	$J \leq 75$	$75 > J < 125$	$125 > J < 175$	$175 > J < 335$	$J > 335$
Packet loss (PI)	%	$PI \leq 1$	$1 > PI < 5$	$5 > PI < 8$	$8 > PI < 10$	$PI > 10$

Fuente: <http://www.voipforo.com/QoS>

## 2.5 PROTOCOLOS UTILIZADOS EN SISTEMAS DE TELEFONÍA IP

### 2.5.1 Protocolos de Direccionamiento y Enrutamiento

Se define como protocolo al conjunto de reglas o estándares que definen el comportamiento de una comunicación. Un protocolo puede ser implementado por hardware o software o una combinación de ambos.

En redes basadas en conmutación por paquetes, la información se transporta de un extremo a otro, por medio de múltiples dispositivos intermedios que guían o facilitan el encaminamiento de la información.

Los protocolos de direccionamiento y enrutamiento están implementados en estos dispositivos.

Ambos tipos de protocolos trabajan en la capa tres o denominada también capa de red del modelo OSI, y por lo tanto trabajan muy estrechamente.

Su finalidad es alcanzar redes remotas verificando rutas y direcciones lógicas para de esta forma entregar los paquetes generados en una transmisión.

La funcionalidad de los protocolos de direccionamiento es proporcionar una estructura de direcciones lógicas para identificar dispositivos en una red de

forma única y exclusiva a cada uno de estos dispositivos como pueden ser un computador personal, una impresora de red, un enrutador, etc.

En tanto que los protocolos de enrutamiento se dedican a procesar los paquetes transportados mediante las direcciones lógicas de origen y destino que traen en su encabezado para de esta forma decidir por cual camino enviarlos.

Los enrutadores para facilitar el encaminamiento de la información deben aprender sobre cómo alcanzar a redes remotas, para esto se valen de dos formas de enrutamiento como son: rutas estáticas y el enrutamiento dinámico.

Las rutas estáticas son configuradas manualmente, y no necesitan de ningún protocolo de enrutamiento, mientras que el enrutamiento dinámico si requiere protocolos de enrutamiento los cuales se clasifican en dos secciones:

Los protocolos IGP (Interior Gateway Protocol) que son los encargados de procesar rutas dentro de un mismo sistema autónomo o red privada y los EGP (External Gateway Protocol) que en cambio se encargan de procesar enrutamiento entre sistemas autónomos distintos.

Dentro de los protocolos de enrutamiento dinámico de tipo IGP, existe una nueva subdivisión la cual se establece en función a la manera lógica de cómo alcanzar redes remotas y a su vez de mecanismos de como almacenar la información recopilada para cumplir el enrutamiento.

De forma estandarizada, se conoce los siguientes grupos de protocolos de enrutamiento dinámico de tipo IGP:

- Por vector distancia
- Por estado de enlace
- Híbridos

**Tabla 2.3 Clasificación de protocolos de enrutamiento dinámico IGP**

Característica	Protocolos de enrutamiento dinámico IGP						
	RIP	RIP v2	IGRP	EIGRP	OSPF	ISIS	BGP
Tipo de algoritmo	Vector Dist.	Vector Dist.	Vector Dist.	hibrido	Estado enlace	Estado enlace	hibrido
Distancia Administrativa	120	120	100	90	110	115	200
Tiempo de Convergencia	Lento	Lento	Lento	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido
Consumo de Ancho de Banda	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
Consumo de recursos de CPU	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto
Mejor escalamiento	No	No	Si	Si	Si	Si	Si
De libre uso o propietario	Libre uso	Libre uso	Propiet	Propiet	Libre uso	Libre uso	Libre uso
Subredes	no	si	no	si	Si	si	si

**Fuente:** Curricula CCNA módulo 2 “Introducción al enrutamiento y envío de paquetes”

### 2.5.1.1 IP (Protocolo de Internet)

El protocolo IP (Internet Protocol) o protocolo de Internet es el encargado del direccionamiento de los nodos y el ruteo de paquetes sobre redes de datos.<sup>[9]</sup>

IPv4 es la versión 4 del protocolo IP, la cual en la actualidad aún se está utilizando, sin embargo, la versión IPv6 ya está implementada y en funcionamiento, el proceso de transición está aún muy lejos de concluir, no obstante la coexistencia de ambas versiones es muy factible dada su arquitectura muy similar.

Una dirección IP es un número de 32 bits definido en notación binaria y separada en 4 octetos que identifica en forma lógica y jerárquica y de manera única y exclusiva a un dispositivo como puede ser un computador personal, una impresora de red un enrutador, etc., dentro de una red que utilice el protocolo de Internet.

En telefonía IP, este protocolo es imprescindible ya que el direccionamiento que se requiere para el establecimiento de las llamadas es requerido para la identificación del origen y del destino, tal como si se tratará de 2 computadores personales que requieren intercambiar información vía red, en este caso con la utilización del protocolo IP.

Existen dos tipos de asignación de direcciones IP en una red de datos:

- Dinámica, cuando una dirección IP es asignada dinámicamente a un dispositivo, mediante el protocolo y servicio DHCP<sup>15</sup>, esta asignación establece una dirección IP no de manera permanente ya que si el dispositivo es reiniciado o apagado puede o no adoptar la misma dirección IP.
- Estática, cuando una dirección IP es asignada a un dispositivo de forma manual para que permanezca de forma permanente aún si el equipo es reiniciado o apagado.

### **2.5.2 Protocolos de Transporte**

Los protocolos de transporte trabajan en la capa cuatro del modelo de referencia OSI, y son los encargados de desplegar los mecanismos necesarios para ejecutar la transferencia de información mediante la utilización de puertos lógicos que se ocupan de establecer canales virtuales para que la información sea transportada de forma transparente. Dentro de este grupo de protocolos, se cita a los más representativos como lo son: TCP (Protocolo de control de transferencia) y UDP (Protocolo de datagrama de usuario), RTP (Protocolo de transporte en tiempo real) y RTCP (protocolo de transporte y control en tiempo real).

---

<sup>15</sup> DHCP: (Dynamic Host Configuration Protocol) Protocolo de Configuración de host dinámica, asigna direcciones IP mediante un servidor DHCP a host en una red basada en IP.



### **2.5.2.1 TCP (Protocolo de Control de Transmisión)**

TCP es un protocolo sólido que trabaja en la capa de transporte del modelo de referencia OSI, ofrece un servicio confiable a los usuarios, una comunicación segura y orientada a conexión.

Su principal objetivo es controlar que los datos sean transmitidos libres de errores y sean recibidos por las aplicaciones en el mismo orden en que fueron enviados. También proporciona un mecanismo para distinguir distintas aplicaciones dentro de una misma máquina, a través del concepto de puerto.

TCP da soporte a muchas de las aplicaciones más populares de Internet, y por lo tanto está íntimamente relacionada con IP de esta manera, la familia de protocolos TCP/IP es la arquitectura universal básica que maneja las redes basadas en Internet y por medio de la cual se puede interconectar dispositivos entre diferentes sistemas operativos y diferentes tecnologías.

### **2.5.2.2 UDP (Protocolo de Datagrama de Usuario)**

El protocolo UDP opera en la capa 4 o capa de transporte del modelo de referencia OSI, es no orientado a conexión y por lo tanto no verifica errores por lo que se define como un protocolo no confiable esto quiere decir que no da garantías que los paquetes lleguen en orden y no verifica que lleguen a su destino.

Por lo anterior mencionado, UDP reduce en gran medida la información que lleva en sus datagramas, lo que lo hace un protocolo más liviano que TCP y por la tanto más rápido, esta característica lo convierte en preferido para comunicaciones basadas en VoIP, en donde no se requiere que se realice un exhaustivo control de perdidas, siempre y cuando estas no sean considerables.

Muchas aplicaciones cliente-servidor usan UDP, donde tienen una solicitud y una respuesta en lugar de establecer y luego liberar una conexión, transmiten

audio, video, donde la llegada a tiempo de los datagramas es más importante que la fiabilidad, y se transmiten sobre el protocolo UDP. Para este caso, se usan protocolos de tiempo real que son aplicaciones del protocolo UDP.

### **2.5.2.3 RTP (Protocolo de Transporte en Tiempo Real)**

El protocolo de transporte en tiempo real RTP, su funcionalidad la ejecuta en la capa de sesión del modelo de referencia OSI, permite la transmisión de aplicaciones multimedia como son audio, video y video conferencia en tiempo real, esta comunicación se puede dar de manera unicast o multicast es decir entre dos o entre varios participantes respectivamente.

RTP es encapsulado bajo UDP en la capa de transporte y por lo tanto no garantiza la entrega de todos los paquetes al igual que su llegada al destino en el instante adecuado. La capa de aplicación se encarga de superar estos fallos en la transmisión de información.

Las funciones que RTP ejecuta en transmisiones de telefonía IP son las mencionadas a continuación:

- RTP se encarga de la digitalización y la compresión de la voz.
- Reconocimiento: identifica el tipo de información transmitida.
- Secuenciación: RTP implementa número de secuencias y marcadores temporales a los paquetes IP para rearmar la información en el emisor y el receptor, al igual que indicar el instante en el que se generó el paquete.
- Multicasting: los paquetes de difusión múltiple utilizan RTP para enrutar conversaciones a múltiples usuarios.
- Monitorización: controla la llegada de los paquetes al destino.

#### **2.5.2.4 RTCP (Protocolo de Control en Tiempo Real)**

RTCP es utilizado para enviar datos de control entre el emisor y receptor de una secuencia RTP. Los paquetes RTCP son enviados aproximadamente cada cinco segundos, y contienen datos que ayudan a verificar las condiciones de transmisión en el extremo remoto.

Para su transmisión RTCP se encapsulan dentro de mensajes RTP. El puerto con el cual trabaja RTCP al igual que RTP no es definido, por ello escoge un número de puerto impar consecutivo en relación al seleccionado por RTP.

La función principal de RTCP es realizar el control de flujo RTP, es decir permite obtener información básica sobre los participantes de la sesión y la calidad de servicio. El emisor y receptor de la comunicación intercambian estadísticas sobre paquetes perdidos y recibidos.

#### **2.5.2.5 RSVP (Protocolo de Reserva de Recursos)**

Es un protocolo de la capa de transporte diseñado para reservar recursos de una red bajo la arquitectura de servicios integrados, adicionalmente RSVP reserva los canales o rutas en redes basadas en Internet para la transmisión por unidifusión y multidifusión con escalabilidad y robustez.

RSVP puede ser utilizado tanto por hosts como por enrutadores para pedir o entregar niveles específicos de calidad de servicio (QoS) para los flujos de datos de las aplicaciones.

Las facilidades que presta RSVP son:

- Varios usuarios transmitan a múltiples clientes.
- Los clientes cambien de canal libremente.
- Elimina la congestión mediante la reserva de recursos.

Los receptores dentro de un grupo pueden enviar un mensaje de reservación de recursos al emisor para así obtener mejor recepción y poder eliminar la congestión. Este mensaje pasa a través de todos los enrutadores de la red, informa la reservación y aparta el ancho de banda necesario, pero si no hay suficiente lo informa. Cuando el mensaje llega al origen, quiere decir, que se ha reservado el ancho de banda pedido desde el emisor al receptor.

### 2.5.3 Protocolos de Señalización

Por señalización se entiende al conjunto de informaciones intercambiadas entre los dos extremos de la comunicación que permiten efectuar operaciones de:

- Supervisión (detección de condición o cambio de estado).
- Direccionamiento (negociación y establecimiento de llamada).
- Explotación (gestión y mantenimiento de la red).<sup>10</sup>

Para cumplir los requerimientos de señalización existen principalmente cuatro protocolos: H.323, SIP, MGCP, IAX2.

#### 2.5.3.1 H.323 <sup>[11]</sup>

H323 es un conjunto de estándares de ITU-T, los cuales definen un conjunto de protocolos para proveer comunicación visual y de audio sobre una red basada en conmutación por paquetes. Su diseño fue concebido específicamente para cubrir los siguientes objetivos:

- Basarse en los estándares existentes, incluyendo H.320, RTP y Q.931.
- Incorporar algunas de las ventajas que las redes de conmutación de paquetes ofrecen para transportar datos en tiempo real.

- Solucionar la problemática que plantea el envío de datos en tiempo real sobre redes de conmutación de paquetes.
- Permitir que las redes de telefonía tradicional se integren sin problemas con la señalización en todos los dispositivos participantes con redes VoIP.

Por su naturaleza H.323 no garantiza una calidad de servicio, y en el transporte de datos puede, o no, ser fiable; mientras que en el caso de voz o vídeo, nunca es fiable. Es independiente de la topología de la red y admite pasarelas, las cuales permiten usar más de un canal de cada tipo como puede ser voz, vídeo, datos simultáneamente.

Con la continua innovación tecnológica, H.323 ha venido siendo reemplazado por SIP (Protocolo de Inicio de Sesión), del cual se puede mencionar como una de sus ventajas que es mucho menos complejo y es parecido a los protocolos HTTP<sup>16</sup> / SMTP.<sup>17</sup> Consecuentemente, la mayoría de los equipos VOIP disponibles hoy en día son fabricados con el estándar SIP, mientras que los equipos VoIP más antiguos aún mantienen el estándar H 323.

### **2.5.3.2 SIP (Protocolo de Inicio de Sesión)**

SIP fue desarrollado por la Internet Engineering Task Force (IETF) como una forma de señalización de telefonía multiusuario distribuido y las aplicaciones de mensajería en una red IP.<sup>[11]</sup>

Es un protocolo encargado de la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario donde intervienen elementos multimedia. La sintaxis de sus operaciones se asemeja a las de los protocolos utilizados en los servicios de páginas web y de distribución de e-mails. Esta similitud es natural

---

<sup>16</sup> HTTP: (Hypertext Transfer Protocol) Protocolo de transferencia de hipertexto. Es utilizado para realizar todo tipo de transacciones de comunicación en la Web.

<sup>17</sup> SMTP: (Simple Mail Transfer Protocol) Protocolo simple de transferencia de correo. Se utiliza para el intercambio de mensajes de correo electrónico.

ya que SIP fue diseñado para que la Telefonía se vuelva un servicio más en Internet.

Los procesos funcionales lógicos esenciales que fueron utilizados para la creación de SIP son los mismos que los que fueron utilizados para la creación de H.323., sin embargo, SIP es mucho más extensible.

Es algo más que un conjunto de protocolos de telefonía de voz y video. Más bien, es un marco de embalaje para todo tipo de aplicaciones basadas en mensajes, llamadas de intercomunicación para la mensajería instantánea y servicios de audio y video.

Empresas como Broadvox, VoicePulse, Broadvoice, Packet8, y otros se han convertido en proveedores de frontera para servicios de dial-tone-style vía Internet, utilizando SIP como el sistema de señalización.

En estas ofertas de servicios, los consumidores pueden adquirir las capacidades de llamadas telefónicas que utilizan la Internet, en lugar de una línea PSTN, como el transporte para su servicio telefónico.

El protocolo SIP presenta un conjunto único de características que lo hacen idóneo para el desarrollo de aplicaciones web, que incorporen funcionalidades de comunicación multimedia y en particular de Telefonía IP.

Entre las más relevantes se encuentran:

- Localización de usuario. Se localiza al usuario mediante la dirección IP.
- Características de llamada. Negocia funcionalidades durante la sesión.
- Disponibilidad de llamado. Cuando el usuario no está disponible toma acción definida por las aplicaciones de control de usuario.

- Gestión de participantes. durante una llamada se puede añadir nuevos participantes.
- Cambio de parámetros durante la sesión. Se puede cambiar los parámetros establecidos al inicio de la misma. Ejemplo: el paso de una sesión de voz a una de texto o video.
- Diferentes formatos de respuesta. Se puede responder una invitación a una sesión con un formato diferente al solicitado. Ejemplo: un usuario puede responder una llamada de voz con una página web con los números telefónicos alternativos de contacto.
- Direccionamiento estándar de Internet. Se utiliza el mismo formato de Internet tanto para nombres como para las direcciones IP. Ejemplo: usuario@dominio.com
- Protocolo encapsulado en texto. La utilización de mensajes planos permite una integración más simple a aplicaciones web con facilidad de diagnóstico y corrección de errores.
- Terminales inteligentes multifuncionales. se implementa un SUA (SIP User Agent) con un elevado grado de inteligencia. Esta implementación puede estar en PDA's, computadores personales, terminales telefónicas, y otros dispositivos de comunicación como: teléfonos 3G.

#### Entidades lógicas de SIP <sup>[12]</sup>

Una red basada en señalización SIP tiene al menos cinco tipos de entidades lógicas. Cada entidad tiene una función determinada y participa en las conversaciones SIP como cliente (inicia solicitudes), como servidor (responde a solicitudes) o de ambas formas.

Un “dispositivo físico” puede desempeñar las funciones de más de una entidad lógica. Por ejemplo un ordenador que funcione como servidor Proxy puede que simultáneamente también esté funcionando como Registrador SIP.

Las entidades lógicas básicas SIP son:

### **Agente de Usuario o User Agent**

Todos los terminales de Telefonía IP poseen implementada cierta inteligencia que está proporcionada por un Agente de Usuario (UA), que consiste en un programa informático siempre activo, del tipo demonio, en tal virtud un UA es la entidad final o del extremo, la que dialoga con otras entidades. Los UAs inician y terminan las sesiones mediante mensajes que solicitan algún servicio, responden a solicitudes o piden respuestas.

### **Servidor Proxy**

Se puede definir a un proxy como a un programa que actúa como servidor o accede a otros servidores. Es un punto intermedio que sirve para aumentar la seguridad o la velocidad de acceso o el anonimato. Suele tener lo que se conoce como cache, que es una copia temporal de los datos que ha obtenido recientemente.

Los servidores proxy se suelen utilizar en funciones de enrutador, por tanto su función principal es conseguir que la solicitud del cliente se remita a la entidad más cercana al usuario de destino. Pero los Proxys también se emplean para verificar las políticas esto es, comprobar si el usuario está autorizado a efectuar una llamada. El proxy interpreta, y si fuese preciso, reescribe partes del mensaje de solicitud antes de reenviarlo.



## **Servidor de Redirección**

Un Servidor de Redirección acepta solicitudes SIP y mapea o convierte la dirección SIP de la persona de quien se requiere conocer la dirección SIP y la devuelve al cliente que la solicitó.

A diferencia de los servidores Proxy, los servidores de redirección no pasan la solicitud a otros servidores. El servidor de redirección contestará a una consulta del cliente devolviendo la información de enrutador sin atender más mensajes de la transacción.

## **Servidor Registrador**

También conocido como SIP Registrar server, tiene como propósito establecer la ubicación física de un usuario determinado, es decir en qué punto de la red está conectado, para ello este servidor se vale del mecanismo de registro, con lo cual asocia una o varias dirección SIP a una URI.<sup>18</sup>

SIP es capaz de localizar donde está el destinatario de la llamada. Si un usuario quiere iniciar una sesión con otro usuario, SIP ha de descubrir en qué host está el destinatario. En este proceso intervienen Proxys y servidores de redirección que al recibir la solicitud han de averiguar dónde está el usuario,

## **Agente de Usuario Inverso, Back-to-Back User Agent (B2BUA)**

Los B2BUA se emplean en aquellas funciones donde es preciso controlar el saldo restante del usuario o el tiempo que le queda de conversación, como es el caso de los locutorios y de los sistemas de llamadas pre-pagadas.

Esta entidad lógica recibe una solicitud, la procesa como si fuese un Servidor Agente de Usuario (UAS) y, para determinar cómo contestar al mensaje de

---

<sup>18</sup> URI: (Uniform Resource Identifier) Identificador Uniforme de Recurso. Se utiliza para identificar un recurso de comunicaciones dentro de una red.

solicitud, actúa como un Cliente Agente de Usuario (UAC) y genera mensajes de solicitud.

Fig. 2.9 Entidades lógicas básicas de SIP



Elaborado por: Los autores

## Métodos SIP

Las señales SIP utilizan ciertos métodos los cuales corresponden a solicitudes y diferentes respuestas con la finalidad de establecer una sesión de llamada. Cada uno de estos métodos ejecuta una función específica. A continuación se detallan los métodos de solicitudes SIP:

Tabla 2.4 Métodos utilizados en SIP [11]

Método	Descripción
INVITE	Solicita el inicio de sesión, y anuncia las capacidades de punto final.
ACK	Confirma a la llamada de pares SIP INVITE que ha tenido éxito.
BYE	Solicita la terminación de una sesión, y si el otro confirma la terminación, se termina la sesión
OPTIONS	Consulta a un host sobre sus capacidades. Pero esto se realiza antes de iniciar una sesión para saber si esa sesión tiene la capacidad contemplada
CANCEL	Cancela una solicitud pendiente, pero no tiene efecto sobre una sesión ya iniciada.
REGISTER	Notifica a un servidor sobre la ubicación actual de un usuario y como puede ser alcanzado otros usuarios.
INFO	Se usa para transmitir señales de aplicaciones de telefonía, se puede incluir dígitos marcados.
PRACK	(Provisional ACK) se utiliza para notificar a un criterio de valoración de la intención de establecer una llamada complejo sin llegar a proporcionar un ACK. PRACK es el equivalente de la SIP "todo está bien."
SUSCRIBE	Proporciona una forma de establecer controladores de eventos en aplicaciones de telefonía SIP. Ejemplo: "Dime cuando Bob echa de menos una llamada" o "Dile a Bob cuando estoy registrado en el servidor."
NOTIFY	Entrega mensajes entre extremos como los acontecimientos se producen, Ejemplo: "se perdió una llamada de Bob."

Fuente: Bibliografía.

### Códigos de respuesta SIP

Luego de recibir e interpretar los requerimientos del protocolo SIP, los destinatarios deben dar un código de respuesta, estos códigos son muy similares a los que presentan en el protocolo de transferencia de hipertexto más conocido como http, el cual gestiona y administra en la capa de aplicación

del modelo de referencia OSI toda la información que es publicada y a la que se puede acceder en la web.

Existen 6 clases de respuestas:

**Tabla 2.5 Respuestas utilizadas por SIP <sup>[13]</sup>**

<b>Respuesta</b>	<b>Descripción</b>
Clase 1xx	Informativas. Se dan cuando el requerimiento ha sido recibido y se está tratando Ejemplo: 180 Teléfono sonando.
Clase 2xx	Éxito. Se da cuando ha sido recibido, entendido y aceptado. Ejemplo: 202 Llamada aceptada.
Clase 3xx	Redireccionamiento. Se da cuando se realizan otros procesamientos antes de determinar la llamada. Ejemplo: 301 Movido permanentemente.
Clase 4xx	Error en el usuario. Se da cuando no puede ser interpretado por el servidor. Pero antes de reenviarse debe ser modificado. Ejemplo: 400 Solicitud errónea.
Clase 5xx	Error en el servidor. Se da cuando fracasa en el procesamiento de un requerimiento aparentemente válido. Ejemplo: 505 Versión no soportada.
Clase 6xx	Error global, cuando no puede ser procesado por ningún servidor. Ejemplo: 606 no aceptable.

**Fuente:** Bibliografía.

### **2.5.3.3 Megaco H.248**

Megaco H.248 (Protocolo de control de entrada multimedia) es el sucesor del protocolo MGCP y actúa como un protocolo de control de dispositivos, donde un gateway esclavo (MG, Media Gateway) es controlado por un maestro (MGC, Media Gateway Controller, también llamado Call Agent).

Adicionalmente actúa como un protocolo interno de VoIP cuya arquitectura se diferencia del resto de los protocolos VoIP por ser del tipo cliente – servidor.

Está compuesto por:

- Un MGC, Media Gateway Controller
- Uno o más MG, Media Gateway
- Uno o más SG, Signaling Gateway.

Un gateway tradicional, cumple con la función de ofrecer conectividad y traducción entre dos redes diferentes e incompatibles como lo son las de Conmutación de Paquetes y las de Conmutación de Circuitos. En esta función, el gateway realiza la conversión del flujo de datos, y además realiza también la conversión de la señalización, bidireccionalmente.

Este protocolo separa conceptualmente estas funciones en los tres elementos previamente señalados. Así, la conversión del contenido multimedia es realizada por el MG, el control de la señalización del lado IP es realizada por el MGC, y el control de la señalización del lado de la red de Conmutación de Circuitos es realizada por el SG.

H.248 es un complemento a los protocolos H.323 y SIP en tal virtud se prevé el establecimiento de una figura de próxima generación para la construcción de dispositivos de puerta de enlace, micro controladores, y otros tipos de servidores de telefonía.

#### **2.5.3.4 IAX2 (Protocolo de Intercambio entre Asterisk)**

Es un protocolo de código abierto creado para la señalización de VoIP entre IP PBX Asterisk<sup>19</sup>, utiliza para control y tráfico de datos el puerto UDP 4569. Se basa en muchos estándares de transmisión de datos como SIP y RTP.

Protocolo robusto pero más simple en comparación con otros protocolos. Permite gestionar una gran cantidad de codificadores y un gran número de

---

<sup>19</sup> Asterisk: Plataforma de IP PBX para Telefonía IP de código abierto.

emisiones, lo que significa que puede ser utilizado para transportar virtualmente cualquier tipo de dato. Esta capacidad lo hace muy útil para realizar videoconferencias o realizar presentaciones remotas.

El tráfico de voz es transmitido in-band, lo que hace a IAX2 un protocolo a prueba de NAT<sup>20</sup> y casi transparente a los cortafuegos, estas características lo convierten en un protocolo eficaz para trabajar dentro de redes internas. En esto se diferencia de SIP, que utiliza una cadena RTP out-of-band para entregar la información.

IAX2 soporta trunking, que significa que por un simple enlace permite enviar datos y señalización por múltiples canales. Cuando se realiza trunking, los datos de múltiples llamadas son manejados en un único conjunto de paquetes, lo que da lugar a que un datagrama IP puede entregar información para más llamadas sin crear latencia adicional. Esto es una gran ventaja para los usuarios de VoIP, donde las cabeceras IP son un gran porcentaje del ancho de banda utilizado.

En el año 2009 el protocolo IAX2 fue oficialmente elevado a estándar con el RFC 5456 aprobado por la IETF (Internet Engineering Task Force). Lo relevante es que su publicación como RFC permitirá una adopción del mismo a niveles como SIP o H323 en aplicaciones de voz sobre IP.

A continuación un cuadro comparativo de las propiedades de los protocolos de señalización H3.323, SIP y IAX2.

---

<sup>20</sup> NAT: (Network Address Translation) Traducción de direcciones de red. Utilizado para enmascarar direcciones IP privadas en direcciones IP públicas, con la finalidad de acceder a servicios de Internet.

Tabla 2.6 Cuadro comparativo de protocolos de señalización<sup>[1]</sup>

Característica	Protocolos de señalización		
	H.323	SIP	IAX2
Puertos UDP	1503,1720,1731	5060/5061	4569
Arquitectura	monolítica	Modular	distribuida
Estandarización	ITU-T	IETF	IETF
Codificación	ASN.1	Text (ASCII)	Binario
Conexión a través de Firewalls y NAT	Requiere Proxy/softPBX	Requiere Gatekeeper/softPBX	No necesita proxy
Protocolo de transporte	TCP/UDP	TCP/UDP/SCTP	UDP
Compatibilidad con PSTN	si	Ampliamente	ampliamente
Ancho de Banda	mayor	Mayor	menor
Disponibilidad	menor	Mayor	mayor
Identificación de terminal	E.164	SIP URI, dirección email, E.164, o alias	Dirección email, E.164, o alias
Seguridad	Vía H.235 (puede usar TLS)	Análogo a http (SSL,TLS,SSH)	AES 128 bits

Fuente: Bibliografía.

## 2.6 CODIFICACIÓN Y COMPRESIÓN DE VOZ SOBRE IP

Para que una señal de voz pueda ser transportada sobre una red basada en IP, se hace necesaria la utilización de los códecs que son modelos matemáticos o algoritmos que realizan las funciones de:

- Codificar/decodificar señales analógicas a digitales y viceversa.
- Comprimir/descomprimir señales para optimizar tamaño del paquete.

El propósito de los algoritmos de codificación es conseguir un balance entre eficiencia y calidad, en tal virtud los códecs son los responsables de la utilización de mayor o menor ancho de banda en la transmisión y adicionalmente de la calidad de servicio que el usuario experimente.

### 2.6.1 Códecs utilizados en Sistemas de Telefonía IP

Existen una gran variedad de códecs los cuales en su mayoría son compatibles con las tecnologías y marcas más utilizadas en lo que a dispositivos terminales IP y centrales IP PBX se refiere.

Al establecer una llamada telefónica los dispositivos participantes deben negociar un códec común, así, la comunicación podrá ser desarrollada de una forma adecuada. Las características que marcan diferencia entre un códec y otro son los mencionados a continuación:

**El Bit Rate:** indica la cantidad de información que se manda por segundo.

**Frecuencia de muestreo:** indica la frecuencia de muestreo de la señal vocal (cada cuanto se toma una muestra de la señal analógica).

**Intervalo de paquetes:** indica cada que cantidad de milisegundos se envía un paquete con la información sonora.

**Tamaño Carga útil de voz (Payload) (Bytes):** Representa el número de bytes que llenan un paquete.

**Payload (ms):** Representa el tamaño de la carga útil de voz.

**PPS:** Representa el número de paquetes que necesitan ser transmitidos cada segundo para ofrecer la velocidad del códec.

Entre los códecs más utilizados actualmente se encuentran:



**Tabla 2.7 Cuadro de los Códecs de audio más utilizados.** [11] [14]

característica	Códecs de audio más utilizados.					
	G.711	G.723.1	G.726	G.729.A	GSM	Speex
Bit rate (kbps)	64	5.3 / 6.3	16, 24, 32	8	13	2.15 - 22.4
Frecuencia Muestreo (Khz)	8	8	16	16	8	2.15 - 24.6 4 - 44.2
Algoritmo	PCM	MPC-MLQ / ACELP	ADPCM	CS- ACELP	RPE ó ACELP	CELP
Intervalo Paquetes (ms)	Muestras	30	Muestras	10	22.5	30 - 34
carga útil voz Payload (bytes)	160	24	80	20	32.5	75
carga útil voz Payload (ms)	20	30	20	20	20	20
PPS	50	33.3	50	50	50	50
Intensidad procesamiento	bajo	bajo	medio	Alto	Según algoritm.	medio
Requiere licencia	no	si	no	Si	no	no

Fuente: Bibliografía.

## 2.7 SISTEMAS IP PBX PARA ADMINISTRACIÓN DE TELEFONÍA IP

### 2.7.1 Sistemas IP PBX basados en Estándares Libres

#### 2.7.1.1 Definición de Software Libre y Código Abierto

El software libre y de código abierto también conocido como FOSS o FLOSS, siglas de free/libre y open source software (en inglés), se define como el software que está licenciado de tal manera que los usuarios pueden estudiar, modificar y mejorar su diseño mediante la disponibilidad de su código fuente.

El término "software libre y de código abierto", si bien comparten modelos de desarrollo similares, tienen diferencias en sus aspectos filosóficos. El software libre se enfoca en las libertades filosóficas que les otorga a los usuarios mientras que el software de código abierto se enfoca en las ventajas de su

modelo de desarrollo. "FOSS" es un término imparcial respecto a ambas filosofías.

Para que un software sea definido como libre o de código abierto, o ambos, debe cumplir ciertas reglas o normas para poseer esta denominación:

En el caso del software libre estas son las 4 libertades que promueven:

- Libertad 0: Ejecutar el programa con cualquier libertad (se puede utilizar en el sector privado, público, militar, comercial, educativo, etc.).
- Libertad 1: Estudiar y modificar el programa (para lo cual es necesario poder acceder al código fuente).
- Libertad 2: Distribuir el programa de manera que se pueda ayudar al prójimo.
- Libertad 3: Distribuir las versiones mejoradas propias.

En tanto que el software código abierto, manifiesta las siguientes premisas:

- Libre redistribución: el software debe poder ser regalado o vendido libremente.
- Código **Fuente**: el código fuente debe estar incluido u obtenerse libremente.
- Trabajos derivados: la redistribución de modificaciones debe estar permitida.
- Integridad del código fuente del autor: las licencias pueden requerir que las modificaciones sean redistribuidas sólo como parches.

- Sin discriminación de personas o grupos: nadie puede dejarse fuera.
- Sin discriminación de áreas de iniciativa: los usuarios comerciales no pueden ser excluidos.
- Distribución de la licencia: deben aplicarse los mismos derechos a todo el que reciba el programa.
- La licencia no debe ser específica de un producto: el programa no puede licenciarse solo como parte de una distribución mayor.
- La licencia no debe restringir otro software: la licencia no puede obligar a que algún otro software que sea distribuido con el software abierto deba también ser de código abierto.
- La licencia debe ser tecnológicamente neutral: no debe requerirse la aceptación de la licencia por medio de un acceso por clic de ratón o de otra forma específica del medio de soporte del software.

Las principales ventajas de usar software libre desarrollado bajos estándares abiertos son:



- Bajo costo de adquisición: este tipo de software resulta muy económico conseguirlo y además no existe la necesidad de adquirir licencias.
- Innovación tecnológica: cada usuario puede aportar sus conocimientos y su experiencia con la finalidad de buscar de manera conjunta hacia donde se debe dirigir la evolución y el desarrollo del software.
- Independencia del proveedor: al disponer del código fuente, se garantiza una independencia del proveedor y de esta manera establecer una sana competencia.

- Auditoria pública: esto hace que la corrección de errores y la mejora del producto se lleven a cabo de manera rápida y eficaz por cada uno de los usuarios que lleguen a utilizar el producto.
- Adaptación del software: esta cualidad resulta de gran utilidad para empresas e industrias específicas que necesitan un software personalizado en función de necesidades específicas que una empresa puede requerir.
- Lenguas: otra facilidad de disponer del código fuente es poder implementar la funcionalidad de multi-lenguajes que facilita en gran medida su traducción y localización para que usuarios de diferentes partes del mundo puedan aprovechar estos beneficios.

#### **2.7.1.2 Tipos de Licencias en Software Libre**

Una licencia es aquella autorización formal con carácter contractual que un autor de un software da a un interesado para ejercer "actos de explotación legales". Desde el punto de vista del software libre, Existen distintas variantes del concepto o grupos de licencias, a continuación se muestra un resumen de las mismas:









Tabla 2.8 Cuadro de los tipos de licencia de software libre <sup>[15]</sup>

Licencias	Características							
								
BSD 2-Claus	X	-	-	-	-	-	-	-
Zlib	X	-	-	-	-	-	-	-
MIT	X	-	-	-	-	-	-	-
ruby	X	X	-	-	-	-	-	-
LGLPv2	X	X	X	-	-	-	-	-
GPLv2	X	X	X	X	-	-	-	-
MS-PL	X	-	-	-	-	X	-	-
AFL	X	X	-	-	-	X	-	-
CPL	X	X	-	-	-	X	-	-
EPL	X	X	-	-	-	X	-	-
APL	X	X	-	-	-	X	-	-
OSL	X	X	-	-	-	X	-	-
MPL 1.0	X	X	X	-	-	X	-	-
CDDL	X	X	X	-	-	X	-	-
MPL 1.1	X	X	X	-	-	X	-	-
LGPLv3	X	X	X	-	-	X	X	-
GPLv3	X	X	X	X	-	X	X	-

Fuente: Bibliografía

Terminología:

Tabla 2.9 Cuadro de terminología de licencias de software libre<sup>[15]</sup>

Símbolo	Descripción
	Garantiza al usuario las cuatro libertades del software libre
	Garantiza el acceso al código fuente
	Los cambios realizados deben ser publicados
	El software derivado debe tener la misma licencia
	Utilizar el software a través de la red cuenta como distribución
	Contiene garantía contra patentes
	Contiene garantía contra tivoización
	Contiene condiciones poco usuales que deben estudiarse

Fuente: bibliografía.

### 2.7.1.3 AsteriskNOW

AsteriskNOW es una distribución de GNU/Linux<sup>21</sup> basada en CentOS<sup>22</sup> que permite transformar un Computador Personal en una central telefónica IP (IP PBX). AsteriskNOW, utiliza el código fuente de Asterisk.

Asterisk es una aplicación de software libre (bajo licencia GPL) que proporciona funcionalidades de una central telefónica (PBX). Específicamente Asterisk fue desarrollado para trabajar sobre comunicaciones de VoIP por lo que

<sup>21</sup> GNU/Linux: es el término utilizado para referirse a las distribuciones basadas en un núcleo o kernel de sistema operativo denominado Linux.

<sup>22</sup> CentOS: es un sistema operativo clon de la distribución libre GNU/Linux Red Hat Enterprise Linux. Utilizado para propósitos de servidor de comunicaciones y servidor multiservicios.

implementa una IP PBX en su aplicación con todas sus posibles funcionalidades.

En tal virtud Asterisk puede tener interoperabilidad con otras redes de telefonía como la móvil o la convencional (PSTN).

AsteriskNOW incluye una interfaz de usuario gráfica y otros componentes necesarios para correr, depurar y administrar una central telefónica de una forma sencilla.

Características como creación de extensiones, menús de voz interactivos (IVR), distribución automática de llamadas, llamadas en conferencia, correo de voz, entre otras, están integradas en la IPX de AsteriskNOW. Soporta un gran número de códecs como G.711, G.722 entre otros, adicionalmente es posible trabajar con gran número de protocolos también así como son SIP y IAX2.

**Fig. 2.10 Logo de AsteriskNOW**



**Fuente:** <http://www.asterisk.org/asterisknow>

#### **2.7.1.4 Elastix <sup>[16]</sup>**

Elastix es un software de código abierto cuyo propósito es actuar como servidor de comunicaciones unificadas.

En tal virtud el objetivo de Elastix es el de incorporar en una única solución todos los medios y alternativas de comunicación existentes en el ámbito empresarial.

El proyecto Elastix se inició como una interfaz de reportación para llamadas de Asterisk y fue liberado en Marzo del 2006. Posteriormente el proyecto evolucionó hasta convertirse en una distribución Linux en la cual de la misma forma esta embebido el código de Asterisk.

Elastix es capaz de crear un ambiente eficiente con la suma de múltiples características, que permiten integrar varios servicios con la finalidad centralizar las comunicaciones dentro de una empresa. Estos servicios pueden ser:

Telefonía IP, Servidor de Correo, Servidor de Fax, Conferencias, Servidor de Mensajería Instantánea, entre otros.

Entre los códecs soportados por Elastix se puede mencionar: ADPCM, G.711 (A-Law &  $\mu$ -Law), G.722, G.723.1 (pass through), G.726, G.728, G.729, GSM, iLBC (opcional) entre otros.

**Fig. 2.11 Logo de Elastix**



**Fuente:** <http://www.elastix.org/>



### 2.7.1.5 Trixbox <sup>[17]</sup> <sup>[18]</sup>

Trixbox es una distribución del sistema operativo GNU/Linux, basado en CentOS, que tiene la finalidad de ejecutar una central telefónica IP PBX por software, el cual utiliza para su funcionalidad el código de Asterisk.

Incluye muchas características como creación de extensiones, envío de mensajes de voz a e-mail, llamadas en conferencia, menús de voz interactivos y distribución automática de llamadas. Al ser un software de código abierto, posee varios beneficios, como es la creación de nuevas funcionalidades en función a las necesidades de la organización.

Adicionalmente en calidad de IP PBX no solo soporta conexión a la telefonía tradicional y/o móvil, sino que también ofrece servicios de VoIP, permitiendo de esta manera evitar costes significativos en llamadas internacionales, dado que éstas no son realizadas por la línea telefónica tradicional, sino que utilizan Internet. Los protocolos con los cuales puede trabajar Trixbox pueden ser SIP, H.323, IAX, IAX2 y MGCP.

Una de las herramientas interesantes de Trixbox es la aplicación denominada FreePBX que es el entorno gráfico que facilita la configuración de Asterisk, es decir que en lugar de hacerlo a través de la edición de archivos de texto, se hace a través de una interface web amigable. Las versiones de Trixbox son las siguientes:

Trixbox CE (Community Edition)

Comenzó en el año 2004 como un proyecto popular IP PBX denominado Asterisk@Home, sus características más importantes son:

- Su flexibilidad para satisfacer las necesidades empresariales.

- Permite configurar funciones y módulos parametrizables para las necesidades de cada organización.
- Colaboración por medio de la comunidad de Trixbox para encontrar respuestas a dudas y soluciones a problemas técnicos.
- Licencia gratuita.

#### Trixbox Pro (Versión comercial de pago)

Es una solución denominada "hibrid-hosted", que significa que el cliente puede realizar una monitorización 24 horas al día los 7 días de la semana, administrar la central desde cualquier lugar y recibir actualizaciones del software de manera automática.

Trixbox Pro es una versión empresarial comercializada desde el año 2004 permitiendo enviar/recibir más de 120 millones de llamadas por día. La familia Trixbox Pro posee 3 versiones:

Standard Edition (SE): Trixbox Pro Standard Edition incluye: interface sencilla para el usuario, voice-mail basado en web, sistema de reportes de llamadas que permite exportarlos, función clickto-call que consiste en establecer una llamada dando un clic en una libreta de direcciones virtual, panel del operador administrado vía mouse, integración con Outlook, gráficos de recursos en tiempo real, alertas del sistema, configuración auto-card, VoIP trunking.

Enterprise Edition (EE):

Trixbox Pro EE contiene todas las funcionalidades de Standard Edition, más puentes para conferencia, múltiples funciones como auto-attendants (operadora virtual), paging (megafonía a través del altavoz del teléfono), permisos de grupo y más. Trixbox Pro EE también viene con HUD Pro, que

añade administración presencial, control de llamadas drag and drop, chat corporativo privado, alertas interactivas entre otras funciones interesantes.

Call Center Edition (CCE):

Trixbox Pro CCE fue desarrollado sobre las sólidas funcionalidades tanto de Standard y Enterprise Edition y adicionando capacidades avanzadas de call center a un bajo costo. Call Center Edition añade funcionalidades robustas de ACD<sup>23</sup> e IVR<sup>23</sup> con colas ilimitadas, estadísticas en tiempo real de colas, reportes gráficos, acceso basado en web a grabaciones, entre otras.

Fig. 2.13 Logo de Trixbox



Fuente: <http://fonality.com/trixbox/>

A continuación se muestra un cuadro comparativo de las 3 soluciones de IP PBX basadas en Asterisk, anteriormente citadas:

---

<sup>23</sup> IVR:

Tabla 2.10 Cuadro comparativo de soluciones basadas en Asterisk

Características	IP PBX Basados en Asterisk		
	AsteriskNOW	Elastix	Trixbox
Versión actual	1.7.1	2.0.3	CE: 2.8.0.4 PRO: 5.2.0
GNU/Linux	CentOS	CentOS	CentOS
RAM mínima	256 Mb	256 Mb	256 Mb
Líneas digitales	T1/E1, PRI	T1/E1, PRI	T1/E1, PRI
Protocolos VoIP	Google Talk H.323, IAX, IAX2, Jingle/XMPP MGCP, SCCP SIP, Skype UNIStim	SIP, IAX, IAX2 H323, MGCP, SKINNY	IAX, IAX2, H.323 SIP, MGCP SCCP, FXS FXO, DTMF support PRI Protocols
Códecs	ADPCM, G.711, G.719, G.722, G.722.1, G.723.1 G.726, G.729a, GSM, iLBC, Linear LPC-10 Speex	ADPCM, G.711, G.719, G.722, G.722.1, G.723.1 G.726, G.729a, GSM, iLBC, Linear LPC-10 Speex	ADPCM, G.711, G.719, G.722, G.722.1, G.723.1 G.726, G.729a, GSM, iLBC, Linear LPC-10 Speex
Licencia	GPL2	GPL2	CE: GPL2 PRO: tiene costo por soporte

Elaborado por: Los autores

## 2.7.2 Sistemas IP PBX basadas en Soluciones Comerciales

### 2.7.2.1 Cisco <sup>[19]</sup>

Cisco proporciona soluciones de telefonía IP que pretenden ser parte integral de una infraestructura global a la cual se la denomina Solución de Comunicaciones Unificadas de Cisco, la cual establece la unificación de voz, vídeo, datos, y aplicaciones móviles en redes tanto fijas como móviles, capacitando a los usuarios para comunicarse fácilmente en su lugar de trabajo a través de cualquier medio, dispositivo o sistema operativo.<sup>[20]</sup>

Utilizando la red de datos como plataforma, la telefonía IP de Cisco ayuda a organizaciones de todos los tamaños a conseguir mayor seguridad, resistencia, flexibilidad y escalabilidad, además de los beneficios inherentes de usar una red convergente para el transporte de datos y la interconexión.

Cisco mejorara la agilidad y la productividad de sus empleados a través de la integración de las innovadoras comunicaciones Unificadas de Cisco con aplicaciones de terceros.

La telefonía IP de Cisco comprende dos categorías:

- Procesamiento de llamadas
- Teléfonos IP
  - Fijos
  - Inalámbricos
  - Softphones

En lo que se refiere al procesamiento de llamadas, la plataforma utilizada es el (Cisco Unified Communications Manager) ó más conocido como Call Manager la cual es una solución que viene embebida en los IOS Cisco que brinda procesamiento de llamadas para teléfonos Cisco. Esta solución permite a ciertos enrutadores de acceso de Cisco brindar funciones de telefonía proporcionadas comúnmente por las centrales telefónicas tradicionales además de movilidad, presencia, preferencias y servicios de conferencia.

Call Manager tiene algunas ediciones, las cuales difieren en el número de usuarios que puede administrar dependiendo del enrutador que se utilice.

**Fig. 2.13 Cisco Integrated Service Router 2821**

**Fuente:** [www.cisco.com/voip](http://www.cisco.com/voip)

En cuanto a teléfonos IP, Cisco ofrece una variada gama los cuales son de fácil uso ya que cuenta con una interfaz de configuración amigable, lo cual permite la administración y soporte ágil y eficiente. Cisco al ser una de las empresas que está en constante innovación tecnológica en cuanto a terminales IP, está en capacidad de proveer una experiencia excepcional de comunicación.

**Fig. 2.14 Teléfonos IP Marca Cisco**

**Fuente:** [www.cisco.com/voip](http://www.cisco.com/voip)

### 2.7.2.2 Avaya <sup>[21]</sup>

Avaya es una corporación multinacional de telecomunicaciones que se especializa en el sector de la telefonía y centros de llamada. Empresas de todos los tamaños confían en Avaya para incorporar en sus infraestructuras, comunicaciones unificadas que mejoren la eficiencia, colaboración, servicio al cliente y la competitividad en última instancia.

Las soluciones de Avaya se centran en integrar voz, vídeo y datos, permitiendo a los usuarios comunicarse y colaborar en tiempo real, en el modo que mejor se adapte a cada interacción.

Dentro de su amplia gama de soluciones para telefonía IP, Avaya ofrece una variedad de media gateways diseñados para optimizar los beneficios de la telefonía IP para pequeñas, medianas y grandes empresas. Son compatibles con protocolos múltiples y ofrecen un alto nivel de confiabilidad, seguridad y rendimiento en todos los niveles de precios.

Uno de los media Gateway de Avaya más eficiente es el G450 el cual fue desarrollado para configurarse con un Servidor S8300 o S8500 para su funcionamiento en comercios independientes o entornos pequeños.

Está compuesto por un chasis alto modelo 3U montado sobre un soporte con Main Board Module, posee fuentes de energía adicional y un bandeja de ventilación adicionalmente dispone de módulos de memoria removibles, junto con ocho ranuras Media Module compatibles con T1/E1, ISDN-BRI.

Fig. 2.15 Grafica de un Media Gateway Avaya modelo G450



Fuente: <http://www.avaya.com/california/productos/>

### 2.7.2.3 Alcatel-Lucent <sup>[22]</sup>

La amplia gama de soluciones para telefonía IP que posee Alcatel-Lucent tiene como uno de sus principales propósitos mejorar la productividad de los empleados y de esta manera reducir los costos de comunicación y mantenimiento dentro de una organización, esto lo logran a través de la unificación de servicios de comunicaciones mediante la implementación de múltiples funciones inmersas dentro de las diferentes soluciones empresariales que ofrece Alcatel-Lucent.

En consecuencia, los usuarios pueden contar con una comunicación efectiva y unificada sin importar su ubicación geográfica.

Alcatel-Lucent ofrece soluciones altamente escalables de telefonía IP con la misma alta calidad de servicio si la empresa tiene unos pocos usuarios o 100.000.

Su arquitectura flexible ofrece una incomparable gama de opciones de implementación, lo que convierte a sus aplicaciones en robustas herramientas que persiguen minimizar costos y maximizar la fiabilidad, en las comunicaciones.



Uno de los productos más importantes que Alcatel-Lucent ofrece para comunicaciones de telefonía IP, es OmniPCX Enterprise Communication Server (CS), la cual consiste en una solución altamente escalable basada en una plataforma de servidor de comunicaciones de software puro, que ofrece el procesamiento de llamadas multimedia tanto para Alcatel-Lucent como para equipos de terceros pueden ser estos terminales telefónicos IP.

OmniPCX, combina las funciones de telefonía tradicional con soporte para telefonía basada en Internet y comunicación multimedia para crear robustas aplicaciones de gestión de llamadas que pueden ser requeridas en múltiples ambientes de negocios en todo el mundo por pequeñas, medianas y grandes empresas.

Esta suite de aplicaciones de comunicaciones unificadas, incluye un softphone web, junto con la mensajería unificada y aplicaciones de asistente personal.

**Fig. 2.16 Solución Alcatel-Lucent OmniPCX Enterprise (CS)**



**Fuente:** <http://www.alcatel-lucent.com/wps/portal/Products>

Sus principales ventajas consisten en:

- Aplicaciones de comunicaciones unificadas proporcionan acceso a todos los servicios de comunicaciones desde cualquier lugar, cualquier

dispositivo (por ejemplo, los teléfonos móviles GPRS, teléfonos analógicos y digitales, navegadores, PDA's, etc.)

- Softphones web que mejoran en tiempo real el flujo de la comunicación, facilitando el acceso al directorio corporativo, sistemas de mensajería de terceros CRM / ERP aplicaciones, etc.
- Único, multi-OS plataforma de software compatible con una gran variedad de plataformas de hardware de cola para cualquier configuración de la empresa.

### **2.7.3 Comparación Costo/Utilidad entre sistemas IP PBX basados en Software Libre y Soluciones Comerciales**

Para ejemplificar una comparación entre las dos plataformas, se ha tomado a Asterisk como la aplicación de código abierto más usada y a Cisco como una de las plataformas de comunicaciones más aceptada a nivel mundial la cual viene a representar a una solución de tipo propietaria:

Tabla 2.11 Cuadro comparativo costo/utilidad entre IP PBX

Parámetro de comparación	Cisco	Asterisk
Costo	Se debe cubrir costos por: La solución IP PBX, licencia por cada extensión, licencias para cada buzón de Microsoft Exchange para correo de voz, soporte anual, actualizaciones.	No tiene costo por ningún concepto de licenciamiento.
Funcionalidad	Arquitectura bastante robusta, Sistema de telefonía creada para soporta bastante tráfico, alto performance.	Completamente flexible para acondicionar el sistema en base a las necesidades de la organización.
Correo de Voz	Requiere del módulo Unity Voice Mail, Microsoft Exchange, el manejo de los buzones de voz es separado del manejo de las extensiones y usuarios mediante la aplicación Call Manager.	No requiere de aplicativos adicionales, el manejo de las extensiones, usuarios y buzones de voz está en una única interfaz.
Teléfonos	Tiene teléfonos de alta tecnología muy funcional e intuitiva, fácil de configurar, solo se admite teléfonos Cisco.	Permite elegir de entre varias marcas de teléfonos para conectar al sistema, costo de los teléfonos accesibles.
Integridad del sistema	Sólido, centralizado, alta calidad en sus equipos, robusta arquitectura de su aplicación IP PBX.	Depende de los costos de equipamiento de hardware tanto de IP PBX como de teléfonos.
Soporte	Personalizado en todo momento, tiene costo.	Por medio de comunidades virtuales, blogs.
Innovación tecnológica	En constante innovación y mejoras. Cada nueva actualización de versiones tiene un costo adicional.	Mejoras continuas del producto por comunidades de desarrolladores. Las nuevas actualizaciones son publicadas libremente en la web.

Elaborado por: Los autores

Entre las distintas soluciones de IP PBX citadas en esta sección, se puede mencionar que cada una de estas posee muchas prestaciones y características que demarcan la diferencia entre una y otra, no obstante estas diferencias las convierten en herramientas muy competitivas en el mercado empresarial, de tal forma que la tarea de escoger entre una opción y otra, está supeditada a las necesidades de la organización y principalmente a su presupuesto.

## **CAPÍTULO III**

### **3 DISEÑO DE LA RED DE TELEFONÍA IP PARA LA EMPRESA FLORNINTANGA S.A.**

#### **3.1 ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS**

El presente proyecto va a tener como objetivo diseñar una red de telefonía IP, la cual va a ser implementada sobre una red de datos existente. La planificación de un diseño de red se apoya en la información que se pueda obtener sobre el estado actual de la Empresa y los requerimientos que se están solicitando para obtener una solución factible y alcanzable.

En base a la información citada en el Capítulo I, se puede delimitar los requerimientos de la Empresa Flornintanga S.A. como sigue a continuación:

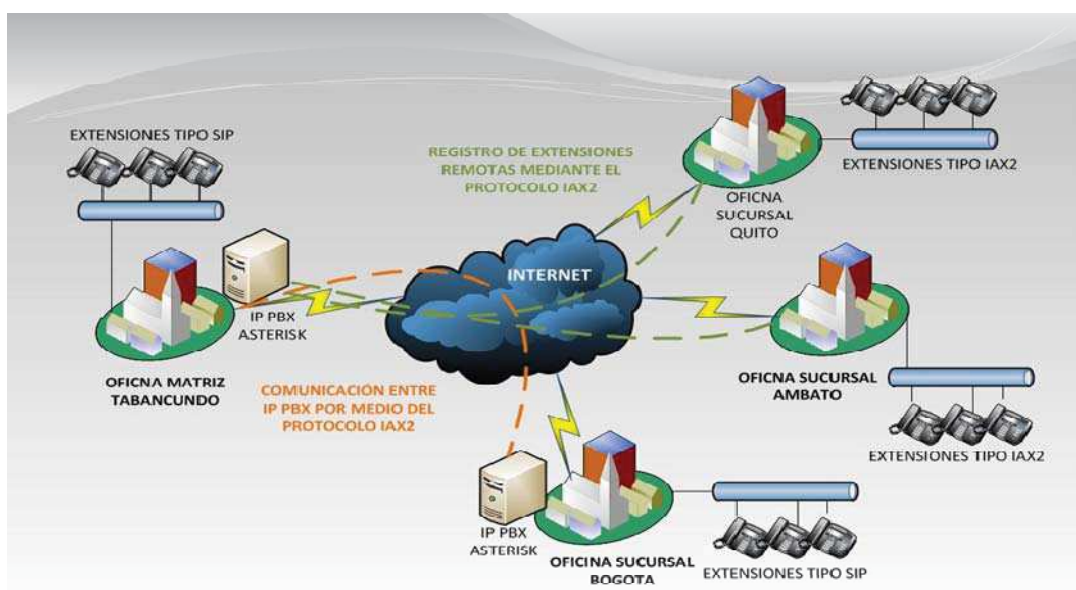
- En virtud de que se dispone de una red de datos completamente funcional y operativa, se requiere que se haga uso de esta infraestructura para implementar la red de telefonía IP.
- Se requiere que cada usuario disponga de una extensión telefónica única perfectamente definida mediante algún código identifique a que departamento y/o dependencia pertenece.
- Se requiere que los usuarios puedan comunicarse mediante llamadas telefónicas entre extensiones indefinidamente unos con otros, dentro de la misma dependencia y entre dependencias separadas geográficamente en otras localidades.
- Se debe tener acceso a llamadas telefónicas hacia y desde la red de telefonía pública y red de telefonía celular.

- Se requiere que se disponga de una alta calidad de servicio en las llamadas telefónicas, y se disponga de una alta disponibilidad.
- Se debe disponer de movilidad y portabilidad de extensiones telefónicas para usuarios que eventualmente se movilicen a otras localidades fuera de la red de la Empresa.
- Se requiere que los usuarios puedan hacer uso de las nuevas funcionalidades que la telefonía IP brinda como son: parqueo de llamadas, contestador automático, correo de voz, etc.

### 3.2 PLANTEAMIENTO DE UNA SOLUCIÓN DE TELEFONÍA IP

El objetivo de este proyecto es cubrir la necesidad actual de la Empresa Flornintang S.A, que es la de contar con una red telefónica interna que funcione de forma eficiente, automatizada, y que se ajuste de la mejor manera a sus requerimientos y a su presupuesto, por lo tanto se verifica que la solución a estos requerimientos viene dada por la implementación de un sistema de telefonía IP.

Fig. 3.1 Diseño de la solución de telefonía IP planteada.



Elaborado por: Los autores

### **3.3 ELECCIÓN DEL SOFTWARE IP PBX MEDIANTE EL ESTÁNDAR IEEE 830**

El estándar IEEE.830 determina el formato y la organización de parámetros que debe contener un documento formal que represente las especificaciones de requisitos de software las cuales deben plasmar las necesidades y requerimientos que debe cumplir la solución planteada.

Para el presente proyecto se requiere contar con esta documentación, con la finalidad de disponer de una base de conceptos, fundamentos e información detallada que apoye al momento de elegir de la manera más adecuada el software que mejor se ajuste a las necesidades de la Empresa. A continuación se presenta la especificación de requisitos de software según el estándar IEEE.830 para la selección del software de telefonía IP para la Empresa Flornintanga S.A:

#### **3.3.1 Introducción**

El presente SRS (Software Specification Requirements) especificación de requisitos de software, tiene como finalidad representar en forma sistemática los requerimientos que el software IP PBX debe cumplir para llevar a cabo el mejoramiento de la red telefónica interna de la Empresa Flornintanga S.A.

##### **3.3.1.1 Propósito**

Se pretende plantear con la mayor precisión y claridad posible los requerimientos que la Empresa Flornintanga S.A. tiene en base a la utilidad y la funcionalidad que un software IP PBX pueda brindar y desempeñar una vez sea puesta en producción. De esta forma se podrá contar con elementos de juicio en pos de tomar una eficaz decisión al momento de elegir el software IP PBX a ser implementado. Este SRS está dirigido al Consejo Directivo de la Empresa así como también a su personal encargado del área tecnológica.

### **3.3.1.2 Alcance**

El sistema que se requiere implementar va a manejar una red de telefonía IP, para lo cual la funcionalidad de la aplicación debe emular una central telefónica (PBX) por software o bien una IP PBX, la misma que va a desempeñarse como cualquier central PBX, es decir que va a gestionar y administrar la interconexión de teléfonos dentro de la Empresa así como también la salida y entrada de llamadas desde y hacia la red de telefonía pública convencional y la red de telefonía móvil o celular.

El requerimiento es utilizar software libre en base a los presupuestos presentados por la Empresa, en tal virtud la opción viable y factible es utilizar un software que se ejecute bajo licencia GNU/Linux.

Las funcionalidades potenciales que la IP PBX de código abierto, puede desempeñar son entre otras: Contestadora automática con mensaje de bienvenida más conocida como IVR, Correo de voz, Conferencia entre varios usuarios, transferencia y parqueo de llamadas.

Este sistema IP PBX no desempeñara otras funciones que no sean las incorporadas dentro de una distribución GNU/Linux y la cual deberá poseer características como: estabilidad, madurez y documentación sobre posibles vulnerabilidades de seguridad.

### **3.3.1.3 Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas**

Definidos en los capítulos I y II del Proyecto de Titulación mencionado en el siguiente apartado.

### **3.3.1.4 Referencias**

Estándar 830-1998 – IEEE: Prácticas recomendadas para la Elaboración de Requisitos de software.



Proyecto de Titulación: Diseño e implementación de un sistema de telefonía IP basado en software libre para la Empresa Flornintanga S.A.

### **3.3.1.5 Visión General del Documento**

A continuación se va delimitar el objetivo del sistema de telefonía IP, los actores involucrados y el escenario en el cual se va a poner en marcha su gestión y administración.

Posteriormente se proporcionará una caracterización general sobre las funciones que la IP PBX proveerá.

### **3.3.2 Descripción General**

#### **3.3.2.1 Perspectiva del Sistema**

El sistema de telefonía IP tendrá la capacidad de funcionar correctamente en cualquier ambiente empresarial bajo la infraestructura de red de datos preinstalada. Esta aplicación podrá ser implementada sobre cualquier computador personal, adicionalmente, en virtud de ser un software libre, también se tendrá la facilidad de obtener actualizaciones de forma gratuita para evitar posibles vulnerabilidades de seguridad.

El sistema posee el propósito bien definido de actuar como una central telefónica tradicional, la cual adicionalmente, tendrá a disposición la posibilidad de usar las funcionalidades que una red digital puede ofrecer.

La implementación de este sistema de telefonía IP tiene como expectativa fundamental, proveer de comunicación telefónica interna a los usuarios dentro de cada una de las dependencias de la Empresa así como también externamente entre las sucursales y la red pública telefónica y red de telefonía celular o móvil.

### 3.3.2.2 Funciones del Sistema

Las funciones que la IP PBX va a ofrecer son:

- Proveer comunicación entre usuarios de una misma dependencia por medio de sus extensiones telefónicas.
- Proveer comunicación entre usuarios de distintas dependencias distantes geográficamente, por medio de sus extensiones telefónicas, conectándose por la red Internet.
- Proveer comunicación a los usuarios de todas las dependencias para que puedan recibir y realizar llamadas telefónicas desde y hacia la red de telefonía pública y red de telefonía celular.
- Los usuarios de todas las dependencias tendrán la posibilidad de utilizar las mejoras que una IP PBX ofrece como son:
  - Contestador Automático (IVR).
  - Buzón de voz.
  - Panel de control Web.
  - Reportes y monitorización.
  - Sígueme.
  - Parqueo de llamadas.
  - Transferencia de llamadas

### 3.3.2.3 Características del Usuario

Los usuarios, son el recurso humano que labora en las instalaciones de las distintas dependencias de la Empresa Flornintanga S.A., los mismos que tienen habilidades informáticas básicas; estos conocimientos facilitarán el uso de los terminales telefónicos o en su lugar el uso de softphones, los mismos que presentan una utilización y configuración muy sencilla y amigable.

Por otra parte la tarea de configuración, administración, monitoreo y mantenimiento de la central estará a cargo de los autores del presente proyecto.

#### **3.3.2.4 Restricciones**

El sistema de telefonía IP, por su naturaleza de software libre no contará con soporte ante eventualidades por parte de los fabricantes directos del producto, ni tampoco existe garantía sobre su funcionamiento, sin embargo existe una extensa comunidad mundial que continuamente está publicando actualizaciones en la web sobre el desarrollo de mejoras al sistema y correcciones a posibles vulnerabilidades de seguridad y funcionalidad.

#### **3.3.2.5 Suposiciones y Dependencias**

Se requiere que el sistema a ser implementado tenga la característica de ser software libre y que sea compatible con la mayoría de los estándares abiertos más populares que en la actualidad son utilizados para la conectividad en ambientes de redes Ethernet sobre IP. Adicionalmente el sistema necesita estar instalado en un equipo informático específicamente un computador personal que tenga la capacidad de conectividad tanto a la red de datos basada en IP, como a las redes de telefonía pública y a la red de telefonía celular o móvil.

#### **3.3.2.6 Requisitos Futuros**

Con la finalidad de extender a futuro el aprovisionamiento de comunicación dentro de la red de telefonía IP ante un eventual crecimiento de la Empresa, se requiere que la capacidad del equipamiento de la IP PBX tenga disponibilidad para añadir más líneas de telefonía pública así como de telefonía celular.

### **3.3.3 Requisitos Específicos**

A continuación se han detallado los requisitos que mejor se ajustan a las necesidades de la Empresa, y los cuales son necesarios para un óptimo funcionamiento del sistema. Se ha tomado en cuenta principalmente, entre otros criterios la estabilidad, la disponibilidad y la confiabilidad.

#### **3.3.3.1 Funcionalidad**

**REQ-01:** Licenciamiento.

El sistema de telefonía IP debe pertenecer a la clasificación de software libre y código abierto.

**REQ-02:** Desarrollo y codificación.

Su codificación debe fundamentarse en un lenguaje de programación sólido, robusto, versátil, que tenga suficiente documentación para poder desarrollar nuevos módulos que se ajusten a nuevas necesidades.

**REQ-03:** Estabilidad.

La versión del software debe ser la última estable y liberada luego de haber pasado un periodo de pruebas y detección de vulnerabilidades.

**REQ-04:** Actualizaciones.

Con una regularidad frecuente, se debe contar con la posibilidad de obtener actualizaciones y/o parches de seguridad para limitar el riesgo de un mal funcionamiento.

**REQ-05:** Documentación.

El software debe contar con la suficiente documentación actualizada, en los cuales se tenga información sobre manejo del sistema, configuración, y solución a problemas frecuentes.

**REQ-06:** Compatibilidad.

Debe tener compatibilidad con los más populares y usados estándares abiertos tanto de software, hardware y conectividad.

**REQ-07:** Sistema Operativo.

El sistema operativo requerido debe ser una plataforma estable y en constante evolución que tenga una reconocida trayectoria y que se encuentre dentro de la clasificación de software libre.

**REQ-08:** Códecs.

Debe soportar la mayoría sino todos los códecs de audio y video más utilizados que posean estándares abiertos y propietarios.

**REQ-09:** Protocolos.

La conectividad debe caracterizarse por utilizar protocolos de estándares libres y que sean compatibles con la mayor parte de equipos de telecomunicaciones.

**REQ-10:** Implementación.

La implementación debe tener un procedimiento sencillo y tener opción de configuración mediante interfaz gráfica y modo texto.

**REQ-11:** Administración.

Se debe contar con una robusta interfaz gráfica con todas las posibles opciones de configuración y administración que el sistema brinde. Adicionalmente se debe contar con un modo texto de administración.

**REQ-12:** Mecanismos de acceso.

El acceso de usuarios administradores debe tener la posibilidad de conectarse de forma local y remota en la consola de la IP PBX y su autenticación debe tener cifrado de claves y registro de logs de sesiones.

**REQ-13:** Facilidad de uso.

El manejo del software debe tener una interfaz amigable, intuitiva y sencilla. Adicionalmente debe tener la posibilidad de personalizar dicha interfaz.

**REQ-14:** Flexibilidad.

El software debe ser modular es decir que pueda permitir la posibilidad de añadir y eliminar funcionalidades los cuales estén contenidos en módulos o secciones.

**REQ-15:** Escalabilidad

Debe existir la posibilidad de actualizar a versiones superiores, sin que el impacto del cambio degrade o afecte la funcionalidad del sistema. Adicionalmente debe tener la capacidad de expandir módulos de hardware para obtener más líneas de comunicación de la red de telefonía pública y la red de telefonía celular.

**REQ-16: Seguridad**

El software debe contar con mecanismos de seguridad que eviten ataques y demás acciones que afecten su normal funcionamiento.

**REQ-17: Idioma**

Se debe contar con la opción de manejar varios idiomas especialmente el inglés y el español.

**REQ-18: Servicios avanzados**

El software debe disponer de servicios avanzados como: contestador automático, mensajes de voz, interacción con mensajes de texto, conferencias, parqueo de llamadas, transferencia de llamadas entre otras.

**3.3.3.2 Rendimiento**

En base a un adecuado dimensionamiento de hardware y software de la central IP PBX, se debe determinar que tráfico debe ser soportado para que su funcionamiento satisfaga las expectativas de los usuarios.

**3.3.4 Selección del Sistema IP PBX**

A continuación se sintetiza los requisitos específicos en función de las tres distribuciones más difundidas a nivel empresarial basadas en Asterisk que se ajustan mejor a las necesidades de la Empresa Flornintanga S.A.:

Tabla 3.1 Cuadro de comparación de las distribuciones de IP PBX

Requerimiento	AsteriskNOW	Elastix	Trixbox
REQ-1	X	X	X
REQ-2	X	X	X
REQ-3	X	X	X
REQ-4	X	X	X
REQ-5	X	X	X
REQ-6	X	X	X
REQ-7	X	X	X
REQ-8	X	X	X
REQ-9	X	X	X
REQ-10	X	X	X
REQ-11	-	X	X
REQ-12	X	X	X
REQ-13	X	-	X
REQ-14	X	X	X
REQ-15	X	X	X
REQ-16	X	X	X
REQ-17	X	X	X
REQ-18	X	X	X
TOTAL	17	17	18

**Elaborado por:** Los autores

Como resultado de este análisis se verifica que todas las aplicaciones evaluadas, tienen mucha similitud en su funcionalidad, de tal forma que cualquiera de las mencionadas puede perfectamente desempeñarse para suplir con los requerimientos solicitados.

Para este proyecto se ha escogido la distribución Trixbox básicamente por tener una interfaz gráfica un poco más agradable para la administración. Cabe mencionar que Trixbox al igual que las otras dos distribuciones están basada en el sistema operativo CentOS que pertenece a la clasificación de software de código abierto bajo licencia GPL2, el cual es uno de los sistemas operativos



más estables, robustos y de mejor performance a nivel de servicios sobre redes de datos a nivel empresarial en el mundo.

### 3.4 DIMENSIONAMIENTO DE LA IP PBX

Son varios los factores que deben ser evaluados de forma cualitativa y cuantitativa para poder determinar, de forma efectiva y eficiente, los recursos que son necesarios para poner en marcha la red de telefonía IP. A continuación se procede a dimensionar los elementos más relevantes.

#### 3.4.1 Dimensionamiento de Códecs

Para escoger el códec que mejor se ajuste a este diseño se van a evaluar dos elementos importantes para este dimensionamiento como son el cálculo de la utilización del ancho de banda del códec y su evaluación MOS.<sup>24</sup>

Para realizar el cálculo de la utilización de ancho de banda que el códec va a necesitar para transmitir una señal de voz sobre una red de datos, se examina la información sobre códecs citada en la Tabla 1.7 del capítulo II, la cual será aplicada a la siguiente ecuación:

#### Ecuación 3.1 Calculo del Ancho de Banda de un códec

$$AB \text{ (Ancho de Banda)} = [(CP) \text{ Carga de protocolos} + (CC) \text{ Carga útil de voz del códec}] * 8 * (PPS) \text{ Paquetes transmitidos por segundo del códec}$$

Fuente: <http://proyectovoip.com/voip1.htm>

La carga de protocolos (CP) viene dado en bytes, corresponde a la suma de tamaños de las cabeceras de todos los protocolos participantes en una transmisión de VoIP, en este caso los protocolos a ser utilizados son: IP (20 bytes), UDP (8 bytes), RTP (12 bytes) y Ethernet (38 bytes). Por lo tanto CP es entonces igual a 78 bytes y viene dado por la ecuación:

<sup>24</sup> MOS: (Mean Opinion Score) índice de aceptabilidad que un determinado códec puede tener.

**Ecuación 3.2 Cálculo de la carga de protocolos**

$$CP = IP (20 \text{ bytes}) + UDP (8 \text{ bytes}), RTP (12 \text{ bytes}) + Ethernet (42 \text{ bytes})$$

Fuente: <http://proyectovoip.com/voip1.htm>

El valor de la carga útil de voz del códec (CC) representa el número de bytes que llenan un paquete. Cada tipo de códec tiene un valor de carga útil de voz diferente.

**Tabla 3.2 Valores de carga útil de voz de los códecs**

Códec	G.711	G.723.1	G.726	G.729.A	GSM	Speex
CC (bytes)	160	24	80	20	32.5	75

Fuente: <http://bytecoders.net/content/>

El PPS (paquetes transmitidos por segundo), es la cantidad de paquetes que un códec puede transmitir en un segundo y se calcula en base a la siguiente ecuación:

**Ecuación 3.3 Cálculo del valor PPS**

$$PPS = \text{bit rate del códec (bps)} / CC (\text{bits})$$

Fuente: <http://proyectovoip.com/voip1.htm>

Los valores de PPS para algunos de los códecs son los siguientes:

**Tabla 3.3 Valores de paquetes por segundo de los códecs**

Códec	G.711	G.723.1	G.726	G.729.A	GSM	Speex
PPS	50	33.3	50	50	50	50

Fuente: <http://bytecoders.net/content/>

En base a los resultados obtenidos de CP, CC y PPS obtenidos, se presenta la ecuación que calcula el ancho de banda para el códec G.711 el cual se ha tomado como ejemplo para plasmar este cálculo:

$$AB = [(82 + 160) * 8] \text{ bits/trama} * 50 \text{ tramas/segundo} = 96800 \text{ bps}$$

El ancho de banda resultante del códec G.711 es 96800 bps ó 96,8 kbps, el cual se verifica como no eficiente para el requerimiento del presente diseño.

A continuación se presenta el cálculo del ancho de banda para algunos de los códec más usados y opcionados para ajustarse al diseño, adicionalmente se calcula la cantidad de llamadas simultáneas que se pueden realizar sobre un enlace de Internet de 512 kbps.

**Tabla 3.4 Resultados del ancho de banda de los códec**

Códec	G.711	G.723.1	G.726	G.729.A	GSM	Speex
CP(bytes)	78	78	78	78	78	78
CC (bytes)	160	24	80	20	32.5	75
PPS	50	33.3	50	50	50	50
AB(kbps)	95,2	27,17	63,20	39,2	44,20	61,20

**Elaborado por:** Los autores

Por los resultados obtenidos, se puede verificar que los códec G.723.1, GSM y G.729a optimizan eficientemente el ancho de banda, no obstante, esta ventaja propicia la degradación de la calidad de voz por su alto grado de compresión. En tanto que el códec G.711 y el G.726 no presentan falencias en materia de calidad, pero no optimizan en lo absoluto la capacidad de ancho de banda.

El segundo factor a ser analizado dentro del dimensionamiento de los códec es el índice de aceptabilidad que un determinado códec puede tener, basado en la QoE<sup>25</sup> el cual puede ser medido por el MOS (Mean Opinion Score) o puntuación de opinión media.

Cada códec proporciona una cierta calidad de voz, en tanto que la calidad de la señal a transmitir es una respuesta subjetiva del oyente, en tal virtud el MOS es un punto de referencia común para determinar la calidad del sonido producido por un códec específico.

<sup>25</sup> QoE: (Quality of Experience) Calidad de Experiencia. Nivel de aceptabilidad utilizada en telefonía.

Para su obtención, una cantidad de oyentes juzgan la calidad de una muestra de voz correspondiente a un códec determinado en una escala de 1 (mala) a 5 (excelente). Los puntajes se promedian para dar el MOS para esa muestra. <sup>[23]</sup> La tabla a continuación muestra la relación entre los principales códecs utilizados y las puntuaciones MOS.

**Tabla 3.5 Evaluación MOS para los códecs de voz más utilizados** <sup>[23]</sup>

Códec	Algoritmo	Tasa de bit (kbps)	Calificación MOS	Retardo de compresión (ms)
G.711	PCM	64	4.1	0.75
G.726	ADPCM	32	3.85	1
G.728	LD-CELP	16	3.61	3 a 5
G.729	CS-ACELP	8	3.92	10
G.729a	CS-ACELP	8	3.7	10
G.723.1	MP-MLQ	6.3	3.9	30
G.723.1	ACELP	5.3	3.65	30

Fuente: Bibliografía.

Por los resultados obtenidos tanto en la utilización de ancho de banda, como en la evaluación del MOS, se puede definir que el códec que más se ajusta a este diseño es el G.729 por su alta calidad de voz y por qué la utilización de ancho de banda que el códec utiliza es relativamente bajo.

### 3.4.2 Factores QoS

Como se describió en el Capítulo II, los factores que afectan la calidad de servicio (QoS) en redes de telefonía IP son la latencia, el jitter, la pérdida de paquetes y el eco.

En este contexto, se puede afirmar que en las redes LAN<sup>26</sup>, en general y específicamente en las que se encuentran instaladas en las dependencias de la Empresa Flornintanga S.A. en donde la tasa de transferencia es 100 Mbps,

<sup>26</sup> LAN: (Local Area Network) Redes de área local.

el riesgo de que la calidad de servicio se vea afectada es mínimo. No obstante otros factores inherentes a las redes LAN como por ejemplo cables en mal estado, o esquemas redundantes conmutados que estén originando bucles, puede llegar a afectar la QoS.

A diferencia de las LAN, en las redes MAN<sup>27</sup> y WAN<sup>28</sup> la calidad de servicio si podría verse afectada, ya que normalmente este tipo de redes utilizan capacidades de ancho de banda limitadas y esto usualmente origina que el jitter y la perdida de paquetes tomen elevados índices los cuales no permiten mantener una llamada telefónica con calidad de voz. Para minimizar este riesgo, se debe dimensionar adecuadamente los enlaces WAN en lo que a su ancho de banda se refiere.

En este caso, para la comunicación entre dependencias, se verifica la factibilidad de utilizar los enlaces de Internet con los que al momento cuenta la Empresa, ya que el volumen de tráfico tanto de voz como de datos que se maneja actualmente puede ajustarse convenientemente al ancho de banda que se puede obtener en este tipo de enlaces WAN.

Adicionalmente se debe contemplar la posibilidad de adoptar medidas complementarias como la implementación de políticas de QoS en los equipos terminales de datos (DTE) que normalmente son enrutadores, los cuales conectan la red interna LAN con la Internet.

La administración de estos equipos está a cargo de los proveedores de servicio por lo que se va a solicitar la configuración de QoS con la finalidad de priorizar la transmisión de voz sobre la de datos y de esta manera garantizar calidad de servicio en las llamadas telefónicas.

Para evitar el factor denominado eco, se tiene 2 opciones para promover su cancelación, el uno es basado en software y el otro en hardware, en ambos

---

<sup>27</sup> MAN: (Metropolitan Area Network) Redes de área metropolitana.

<sup>28</sup> WAN: (Wide Area Network) Redes de área extendida.

casos los resultados que se pueden obtener son similares, no obstante se verifica que un mejor performance se puede alcanzar con una implementación por hardware, ya que la labor que el procesador va a ejercer en estas circunstancias va a ser mucho menor de lo que sería si su procesamiento se llevará a cabo por medio de software.

### 3.4.3 Dimensionamiento de Hardware

El fabricante de Trixbox, recomienda como mínimas las siguientes características de hardware:

**Tabla 3.6 Requisitos mínimos de hardware recomendados por Trixbox**

Componente	Características mínimas
Procesador	400 Mhz
Memoria RAM	256 Mb
Disco duro	8 Gb

**Fuente:** <http://fonality.com/trixbox/>

Sin embargo se debe considerar que Asterisk, realiza constantemente una gran cantidad de cálculos matemáticos debido principalmente al procesamiento de los códecs. Los tres principales componentes que se considera al momento de dimensionar el hardware para la implementación de una IP PBX basada en Asterisk son: la CPU,<sup>29</sup> memoria RAM<sup>30</sup> y capacidad de almacenamiento.<sup>[24]</sup>

A continuación se presenta un cuadro en el cual se muestran diferentes configuraciones de hardware para una IP PBX basada en Asterisk, las cual son determinadas en función a la cantidad de usuarios que podría soportar la central IP, tomando en cuenta un volumen de tráfico promedio:

<sup>29</sup> CPU: (Central Process Unit) Unidad Central de Procesamiento, conocido comercial y técnicamente como el micro procesador.

<sup>30</sup> RAM (Random Access Memory) Memoria de Acceso Aleatorio.

Tabla 3.7 Cuadro referencial de hardware mínimo de una IP PBX<sup>[24]</sup>

Tipo	Cantidad Usuarios	Características mínimas de Hardware
Small Systems (Corto Alcance)	0 a 10	Procesador: X86, 500 a 700 Mhz, Memoria RAM: 512 Mb, Disco duro:10 Gb.
Medium Systems (Mediano Alcance)	11 a 50	Procesador: X86-64, 2 a 3 GHz tecnología doble o cuádruple núcleo, Mem. RAM: 2 Gb, Disco duro: 40 Gb.
Large Systems Gran (Alcance)	Más de 50	Procesadores multinucleo, asociación de servidores en arquitecturas distribuidas

Fuente: Bibliografía

Cabe mencionar 2 elementos importantes que se deben tomar en cuenta al momento del dimensionamiento del hardware, aunque no con la relevancia que tienen los elementos antes citados, pero que de igual manera pueden llegar a afectar el performance de la comunicación. Estos son: la tarjeta madre o principal (mainboard) y la fuente de energía.

Para la elección de la tarjeta madre se debe considerar las siguientes 3 características:

- Debe tener baja latencia de IRQ<sup>31</sup>, debido a que las tarjetas análogas de telefonía generan una gran cantidad de IRQ's por segundo.
- Se debe contar con el máximo control posible sobre el manejo de IRQ, para poder asignar y administrar según se requiera.
- Verificar que voltaje suministran los slots PCI, para según esto, determinar que tarjeta análoga de telefonía se debe adquirir.

<sup>31</sup> IRQ: (Interrupt Request) Pedido de Interrupción. Es una señal recibida por el procesador para manejar la ejecución de programas y subrutinas.

Con respecto a la fuente de energía, se debe considerar las siguientes características:

- Todo lo relacionado a multimedia, ya sea telefonía, audio, video y similares es generalmente sensible a la calidad de la energía.
- La potencia suministrada no solo debe proporcionar la energía requerida por el sistema, sino que también provea una línea estable y limpia de tensiones.

Por lo mencionado anteriormente, se puede sintetizar que la configuración de hardware que mejor se ajusta mejor al presente diseño es la del tipo (Medium Systems) o sistema de mediano alcance.

Actualmente, se tiene en el mercado, una variada gama de computadores personales de escritorio de tipo clon y de marcas reconocidas como HP, Dell, etc., que se podrían encajar perfectamente a las características requeridas.

#### **3.4.3.1 Tarjetas Interfaz FXO.FXS**

Para el presente proyecto, la IP PBX deberá contar con suficientes puertos FXO como líneas troncales (líneas telefónicas convencionales) sean necesarias para cubrir las necesidades de comunicaciones de la Empresa.

Los puertos FXS no van a ser necesarios en este diseño debido a que toda la comunicación telefónica se va a transportar a través de la red IP mediante dispositivos telefónicos terminales que van a ir conectados a puertos del conmutador de la red LAN, por tal motivo es innecesario contar con este tipo de puertos para el presente diseño.

Para saber cuántos puertos FXO son requeridos, es necesario calcular la cantidad de enlaces troncales (líneas telefónicas) se van a necesitar para cubrir



las necesidades de los usuarios de la Empresa, en la próxima sección se va a determinar este dimensionamiento.

### 3.4.3.2 Dimensionamiento de Troncales de Voz

El objetivo de este análisis es dimensionar la cantidad adecuada de troncales de voz (líneas telefónicas) que van a ser necesarios para abastecer la demanda de llamadas telefónicas de los usuarios durante las horas donde la utilización de este servicio sea muy recurrente, es decir durante las horas pico.

Se debe tomar en cuenta que una llamada telefónica se la puede realizar en cualquier momento y que su duración puede tener también un índice variable. Existen épocas del año en las cuales el uso del servicio telefónico tiene mucha demanda y es coincidente entre varios usuarios, normalmente esto ocurre dentro del horario de la jornada laboral, por tal motivo se determina como referencia una hora del día en el cual se tenga mayor cantidad de llamadas y se la denomina hora pico u hora cargada.

Se presenta un cuadro de valores de consumo telefónico correspondiente al mes en el que se dio un mayor consumo en el transcurso del año:

**Tabla 3.8 Consumo telefónico en el mes de Enero**

Agencia	Numero de Líneas	Costo Mensual (USD)
Tabacundo	2	140
Quito	1	80
Ambato	1	90
Consumo total mensual		310

**Fuente:** Empresa Flornintanga S.A

A continuación se presenta los resultados obtenidos en la hora donde se experimenta mayor utilización de servicio telefónico dentro del mes de mayor consumo telefónico:

Tabla 3.9 Utilización del servicio telefónico en la hora pico

Dependencia	Cantidad de llamadas	Tiempo de duración (minutos)
Tabacundo	12	1.5
Quito	7	1.5
Ambato	4	1.5

Fuente: Empresa Flornintang S.A

En base a los resultados obtenidos, se puede calcular el flujo de tráfico (A) que un único enlace puede manejar, el cual se define como el producto del número de llamadas y su duración promedio durante un periodo de observación de una hora:

#### Ecuación 3.4 Calculo de la intensidad de tráfico ofrecido

$$A = C_g * T_d \text{ (Erlangs)}$$

Fuente: <http://www.itu.int/itudoc/itu-d/dept/psp/ssb/planitu/plandoc/erlangt-es.pdf>

Dónde:

**C<sub>g</sub>**: es el número de llamadas generadas en una hora

**T<sub>d</sub>**: es el tiempo promedio de duración de una llamada

**A**: es el resultado que representa la intensidad de tráfico ofrecido o velocidad de flujo de llamadas.

Como ejemplo se presenta a continuación el cálculo del flujo de tráfico para la matriz Tabacundo:

$$A = 12 \frac{\text{llamadas}}{1 \text{ hora}} \times 1.5 \text{ min} \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}$$

$$A = 0.3$$

Cabe mencionar que no todas las llamadas que se intentan establecer llegan a concretarse, por tal motivo para este diseño se debe considerar una

probabilidad **Pb** en base a GoS<sup>32</sup> igual a 1%<sup>33</sup> (0,01) que representa una llamada descartada por cada 100 intentos.<sup>[25]</sup>

Por medio del cuadro 3.11 se va a obtener la cantidad de troncales requeridos en función a los resultados de los cálculos del flujo de tráfico:

**Tabla 3.10 Tabla de Erlang B** <sup>[26]</sup>

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9811	7.1155	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21

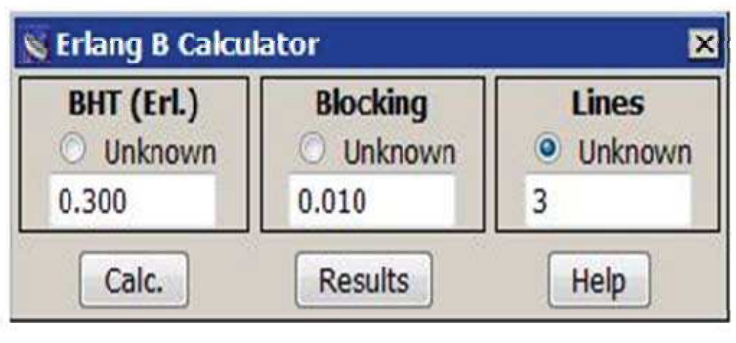
Fuente: Bibliografía.

Como se observa en la tabla 3.10, el valor de flujo de tráfico (A) igual a 0.3 se la puede ubicar en la columna Probabilidad de pérdida (E) igual a 0,01 dentro del rango de los valores 0.15259 y 0.45549 por lo que se puede deducir que se requieren 3 líneas troncales, para cubrir este tráfico.

Estos resultados se pueden corroborar con el uso de una calculadora de Erlang B, cuyo resultado se muestra a continuación:

<sup>32</sup> GoS: (Grade of Service) Grado de servicio. Está definido en la recomendación ITU-T E.600 representa un estimado de la cantidad de llamadas que no podrán ser propagadas por un enlace.

<sup>33</sup> Pb (1%): Valor recomendado para telefonía, indica que de cada 100 intentos de llamada una será descartada.

Fig.3.2 Calculadora de Erlang B <sup>[27]</sup>

Fuente: Bibliografía

De acuerdo a estos cálculos, los valores resultantes para determinar la cantidad de enlaces troncales que serán necesarios para las sucursales y matriz se presentan a continuación:

Tabla 3.11 Resultados para cantidad de troncales de voz

Oficina	Llamadas por hora (Cg)	Duración llamada (Td)	Erlangs (A)	Cantidad troncales de voz
Tabacundo	12	1.5	0.3	3
Quito	7	1.5	0.175	2
Ambato	4	1.5	0.1	1

Elaborado por: Los autores

Por los resultados obtenidos, se puede determinar que la cantidad de enlaces troncales que son necesarios para este diseño son en total seis, y por lo tanto serían seis los puertos FXO los que se requerirían implementar en la IP PBX., adicionalmente. En la oficina matriz Tabacundo, se dispone de una base celular que se usa de manera poco frecuente, por tal motivo no se tomó en cuenta para el análisis del presente dimensionamiento, no obstante esta troncal también estará conectada a la IP PBX para llamadas exclusivamente a operadoras móviles, por lo tanto la cantidad de puertos FXO en total sería siete.

### 3.5 DIMENSIONAMIENTO DEL ENLACE DE INTERNET

Para determinar el ancho de banda que será necesario para poder transportar todo el volumen de información que se genera desde y hacia las oficinas de la Empresa, se procede a evaluar el requerimiento en base al cálculo de ancho de banda tanto para tráfico de voz como para tráfico de datos.

#### 3.5.1 Tráfico de Voz

El cálculo de la cantidad de ancho de banda que va a ser necesario para el tráfico voz sobre IP, viene dado por la ecuación:

**Ecuación 3.5** Calculo del ancho de banda para tráfico de voz

$$AB_{VoIP} = AB_{c\acute{o}dec} \times N_{troncal}$$

Fuente: <http://wikitel.info/wiki/Teletrafico>

Dónde:

**AB<sub>VoIP</sub>**: es el ancho de banda resultante en kbps para transmitir voz.

**AB<sub>códec</sub>**: es el ancho de banda que el códec utiliza para transmitir voz.

**N<sub>troncal</sub>**: la cantidad de troncales de voz (líneas telefónicas)

Es necesario tomar los valores obtenidos en las tablas 3.4 y 3.12 correspondientes a las secciones en donde se analiza el dimensionamiento de los códecs y enlaces troncales respectivamente, para poder determinar el requerimiento de ancho de banda real de voz.

Así por ejemplo para el caso de la oficina Matriz Tabacundo, la ecuación sería la siguiente:

$$AB_{VoIP} = 39.2 \text{ kbps} \times 3$$

$$AB_{VoIP} = 117.6 \text{ kbps}$$

Los resultados para la oficina matriz y las oficinas sucursales se sintetizan en el siguiente cuadro:

**Tabla 3.11 Resultados para el requerimiento de ancho de banda para voz**

Oficina	Ancho de Banda Códec G729 (kbps)	Cantidad de enlaces troncales	Ancho de banda (kbps)
Tabacundo	39.2	3	117.6
Quito	39.2	2	78.4
Ambato	39.2	1	39.2

**Elaborado por:** Los autores

### 3.5.2 Tráfico de Datos

Para el presente análisis, es necesario tomar los valores resultantes del reporte de tráfico por medio de la herramienta MRTG,<sup>34</sup> que fue proporcionado por los proveedores del servicio de Internet, durante el mes Julio en el cual se registró un mayor volumen de tráfico. Los datos obtenidos se los presenta en el siguiente cuadro:

**Tabla 3.12 Reporte de volumen de tráfico en los enlaces de Internet**

Oficina	Tráfico de datos (Gb)	Ancho de Banda utilizado(Kbps)	Ancho de Banda disponible (kbps)
Tabacundo	123.5	390	1024
Quito	45.8	140	768
Ambato	34.6	110	768

**Elaborado por:** Los autores

Como se puede observar existe una amplia brecha entre la capacidad de ancho de banda disponible y la utilizada efectiva, esto se considera como una subutilización del recurso.

<sup>34</sup> MRTG: (Multi Router Traffic Grapher) Graficador de Trafico multi enrutador. Herramienta de software para supervisar la carga de tráfico de interfaces de red.

Tomando los valores obtenidos en las tablas 3.11 y 3.12 se puede obtener los valores totales de ancho de banda requerido para cubrir adecuadamente el tráfico actual de datos y el tráfico de voz que se va a implementar.

**Tabla 3.13 Resultados totales para requerimiento de ancho de banda**

Oficina	Ancho de Banda			
	Requerido para voz (Kbps)	Requerido para datos (Kbps)	Requerido total (kbps)	disponible (kbps)
Tabacundo	117.6	390	507.6	1024
Quito	78.4	140	218.4	768
Ambato	39.2	110	149.2	768

**Elaborado por:** Los autores

Como se puede observar, existe una subutilización del recurso de ancho de banda en los enlaces de Internet de la matriz y las sucursales de la Empresa, no obstante es aconsejable tener un margen de holgura de al menos un 30% del valor resultante, con la finalidad de poder cubrir posibles latencias en la transmisión de la información en la red del proveedor de servicios.

### 3.6 DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPAMIENTO TERMINAL

Los equipos telefónicos IP, que se necesitan para el presente proyecto se deben ajustar básicamente a estas 2 características a continuación:


- Debe soportar códec G.729
- Debe soportar comunicación basada en SIP

En el mercado existe una gran variedad de equipos telefónicos IP de marcas como Polycom, GrandStream, los cuales vienen con una amplia gama de facilidades como son menú intuitivo en pantalla led, memoria para múltiples contactos, acceso mensajes de voz, asistente para configuración de terminal,

etc., incluye además soporte para varios códecs y protocolos de VoIP como SIP y H323.

Se ha tomado como referencia al teléfono IP marca Polycom modelo Soundpoint IP550, el cual posee las características y facilidades necesarias para cubrir los requerimientos de los usuarios de la Empresa. A continuación se citan las características del dispositivo:

**Tabla 3.16 Características del teléfono IP Polycom Soundpoint IP550**

	<b>Características:</b>
	<p>Tecnología Polycom HD Voice          Soporte para códecs incluye G.722,G.729          Soporte para 4 líneas          Soporte protocolo SIP, H323          Funcionalidad avanzada, incluye líneas compartidas, aplicaciones basadas en XHTML          Soporte IEEE 802.3af Power over Ethernet (PoE)          Llamada en espera, reenvío de llamadas, recuperación de mensajes de voz.</p>

**Fuente:** <http://www.polycom.com/products/index.html>

Equipos telefónicos IP de otras marcas pueden tener similares características, no obstante van a variar en su aspecto estético y costos. Un aspecto importante que se debe mencionar es verificar que los equipos tengan garantía y adicionalmente disponibilidad de repuestos, partes y piezas en caso de presentarse averías.

Como un plan de contingencia ante una eventual indisponibilidad de un equipo telefónico físico, se ha planteado la instalación de aplicaciones de software como son los softphones en los computadores personales de los usuarios, de esta manera podrán utilizar el servicio telefónico sin problemas hasta resolver el inconveniente con el dispositivo físico.



### **3.7 SEGURIDAD DE LA RED**

El diseño de la seguridad de red para la Empresa Flornintanga S.A., va a tener como finalidad mantener a la red de datos y telefonía IP, el mayor tiempo posible operativo y con un alto grado de disponibilidad de esta manera proteger la integridad y confidencialidad de la información.

Para cumplir este objetivo, es imprescindible implementar un conjunto de políticas que restrinjan accesos no autorizados para evitar todo tipo de ataques informáticos los cuales puedan afectar el normal funcionamiento de sistemas, servicios y aplicaciones.

Se debe mencionar que los atentados de seguridad siempre existirán, por tal motivo es necesario formular políticas de tipo físicas como lógicas que vayan a la par con el desarrollo tecnológico, y las mismas que puedan ser evaluadas y actualizadas constantemente para lograr los objetivos que plantea la seguridad en la red.

#### **3.7.1 Políticas de Seguridad Física**

Entre las principales políticas de seguridad física, que se plantean para el presente proyecto se mencionan las siguientes:

El equipo IP PBX debe ser ubicado físicamente en el cuarto de telecomunicaciones, al cual no debe existir libre acceso. Para su ingreso, se debe requerir autorización por parte de la persona responsable, previamente se haya determinado que actividades se llevarán a cabo para evitar manipulación, ataques o daños. Cualquier cambio en conexiones deberá ser documentado.

Los dispositivos de red como enrutadores y conmutadores, deben tener sus puertos e interfaces desactivadas si estas no están siendo utilizadas. De llegarse a requerir un puerto adicional, para conectar un teléfono IP o un

computador e debe solicitar al administrador y este deberá documentar dicha solicitud.

Se controlará la utilización de los puntos de red asignados, se deberá utilizar configuraciones que permitan bloquear y detectar la conexión de equipos no permitidos como pueden ser puntos de accesos inalámbricos o conmutadores los cuales poder ser conectados para uso personal en puntos de trabajo activos y en operación. Estos puntos de red deben ser utilizados exclusivamente para conectar un teléfono y/o una estación de trabajo.

Los respaldos de la información de la IP PBX, como son configuraciones, archivos de usuarios y demás documentación sobre el funcionamiento de la misma, entre otros datos de suma importancia, deben encontrarse en un área segura y disponible para su utilización en caso de una emergencia, deberán tener fechas de modificación, dependiendo del tipo de información.

Al iniciar cualquier operación de actualización o modificación de hardware en la IP PBX, se debe obtener primeramente un esquema total de respaldo en el cual se documente cómo se encuentra en operación al momento. Esta información servirá como contingencia para cuando algún cambio no experimente los efectos esperados, poder volver al esquema anterior.

### **3.7.2 Políticas de Seguridad Lógica**

Entre las principales políticas de seguridad lógica, que se plantean para el presente proyecto se mencionan las siguientes:

Solo una persona, en este caso puede ser el administrador de la red, podrá tener acceso a la IP PBX con la cuenta administrativa la cual incorpora todos los permisos y privilegios.

Las IP PBX basadas en Asterisk, cuenta con soporte seguro para la transmisión de paquetes de voz, mediante Secure SIP (SIP Seguro) el cual es un mecanismo de seguridad para envío de mensajes SIP sobre TLS,<sup>35</sup> el cual deberá ser configurado en la IP PBX, para incrementar en nivel de seguridad en la transmisiones de voz.

Para la interconexión lógica entre las redes de las oficinas sucursales y la oficina matriz, se deberá implementar VPN's mediante la herramienta nativa de GNU/Linux Open-VPN, con la que se busca conseguir confiabilidad y consistencia en la información transmitida entre las dependencias.

Los usuarios y los equipos de red deberán renovar sus contraseñas periódicamente, obligados por una política definida en el servidor. Si existe el ingreso incorrecto de la contraseña por tres veces el equipo deberá bloquearse temporalmente.

El firewall de la red permitirá el flujo de información segura y su configuración por defecto será cerrar todos los puertos para denegar todo tipo de tráfico que provenga del exterior y abrir solo y exclusivamente los necesarios, dicho tráfico por estos puertos deberá estar monitoreado y controlado constantemente.

Los directivos de la Empresa Flornintanga S.A., deberán establecer sanciones por la violación de cualquier de estas políticas de seguridad, ya que el incumplimiento de esta normativa, puede comprometer enormemente la normal operación de la infraestructura de red y consecuentemente ocasionar pérdidas importantes en la producción de la Empresa.

### **3.8 PLAN DE MERCADO (DIAL PLAN)**

Es de suma importancia, establecer un esquema de numeración para las extensiones telefónicas, esto, con la finalidad de facilitar la identificación, el

---

<sup>35</sup> TLS: (Transport Layer Security) Seguridad de Capa de Transporte. Canal encriptado para transmisión de protocolo SIP.

mantenimiento y la escalabilidad de la red. Actualmente la Empresa Flornintanga S.A cuenta con un plan de numeración que consiste de números de extensiones con tres dígitos, el cual va a ser reorganizado en función a la dependencia a la que pertenece y a la función del usuario. El esquema quedaría de la siguiente forma:

**Tabla 3.17 Plan de numeración para extensiones telefónicas**

Oficina	Primer dígito	Función del usuario	Segundo dígito	Rango de números
Tabacundo	1	Gerente y Jefes	1 – 2	110 - 129
		Operativos	3 – 5	130 - 159
Quito	2	Jefes	1 – 2	210 - 229
		Operativos	3 – 5	230 - 259
Ambato	3	Jefes	1 – 2	310 - 329
		Operativos	3 – 5	330 - 359

**Elaborado por:** Los autores

Los números de extensiones comprendidas en los rangos del: 100 al 109, del 200 al 209 y del 300 al 309 se reservan para realización de pruebas y para asignación de usuarios temporales. En cuanto a los rangos del 160 al 199, del 260 al 299 y del 360 al 399 se reservan para posibles crecimientos de la red en cada una de las dependencias.

La administración de políticas sobre restricciones de llamadas telefónicas, va a estar sujeta a la función que el usuario desempeña dentro de la Empresa. Este esquema quedaría de la siguiente manera:

Tabla 3.18 Restricciones y accesos para llamadas telefónicas

Función del usuario	LL	LN	LC	LI
Gerente y Jefes	X	X	X	X
Asistentes de Gerencia y Jefaturas	X	X	X	X
Personal Ventas	X	X	-	-
Personal Sistemas	X	-	-	-
Personal RRHH	X	-	-	-
Personal Logística	X	X	-	-
Personal Financiero	X	-	-	-

**Elaborado por:** Los autores

**LL:** Llamada local

**LN:** Llamada larga distancia nacional

**LC:** Llamada a celular

**LI:** Llamada larga distancia internacional

Las funcionalidades como: parqueo de llamada, correo de voz, contestador automático, identificador de llamadas, etc., van a estar disponibles en todos los dispositivos telefónicos para el uso de todos los usuarios sin importar la función o departamento al que pertenezca.

### 3.9 DIRECCIONAMIENTO IP DE LA RED

Para el presente proyecto, el direccionamiento lógico de la red, se lo va a establecer tomando en cuenta tres factores como son:

- Cantidad de usuarios y/o dispositivos de red.
- Servicios de red.
- Calidad de servicio

El espacio de direccionamiento necesario para cubrir las necesidades de la Empresa en base a la cantidad de usuarios y dispositivos de red, puede

ajustarse adecuadamente a una red de clase C la cual tiene la capacidad de proveer hasta 254 usuarios y/o dispositivos.

Adicionalmente para ofrecer independencia de servicios de red y para garantizar que el tráfico de voz no interfiera con el tráfico de datos se ha determinado utilizar la tecnología VLAN<sup>36</sup> la cual va a permitir dividir de manera lógica la red actual, en este caso se requieren 2 VLAN una para la red de datos y otra para la red de voz.

A continuación se presenta el diseño lógico de la red de la Empresa Flornintanga S.A.:

**Tabla 3.19 Direccionamiento lógico de la red**

Parámetros de red		Tabacundo	Quito	Ambato
Vlan Datos	Red	192.168.1.0	192.168.2.0	192.168.3.0
	Rango dirección IP	192.168.1.1 – 192.168.1.127	192.168.2.1 – 192.168.2.127	192.168.3.1 – 192.168.3.127
	Mascara de red	255.255.255.128	255.255.255.128	255.255.255.128
Vlan Voz	Red	192.168.1.128	192.168.2.128	192.168.3.128
	Rango dirección IP	192.168.1.129 – 192.168.2.255	192.168.2.129 – 192.168.2.255	192.168.3.129 – 192.168.3.255
	Mascara de red	255.255.255.128	255.255.255.128	255.255.255.128

Elaborado por: Los autores

### 3.10 PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO

La proyección de crecimiento de la Empresa traerá como consecuencia una eventual ampliación de la infraestructura de red, por tal motivo es necesario realizar un análisis que permita avizorar los cambios que a futuro se pueden llevar a cabo.

<sup>36</sup> VLAN: (Virtual Local Área Network). Red de área local virtual.

Según información proporcionada por la Empresa Flornintanga S.A. se está planificando implementar a mediano plazo, una línea de negocio paralelo al que al momento posee, la cual se manejará en las tres sucursales actuales, en tal virtud se prevé que se experimentará un crecimiento anual de un 8% de operación durante los próximos 5 años.

Por los datos proporcionados se puede realizar una proyección de un posible escenario en el cual se puede prever el impacto de crecimiento en el servicio telefónico y por ende en la central telefónica.

El diseño de la central IP PBX que va a ser implementada en el presente proyecto, como se mencionó anteriormente está dentro de la categoría (medium system) o mediano alcance, la cual provee una capacidad para soportar hasta un máximo de 50 usuarios.

La IP PBX estaría cubriendo al momento de su implementación a 26 usuarios, es decir al rededor del 50% de su rendimiento total, esto implica que a futuro la central IP PBX podría cubrir un crecimiento de casi el 100% de la totalidad de usuarios que al momento existen. Por medio de la fórmula del valor futuro se procede a calcular un valor cercano que determine la cantidad de usuarios que se pueden tener dentro de los próximos 5 años:

#### **Ecuación 3.7 Cálculo del valor futuro del ancho de banda**

$$T_f = T_0 (1 + f_c)^n$$

**Fuente:** [http://en.wikipedia.org/wiki/Future\\_value](http://en.wikipedia.org/wiki/Future_value)

En donde:

$T_f$  = cantidad de usuarios proyectado a n años

$T_0$  = cantidad de usuarios actual

$f_c$  = factor de crecimiento anual

n = número de años

Los resultados quedarían de la siguiente forma:

**Tabla 3.20 Estimación de cantidad de usuarios a 5 años.**

Oficina	Cantidad actual de usuarios	Cantidad de usuarios en 5 años
Tabacundo	15	22
Quito	6	8
Ambato	5	7
Total	26	37

**Elaborado por:** Los autores

La posible expectativa para dentro de 5 años da como resultado 37 usuarios, lo cual está dentro del rango de cobertura de servicio del diseño de la IP PBX, no obstante se debe mencionar que estos valores representan solo una referencia que apoyan con información para proyectar el alcance del presente proyecto.



## **CAPÍTULO IV**

### **4 IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En este capítulo se presentará el proceso completo de instalación y configuración de la plataforma de telefonía IP Trixbox, así como la configuración de los teléfonos IP y softphones. Luego de lo cual se analizará los resultados de las pruebas realizadas al sistema en ambiente de producción con herramientas de software para verificar su rendimiento y su funcionalidad.

#### **4.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA IP PBX TRIXBOX**

##### **4.1.1 Pasos para la Instalación**

Para llevar a cabo la instalación del software Trixbox primeramente se requiere obtener el paquete de instalación, el cual se lo puede descargar libremente desde la página oficial de los fabricantes: <http://fonality.com/trixbox/>.

Fig. 4.1 Sitio Web oficial de Trixbox

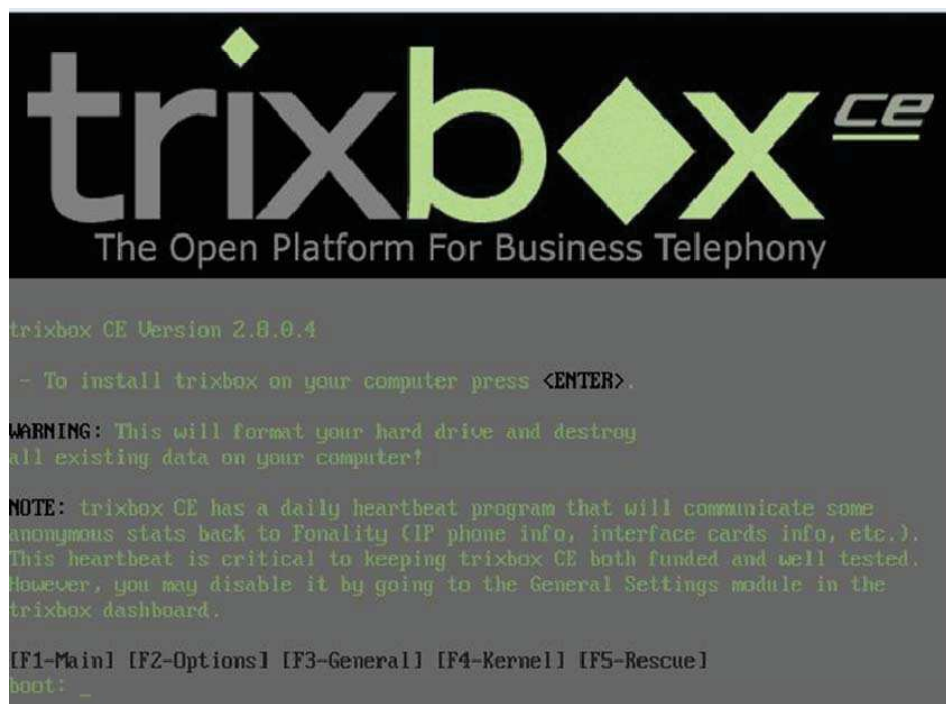


Fuente: [www.fonality.org](http://www.fonality.org)

Una vez descargado el paquete en formato ISO el cual al momento se encuentra en la versión estable 2.8.0.4, con un tamaño de 641 Mb, se procede a respaldarlo en un medio óptico como puede ser un disco compacto CD o un medio tipo DVD para facilitar su manejo y futuros mantenimientos de la IP PBX.

El inicio de la instalación es similar a la mayoría de distribuciones Linux, en el cual una vez ingresado el medio óptico en el computador, se ejecuta automáticamente un menú lo que se conoce como autobootable, para esto se debe comprobar que en la configuración del BIOS del computador se encuentre como primer dispositivo de arranque a la unidad óptica lectora y/o escritora de medios como lo es una unidad de CD-ROM o DVD-ROM.

Fig. 4.2 Menú inicial de la instalación de Trixbox



Fuente: instalación de Trixbox

Como paso siguiente, se debe escoger el idioma de instalación. Se recomienda tomar la opción en Inglés ya que es el idioma nativo del software y será más sencillo entender los parámetros de configuración.

Fig. 4.3 Menú opciones de idioma en instalación de Trixbox



Fuente: instalación de Trixbox

Posteriormente, aparece la pantalla que corresponde al menú en el cual se debe escoger la zona horaria en la que se encuentra geográficamente la central IP PBX, para este caso la opción a escoger es América / Guayaquil.

**Fig. 4.4 Menú opciones de zona horaria en instalación de Trixbox**



**Fuente:** instalación de Trixbox

A continuación, se procede a establecer una contraseña para el usuario administrador del sistema, más conocido en ambientes Linux como el Root. Es recomendable, crear una contraseña combinada con caracteres alfanuméricos y simbólicos, esto hará dificultoso el trabajo de los ataques informáticos.

**Fig. 4.5 Establecimiento de contraseña para usuario root**



**Fuente:** instalación de Trixbox

En seguida el proceso de instalación iniciará con la verificación de dependencias de software, para luego proceder con la copia de ficheros en el disco duro.

**Fig. 4.6 Proceso de copia de ficheros en la instalación de Trixbox**



**Fuente:** instalación de Trixbox

Una vez completado el proceso de copia de ficheros, la instalación habrá finalizado, y se procederá a reiniciar el sistema automáticamente. Luego se presentará la pantalla que dará paso a la carga de los servicios del sistema.

**Fig. 4.7 Pantalla de inicio de carga de servicios de Trixbox**



**Fuente:** instalación de Trixbox

## 4.1.2 Configuración Básica del Sistema

El primero pasó luego de la instalación del software, es establecer la configuración de la central IP PBX con la finalidad de activar sus servicios en un ambiente de red, para lo cual se deben determinar varios parámetros como son dirección IP, protocolos a utilizar, plan de numeración, etc.

### 4.1.2.1 Parámetros de Red

Inicialmente, se debe configurar el direccionamiento IP, el cual para el presente caso se va a establecer en dos NIC,<sup>37</sup> una para conectarse a la red de área local, y la otra para conexión directa a internet. Ambas tarjetas van a disponer de una dirección IP de tipo estática.

En base al diseño lógico de la red que se presentó en el capítulo III, se presenta a continuación el direccionamiento que será implementado en la IP PBX:

**Tabla 4.2 Configuración de direcciones IP en la IP PBX**

Parámetros	NIC LAN	NIC Internet
Identificación en Linux	Eth0	Eth1
Dirección IP	192.168.1.129	200.121.234.23
Mascará de subred	255.255.255.128	255.255.255.252
Default Gateway <sup>38</sup>	192.168.1.254	200.121.234.22
IP del DNS <sup>39</sup>	-	200.100.122.12

**Elaborado por:** Los autores

Para establecer la configuración de los parámetros de red en ambientes Linux, se utiliza el comando “setup”, el cual va desplegar una pantalla con un menú

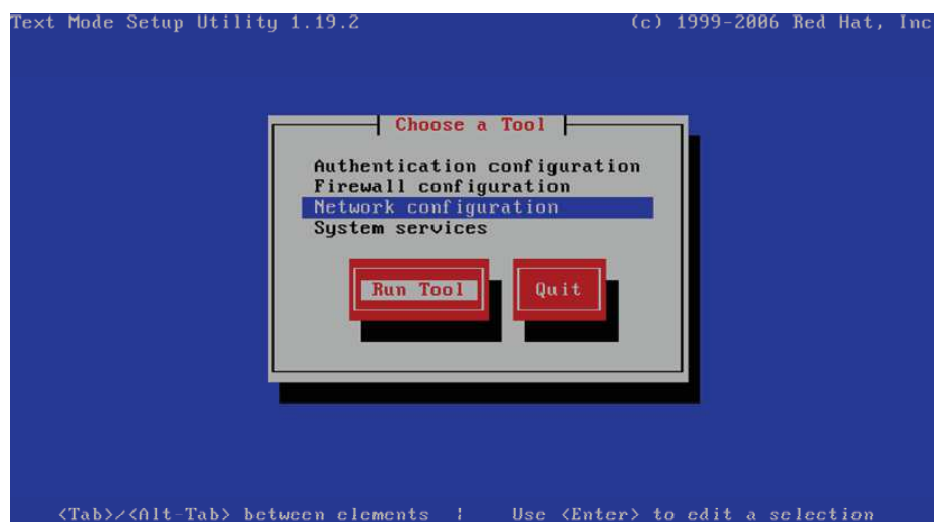
<sup>37</sup> NIC: (Network Interface Card) Tarjeta de Red. Interface electrónica implementada en el computador para comunicación en redes.

<sup>38</sup> Default Gateway: (Puerta de enlace predeterminada). IP de salida para redes externas.

<sup>39</sup> DNS: (Domain Name Server) Servidor de nombres de dominio. Traduce dirección web a direcciones IP.

gráfico con opciones generales entre las cuales se presenta la opción (Network Configuration) Configuración de red.

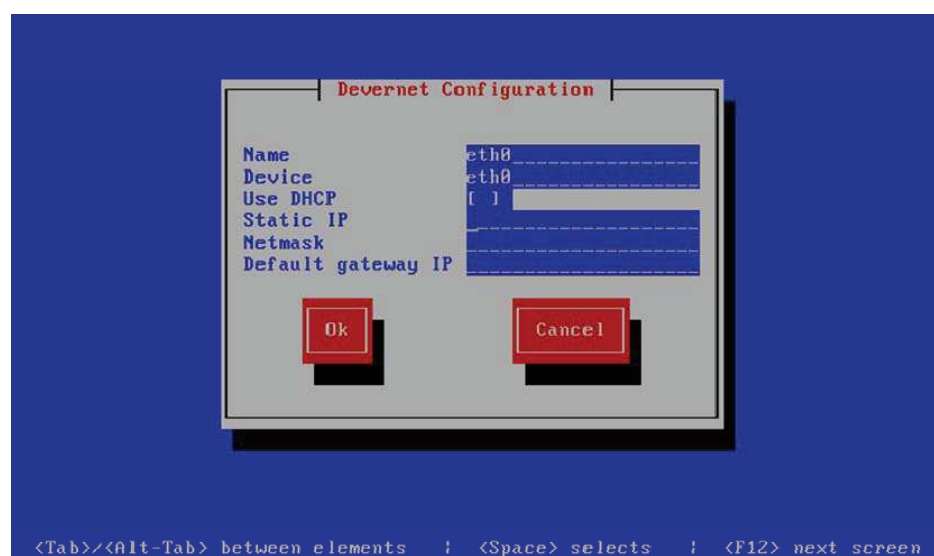
**Fig. 4.8 Menú de configuración del sistema**



**Fuente:** instalación de Trixbox

A posterior se presenta una pantalla en la cual se debe ingresar la dirección IP, máscara de red y puerta de enlace predeterminada. Este procedimiento se debe realizar para cada una de las tarjetas de red.

**Fig. 4.9 Configuración de red**



**Fuente:** instalación de Trixbox

Para que la configuración tenga efecto, se debe reiniciar el servicio de red, para esto se debe ejecutar el comando: "service network restart".

#### **4.1.2.2 Configuración de Controladores de Teléfonos IP**

Para que los teléfonos IP, puedan ser identificados en la central IP PBX, es necesario cargar el software respectivo que viene a ser los controladores o drivers, para lo cual se debe ejecutar los comandos a continuación según la marca de teléfono que se vaya a utilizar:

Teléfonos marca: Aastra	comando: setup-aastra
Teléfonos marca: Cisco	comando: setup-cisco
Teléfonos marca: Grandstream	comando: setup-grandstream
Teléfonos marca: Linksys	comando: setup-linksys
Teléfonos marca: Polycom	comando: setup-polycom
Teléfonos marca: Snom	comando: setup-snom

Para cualquiera de los casos, se va a desplegar una pantalla en la que se va a solicitar escoger la tarjeta de red por la cual se va a producir la conexión con el dispositivo. A continuación, si el software no está disponible en Trixbox, se va a proceder con la descarga del software desde los repositorios Web de CentOS. Dependiendo de la velocidad de conexión a Internet será el tiempo que tome este procedimiento:



Fig. 4.10 Instalación de software de teléfonos

```
polycom Phone Setup Tool

This will help you setup your system to provision polycom phones
from the trixbox Endpoint Manager.

Please select which network interface you would like to use

[1] eth0:
[2] eth1:
[3] other
[q] quit

Select interface: 1
Created /tftpboot/server.cfg using 192.168.1.4 for the proxy. If the
IP address of your Asterisk system changes run this script again and reboot.
Reboot your Polycom phones by disconnecting the power to the phone.

[trixbox1.localdomain ~]# _
```

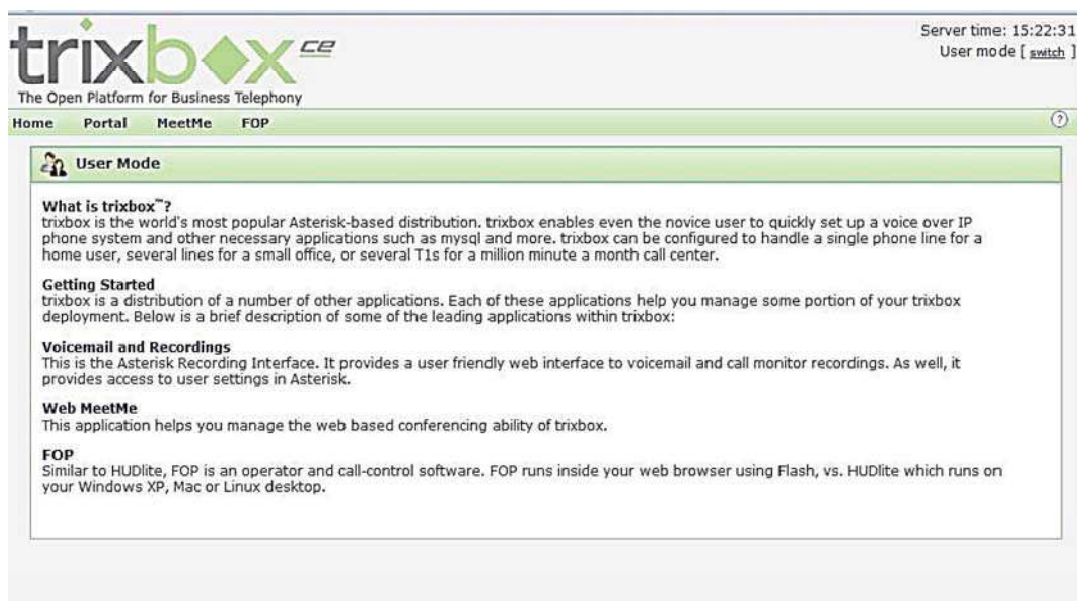
Fuente: Instalación de Trixbox

### 4.1.3 Configuraciones Generales de la IP PBX

Una vez que se ha realizado todas las configuraciones desde la consola, se requiere continuar con la configuración de las funcionalidades de la IP PBX, para esto, se procede a abrir un explorador web, como lo es Internet Explorer de Microsoft o Mozilla Firefox, de tal forma que se pueda acceder a la aplicación Free PBX que es la aplicación web de Trixbox la cual permite la administración y configuración de la central telefónica.

En la barra de direcciones del navegador web, se debe poner la dirección IP que se le asignó a la IP PBX, puede ser la establecida en la tarjeta de red conectada a la LAN o la conectada a la Internet. Se va a desplegar la pantalla inicial de la interfaz web de Trixbox.

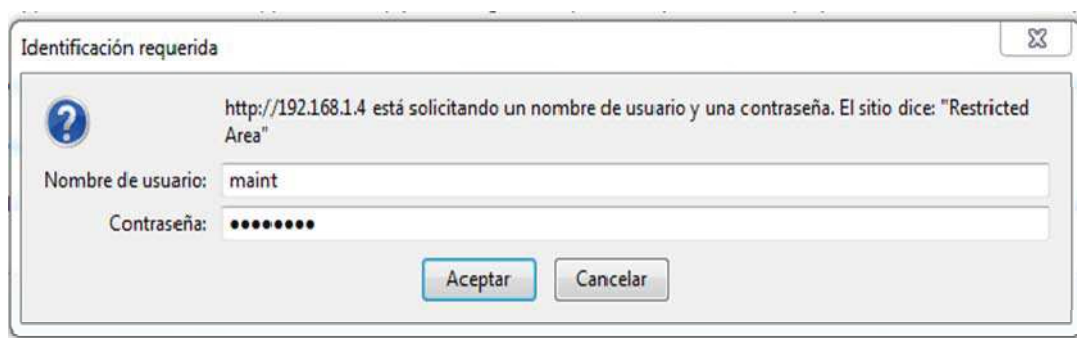
Fig. 4.11 Pantalla inicial de la interfaz web de Trixbox



Fuente: Configuración de Trixbox

Para ingresar al modo privilegiado, es necesario autenticarse como usuario administrador, para lo cual se debe acceder el link denominado "switch". El usuario para autenticarse en esta pantalla es: maint y la contraseña es: "password".

Fig. 4.12 Autenticación de usuario maint



Fuente: Configuración de Trixbox

Por ser la primera vez que se ingresa como administrador, se pedirá que se registre el software online, lo cual es recomendable que se lo haga, ya que como se verá más adelante, ciertas funcionalidades solo se activarán si la IP PBX está registrada.

Fig. 4.13 Pantalla de registraci3n online de la central Trixbbox

trixbox Registration

**Registration**

By registering your trixbbox CE system you will be qualified to purchase support contracts from Fonality. Registration is optional for normal use but is required to purchase support. In order to stop this registration form from popping up, click the setting-> registration link. Go to the bottom of the page and click "Don't ask me to register again."

Contact Me  \*

Email  \*

Alt. Email

Phone  \*

Alt. Phone

Company

Address  \*

Address 2

City  \*

State  \*

Country  \*

Zip  \*

Number of extensions

trixbox Forum Username

Registration Module Version: 2.6.1

**Fuente:** Configuraci3n de Trixbbox

El siguiente paso a realizar es la actualizaci3n de los paquetes y complementos de software, de esta forma se podr3 disponer de las 3ltimas funcionalidades y caracter3sticas avanzadas que Trixbbox puede ofrecer.

Este procedimiento se lo realiza mediante el men3 PBX ubicado en la barra de men3s principal de la interfaz, luego se debe escoger el submen3 "settings", en esta pantalla se podr3 encontrar el link "Check for updates online".

Fig. 4.14 Actualización de complementos y funciones de Trixbbox

The screenshot shows the Trixbbox CE administration interface. The main content area is titled "Module Administration" and includes a "Check for updates online | Upload module" link. Below this, there are two sections: "Advanced" and "Basic".

**Advanced**

Module	Type	Version	Status
Dialplan Injection	setup	0.1.1	Enabled

**Basic**

Module	Type	Version	Status
ARI Framework	setup	5.5.2	Enabled
Core	setup	5.5.2.4	Enabled
Endpoint Manager	setup	1.2.1	Enabled
FOP Framework	setup	2.5.0.2	Enabled
Feature Code Admin	setup	2.5.0.4	Enabled
Framework	setup	2.5.2.3	Enabled
Support	setup	1.0.0	Enabled
System Dashboard	tool	2.5.0.7	Enabled
Voicemail	setup	2.5.1.6	Enabled

**Fuente:** Configuración de Trixbbox

El paso siguiente es verificar los paquetes instalados en la central Trixbbox, para lo cual se accede al menú "Packages", en el cual se podrá observar cientos de paquetes entre instalados y no instalados.

Predeterminadamente Trixbbox instala los paquetes básicos y más utilizados dentro de la administración de la central telefónica, no obstante puede ser necesario en el futuro disponer de alguna funcionalidad adicional, en este caso es muy sencillo realizar la instalación o actualización de paquetes mediante esta interfaz. Para este caso, se va a requerir instalar 2 paquetes adicionales que son: "tbm-hudadmin" y "hudlite-server backend for HUDlite". Estos paquetes proveen los servicios de administrador gratuito de IP PBX.

Fig. 4.15 Descarga de paquetes adicionales en Trixbox

694 trixbox:	tdm-dhcp	tdm - DHCP	2.6.1-1	<input type="checkbox"/>	No Update	Not Installed
695 trixbox:	tdm-huadmin	tdm - HUD admin	2.6.1.0-5	<input checked="" type="checkbox"/>	No Update	Not Installed
696 trixbox:	tdm-munin	munin - Network-wide graphing framework (grapher/gatherer)	2.6.0-1	<input type="checkbox"/>	No Update	Not Installed
697 trixbox:	tdm-munin-debuginfo	Debug information for package tdm-munin	2.6.0-1	<input type="checkbox"/>	No Update	Not Installed
698 trixbox:	tdm-phpmyadmin	tdm - web based MySQL Manager	2.6.0.0-3	<input type="checkbox"/>	No Update	Not Installed
699 trixbox:	tdm-raid	tdm - RAID Tool	2.6.1-1	<input type="checkbox"/>	No Update	Not Installed
700 trixbox:	wanpipe-modules-2.6.18-128.1.10.el5	Sangoma WANPIPE p	3.4.2.3-0	<input type="checkbox"/>	No Update	Not Installed
701 trixbox:	wanpipe-modules-2.6.18-92.1.18.el5	Sangoma WANPIPE p	3.3.15-0	<input type="checkbox"/>	No Update	Not Installed
702 trixbox:	wanpipe-util	Sangoma WANPIPE p	3.4.2.3-0	<input type="checkbox"/>	No Update	Not Installed
703 trixbox:	xen	Xen is a virtual machine monitor	3.0.3-80.el5	<input type="checkbox"/>	No Update	Not Installed
704 trixbox:	xen-devel	Development libraries for Xen tools	3.0.3-80.el5	<input type="checkbox"/>	No Update	Not Installed
705 trixbox:	xen-libs	Libraries for Xen tools	3.0.3-80.el5	<input type="checkbox"/>	No Update	Not Installed
706 trixbox:	zaptel	Drivers, tools and libraries for Zapata telephony interfaces	1.4.12.9-1_trixbox	<input type="checkbox"/>	No Update	Not Installed
707 trixbox:	zaptel-devel	Development files for Zapata telephony interfaces	1.4.12.9-1_trixbox	<input type="checkbox"/>	No Update	Not Installed
708 trixbox:	zaptel-modules	Zaptel kernel modules	1.4.12.9-1_trixbox.2.6.18_128.1.10.el5	<input type="checkbox"/>	No Update	Not Installed

Package Version: 2.6.2.5

Install Upgrade Delete

Fuente: Configuración de Trixbox

Luego de finalizar la descarga e instalación se mostrará una pantalla con un resumen sobre los paquetes instalados.

#### 4.1.4 Configuraciones Específicas de la IP PBX

Las siguientes configuraciones, se denominan específicas por el motivo de que son ajustables o personalizadas según los requerimientos del proyecto, adicionalmente se debe mencionar que en la mayoría de implementaciones la configuraciones a continuación presentadas son las más utilizadas por su funcionalidad y compatibilidad con la mayoría de marcas de dispositivos telefónicos IP.

##### 4.1.4.1 Configuración de Troncales

La configuración de troncales se refiere a la inclusión dentro de la IP PBX, de enlaces de la red telefónica pública (PSTN) más conocidas como líneas telefónicas, con la finalidad de poder tener acceso a recibir y realizar llamadas hacia y desde el exterior de la red empresarial.

Para acceder a esta configuración, se debe ir a menú “PBX Settings” en el panel izquierdo, aquí se van a desplegar algunas opciones las cuales se presentan a continuación:

**Fig. 4.16** Menú opciones configuración de troncales en Trixbox



**Fuente:** Configuración de Trixbox

Una línea telefónica análoga en Trixbox está identificada como una troncal del tipo ZAP, por lo tanto esta opción es la que se debe escoger para la administración de troncales de este tipo, de tal forma que las tarjetas análogas ZAP serán administradas mediante esta configuración ya que a estas es a donde se conectan las líneas telefónicas.

Cuando se crea una troncal, automáticamente se reconocerá, al primer módulo FXS presente en la tarjeta y lo llamará Trunk ZAP/g0, si se tuviera más módulos FXS automáticamente se iría incrementando g1, g2, g3, etc.

En este paso únicamente se debe indicar el Caller ID para que otras redes lo reconozcan en caso de que tengan este servicio.

En Dial Rules se debe escribir 8 letras "x" (xxxxxxx) ya que esto indica el número de dígitos requeridos para realizar una llamada local, por ejemplo, para llamar de la central al exterior se debe marcar un dígito para salir de la troncal, y 7 dígitos para una llamada local dentro de la ciudad.

Fig. 4.17 Configuración parámetros de troncales en Trixbox

The screenshot shows the 'Add ZAP Trunk (DAHDI compatibility mode)' configuration page in Trixbox. The interface includes a navigation menu on the left with categories like 'Setup', 'Tools', 'Admin', 'Basic', and 'Trunks'. The main content area is divided into sections: 'General Settings', 'Outgoing Dial Rules', and 'Outgoing Settings'. In the 'General Settings' section, 'Outbound Caller ID' is set to 'LTIC<2535994>', 'Never Override CallerID' is checked, 'Maximum Channels' is an empty field, 'Disable Trunk' is checked, and 'Monitor Trunk Failures' is set to 'Enable'. The 'Outgoing Dial Rules' section has a 'Dial Rules' text area containing 'xxxxxxxx' and a 'Dial Rules Wizards' dropdown menu set to '(pick one)'. The 'Outgoing Settings' section has a 'Zap Identifier (trunk name)' field set to 'g0'. There are 'Add Trunk' and 'Trunk ZAP|g0' buttons at the top right, and a 'Submit Changes' button at the bottom.

Fuente: Configuración de Trixbox

#### 4.1.4.2 Configuración de Ruta Saliente

La configuración de la ruta saliente consiste en establecer los parámetros requeridos para poder dirigir o enrutar las llamadas según como sean realizadas sean estas para una extensión interna o para una línea de la red telefónica pública en el exterior. En esta configuración es posible establecer una contraseña para restringir rutas específicas a usuarios como salida a llamadas celulares o internacionales.

Primeramente se procede a crear una ruta que se llama LOCAL no se le da contraseña, por el motivo de que todos los usuarios deberán poder usarla, el resto de parámetros se dejan igual de forma predeterminada. En el campo patrones de marcado (Dial Patterns) se especifica la forma como se debe realizar una llamada local. Las reglas o patrones de marcado, son reglas que indican como Asterisk debería marcar para hacer la llamada en una troncal. Esta opción puede ser usada para añadir o remover prefijos. Las reglas pueden ser especificadas mediante la siguiente sintaxis:

Tabla 4.2 Caracteres especiales en el patrón de marcado

Carácter / Combinación	Descripción
X	Representa cualquier dígito de 0- 9
Z	Representa cualquier dígito de 1- 9
N	Representa cualquier dígito de 2- 9
[1238-9]	Representa cualquier dígito entre corchetes
.	Representa uno o más caracteres
	Separa el número ubicado a la izquierda del número marcado. Por ejemplo: 9 NXXXXXX debería representar los números marcados como: "92535993"
+	Añade un prefijo al número marcado. Por ejemplo: 001 + NXXNXXXXXX debería agregar el 001 al número 3069948745 cuando este es marcado.

Fuente: Configuración de Trixbox

La configuración establecida para este caso, sería de la siguiente forma:

9 Para salir de la central.

| Para hacer una pequeña pausa hasta reconocer el tono de la discado.

N Para restringir llamadas hacia el exterior, ya que permite números desde el 2 al 9.

XXXXXX Para los 6 números restantes.

Fig. 4.18 Configuración rutas salientes

The screenshot shows the 'Add Route' configuration page in Trixbox. The left sidebar contains navigation menus for 'Setup', 'Tools', 'Admin', 'Reports', 'Panel', 'Recordings', and 'Help'. The main content area is titled 'Add Route' and contains the following fields and options:

- Route Name: Local
- Route Password: [empty text box]
- PIN Set: None
- Emergency Dialing: [unchecked checkbox]
- Intra Company Route: [unchecked checkbox]
- Music On Hold?: default
- Dial Patterns: 9|Nxxxxxxx
- Dial patterns wizards: (pick one)
- Trunk Sequence: ZAP/g0
- Submit Changes button

Fuente: Configuración de Trixbox



De la misma forma se crea una ruta para llamadas internas, con los siguientes parámetros:

Nombre la ruta: interna

Contraseña: sin contraseña

Patrones de marcado: Z (Para que el primer dígito sea obligatoriamente un número del 1 al 9) y XX que representan los dos dígitos restantes de la extensión.

Este procedimiento se realiza de forma similar para crear rutas de salida para llamadas a teléfonos móviles, llamadas larga distancia nacional e internacional.

#### **4.1.4.3 Creación de Extensiones**

Esta parte de la configuración, establece la creación y activación de extensiones telefónicas tipo SIP, para usuarios finales. Este tipo de extensiones son las más difundidas y estandarizadas tanto para equipos terminales telefónicos como para softphones.

En el panel izquierdo de la interfaz principal, está el menú extensiones, en el cual se desplegara la opción de creación de extensiones de distintos tipos, para este caso como se mencionó se crearán extensiones tipo SIP.

Fig. 4.19 Opciones de tipos de extensiones

The screenshot shows the 'Add an Extension' page in the Trixbox administration interface. The page title is 'Add an Extension' and it instructs the user to 'Please select your Device below then click Submit'. There is a 'Device' label above a dropdown menu. The dropdown menu is open, showing the following options: 'Generic SIP Device' (selected), 'Generic IAX2 Device', 'Generic ZAP Device', and 'Other (Custom) Device'. A 'Submit' button is located below the dropdown menu. The left sidebar contains a navigation menu with categories like 'Setup', 'Tools', 'Admin', 'Advanced', and 'Basic'. The top navigation bar includes 'System Status', 'Packages', 'PBX', 'System', 'Settings', and 'Help'.

**Fuente:** Configuración de Trixbox

La información importante y necesaria de llenar son: Número de extensión (User Extension), Nombre para mostrar en las pantallas de los teléfonos o en el Caller ID (Display Name), Nombre amigable para reconocer la extensión (SIP Alias), Contraseña para diversas funciones (Secret).

Fig. 4.20 Configuración de parámetros de extensiones

The screenshot shows the 'Add SIP Extension' page in the Trixbox administration interface. The page title is 'Add SIP Extension'. The form is divided into several sections: 'Add Extension' with fields for 'User Extension', 'Display Name', 'CID Num Alias', and 'SIP Alias'; 'Extension Options' with fields for 'Outbound CID', 'Ring Time' (with a dropdown set to 'Default'), 'Call Waiting' (with a dropdown set to 'Enable'), 'Call Screening' (with a dropdown set to 'Disable'), and 'Emergency CID'; and 'Assigned DID/CID' with fields for 'DID Description' and 'Add Inbound DID'. The left sidebar and top navigation bar are identical to the previous screenshot.

**Fuente:** Configuración de Trixbox

El resto de campos, se los puede dejar en blanco o con los valores establecidos por defecto.

En la última sección de esta interfaz se encuentra la configuración de la funcionalidad de Asterisk conocida como Correo de voz, que consiste en recuperar mensajes de voz, directamente desde el dispositivo telefónico o en su defecto, recibir los mensajes de voz en una dirección de correo electrónico.

Para este caso se procede a configurar este servicio para todos los usuarios. Los campos a llenar son la dirección de correo del usuario, y una contraseña para recuperar los mensajes de voz.

**Fig. 4.21 Configuración de correo de voz**

The image shows a web-based configuration interface for Asterisk voicemail. It is divided into two main sections: 'Voicemail & Directory' and 'VmX Locator'.  
**Voicemail & Directory section:**  
- Status: A dropdown menu set to 'Enabled'.  
- Voicemail Password: An empty text input field.  
- Email Address: An empty text input field.  
- Pager Email Address: An empty text input field.  
- Email Attachment: Radio buttons for 'yes' and 'no', with 'no' selected.  
- Play CID: Radio buttons for 'yes' and 'no', with 'no' selected.  
- Play Envelope: Radio buttons for 'yes' and 'no', with 'no' selected.  
- Delete Voicemail: Radio buttons for 'yes' and 'no', with 'no' selected.  
- VM Options: An empty text input field.  
- VM Context: A dropdown menu set to 'default'.  
**VmX Locator section:**  
- VmX Locator™: A dropdown menu set to 'Disabled'.  
- Use When: Two checkboxes, 'unavailable' and 'busy', both are unchecked.  
- Voicemail Instructions: A checkbox for 'Standard voicemail prompts', which is unchecked.  
- Press 0: An empty text input field followed by a checked checkbox 'Go To Operator'.  
- Press 1: An empty text input field.  
- Press 2: An empty text input field.  
At the bottom left of the form is a 'Submit' button.

**Fuente:** Configuración de Trixbox

El registro de las extensiones ya creadas se muestra a continuación:

Fig. 4.22 Registro de extensiones creadas

The screenshot shows the 'Add an Extension' page in the Trixbox configuration interface. At the top, there is a navigation bar with 'Admin', 'Reports', 'Panel', 'Recordings', and 'Help'. Below this, there is a 'Submit' button. A message box in the top right corner states: 'You have made changes to the configuration that have not yet been applied. When you are finished making all changes, click on Apply Configuration Changes to put them into effect.' The main content area is titled 'Add an Extension' and includes a dropdown menu for 'Device' set to 'Generic SIP Device'. On the right side, there is a list of extensions with their names and numbers in angle brackets, such as 'Mana Fernanda <8>', 'ZONA-NORTE <101>', 'PLASTICOS <102>', 'PAGO-PROVEEDORES <103>', 'GERENCIA-FLORNINTANGA <104>', 'CONTABILIDAD <105>', 'INFORMACION <107>', 'COTIZACIONES <108>', 'ALMACEN <111>', 'FAX <114>', 'GERENCIA-FLORNINTANGA <115>', 'GEREN-OPERA-FLORINTEGRAL <125>', 'Bogota <150>', and '800 -800>'. A language dropdown menu is set to 'English'.

**Fuente:** Configuración de Trixbox

#### 4.1.4.4 Configuración de un IVR

Una grabación de voz interactiva (IVR) es el mecanismo por el cual se logra emular un recepcionista digital, cuya función es guiar a la persona que llama proporcionándole accesos directos a distintas extensiones.

Se debe comenzar con la creación de la grabación, la cual se la puede realizar en varios idiomas para este caso se lo realizará únicamente en español.

El primer paso a realizar es asignar la extensión desde la cual se va a proceder a grabar, esto se lo hace desde una opción ubicada en la interfaz "System recordings". Para este caso se la va a realizar a través de la extensión 101. La ejecución de la grabación se inicia marcando \*77, mientras que marcando \*99 se puede verificar la voz grabada. Una vez obtenido este archivo, se procede a subirlo en la central mediante la opción de botón "upload".

Fig. 4.23 Agregación de la grabación de voz en la IP PBX



Fuente: Configuración de Trixbox

Una vez registrada la grabación, el siguiente paso es enlazar la misma a un acceso directo, el cual se denomina IVR. Para este caso se creará un IVR, mediante el menú del panel izquierdo en la opción IVR.

Se procede a crear un IVR denominado “principal”, a continuación se van agregando opciones generales las cuales normalmente se las deja con los valores predeterminados.

Fig. 4.24 Configuraciones generales del IVR



Fuente: Configuración de Trixbox

Paso siguiente es apuntar cada opción a la extensión que se desea, con la lógica de lo que diga la grabación añadida anteriormente.

Fig. 4.25 Configuración de extensiones dirigidas del IVR

The image shows a screenshot of the Trixbox IVR configuration interface. It displays three rows of settings, each corresponding to a different extension. Each row includes a 'Return to IVR' checkbox (checked), a 'Leave blank to remove' label, and a numeric input field (1, 2, or 3). The settings for each row are as follows:

- Extension 1:**
  - IVR: Pincipal
  - Phonebook Directory: Phonebook Directory
  - Terminate Call: Hangup
  - Extensions: <101> ZONA-NORTE
  - Voicemail: <101> ZONA-NORTE (busy)
- Extension 2:**
  - IVR: Pincipal
  - Phonebook Directory: Phonebook Directory
  - Terminate Call: Hangup
  - Extensions: <102> PLASTICOS
  - Voicemail: <101> ZONA-NORTE (busy)
- Extension 3:**
  - IVR: Pincipal
  - Phonebook Directory: Phonebook Directory
  - Terminate Call: Hangup
  - Extensions: <103> PAGO-PROVEEDORES
  - Voicemail: <101> ZONA-NORTE (busy)

Fuente: Configuración de Trixbox

#### 4.1.4.5 Configuración de Ruta Entrante

La configuración de la ruta entrante consiste en establecer los parámetros requeridos para poder recibir llamadas, es decir crear una ruta para la recepción de llamadas entrantes que provienen de líneas troncales del exterior. Para esto se debe escoger la opción “inbound routes” del panel izquierdo en la interfaz principal de Trixbox.

Se procede a crear una nueva ruta, esta ruta la única información que tendrá es: Nombre y Destino, en nombre se ha determinado poner “Incalls” y Destino, se elige el IVR creado en el paso anterior, que será el que siempre contestará las llamadas.

En caso de que el IVR estuviera siendo editado, o se hubieran modificado las opciones del IVR, se puede elegir aquí, que el operador sea el que conteste y transfiera la llamada mientras se corrigen las opciones.

**Fig. 4.26 Configuración de rutas entrantes**

**Fuente:** Configuración de Trixbox

#### 4.1.4.6 Configuración del Servicio sígueme (Follow Me)

Esta funcionalidad permite a los usuarios, tener la posibilidad de tener un segundo medio de localización, sin necesidad de que la persona llamante tenga que estar marcando todos los números de un contacto hasta localizarlo.

En el panel izquierdo de la interfaz principal de Trixbox, está la opción Follow me, en esta pantalla se permitirá el ingreso de una extensión principal a la cual se dirigirá la llamada entrante en primera instancia, de no ser contestada la llamada en un tiempo determinado se dirigirá la misma a una segunda extensión, esta puede ser local o un teléfono celular con soporte SIP.

Fig. 4.27 Configuración del servicio Follow me

The screenshot displays the 'Follow Me: 100' configuration page in Trixbox. The left sidebar contains a menu with categories like 'Setup', 'Tools', 'Admin', 'Advanced', 'Basic', and 'Internal Options & Configuration'. The 'Follow Me' option is selected. The main content area shows the configuration for extension 100, including a 'Delete Entries' button and a 'Follow Me List' containing the number 100. The 'Destination if no answer' section is at the bottom, with radio buttons for 'IVR', 'Phonebook Directory', 'Terminate Call', and 'Extensions' (which is selected).

**Fuente:** Configuración de Trixbox

Existe también la posibilidad de registrar una grabación que se escucha al momento en que la llamada no puede ser contestada, esta puede indicar que la llamada será dirigida a otra extensión.

Una de las ventajas de contar con esta opción, es aprovechar la capacidad que ciertos teléfonos celulares poseen como lo es el soporte SIP, a los cuales se los puede enlazar como una extensión y ser la segunda opción de una llamada que estuvo de destinada a una extensión local en la oficina.



#### 4.1.4.7 Conferencias

Una de las funcionalidades más importantes que se ofrece en una IP PBX es la posibilidad de contar con conferencias por teléfono entre varios usuarios. Su configuración al igual que casi todas las mencionadas anteriormente presenta un sencillo procedimiento, en el cual como primer paso se debe establecer un valor para el número de conferencia, seguidamente de un nombre que la identifique, finalmente un pin de acceso para los usuarios que son convocados a la conferencia y un pin para el supervisor que es la persona quien convoca.

Fig. 4.28 Configuración conferencias

The screenshot displays the 'Add Conference' configuration page in the Trixbox administration interface. The page is divided into several sections:

- Navigation:** Top menu includes System Status, Packages, PBX, System, Settings, and Help. A secondary menu below includes Admin, Reports, Panel, Recordings, and Help. A button for 'Apply Configuration Changes' is visible in the top right.
- Left Sidebar:** A vertical menu with categories like Setup, Tools, Admin, Advanced, Basic, and Administrators. 'Inbound Call Control' is currently selected.
- Main Content Area:**
  - Add Conference:** A section with input fields for:
    - Conference Number: 500
    - Conference Name: Supervisor
    - User PIN: 743
    - Admin PIN: 347
  - Conference Options:** A section with dropdown menus for:
    - Join Message: None
    - Leader Wait: Yes
    - Quiet Mode: Yes
    - User Count: Yes
    - User join/leave: Yes
    - Music on Hold: Yes
    - Allow Menu: Yes
    - Record Conference: Yes
  - Submit Changes:** A button at the bottom of the form.

**Fuente:** Configuración de Trixbox

El campo “Join Message” o Mensaje al unirse, se despliega cada vez que un usuario acceda a la conferencia. El resto de campos son de libre uso y establecen parámetros básicamente de la funcionalidad que la conferencia va a brindar a los usuarios participantes.

La cantidad de usuarios que pueden participar de una conferencia depende de las características de los teléfonos los cuales cuenta con una capacidad

limitada de líneas telefónicas que son las que pueden aceptar simultáneamente, que por lo general son en número de 3 a 4.

#### 4.1.4.8 Música de Espera (Music on Hold)

Esta funcionalidad de las PBX consiste en la emisión de sonidos musicales o en su defecto anuncios publicitarios cada vez que los clientes y personas que requieren comunicarse a una extensión en particular tienen que esperar su transferencia o hasta que la persona destinataria alce el auricular de su teléfono.

Su configuración consiste en tener previamente los archivos de sonido en formatos estándar como lo es mp3 y luego los mismo subirlos a la IP PBX mediante el acceso “Music on Hold”, ubicado en el panel izquierdo de la interfaz principal de la configuración de PBX.

Fig. 4.29 Configuración función música en espera

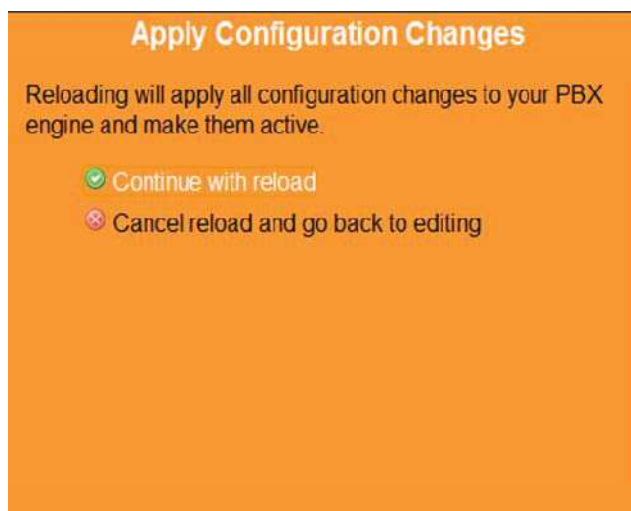


**Fuente:** Configuración de Trixbox

Finalmente luego de realizar todas estas configuraciones, se debe recargar los servicios de la IP PBX para que los cambios tengan efecto, esto no significa bajar el servicio.

Para esto se debe dar clic en un link color tomate que se presenta cada vez que se realiza un cambio de configuraciones. Es te link se ubica junto a la barra de menú horizontal de la interfaz principal de Trixbox. Posteriormente se va a desplegar la ventana a continuación en la que se debe dar clic en “Continue with reload”.

**Fig. 4.30 Recarga de servicios Asterisk en Trixbox**



**Fuente:** Configuración de Trixbox

Este procedimiento se lo debe ejecutar cada vez que se realice un cambio en la configuración de la central, caso contrario no tendrá efecto dichos cambios.

## **4.2 CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS TERMINALES**

### **4.2.1 Configuración de un Terminal Telefónico IP**

En el presente proyecto, se van a utilizar teléfonos IP marca GrandStream por costo, facilidades que presenta y por su fácil e intuitiva manera de configurar y utilizar.

Inicialmente se debe asignar una dirección IP al teléfono, y establecerla mediante el menú de configuración existente en el mismo.

Su configuración, se debe iniciar el navegador web, y digitar la dirección IP asignada al teléfono, la misma que se puede visualizar en la pantalla del mismo. Al momento de intentar acceder, se pedirá contraseña, existen dos contraseñas por defecto con perfiles diferentes:

**Tabla 4.3 Niveles de acceso a configuración de teléfono IP GrandStream**

Nivel de usuario	Contraseña predeterminada	Permisos
Usuario Final	123	Estado, y configuraciones básicas
Administrador	admin	Acceso total a configuraciones

**Fuente:** Configuración de teléfono IP GrandStream

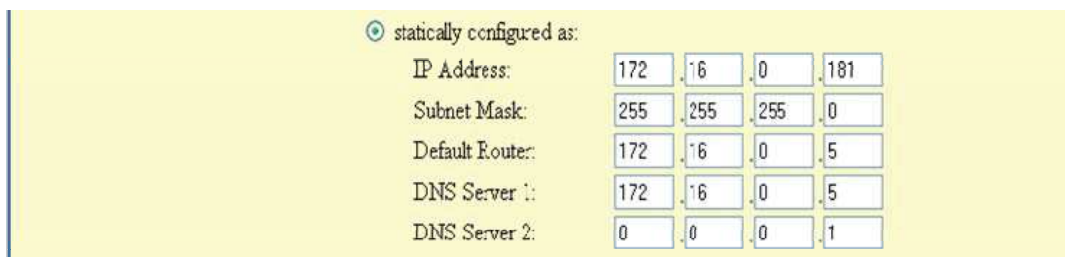
Estas contraseñas, deben ser cambiadas en el primer acceso por razones de seguridad.

La primera interfaz que se presenta es la correspondiente al estado del teléfono, en la cual se puede verificar los siguientes parámetros editables:

- Direcciones MAC e IP
- Modelo del teléfono
- Tiempo que ha estado activo desde el último inicio del teléfono
- Cuentas de servicio de telefonía IP activas
- Registro de total de llamadas entrantes, saliente y perdidas
- Información sobre el total de paquetes enviados, recibidos y perdidos

Dentro de las configuraciones básicas necesarias para registrar al teléfono IP en la central IP PBX, se debe tomar en cuenta primeramente la forma en que el dispositivo adoptará la dirección IP esta puede ser por DHCP o de forma estática, para este caso se encogerá la segunda forma.

**Fig. 4.31 Configuración de dirección IP de forma estática vía interfaz web**



statically configured as:

IP Address:	172	.	16	.	0	.	181
Subnet Mask:	255	.	255	.	255	.	0
Default Router:	172	.	16	.	0	.	5
DNS Server 1:	172	.	16	.	0	.	5
DNS Server 2:	0	.	0	.	0	.	1

**Fuente:** Configuración de teléfono IP GrandStream

A continuación se puede configurar otros parámetros básicos que se refieren a la presentación en pantalla de información del teléfono como son: Zona horaria (Time Zone), Formato de presentación de fecha y hora (Time Display Format), Formato de presentación del nombre de usuario (Display SIP User Display).

En cuanto a la configuración avanzada, se debe acceder a la interfaz web mediante la contraseña de administrador. Los parámetros a ser configurados son: la tasa de codificación del códec, el control de supresión de silencio del códec, el número de tramas a ser transmitidas por paquete.

A continuación se debe configurar una cuenta SIP, en la mayor parte de teléfonos IP, se permiten establecer varias cuentas SIP o extensiones. Los pasos para esta configuración son:

Activar la cuenta mediante el control de opción (Account Active).

El nombre de la cuenta (Account Name), para este caso se asocia la extensión correspondiente al usuario.

Establecer la dirección o el nombre del servidor SIP, es decir de la central IP PBX. Esta misma dirección se debe colocar en el campo (Outbond Proxy).

En el campo (SIP User ID) se debe ingresar el número de cuenta asociado con esta extensión. Por ejemplo 101

En el campo (Authenticate ID) se ingresa el identificador de la cuenta de la extensión que se estableció en el FreePBX del Trixbox. Por lo general se ingresa el mismo número de la extensión SIP User IP.

Se procede a ingresar la contraseña de cuenta en el campo (Authenticate Password) que servirá para poder registrarse en el servidor de servicios convergentes.

Finalmente en el campo (Name) se debe establecer el nombre del usuario que será mostrado en la pantalla del identificador de llamadas.

**Fig. 4.32 Configuración de una cuenta SIP en teléfono IP**

STATUS	BASIC SETTINGS	ADVANCED SETTINGS	ACCOUNT 1	ACCOUNT 2	ACCOUNT 3
Account Active: <input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Yes					
Account Name: <input type="text" value="211"/> (e.g., MyCompany)					
SIP Server: <input type="text" value="172.16.0.13"/> (e.g., sip.mycompany.com, or IP address)					
Outbound Proxy: <input type="text" value="172.16.0.13"/> (e.g., proxy.myprovider.com, or IP address, if any)					
SIP User ID: <input type="text" value="211"/> (the user part of an SIP address)					
Authenticate ID: <input type="text"/> (can be identical to or different from SIP User ID)					
Authenticate Password: <input type="text"/> (purposely not displayed for security protection)					
Name: <input type="text" value="Director"/> (optional, e.g., John Doe)					

**Fuente:** Configuración de teléfono IP GrandStream

Para el caso de las configuraciones de extensiones remotas, en el campo SIP server únicamente se debe colocar la dirección IP pública de la central IP PBX, de esta forma se obtendrá el registro de la extensión.

Otras configuraciones que se deben realizar son:

(User DNS Server) en este campo se debe activar el uso de servidores de nombre de dominio DNS.

(User ID is Phone Number) esta opción será usada si es que el teléfono SIP tiene asignada un número telefónico PSTN. Este campo por lo general no es necesario configurarlo, se ingresa de la siguiente manera: user=2555555.

(SIP Registration) este parámetro controla si el teléfono necesita enviar un mensaje al servidor para registrarse. Por defecto está configurado como SI.

(Unregister on Reboot) Por defecto es no, si esta seleccionada la opción SI, la información de registro será borrada al momento de reiniciar el teléfono, y enviará un mensaje de solicitud de registro al servidor.

(Register Expiration) este parámetro permite al usuario especificar el tiempo en minutos que el teléfono esperará para actualizar la información de registro. Por defecto esta seleccionado 60 minutos, y puede tener un valor máximo de 45 días (65535 minutos). (Registry Retry Wait Time) Es el tiempo que esperará el teléfono si es que la primera vez falla en su intento de registro. El valor recomendado es de 20 segundos.

(Local SIP port) Este parámetro define el puerto SIP local usado para escuchar y transmitir. Los valores por defecto son 5060, 5062 y 5064 para las cuentas 1, 2 y 3 respectivamente. (Subscribe for MWI) Por defecto está seleccionado NO. Cuando se activa esta función, se suscribe al servicio MWI (Message Wait indication) y será enviado periódicamente una petición de verificación de existencia de mensajes de voz.

(Proxy require) Es necesario especificar este parámetro en el caso de que el teléfono tenga que atravesar un servidor proxy para llegar al servidor, el teléfono notifica al servidor convergente que se encuentra tras de un NAT o Firewall.

Fig. 4.33 Configuraciones adicionales en teléfono IP

<i>Use DNS SRV:</i>	<input type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes
<i>User ID is phone number:</i>	<input checked="" type="radio"/> No	<input type="radio"/> Yes
<i>SIP Registration:</i>	<input type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes
<i>Unregister On Reboot:</i>	<input checked="" type="radio"/> No	<input type="radio"/> Yes
<i>Register Expiration:</i>	<input type="text" value="60"/>	(in minutes. default 1 hour, max 45 days)
<i>Registration Retry Wait Time:</i>	<input type="text" value="20"/>	(in seconds. Between 1-3600, default is 20)
<i>Local SIP port:</i>	<input type="text" value="5060"/>	(default 5060)
<i>NAT Traversal (STUN):</i>	<input checked="" type="radio"/> No	<input type="radio"/> No, but send keep-alive <input type="radio"/> Yes
<i>SUBSCRIBE for MWI:</i>	<input checked="" type="radio"/> No	<input type="radio"/> Yes

Fuente: Configuración de teléfono IP GrandStream

Finalmente se debe seleccionar los códecs de audio y video: Esta es una de las partes importantes que tienen que ver mucho con la calidad de la señal de llamadas. Para el presente proyecto se estableció una combinación de códecs para obtener un equilibrio entre calidad y consumo de ancho de banda:

Fig. 4.34 Configuración de códecs en teléfono IP

<i>Preferred Vocoder:</i> (in listed order)	choice 1:	<input type="text" value="PCMA"/>	choice 5:	<input type="text" value="G.729A/B"/>
	choice 2:	<input type="text" value="GSM"/>	choice 6:	<input type="text" value="PCMU"/>
	choice 3:	<input type="text" value="G.723.1"/>	choice 7:	<input type="text" value="PCMU"/>
	choice 4:	<input type="text" value="PCMA"/>	choice 8:	<input type="text" value="PCMU"/>

Fuente: Configuración de teléfono IP GrandStream

#### 4.2.2 Instalación y Configuración de una Aplicación Softphone

Como se mencionó en capítulos anteriores, un softphone es una aplicación de software que emula un dispositivo telefónico IP físico, de tal forma que para el presente proyecto se va a utilizar este tipo de aplicaciones con la finalidad de cubrir dos requerimientos en la Empresa:

El primero es la necesidad de contar con un plan de contingencia, en los casos en los que los dispositivos telefónicos físicos sufran algún tipo de avería o des configuración severa, en tales condiciones se tendría como respaldo los softphones para cubrir el uso del servicio telefónico hasta recuperar o reemplazar el teléfono IP que experimento el percance.



Y el segundo es cubrir la necesidad de portabilidad del servicio telefónico para los funcionarios que eventualmente se están trasladando a distintos lugares sean estos a nivel nacional o al exterior, de esta manera tendrán la facilidad de conectarse a la red telefónica de la Empresa haciendo uso únicamente de un enlace a Internet.

Para la puesta en marcha de un softphone, es necesario primeramente obtener uno, hoy en día existen de varios tipos y de distintos fabricantes entre los cuales se tiene el X-lite del fabricante "CounterPath", el cual ofrece la descarga libre de este software mediante su sitio web: [www.counterpath.com/x-lite.htm](http://www.counterpath.com/x-lite.htm).

En el presente proyecto se hará uso de este softphone ya que posee varias características muy funcionales y su manejo y configuración es fácil y sencilla de realizar.

Luego de haber descargado el instalador del software, se procede a instalarlo siguiendo la secuencia predeterminada del proceso. Una vez reiniciado el computador se desplegará la interfaz gráfica del softphone.

**Fig. 4.35 Interfaz de X-lite**



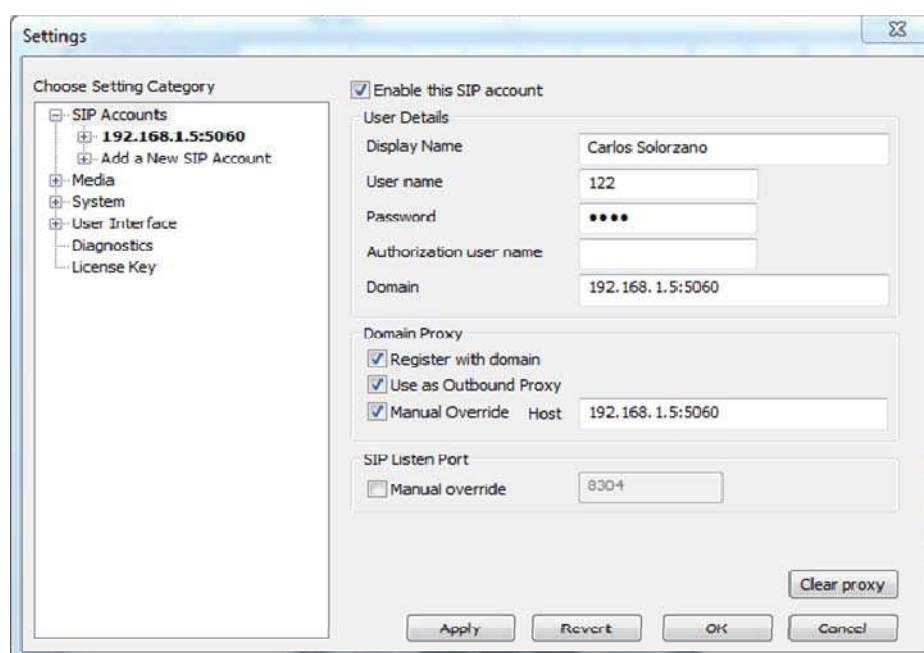
**Fuente:** Configuración de softphone X-lite

El siguiente paso que se debe realizar para que el softphone se registre a la central IP PBX, es crear una cuenta SIP, para lo cual se debe ingresar al menú de configuraciones dando clic derecho en la pantalla de la interfaz. Se va a desplegar una ventana con los siguientes campos:

(Display Name) en el que se debe ingresar el nombre que se va a presentar en pantalla, el (User Name) que representa la extensión que se configuro en la central, el campo (Password) o contraseña que validará la autenticación del registro de la extensión y finalmente los campos Dominio y Host en los cuales se debe ingresar la dirección IP de la tarjeta de red de la IP PBX seguido el puerto 5060 que es el puerto predeterminado para las comunicaciones tipo SIP.

En el caso de que el softphone va a ser utilizado dentro de la red de la oficina matriz, estos campos tanto dominio como host deben contener la dirección IP de la tarjeta de red de la IP PBX que está conectada a la red local, en tanto que si el softphone va a ser utilizado en un lugar remoto u otra oficina de la Empresa que no sea la matriz, entonces estos campos deberán contener la dirección IP pública que posee la tarjeta de red de la IP PBX.

**Fig. 4.36 Configuración de una cuenta SIP en X-lite**



**Fuente:** Configuración de softphone X-lite

Finalmente aceptada y aplicada la configuración, el softphone realizará una búsqueda de la IP PBX en la red, de esta forma la extensión asignada en el softphone se registrará y se establecerá un enlace de comunicación. En este momento ya se podrá recibir y realizar llamadas telefónicas.

Fig. 4.37 Softphone X-lite registrado en la IP PBX



Fuente: Configuración de softphone X-lite

## 4.3 DESARROLLO DE PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.3.1 Pruebas de Conectividad en Red Local e Internet

Una vez implementada la central IP PBX y configurado los teléfonos IP, se procede conectarlos a la red local para proceder a verificar su desempeño y performance.

Para la documentación de estas pruebas se va a hacer uso de la herramienta de diagnóstico y monitoreo PRTG,<sup>40</sup> con la cual se va a establecer el diseño de

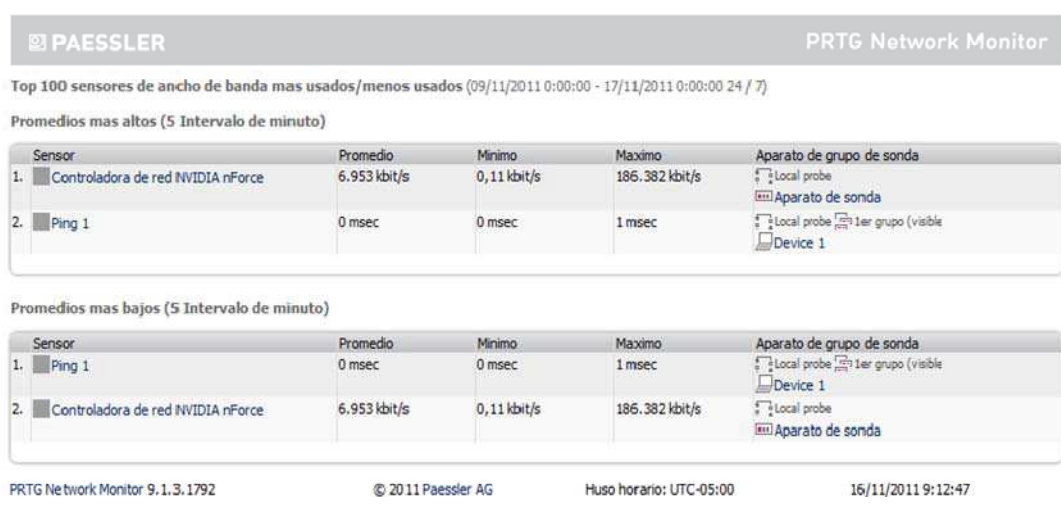
<sup>40</sup> PRTG: (Paessler Router Traffic Grapher) Herramienta gráfica para monitoreo de operación de red y ancho de banda.

la red y a analizar el comportamiento de la misma una vez implementada la infraestructura de la red de voz.

#### 4.3.1.1 Reporte PRTG de Ancho de Banda

Luego de un monitoreo ininterrumpido realizado durante un lapso de 5 días laborables, se puede verificar que el performance de la red local se encuentra operativa y funcionando de forma óptima, el. A continuación se presenta el reporte de resultados de uso de ancho de banda emitido por PRTG:

Fig. 4.38 Reporte PRTG de utilización de ancho de banda de la red



**Fuente:** Interfaz PRTG

Los valores resultantes indican que existe en la red un uso de ancho de banda de un máximo 186.382 kbit/segundo y un mínimo de uso de 0,11 kbit/segundo, lo cual para este caso, está considerado dentro del rango de utilización normal.

#### 4.3.1.2 Reporte PRTG de Tiempos de Respuesta

En el siguiente reporte se muestra, el tiempo de respuesta promedio que registró en tiempo real el sensor ping de PRTG, durante una hora pico de un día laborable en la red local.

**Fig. 4.39** Reporte PRTG de picos de respuesta en tiempo real



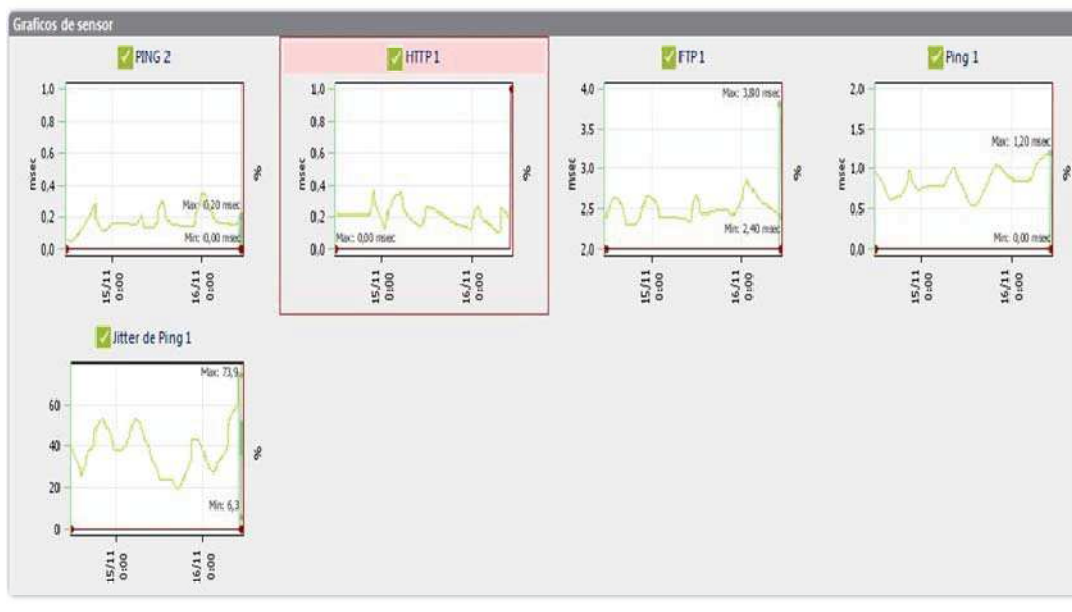
**Fuente:** Interfaz PRTG

Como se puede observar, existe un promedio de 4.5 milisegundos en cuanto a picos de respuesta se refiere, lo cual es un indicador de buena performance en la red local y conexiones a Internet.

#### 4.3.1.3 Análisis de Rendimiento de la Red

Varios sensores son implementados en PRTG, a manera de evaluar la red para determinar su rendimiento. En el siguiente reporte se obtiene los resultados de sensores como tráfico de ping, HTTP, FTP, y jitter de ping.

Fig. 4.40 Reporte PRTG de servicios en tiempo real



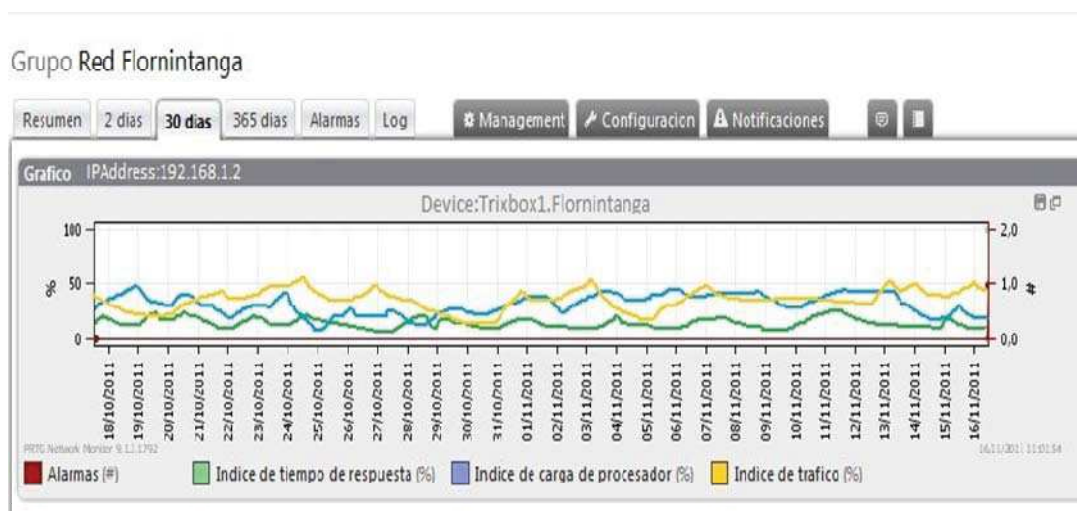
Fuente: Interfaz PRTG

Los resultados obtenidos muestran que su índice promedio de utilización y tiempo de respuestas bordean el 50%, lo que determina que la red está dentro del rango de un eficiente rendimiento.

#### 4.3.2 Pruebas de Rendimiento de la Central IP PBX

Un análisis de performance es realizado adicionalmente a la central IP PBX, para lo cual se añadió sensores de monitoreo como tiempo de respuesta, carga del procesador y carga de tráfico los cuales fueron activados durante 30 días consecutivos. Los resultados se muestran en el siguiente reporte:

Fig. 4.41 Reporte PRTG de rendimiento de la IP PBX



Fuente: Interfaz PRTG

En base a la Fig. 4.28, se puede determinar que la central IP PBX, experimenta picos que bordean el 48% en lo que se refiere a carga de tráfico, lo cual es lógico ya que la red en general tiene este mismo performance en promedio.

Con respecto al índice de tiempo de respuesta, se determina que la IP PBX se encuentra gestionando adecuadamente sus recursos de hardware como lo es procesador y memoria RAM.

Este resultado puede ser corroborado en el mismo reporte, el cual indica que el índice de carga del procesador está siendo utilizado en promedio en solo el 45% de su total capacidad.

#### 4.3.2.1 Pruebas con IPTRAF de Tráfico en la Central IP PBX

Para la realización de estas pruebas, se da la necesidad de hacer uso de la herramienta IPTRAF,<sup>41</sup> la cual viene preinstalada en la mayoría de distribuciones GNU/Linux. Por medio de esta aplicación se puede verificar el

<sup>41</sup> IPTRAF: Herramienta open source para ambientes GNU/Linux la cual genera en tiempo real estadísticas de tráfico de red por puertos y direcciones IP conectadas al sistema.

tráfico de paquetes que generan las conexiones de los usuarios al sistema operativo, adicionalmente muestra estadísticas por puerto e interfaz.

Fig. 4.42 Reporte IPTRAF de conexiones por interface de red y puertos

```

IPTraf
TCP Connections (Source Host:Port) ----- Packets ----- Bytes Flags Iface
192.168.1.4:135 = 0 0 ---- eth0
192.168.1.3:49382 = 2 100 S-- eth0
192.168.1.4:135 = 1 40 RESET eth0
192.168.1.4:445 = 13 1405 -PA- eth0
192.168.1.3:49383 = 15 2068 RESET eth0
127.0.0.1:54498 > 1 52 --A- lo
127.0.0.1:5038 = 0 0 ---- lo
192.168.1.4:80 > 1 40 --A- eth0
192.168.1.2:50236 = 0 0 ---- eth0
192.168.1.4:80 > 1 1500 --A- eth0
192.168.1.2:50242 = 0 0 ---- eth0
127.0.0.1:54505 > 1 52 --A- lo
TCP: 12 entries ----- Active

ICMP echo rply (60 bytes) from 192.168.1.4 to 192.168.1.2 on eth0
UDP (46 bytes) from 192.168.1.2:8304 to 192.168.1.4:5060 on eth0
ICMP echo req (60 bytes) from 192.168.1.2 to 192.168.1.4 on eth0
ICMP echo rply (60 bytes) from 192.168.1.4 to 192.168.1.2 on eth0
ICMP echo req (60 bytes) from 192.168.1.2 to 192.168.1.4 on eth0
ICMP echo rply (60 bytes) from 192.168.1.4 to 192.168.1.2 on eth0
Bottom ----- Elapsed time: 0:03
Pkts captured (all interfaces): 1369 | TCP flow rate: 0.00 kbits/s
Up/Dn/Polln/PaDn-scroll M-more TCP info W-chr actv win S-sort TCP X-exit

```

Fuente: interfaz Iptraf.

Como se observa en la Fig. 4.42, la carga de tráfico que genera cada conexión sea esta TCP o UDP es relativamente pequeña, y esto se debe en este caso, a la cantidad de conexiones establecidas.

#### 4.3.2.2 Estadísticas de Tráfico por Interface de Red

A continuación se muestra las estadísticas del tráfico de paquetes que IPTRAF registra desde la tarjeta NIC Ethernet conectada a la red local en este caso la interface eth0, y de la misma forma desde la tarjeta NIC conectada a la red Internet como lo es interface eth1. Estas pruebas son realizadas en una hora de alta carga o denominada hora pico (9h00 am a 11h00 am) de un día común laborable:



Fig. 4.43 Estadísticas de tráfico para eth0

```

IPTraf
Statistics for eth0

```

	Total Packets	Total Bytes	Incoming Packets	Incoming Bytes	Outgoing Packets	Outgoing Bytes
Total:	3222	674328	1643	340866	1579	333462
IP:	3222	629074	1643	317718	1579	311356
TCP:	4	200	2	104	2	104
UDP:	3110	621546	1587	313954	1523	307592
ICMP:	102	6120	51	3068	51	3068
Other IP:	0	0	0	0	0	0
Non-IP:	0	0	0	0	0	0

Total rates:	173.7 kbits/sec	Broadcast packets:	33
	103.2 packets/sec	Broadcast bytes:	3744
Incoming rates:	87.2 kbits/sec		
	51.8 packets/sec		
Outgoing rates:	86.5 kbits/sec	IP checksum errors:	0
	51.4 packets/sec		

```

Elapsed time: 0:00
X-exit

```

Fuente: interfaz lptraf.

Fig. 4.44 Estadísticas de tráfico para eth1

```

IPTraf
Statistics for eth1

```

	Total Packets	Total Bytes	Incoming Packets	Incoming Bytes	Outgoing Packets	Outgoing Bytes
Total:	7906	1659771	4012	837635	3894	822136
IP:	7906	1548805	4012	781185	3894	767620
TCP:	6	312	3	156	3	156
UDP:	7725	1538025	3921	775781	3804	762244
ICMP:	174	10440	87	5220	87	5220
Other IP:	1	28	1	28	0	0
Non-IP:	0	0	0	0	0	0

Total rates:	174.2 kbits/sec	Broadcast packets:	57
	103.2 packets/sec	Broadcast bytes:	6472
Incoming rates:	87.7 kbits/sec		
	51.8 packets/sec		
Outgoing rates:	86.5 kbits/sec	IP checksum errors:	0
	51.4 packets/sec		

```

Elapsed time: 0:01
X-exit

```

Fuente: interfaz lptraf.

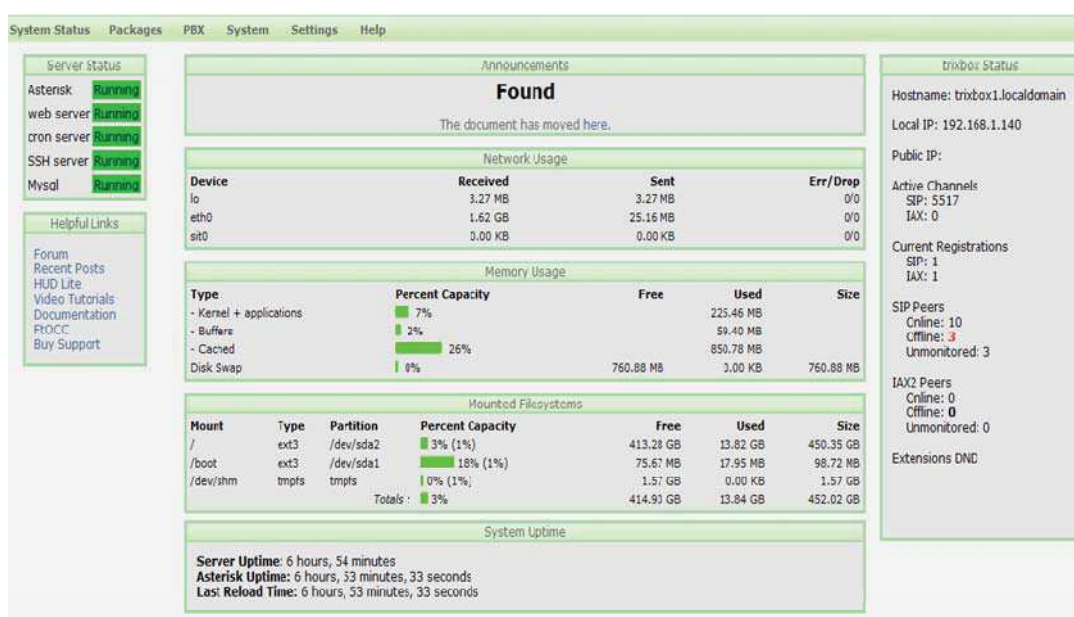
El volumen de tráfico que se genera desde la NIC (eth0) que es la que se encuentra conectada a la red local es similar a la que genera la tarjeta NIC conectada a la Internet (eth1), esto se debe a que en un horario pico, las

llamadas que son efectuadas sean estas con destino para algún usuario dentro de la red local como a otras sucursales así como las llamadas recibidas, están pasando por las dos interfaces al mismo tiempo, no obstante se debe tomar en cuenta el número de conexiones simultaneas realizadas y la duración de cada conexión.

#### 4.3.2.3 Estadísticas de Tráfico de Llamadas Telefónicas

Este reporte se lo puede obtener desde la interfaz web de Trixbox, en la cual se puede verificar el tráfico enviado y recibido que generan las conexiones telefónicas en todas las interfaces de red habilitadas, de la misma forma se muestra la utilización de memoria RAM y de disco duro en la central IP PBX.

Fig. 4.45 Estadísticas de tráfico de llamadas telefónicas



Fuente: interfaz Trixbox.

Se puede observar que las variables antes mencionadas están dentro de los rangos normales y por lo tanto la IP PBX se encuentra operando efectivamente.

#### 4.3.2.4 Análisis de Resultados

En base a los datos obtenidos, se puede considerar que el manejo de la gestión del sistema operativo GNU/Linux en ambientes de red y de Trixbox frente a las múltiples conexiones efectuadas a la central, es óptimo y cubre con mucha eficiencia el tráfico generado por las llamadas telefónicas.

Las pruebas de comunicación para el ambiente propuesto demostraron la capacidad de Asterisk como central telefónica en funciones como gateway y Proxy SIP, no obstante se presentaron algunos inconvenientes durante la implementación, los mismos que se muestran a continuación:

La función de aprendizaje para cancelación del eco en canales analógicos puede interferir en la comunicación durante los primeros 2 segundos.

Asterisk tiene limitaciones para detectar que un usuario remoto ha colgado mientras se establecía una comunicación por un canal analógico. De esta forma, el canal queda inhabilitado por casi dos minutos. Este problema es una limitación de las tarjetas A400P series según los reportes de los foros de desarrollo.

Los softphones en general tienen un desempeño con menor calidad que los teléfonos IP de hardware. El rendimiento se relaciona con la tarjeta de audio que utilice la computadora personal y los dispositivos de entrada y salida de la voz. De hecho, en algunos casos se produjo una realimentación desde los parlantes al micrófono lo que se tradujo como eco, Las herramientas de calibración incluidas en los softphones permitieron reducir el ruido ambiental y lograr niveles de comunicación aceptables. Sin embargo, dependiendo del acoplamiento de los dispositivos de entrada y salida se puede percibir un ruido de fondo que no obstaculiza la comunicación.

Algunas conferencias presentaron eco cuando se realizó una interacción entre canales IP con canales analógicos. El soporte a conferencias decrece con el

número de participantes, una conferencia con hasta 5 participantes suele ofrecer un comportamiento adecuado.

Los servicios de asignación dinámica de direcciones IP (DHCP) y servidor de correo electrónico (SendMail), pueden no funcionar adecuadamente cuando el firewall que GNU/Linux instala por defecto (SELinux) está habilitado, por tal motivo se requerirá que este nivel de seguridad sea deshabilitado por completo, de tal manera que permita conexiones a los puertos requeridos por los servicios antes mencionados y además por Asterisk como lo es 5060.

En general se verifica que los resultados del funcionamiento de la central IP PBX han sido satisfactorios, lo cual permite afirmar que el dimensionamiento efectuado en el diseño del presente proyecto expuesto en el Capítulo III, ha producido los efectos esperados.

## CAPÍTULO V

### 5 ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO DEL PROYECTO

En este capítulo se presenta de forma detallada el costo total que tendría la implementación del presente proyecto, el mismo que consta de los costos de inversión y costos operativos. Adicionalmente se presenta un análisis de costos que permite verificar la rentabilidad de la inversión a ser realizada para lo cual se demuestra el cálculo del valor actual neto VAN y tasa interna de retorno TIR.

#### 5.1 COSTOS DE INVERSIÓN

Este tipo de costos, también denominados CAPEX,<sup>42</sup> corresponden a todas aquellas inversiones iniciales que se realizan una única vez, para montar la infraestructura física en la cual se va a llevar a cabo la operación del negocio o servicio, además dentro de esta inversión inicial se incluyen los costos de instalación, y configuración.

La inversión inicial para un proyecto de telefonía IP, en base a lo expuesto anteriormente, debería contener el presupuesto para: la adquisición y puesta en marcha inicial del equipamiento necesario para una red de datos basada en IP como lo es: puntos de acceso a la red ubicados en los respectivos puestos de trabajo de los usuarios mediante una infraestructura de cableado estructurado y equipos de conmutación y/o enrutamiento de paquetes.

Actualmente la Empresa Flornintanga S.A. cuenta con una infraestructura de red de datos operativa, por lo que no es necesaria una inversión inicial para el material y equipamiento de red. En tales circunstancias el CAPEX del presente

---

<sup>42</sup> CAPEX: (Capital Expenditures). Costos iniciales de inversión que se realizan una sola vez al poner en marcha un proyecto de negocio

proyecto estaría fundamentado en la inversión para el hardware de la IP PBX, los dispositivos telefónicos IP, su instalación, y configuración.

### 5.1.1 Costos de Hardware para la IP PBX

En primera instancia se van a plantear costos referenciales del hardware necesario para la implementación de la IP PBX, el cual se lo ha determinado en base al dimensionamiento realizado en el capítulo III.

Tabla 5.1 Costos referenciales de equipos para la IP PBX.<sup>43</sup>

ítem	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Marca / Modelo	HP 6200 pro	Dell Precision T1600	Clon
Procesador	Intel® Core™ i7-2600 (3,40 GHz, caché de 8 MB, 4 núcleos)	Intel® Core™ i7-2600 (3,40 GHz, caché de 8 MB, 4 núcleos)	Intel® Core™ i7-2600 (3,40 GHz, caché de 8 MB, 4 núcleos)
Memoria RAM	4 Gb expandible a 16 Gb 4 DIMMS	Hasta 16 GB3 SDRAM DDR3 a 1333 MHz 4 DIMMS	4 Gb expandible a 16 Gb 4 DIMMS
Disco Duro	SATA 1000 GB	SATA 2000 GB	SATA 1000 GB
Tarjeta de red	2 tarjetas: Intel Gigabit CT Desktop	2 tarjetas: 1 LAN Gigabit Intel 82579LM integrada 1 Gigabit Ethernet Broadcom NetXtre. 10/100/1000	2 tarjetas: Gigabit Ethernet Encore Pci 10/100/1000 Mbps
Multimedia	DVDWR Sonido, video Intel integ.	DVDWR Sonido, video Intel integ.	DVDWR Sonido, video Intel integ.
Ranuras PCI	1 PCI de altura total 2 PCIe x1 de altura t. 1 PCIe x16 de alt. t.	1 PCI de altura total 2 PCIe x1 de altura t. 1 PCIe x16 de alt. t.	1 PCI de altura total 2 PCIe x1 de altura t. 1 PCIe x16 de alt. t.
Precio:	\$ 896,50 + IVA	\$935,80 + IVA	\$780,80 + IVA

**Fuente:** Proforma Empresa Tecnomega noviembre 2011.

<sup>43</sup> Costos proporcionados por la Empresa Tecnomega en el mes de noviembre 2011.

Como se puede observar, los costos de los equipos de las tres opciones presentadas no varían sustancialmente por lo que se puede determinar un costo promedio para este equipo de: \$975,00 ya incluido el IVA.

A continuación se presentan opciones de costos para las tarjetas analógicas de telefonía según el cálculo del dimensionamiento del capítulo III:

**Tabla 5.2 Costos referenciales de tarjetas análogas de telefonía<sup>44</sup>**

ítem	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Marca / Modelo	Digium TDM 440EF	OpenVox A400P04	Sangoma A40002D
Tipo	analógica	analógica	analógica
Bus	PCI	PCI	PCI
Puertos	4 FXO	4 FXO	4 FXO
Cancelación de Eco	Por hardware 1 x 128ms Module	Por software Octasic SoftEcho (4 channels)	Por hardware
Voltaje	universal	3.3 y 5	3.3 y 5
Precio:	\$ 631,18 + IVA	236,00 + IVA	831,90 + IVA

**Fuente:** Proforma Empresa Evolutionet. Noviembre 2011.

En base a los costos presentados, se puede verificar que existen diferencias sustanciales y esto es debido a la tecnología adicional añadida al dispositivo, como lo es la cancelación de eco por hardware el cual viene a ser el factor preponderante en el costo de este tipo de tarjetas electrónicas que en muchos de los casos llega a incrementar en casi el doble el costo por poseer esta característica. Para el presente proyecto se requiere contar con una calidad óptima en las llamadas telefónicas evitando el molesto eco que se puede generar en una conversación, por lo tanto se va a considerar la adquisición de una tarjeta que incorpore la cancelación de eco por hardware.

Cabe mencionar que esta característica también puede ser implementada mediante software, la cual no es muy aconsejable utilizarla ya que esta

<sup>44</sup> Costos proporcionados por la Empresa Evolutionet en el mes de noviembre 2011.

aplicación añade una considerable carga el procesador el cual de por sí ya tiene varias funciones vitales entre las cuales una ardua tarea como es codificar y decodificar la voz en paquetes de datos mediante los códecs.

Para este caso se va a optar por la opción 1, la cual brinda un amplio soporte de controladores y actualizaciones para Asterisk y brinda 5 años de garantía.

### 5.1.1.1 Costos de Equipos Telefónicos IP

De la misma forma se presenta tres opciones de costos para los equipos telefónicos IP cuya factibilidad va en función a sus características técnicas:

**Tabla 5.3 Costos referenciales de equipos telefónicos IP<sup>45</sup>**

ítem	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Marca / modelo	GrandStream GXP1200	Snom 300	Linksys SPA921
Funciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de volumen</li> <li>- Identific. de llamada</li> <li>- Llamada en espera</li> <li>- Transfer. de llamada</li> <li>- Registro de llamadas</li> <li>- VAD y sup. de silencio</li> <li>- DSP avanzado</li> <li>- Soporta DNS SRV y A</li> <li>- NAT Trans STUN/RTP</li> <li>- 2 ptos Ether. 10/100M</li> <li>- Pant. LCD 2 lín y 22c</li> <li>- PoE integ. (802.3af)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pantalla LCD (2x16)</li> <li>- 27 Tecl. 7 LEDs infor.</li> <li>- Control de volumen</li> <li>- 6 teclas programabl.</li> <li>- Identific. de llamada</li> <li>- Llamada en espera</li> <li>- Transfer. de llamada</li> <li>- Web admin y config.</li> <li>- Registro de llamadas</li> <li>- Soporta DNS SRV A</li> <li>- NAT Trans STUN/RTP</li> <li>- 2 ptos Ether. 10/100M</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de volumen</li> <li>- Identific. de llamada</li> <li>- Llamada en espera</li> <li>- Transfer. de llamada</li> <li>- Registro de llamadas</li> <li>- Web admin y config.</li> <li>- Soporta DNS SRV y A</li> <li>- NAT Trans STUN/RTP</li> <li>- 2 ptos Ether. 10/100M</li> <li>- Pant. LCD 128x64</li> <li>- PoE integ. (802.3af)</li> <li>- Altavoz manos libres</li> </ul>
Soporte Códecs	G.711 (A-law y $\mu$ -law) G.722,G.726,G.728,G.729A/B, G.723.1	G.711 (A-law y $\mu$ -law) G.722,G.726,G.728, G.729A/B, G.723.1	G.711 (A-law y $\mu$ -law) G.722,G.726,G.728, G.729A/B, G.723.1
Precio:	\$ 98,57 + IVA	\$ 142,00 + IVA	\$ 128,00 + IVA

**Fuente:** Proforma Empresa Evolutionet Noviembre 2011

<sup>45</sup> Costos proporcionados por la Empresa Evolutionet en el mes de noviembre 2011.



En el mercado actualmente existe una amplia y variada gama de equipos telefónicos IP, los cuales marcan su diferencia en costos básicamente por la marca comercial que representan y su diseño estético, ya que las funcionalidades y soporte de códecs y protocolos normalmente todos poseen un muy alto porcentaje de similitud, de tal forma que para el presente análisis se va determinar un costo promedio de estos equipos en base a los valores presentados en la Tabla 5.3 obteniendo un costo de \$ 146,18 ya incluido IVA.

Adicionalmente a los costos antes mencionados, se debe considerar los costos relacionados a los estudios profesionales y técnicos que generan el diseño y la planificación del proyecto, así como también los costos de instalación y configuración del equipamiento.

El resumen de costos correspondientes a la inversión inicial de este proyecto se presenta a continuación:

**Tabla 5.4 Resumen de costos de inversión**

Cantidad	Ítem	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
1	Equipo IP PBX (incluye monitor, teclado, mouse)	975,00	975,00
1	Tarjeta Analógica Telefónica 4 FXO (incluye cancelación de eco por hardware)	631,18	631,18
30	Códecs G.729A46	9,50	285,00
30	Teléfonos IP	137,59	4127,70
1	Diseño y planificación	1200,00	1200,00
1	Instalación y configuración de IP PBX	800,00	800,00
30	Instalación y configuración de teléfonos IP	10,00	300,00
<b>Total (incluye IVA):</b>			<b>8318,88</b>

**Elaborado por:** Los autores

<sup>46</sup> Costos proporcionados de la Empresa: Synapse Global Corporation en el mes de noviembre 2011. <https://my.synapseglobal.com/cart.php?a=confproduct&i=0>

## **5.2 COSTOS OPERATIVOS**

Se refiere a los gastos de operación o egresos por la utilización periódica de recursos (insumos, servicios) dentro del ciclo productivo del proyecto. Se contempla bajo esta categoría: arrendamiento, gastos de mantenimiento, etc.

Para el análisis de los costos operativos del presente proyecto se ha visto necesario en dividirlos en: costos de administración, costos de soporte técnico, costos de mantenimiento y costo de servicios de conexión.

### **5.2.1 Costo de Administración**

Los costos de administración son para este caso específico, los egresos que se realizan de forma rutinaria por concepto de pagos al profesional técnico que realiza la gestión y administración de la central IP PBX con la finalidad de ejecutar los requerimientos solicitados por el personal de la Empresa, estos pueden ser entre otros por ejemplo la creación de una nueva extensión, adicionar nuevas funcionalidades al servicio, o adicionar una nueva línea telefónica troncal, etc.

### **5.2.2 Costo de Soporte Técnico**

Este tipo de costos, son los propiciados por el factor de fallas o averías que se pueden presentar en cualquier momento en alguno de los elementos participante dentro de la infraestructura, estos inconvenientes pueden ser de carácter físico y/o lógico. Para este caso estos costos corresponden a los pagos que se realizan al personal técnico que presta sus servicios de forma eventual cuando un fallo ocasiona un mal funcionamiento en el sistema en general o en algún equipo o dispositivo específico.

### 5.2.3 Costo de Mantenimiento

Este rubro consiste en el pago que se realiza al personal técnico que realiza labores rutinarias de mantenimiento tanto físico como lógico del sistema en general y su infraestructura de telecomunicaciones. Este costo es muy necesario para evitar fallos a futuro en el sistema e identificar posibles vulnerabilidades que puedan afectar su normal funcionamiento.

### 5.2.4 Costos de Servicios de Conexión

Estos costos son efectuados de forma periódica, y corresponden a los pagos que se realizan por concepto de servicios de Internet, servicios de telefonía pública y celular, los cuales son requeridos para poder enlazar las distintas dependencias de la Empresa con las redes antes mencionadas.

El resumen de los gastos de operación se presenta en la tabla a continuación:

**Tabla 5.5 Resumen de costos de operación**

Ítem	Costo Hora (USD)	Costo mensual (USD)
Administración, Soporte técnico y mantenimiento (10 horas)	20,00	200,00
Costo de servicios de conexión	-	350,00
<b>Total:</b>		<b>550,00</b>

**Elaborado por:** Los autores

## 5.3 RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN

Para evaluar si la inversión que se va a realizar para la ejecución del presente proyecto es rentable o no para la Empresa es necesario hacer uso de herramientas financieras como son el cálculo del valor presente neto (VPN) y el cálculo de la tasa Interna de Retorno (TIR).

El Valor presente neto también conocido valor actualizado neto cuyo acrónimo es VAN, es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.<sup>[28]</sup>

**Ecuación. 5.1 Cálculo del Valor presente neto<sup>[28]</sup>**

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)(1+k)^t} - I$$

Fuente: bibliografía.

En donde:

$V_t$  = representa los flujos de caja en cada periodo t.

$I_0$  = representa el valor inicial de la inversión.

n = es el número de periodos considerados.

K = es la tasa de interés activo referencial.

Cuando el VPN toma un valor de cero, el valor de K pasa a ser la tasa de retorno interno TIR.

La TIR es la rentabilidad que está proporcionando el proyecto, es conocida también como la tasa de rentabilidad producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del negocio y se expresa en porcentaje.<sup>[29]</sup>

Para sintetizar el presente análisis de rentabilidad, se ha hecho uso de una aplicación web que calcula el VPN y el TIR automáticamente. Los parámetros que se ingresan para el cálculo son:

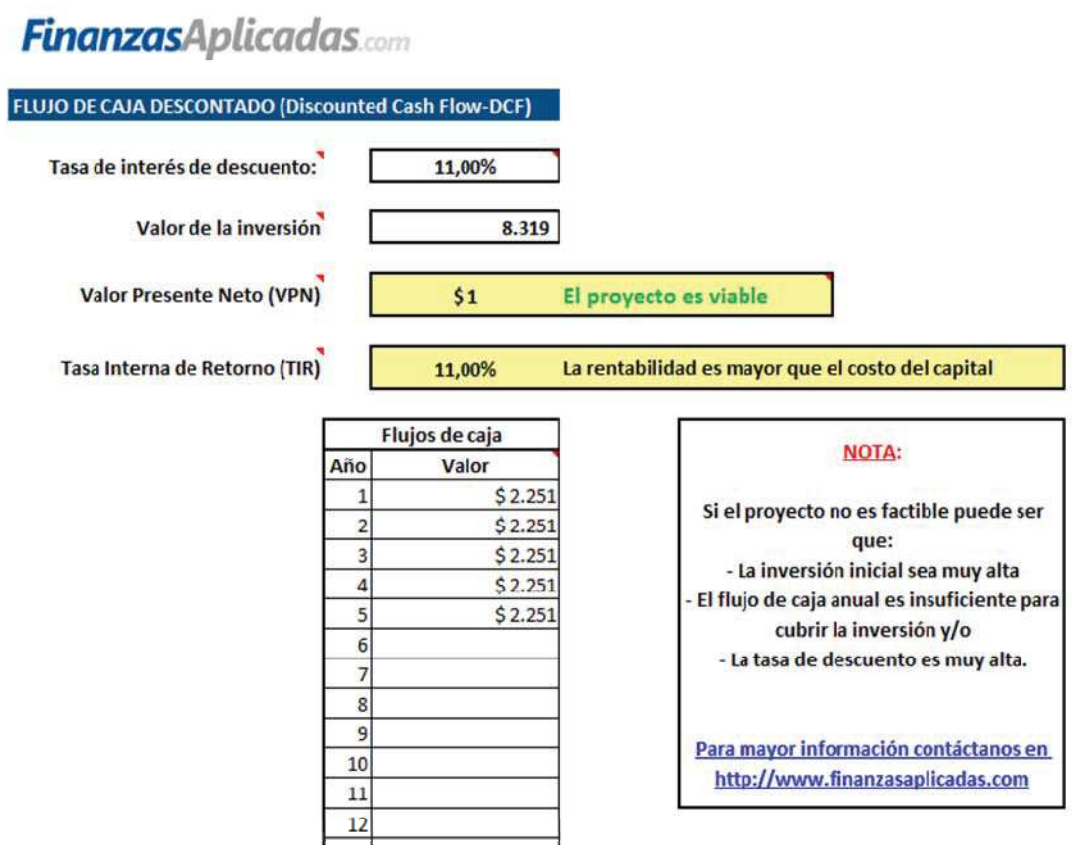
**Tasa de interés de descuento:** se estima en un 11% que es la tasa referencial promedio para inversiones en el país.

**Valor actual de la inversión:** se considera el valor calculado correspondiente a la inversión inicial la cual es de: 8.319,00 USD.

**Valores de flujo de caja:** se van a ir estableciendo gradualmente de menor a mayor con la finalidad de obtener los valores mínimos que pueden producir un valor de VPN y TIR que satisfagan la rentabilidad del proyecto.

A continuación se presenta la interfaz gráfica de la aplicación con los valores introducidos y los resultados:

Fig. 5.1 Calculadora de TIR y VPN<sup>47</sup>



Fuente: <http://www.finanzas.aplicadas.com>

<sup>47</sup> Calculadora financiera disponible en: <http://www.finanzasaplicadas.com/site/herramientas/> acceso en noviembre 2011.

Como se puede observar, se ha aplicado valores de \$ 2.251,00 USD en cada año por conceptos de flujos de caja en los primeros cinco años siguientes a la implementación, este valor se considera como la mínima cantidad de utilidad que debería generar la Empresa por concepto de utilización del nuevo sistema para que el mismo sea rentable, lo cual es viable debido a que se prevé que el ahorro por concepto del servicio telefónico luego de implementar el proyecto será en promedio de \$ 400,00 USD mensuales, es decir \$4800,00 USD al año, cantidad que supera ampliamente la mínima requerida para que el proyecto sea considerado como rentable.

Como conclusión de este análisis de costos se puede determinar que es factible la ejecución e implementación del proyecto ya que es rentable y su inversión se recuperaría en el transcurso del segundo año de su utilización.

## CAPÍTULO VI

### 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

Con el desarrollo del presente proyecto se ha obtenido varias conclusiones las cuales se presentan a continuación siguiendo los aspectos más representativos en los cuales se desenvuelve el mundo de la telefonía IP.

Al contar con una red de telefonía que integre a todas las dependencias de la Empresa Flornintanga S.A., se permite mejorar ciertos aspectos que benefician a la organización en sus actividades diarias, tales como: una administración centralizada, la rapidez en el servicio a los clientes, satisfacción del personal y una mejor imagen de la Empresa frente a los usuarios y competidores.

En cuanto a la implementación de este tipo de sistemas sobre redes públicas tales como Internet, la solución tiene un alto grado de factibilidad, no obstante o al no existir una adecuada tecnología que apoye a la calidad de servicio de las llamadas telefónicas, el coste a asumir es muy elevado en cuanto a pérdidas de paquetes e inteligibilidad de las conversaciones. Por ello, el mercado está situado en un compás de espera, donde la urgencia mostrada por las organizaciones empresariales marcará el ritmo del desarrollo e implantación de nuevas soluciones que garanticen una eficiente transmisión de voz sobre redes de datos basadas en IP.

Es innegable que entre más se conozca sobre telefonía IP en nuestro país y el resto del mundo, más empresas van a desear implementar este tipo de soluciones en su infraestructura tecnológica, por el principal motivo de que este tipo de sistemas de comunicaciones ofrecen una amplia y variada gama de funcionalidades, las cuales no existen o no se prestan en las centrales telefónicas análogas o tradicionales.

La voz sobre IP es una tecnología relativamente nueva y se encuentra en continua evolución, más aún en los últimos años en los cuales la globalización en las telecomunicaciones ha tenido un despliegue vertical que se dirige hacia la convergencia, la portabilidad y la movilidad. Algunas empresas, intentan sacar provecho de estas oportunidades para hacerse un nicho en el mercado de los sistemas de telefonía privados y prestar ellos este servicio.

Asterisk permite la implementación de una central telefónica robusta y potencialmente funcional, sobre una computadora personal que tenga un mediano nivel de procesamiento, memoria y almacenamiento, lo que la convierte en la IP PBX más adecuada para pequeñas y medianas empresas por su bajo costo de inversión, instalación y mantenimiento.

Es notable que GNU/Linux mantiene una constante y rápida evolución lo cual ha conllevado a que esta plataforma tecnológica se constituya en una de las principales fuentes de soluciones para redes de datos, voz y en general para todo tipo de telecomunicaciones, permitiendo a pequeñas, medianas y grandes empresas acceder a soluciones de calidad, flexibles, seguras y económicas.

Se ha constatado que el software libre y la telefonía IP ha sido desplegada e implementada en una gran cantidad de organizaciones tanto en el sector privado como en el público, lo que hace presagiar que la demanda de profesionales con formación y capacitación para el manejo de este tipo de tecnologías va a tener un importante crecimiento.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

Con la realización de este proyecto se puede determinar las siguientes recomendaciones que deben ser tomadas en cuenta para la utilización de los recursos adquiridos y aspectos que ayudaran a su desarrollo:

No está demás señalar como primera recomendación, que por ningún motivo la Empresa Flornintanga S.A puede actuar como nexos para realizar llamadas que



provengan de otras ciudades como de fuera del Ecuador, es decir si la Empresa por algún motivo deseara realizar una llamada desde alguna ciudad del país y está utilizando el Internet y un tramo de la PSTN, se lo considerará como ilegal y penado por la ley.

En cuanto tiene que ver a las regulaciones, la legislación ecuatoriana no dispone de leyes o reglamentos claros o específicos que regulen los servicios de telefonía IP, lo cual crea un vacío legal que puede conllevar a un deficiente uso y gestión de los recursos necesarios para implementar este tipo de tecnologías, por tal motivo se considera que el estado debe generar regulaciones, que normen la gestión, distribución y prestación de este servicio el cual posee muchas facilidades y beneficios que apoyan a la productividad de las empresas.

En lo que respecta al proyecto implementado se considera lo siguiente:

Disponer de un sistema de cableado apropiado tanto en equipo activo como tipo de interconexión de dispositivos se recomienda actualizar la categoría del cable a UTP Categoría 6.

Como medida de contingencia ante un eventual fallo en el hardware de la IP PBX, se debe contar con un equipo de similares características para ser reemplazado ante esta eventual emergencia.

Un plan de respaldo continuo de la información contenida o generada en la IP PBX sería necesario ante una eventual caída o avería del sistema.

En cuanto a seguridad se recomienda la utilización de canales VPN, para evitar hurtos de información privilegiada.

- [1]. ITU. *Unión Internacional de Telecomunicaciones*. Septiembre 22, 2011. Acceso: Julio 04, 2011 disponible en: <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/ngn/Pages/definition.aspx>.
- [2]. Escudero, A. and L. Berthilson, *VoIP para el desarrollo. Una guía para crear una infraestructura de voz en regiones en desarrollo*. 2006.
- [3]. Wikitel.1. *Telefonía IP*. 2010. Acceso: Julio 06, 2011 disponible en: [http://es.wikitel.info/wiki/Telefon%C3%ADa\\_IP](http://es.wikitel.info/wiki/Telefon%C3%ADa_IP).
- [4]. Wikipedia.1. *IP PBX*. Junio 22, 2011. Acceso: Julio 06, 2011 disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/IP\\_PBX](http://es.wikipedia.org/wiki/IP_PBX).
- [5]. Wikitel.2. *Equipos terminales de VoIP*. 2010. Acceso: Julio 11, 2011 disponible en: [http://es.wikitel.info/wiki/Terminales\\_VoIP](http://es.wikitel.info/wiki/Terminales_VoIP).
- [6]. VoIPForo. *QoS Quality of Service VoIP*. 2011. Acceso: August 01, 2011 disponible en: <http://www.voipforo.com/QoS/QoSVoip.php>.
- [7]. Hunter, A.H. *Diseño e implementación de experiencias docentes para el servicio de voz sobre IP mediante la utilización de la plataforma Asterisk IPBX*. 2007. Acceso: August 01, 2011 disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcih939d/doc/bmfcih939d.pdf>.
- [8]. Voip-info. *Canceladores de Eco*. Enero, 2011. Acceso: Octubre 11, 2011 disponible en: [http://www.voip-info.org/index.php?content\\_id=3595](http://www.voip-info.org/index.php?content_id=3595).
- [9]. WikiLibros. *Protocolo IP en el nivel de Red*. 2010. Acceso: August 02, 2011 disponible en: [http://es.wikibooks.org/wiki/Redes\\_inform%C3%A1ticas/Protocolo\\_IP\\_en\\_el\\_nivel\\_de\\_red](http://es.wikibooks.org/wiki/Redes_inform%C3%A1ticas/Protocolo_IP_en_el_nivel_de_red).
- [10]. Security.Art.Works. *VoIP: Protocolos de señalización*. 2008. Acceso: August 02, 2011 disponible en: <http://www.securityartwork.es/2008/02/20/voip-protocolos-de-senalizacion/>.
- [11]. Wallingford, T., *Switching to VoIP*. 2005, O'Reilly.
- [12]. Wikitel.3. *Entidades lógicas SIP*. 2011. Acceso: August 03, 2011 disponible en: [http://es.wikitel.info/wiki/Entidades\\_b%C3%A1sicas\\_SIP](http://es.wikitel.info/wiki/Entidades_b%C3%A1sicas_SIP).
- [13]. 3CX. *Respuestas SIP*. 2011. Acceso: August 03, 2011 disponible en: <http://www.3cx.es/voip-sip/sip-responses.php>.
- [14]. Cisco.1. *Voice Over IP - Per Call Bandwidth Consumption*. February, 2006. Acceso: August 04, 2011 disponible en:

- [http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies\\_tech\\_note09186a0080094ae2.shtml](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_tech_note09186a0080094ae2.shtml).
- [15]. ParaisoLinux. *Licencias de software libre*. 2010. Acceso: August 05, 2011 disponible en: <http://paraisolinux.com/licencia-de-software-libre-explicadas-con-iconos/>.
- [16]. Elastix. *Overview Elastix*. 2011. Acceso: August 08, 2011 disponible en: <http://www.elastix.org/es/product-information.html>.
- [17]. Fonality, T. *Trixbox CE*. Acceso: August 10, 2011 disponible en: <http://fonality.com/trixbox/trixbox-line-asterisk-based-ip-pbx-products>.
- [18]. Trixbox. *Trixbox Pro*. 2011. Acceso: August 10, 2011 disponible en: <http://www.trixbox.com/>.
- [19]. Cisco.3. *Telefonia IP*. 2011. Acceso: August 10, 2011 disponible en: <http://www.cisco.com/web/ES/products/telefonía-IP.html>.
- [20]. Cisco.2. *Telefonia IP*. 2011. Acceso: August 08, 2011 disponible en: <http://www.cisco.com/web/ES/products/telefonía-IP.html>.
- [21]. Avaya. *Comunicaciones Unificadas*. 2011. Acceso: August 08, 2011 disponible en: <http://www.avaya.com/cal/portfolios/unified-communications/>.
- [22]. Alcatel-Lucent. *Productos y Servicios*. 2011. Acceso: August 10, 2011 disponible en: <http://www.alcatel-lucent.com/wps/portal/Products>.
- [23]. Cisco.4. *Understanding Codecs: Complexity, Hardware Support, MOS, and Negotiation*. 2006. Acceso: September 29, 2011 disponible en: [http://www.cisco.com/en/US/tech/tk1077/technologies\\_tech\\_note09186a00800b6710.shtml#mos](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk1077/technologies_tech_note09186a00800b6710.shtml#mos).
- [24]. Meggelen, L.M.J.S.J.V., *Asterisk: The Future of Telephony*. 2005.
- [25]. Padilla, J.J. *Ingeniería de Tráfico*. 2009 February 12, 2009. Acceso: October 14, 2011 disponible en: <http://jpadilla.docentes.upbbga.edu.co/IngTráfico/1-Grado%20de%20Servicio%20y%20conceptos%20de%20Tráfico.pdf>.
- [26]. Leijon, H. *ITU. Extracto de la Tabla de la Fórmula de Pérdida Erlang*. 2010 January, 2010. Acceso: October 14, 2011 disponible en: <http://www.itu.int/itudoc/itu-d/dept/psp/ssb/planitu/plandoc/erlangt-es.pdf>.
- [27]. Engineers, W. *Erlang B Calculator*. 2011 2011. Acceso: October 15, 2011 disponible en: <http://www.erlang.com/calculator/erlb/>.

- [28]. Wikipedia. *Calculo del Valor Actual Neto VPN*. Noviembre 11, 2011. Acceso: Diciembre 01, 2011 disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Valor\\_actual\\_neto](http://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_neto).
- [29]. Pymes, F. *Tasa Interna de retorno*. Enero, 2011. Acceso: Noviembre 30, 2011 disponible en: <http://pymesfuturo.com/tiretorno.htm>.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### **Access Gateway**

Un gateway (pasarela) es un elemento de la red que actúa como punto de entrada a otra red. Un access gateway es un gateway entre la red telefónica y otras redes como Internet.

### **ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)**

Método para aumentar la velocidad de transmisión en un cable de cobre. ADSL facilita la división de capacidad en un canal con velocidad más alta para el suscriptor, típicamente para transmisión de vídeo, y un canal con velocidad significativamente más baja en la otra dirección.

### **ANSI (American National Standards Institute)**

Organización que desarrolla y publica voluntariamente estándares para un amplio sector de industrias en USA.

### **API (Application Programming Interface)**

API especifica el formato de los mensajes y el lenguaje utilizado por un programa para comunicarse con el sistema operativo o con otro programa.

### **ATM (Asynchronous Transfer Mode)**

ATM es una tecnología de conmutación de red que utiliza celdas de 53 bytes, útil tanto para LAN como para WAN, que soporta voz, vídeo y datos en tiempo real y sobre la misma infraestructura. Utiliza conmutadores que permiten establecer un circuito lógico entre terminales, fácilmente escalable en ancho de banda y garantiza una cierta calidad de servicio (QoS) para la transmisión.

## **Broadband**

Servicios en red de datos, audio y vídeo de alta velocidad que son digitales, interactivos y basados en paquetes. El ancho de banda es 384 Kb o mayor, que es el mínimo ancho de banda requerido para transmitir vídeo digital de calidad.

## **CDMA (Code Division Multiple Access)**

Es una tecnología de banda ancha para transmisión digital de señales de radio entre, por ejemplo, un teléfono móvil y una estación radiobase. En CDMA, una frecuencia se divide en un número de códigos. Este estándar se utiliza en Norteamérica, Latinoamérica, Europa del Este, Asia y Oriente Medio.

## **Códec**

Algoritmos de Compresión/Descompresión. Se utilizan para reducir el tamaño de los datos multimedia, tanto audio como vídeo. Compactan (codifican) un flujo de datos multimedia cuando se envía y lo restituyen (decodifican) cuando se recibe.

## **DTM Dynamic Synchronous Transfer Mode**

Tecnología de conmutación de circuitos dinámica que proporciona transporte entre routers a través de canales, y permite el transporte óptico de información a altas velocidades.

## **E1**

Conexión por medio de la línea telefónica que puede transportar datos con una velocidad de hasta 1,920 Mbps. Según el estándar europeo (ITU), un E1 está

formado por 30 canales de datos de 64 kbps más 2 canales de señalización. E1 es la versión europea de T1 (DS-1). Velocidades disponibles:

E1: 30 canales, 2,048 Mbps

E2: 120 canales, 8,448 Mbps

E3: 480 canales, 34,368 Mbps

E4: 1920 canales, 139,264 Mbps

E5: 7680 canales, 565,148 Mbps

### **Gatekeeper**

Un componente del estándar ITU H.323. Es la unidad central de control que gestiona las prestaciones en una red de Voz o Fax sobre IP, o de aplicaciones multimedia y de videoconferencia. Los Gatekeepers proporcionan la inteligencia de red, incluyendo servicios de resolución de direcciones, autorización, autenticación, registro de los detalles de las llamadas para tarificar y comunicación con el sistema de gestión de la red.

### **Gateway**

En general se trata de una pasarela entre dos redes. Técnicamente se trata de un dispositivo repetidor electrónico que intercepta y adecua señales eléctricas de una red a otra.

### **GSM (Global System for Mobile Communications)**

GSM es la tecnología telefónica móvil digital basada en TDMA predominante en Europa, aunque se usa en otras zonas del mundo. Se desarrolló en los años 80 y se desplegó en siete países europeos en 1992. Se utiliza en Europa, Asia, Australia, Norteamérica y Chile. Opera en las bandas de 900MHz y 1.8GHz en Europa y en la banda de 1.9GHz PCS en U.S.A.

### **H.323**

Es la recomendación global (incluye referencias a otros estándares, como H.225 y H.245) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) que fija los estándares para las comunicaciones multimedia sobre redes basadas en paquetes que no proporcionan una Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) garantizada.

### **IMTC (International Multimedia Teleconferencing Consortium)**

Organización sin ánimo de lucro dedicada a desarrollar y promover estándares para videoconferencia.

### **IP Internet Protocol**

La parte IP del protocolo de comunicaciones TCP/IP. Implementa el nivel de red (capa 3 de la pila de protocolos OSI), que contiene una dirección de red y se utiliza para enrutar un paquete hacia otra red o subred. IP acepta paquetes de la capa 4 de transporte (TCP o UDP), añade su propia cabecera y envía un datagrama a la capa 2 (enlace). Puede fragmentar el paquete para acomodarse a la máxima unidad de transmisión (MTU, Maximum Transmission Unit) de la red.

### **IP PBX (IP Private Branch Exchange)**

Centralita IP. Dispositivo de red IP que se encarga de conmutar tráfico telefónico de VoIP.

### **Telefonía IP**

Tecnología para la transmisión de llamadas telefónicas ordinarias sobre Internet u otras redes de paquetes utilizando un PC, gateways y teléfonos estándar.



**ISDN (Integrated Services Digital Network)**

(RDSI Red Digital de Servicios Integrados) Red telefónica pensada para mejorar los servicios de telecomunicaciones a nivel mundial. Proporciona un estándar aceptado internacionalmente para voz, datos y señalización. Todas las transmisiones son digitales extremo a extremo, utiliza señalización fuera de banda, y proporciona más ancho de banda que la red telefónica tradicional.

**ITU-T (International Telecommunications Union – Telecommunication)**

Antes conocida como CCITT (Comite Consultatif Internationale de Telegraphie et Telephonie). Agencia de la Organización de las Naciones Unidas que trata lo referente a telecomunicaciones: crea estándares, reparte frecuencias para varios servicios, etc.

**IVR (Interactive Voice Response)**

IVR consiste en un conjunto de mensajes de voz y marcación de tonos desde un teléfono, de este modo se obtiene información del usuario llamante que en el destino sirve para la autenticación e identificación del mismo. También permite realizar transacciones totalmente automatizadas.

**LAN (Local Área Network)**

Red de área local. Una red pequeña de datos que cubre un área limitada, como el interior de un edificio o un grupo reducido de edificios.

**MEGACO (Media Gateway Control)**

Es un protocolo de VoIP, combinación de los protocolos MGCP e IPDC. Es más sencillo que H.323.

**MGCP (Media Gateway Controller Protocol)**

Es un protocolo de control de dispositivos, donde un gateway esclavo (MG, Media Gateway) es controlado por un maestro (MGC, Media Gateway Controller)

**Módem (Modulator – DeModulator)**

Este término proviene de las palabras Modulador - Demodulador. Equipo que convierte señales digitales en analógicas y viceversa. Los módems se utilizan para enviar datos digitales a través de la red telefónica (PSTN), que normalmente es analógica.

**Multi-Service Access Switch**

Punto de acceso de los usuarios a redes de banda ancha.

**NAT (Network Address Translation)**

Un estándar definido en la RFC 1631 que permite a una red de área local (LAN) utilizar un conjunto de direcciones IP internamente y un segundo conjunto de direcciones externamente.

**PBX (Private Branch eXchange)**

Centralita, central privada. Un sistema telefónico utilizado en compañías y organizaciones, privado por tanto, para manejar llamadas externas e internas. La ventaja es que la compañía no necesita una línea telefónica para cada uno de sus teléfonos.

**PCI (Peripheral Component Interconnect)**

Se trata de un bus para periféricos utilizado en PC's, Macintosh's y Workstation. Proporciona un enlace de datos de alta velocidad entre la CPU y los periféricos (tarjetas de vídeo, discos, red, etc.).

**PCM (Pulse Code Modulation)**

Convierte una señal analógica (sonido, voz normalmente) en digital para que pueda ser procesada por un dispositivo digital, normalmente un ordenador.

**PPP (Point to Point Protocol)**

Protocolo punto a punto. Es el estándar utilizado en comunicaciones serie en Internet. Más moderno y mejor que SLIP, PPP define cómo intercambian paquetes de datos los módems con otros sistemas en Internet.

**PSTN (Public Switched Telephone Network)**

Red telefónica pública convencional.

**Router**

Un dispositivo físico, o a veces un programa corriendo en un ordenador, que reenvía paquetes de datos de una red LAN o WAN a otra. Basados en tablas o protocolos de enrutamiento, leen la dirección de red destino de cada paquete que les llega y deciden enviarlo por la ruta más adecuada (en base a la carga de tráfico, coste, velocidad u otros factores).

**RTP (Real-Time Transport Protocol)**

El protocolo estándar en Internet para el transporte de datos en tiempo real, incluyendo audio y vídeo. Se utiliza prácticamente en todas las arquitecturas

que hacen uso de VoIP, videoconferencia, multimedia bajo demanda y otras aplicaciones similares.

### **SGCP (Simple Gateway Control Protocol)**

SGCP es un protocolo utilizado con SGCI para controlar Gateways VoIP desde elementos de control de llamada externos.

### **SIP (Session Initiation Protocol)**

SIP es un protocolo de señalización para conferencia, telefonía, presencia, notificación de eventos y mensajería instantánea a través de Internet.

### **Softswitch**

Término genérico para cualquier software pensado para actuar de pasarela entre la red telefónica y algún protocolo de VoIP, separando las funciones de control de una llamada del media gateway.

### **Software PBX (Software Private Branch eXchange)**

Sistema telefónico que hace converger voz y datos en una plataforma estándar haciendo uso de componentes relacionados con la Telefonía IP. Al estar basado en estándares se asegura la interoperabilidad entre componentes de distintos fabricantes.

### **T1**

Un circuito digital punto a punto dedicado a 1,544 Mbps proporcionado por las compañías telefónicas en Norteamérica. Ver E1 y J1 para los equivalentes europeos y japonés, respectivamente. Permite la transmisión de voz y datos y en muchos casos se utilizan para proporcionar conexiones a Internet.

T1 (DS1): 24 canales, 1,544 Mbps

T2 (DS2): 96 canales, 6,312 Mbps

T3 (DS3): 672 canales, 44,736 Mbps

T4 (DS4): 4032 canales, 274,176 Mbps

### **TCP (Transmission Control Protocol)**

Protocolo de comunicación que permite comunicarse a los ordenadores a través de Internet. Asegura que un mensaje es enviado completo y de forma fiable. Se trata de un protocolo orientado a conexión.

### **TDMA (Time Division Multiple Access)**

Tecnología para la transmisión digital de señales de radio; por ejemplo, entre un teléfono móvil y una estación radiobase. En TDMA, la banda de frecuencia se divide en un número de canales que a la vez se agrupa en unidades de tiempo de modo que varias llamadas pueden compartir un canal único sin interferir una con otra.

### **UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)**

Nombre de la normativa para la tercera generación de telefonía móvil en Europa, fue estandarizada por ETSI.

### **VoATM (Voice Over ATM)**

La voz sobre ATM permite a un enrutador transportar el tráfico de voz (por ejemplo llamadas telefónicas y fax) sobre una red ATM.

### **VoFR (Voice Over Frame Relay)**

Permite a un enrutador transportar el tráfico de voz (por ejemplo llamadas telefónicas y fax) sobre una red de Frame Relay. Cuando se envía el tráfico de

voz sobre Frame Relay el tráfico de voz es segmentado y encapsulado para su tránsito a través de la red Frame Relay utilizando FRF.12 como método de encapsulamiento.

### **Voice Portal de voz.**

Servicios que ofrecen acceso a información diversa normalmente utilizando números gratuitos (900 ó 800) desde cualquier teléfono. Se facilita información de interés general, como noticias, el tiempo, cotizaciones de bolsa, deportes, tráfico, etc.

### **Voice Web**

Sitio web accesible a través del teléfono. Desde cualquier teléfono, y utilizando la voz es posible acceder a contenidos en Internet y realizar transacciones comerciales.

### **VoIP Voice Over IP (Voz sobre IP)**

Tecnología que permite la transmisión de la voz a través de redes IP, Internet normalmente. La Telefonía IP es una aplicación inmediata de esta tecnología.

### **WAN (Wide Área Network)**

Una red de comunicaciones utilizada para conectar ordenadores y otros dispositivos a gran escala. Las conexiones pueden ser privadas o públicas.

### **WCDMA (Wideband Code-Division Multiple Access)**

Una tecnología para radiocomunicaciones digitales de banda ancha para Internet, multimedia, amplitud y otras aplicaciones que demandan capacidad. Fue desarrollado por Ericsson y otros. Ha sido seleccionado para la tercera generación de sistemas de telefonía móvil en Europa, Japón y Estados Unidos.

## **WLAN (Wireless LAN)**

Versión inalámbrica del LAN. Provee el acceso al LAN incluso cuando el usuario no está en la oficina.

## **X.25**

Es una recomendación del CCITT para el interfaz entre un DTE y un DCE sobre la Red Telefónica Conmutada (RTC o PSTN, Public Switched Telephone Network). Generalmente, X.25 cubre las capas 1 a 3 del modelo de comunicaciones ISO, aunque muchas veces se utiliza este término para referirse específicamente a la capa de paquetes 3. X.25 se transporta dentro del campo Información de las tramas LAPB.

## **XML (eXtensible Markup Language)**

Sistema de codificación que permite intercambiar cualquier tipo de información a través de Internet de forma estructurada. Se trata de un metalenguaje y, por tanto, contiene reglas que permiten la construcción de otros lenguajes y la creación de elementos que expanden el tipo y la cantidad de información que se puede distribuir en los documentos que sigan este estándar.

## BIBLIOGRAFÍA

### Fuentes Bibliográficas Capítulo I:

Datos proporcionados por la Empresa Flornintanga S.A

- 3CX. *Respuestas SIP*. 2011. Acceso: August 03, 2011 disponible en: <http://www.3cx.es/voip-sip/sip-responses.php>.
- Alcatel-Lucent. *Productos y Servicios*. 2011. Acceso: August 10, 2011 disponible en: <http://www.alcatel-lucent.com/wps/portal/Products>.
- Avaya. *Comunicaciones Unificadas*. 2011. Acceso: August 08, 2011 disponible en: <http://www.avaya.com/cala/portfolios/unified-communications>
- Cisco.1. *Voice Over IP - Per Call Bandwidth Consumption*. February, 2006. Acceso: August 04, 2011 disponible en: [http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies\\_tech\\_note09186a0080094ae2.shtml](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_tech_note09186a0080094ae2.shtml).
- Cisco.2. *Telefonia IP*. 2011. Acceso: August 08, 2011 disponible en: <http://www.cisco.com/web/ES/products/telefonía-IP.html>.
- Cisco.3. *Telefonia IP*. 2011. Acceso: August 10, 2011 disponible en: <http://www.cisco.com/web/ES/products/telefonía-IP.html>.
- Cisco.4. *Understanding Codecs: Complexity, Hardware Support, MOS, and Negotiation*. 2006. Acceso: September 29, 2011 disponible en: [http://www.cisco.com/en/US/tech/tk1077/technologies\\_tech\\_note09186a00800b6710.shtml](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk1077/technologies_tech_note09186a00800b6710.shtml)
- Elastix. *Overview Elastix*. 2011. Acceso: August 08, 2011 disponible en: <http://www.elastix.org/es/product-information.html>.
- Engineers, W. *Erlang B Calculator*. 2011 2011. Acceso: October 15, 2011 disponible en: <http://www.erlang.com/calculator/erlb>
- Escudero, A. and L. Berthilson, *VoIP para el desarrollo. Una guía para crear una infraestructura de voz en regiones en desarrollo*. 2006.
- Fonality, T. *Trixbox CE*. Acceso: August 10, 2011 disponible en: <http://fonality.com/trixbox/trixbox-line-asterisk-based-ip-pbx-products>.



- Hunter, A.H. *Diseño e implementación de experiencias docentes para el servicio de voz sobre IP mediante la utilización de la plataforma ASterisk IPBX*. 2007. Acceso: August 01, 2011 disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcih939d/doc/bmfcih939d>
- ITU. *Unión Internacional de Telecomunicaciones*. Septiembre 22, 2011. Acceso: Julio 04, 2011 disponible en: <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/ngn/Pages/definition.aspx>.
- Leijon, H. *ITU. Extracto de la Tabla de la Fórmula de Pérdida Erlang*. 2010 January, 2010. Acceso: October 14, 2011 disponible en: <http://www.itu.int/itudoc/itu-d/dept/psp/ssb/planitu/plandoc/erlangt-es>
- Meggelen, L.M.J.S.J.V., *Asterisk: The Future of Telephony*. 2005.
- Padilla, J.J. *Ingeniería de Tráfico*. 2009 February 12, 2009. Acceso: October 14, 2011 disponible en: <http://jpadilla.docentes.upbbga.edu.co/IngTrafico/1-Grado>
- ParaisoLinux. *Licencias de software libre*. 2010. Acceso: August 05, 2011 disponible en: <http://paraisolinux.com/licencia-de-software-libre-explicadas-con-iconos>
- Pymes, F. *Tasa Interna de retorno*. Enero, 2011. Acceso: Noviembre 30, 2011 disponible en: <http://pymesfuturo.com/tiretorno.htm>.
- Security.Art.Works. *VoIP: Protocolos de señalización*. 2008. Acceso: August 02, 2011 disponible en: <http://www.securityartwork.es>
- Trixbox. *Trixbox Pro*. 2011. Acceso: August 10, 2011 disponible en: <http://www.trixbox.com>
- VoIPForo. *QoS Quality of Service VoIP*. 2011. Acceso: August 01, 2011 disponible en: <http://www.voipforo.com/QoS/QoSVoip.php>.
- Voip-info. *Canceladores de Eco*. Enero, 2011. Acceso: Octubre 11, 2011 disponible en: [http://www.voip-info.org/index.php?content\\_id=3595](http://www.voip-info.org/index.php?content_id=3595).
- Wallingford, T., *Switching to VoIP*. 2005, O'Reilly.
- WikiLibros. *Protocolo IP en el nivel de Red*. 2010. Acceso: August 02, 2011 disponible en: [http://es.wikibooks.org/wiki/Redes\\_inform](http://es.wikibooks.org/wiki/Redes_inform)
- Wikipedia. *Calculo del Valor Actual Neto VPN*. Noviembre 11, 2011. Acceso: Diciembre 01, 2011 disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Valor\\_actual\\_neto](http://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_neto).
- Wikipedia.1. *IP PBX*. Junio 22, 2011. Acceso: Julio 06, 2011 disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/IP\\_PBX](http://es.wikipedia.org/wiki/IP_PBX).

- Wikitel.1. *Telefonia IP*. 2010. Acceso: Julio 06, 2011 disponible en: [http://es.wikitel.info/wiki/Telefon%C3%ADa\\_IP](http://es.wikitel.info/wiki/Telefon%C3%ADa_IP).
- Wikitel.2. *Equipos terminales de VoIP*. 2010. Acceso: Julio 11, 2011 disponible en: [http://es.wikitel.info/wiki/Terminales\\_VoIP](http://es.wikitel.info/wiki/Terminales_VoIP).
- Wikitel.3. *Entidades lógicas SIP*. 2011. Acceso: August 03, 2011 disponible en: [http://es.wikitel.info/wiki/Entidades\\_b%C3%A1sicas\\_SIP](http://es.wikitel.info/wiki/Entidades_b%C3%A1sicas_SIP).

#### Otras fuentes:

- ARIGANELLO Ernesto, *Redes Cisco*, Ed. Alfaomega, primera edición, México 2007
- Curricula CCNA Exploration 4.0 módulos I, II, III, IV
- GARCIA Jesús, *Alta Velocidad y Calidad de Servicio en Redes IP*, Ed. Alfaomega, México 2002.
- <http://fonality.com/trixbox>
- [http://programacionunl.com.ar/wpcontent/files/Redes/Introduccion%20a%20la%20Telematica%20y%20Redes%20de%20Datos\(Telefonica\).pdf](http://programacionunl.com.ar/wpcontent/files/Redes/Introduccion%20a%20la%20Telematica%20y%20Redes%20de%20Datos(Telefonica).pdf)
- <http://www.asterisk.org>
- <http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/Ethernet.pdf>
- [http://www.masternetsc.com.ar/archivos/pdf/normas\\_cableado.pdf](http://www.masternetsc.com.ar/archivos/pdf/normas_cableado.pdf)
- <http://www.monografias.com/trabajos/protocolotcpip/protocolotcpip.shtml>
- <http://www.monografias.com/trabajos3/voip/voip.shtml>
- <http://www.voipforo.com>
- <http://www.wikipedia.com>
- [www.daya.cl/manuales/redlan.pdf](http://www.daya.cl/manuales/redlan.pdf)
- [www.forpas.us.es/aula/hardware/dia4\\_redes.pdf](http://www.forpas.us.es/aula/hardware/dia4_redes.pdf)
- [www.monografias.com/trabajos13/tecnacc/tecnacc.shtml](http://www.monografias.com/trabajos13/tecnacc/tecnacc.shtml)
- [www.ralco-networks.com/soluciones/wan/tecnologiasacceso](http://www.ralco-networks.com/soluciones/wan/tecnologiasacceso)

# ANEXOS

### Descripción de equipos existentes en la Empresa Flornintanga S.A.

Los equipos informáticos existentes en la Empresa Flornintanga S.A han sido clasificados según la función que desempeña el usuario y al departamento al que pertenece:

#### Oficina Matriz Tabacundo:

Tabla A.1 Equipos informáticos departamento Gerencia.

Departamento: Gerencia		
Usuario	Tipo	Características
Gerente	PC	Desktop HP 520e: Intel dual core 2.4, 4 Gb RAM, 500 Gb HD.
	Impresora	Hp Deskjet 800, multifunción, 35 ppm.
Asistente	PC	Desktop clon: Intel Pentium IV, 1 Gb RAM, 360 Gb HD.
	Impresora	Laser Canon 1500, mono, 15 ppm.

Tabla A.2 Equipos informáticos departamento Financiero.

Departamento: Financiero		
Usuario	Tipo	Características
Financiero	PC	Desktop HP 520e: Intel dual core 2.4, 2 Gb RAM, 360 Gb HD.
	Impresora	Hp Deskjet 800, multifunción, 120 ppm.
Contabilidad	PC	Desktop HP 520e: Intel dual core 2.4, 2 Gb RAM, 360 Gb HD
	Impresora	Matricial Epson FX 890
Asistente Contable	PC	Desktop HP 520e: Intel dual core 2.4, 2 Gb RAM, 360 Gb HD
	Impresora	Matricial Epson LX-300

**Tabla A.3 Equipos informáticos departamento Comercial.**

<b>Departamento: Comercial</b>		
<b>Usuario</b>	<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
Jefatura	Laptop	Desktop HP 430e: Intel dual core 2.4, 4 Gb RAM, 500 Gb.
Ventas	Laptop	Desktop HP 430e: Intel dual core 2.4, 4 Gb RAM, 500Gb.

**Tabla A.4 Equipos informáticos departamento IT.**

<b>Departamento: Tecnologías de la información</b>		
<b>Usuario</b>	<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
Jefe	Laptop	HP TouchSmart AMD Turion X2,4GB RAM, 500 Gb.
Asistente	PC	Desktop HP 520e: Intel dual core 2.4, 2 Gb RAM, 360 Gb HD
	Impresora	Laser Canon 1500, mono, 120 ppm.
Sistemas	Servidor Novel	SERVER HP PN:6492552005 ML-110 G7 E3+1220
Sistemas	Servidor Contable	SERVER HP PN:6492552005 ML-110 G7 E3+1220
Sistemas	Router	Router 3com 3cr858-91 office conect cable dsl
Sistemas	Switch	Switch 3com baseline 2024
Sistemas	Cameras de Seguridad	DVR x 4

**Tabla A.5 Equipos informáticos departamento RRHH.**

<b>Departamento: Recursos Humanos</b>		
<b>Usuario</b>	<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
RRHH	PC	Desktop HP 520e: Intel dual core 2.4, 4 Gb RAM, 500 Gb HD.
	Impresora	Hp Deskjet 800, multifunción, 120 ppm.
Capacitación	PC	Desktop HP 520e: Intel dual core 2.4, 2 Gb RAM, 360 Gb HD
Seguridad	PC	Desktop HP 520e: Intel dual core 2.4, 2 Gb RAM, 360 Gb HD

### Oficina Sucursal Quito:

Tabla A.6 Equipos informáticos departamento Logística.

Departamento: Logística		
Usuario	Tipo	Características
Jefatura	PC	Desktop HP 520e: Intel dual core 2.4, 2 Gb RAM, 500 Gb HD.
	Impresora	Hp Deskjet 800, multifunción, 120 ppm.
Exportaciones	PC	Desktop HP 520e: Intel dual core 2.4, 2 Gb RAM, 360 Gb HD
Bodega	PC	Desktop HP 520e: Intel dual core 2.4, 2 Gb RAM, 360 Gb HD

### Oficina Sucursal Ambato:

Tabla A.7 Equipos informáticos sucursal Quito.

Departamento: Quito		
Usuario	Tipo	Características
Administración	Laptop	Desktop HP 430: Intel dual core 2.4, 4 Gb RAM, 500 Gb HD.
	Impresora	Hp Deskjet 800, multifunción, 120 ppm.
Logística	PC	Desktop clon: Intel Pentium IV, 1 Gb RAM, 360 Gb HD.
Exportaciones	PC	Desktop clon: Intel Pentium IV, 1 Gb RAM, 360 Gb HD.
Ventas	Laptop	Desktop HP 430e: Intel dual core 2.4, 4 Gb RAM, 500Gb.

## Oficina Sucursal Bogotá:

Tabla A.8 Equipos informáticos sucursal Ambato.

Departamento: Quito		
Usuario	Tipo	Características
Administración	Laptop	Desktop HP 430: Intel dual core 2.4, 4 Gb RAM, 500 Gb HD.
	Impresora	Hp Deskjet 800, multifunción, 120 ppm.
Logística	PC	Desktop clon: Intel Pentium IV, 1 Gb RAM, 360 Gb HD.
Ventas	Laptop	Desktop HP 430e: Intel dual core 2.4, 4 Gb RAM, 500Gb.

Tabla A.9 Equipos sucursal Ambato.

Departamento: Quito		
Usuario	Tipo	Características
Administración	Laptop	Desktop HP 430: Intel dual core 2.4, 4 Gb RAM, 500 Gb HD.
	Impresora	Hp Deskjet 800, multifunción, 120 ppm.
Logística	PC	Desktop clon: Intel Pentium IV, 1 Gb RAM, 360 Gb HD.
Exportaciones	PC	Desktop clon: Intel Pentium IV, 1 Gb RAM, 360 Gb HD.
Ventas	Laptop	Desktop HP 430e: Intel dual core 2.4, 4 Gb RAM, 500Gb.

**Encuestas a usuarios sobre servicio telefónico**

Formulario de Encuestas a los usuarios de la Empresa Flornintanga S.A.

ENCUESTA:

Nombre: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_ (día/mes/año)

1. ¿Cuántas llamadas telefónicas se recibe en una hora en un día normal de trabajo?:

- a. De 0 a 10
- b. De 10 a 20
- c. De 20 a 30
- d. Más de 30

2. ¿Cuántas llamadas telefónicas se realiza en una hora en un día normal de trabajo?:

- a. De 0 a 10
- b. De 10 a 20
- c. De 20 a 30
- d. Más de 30

3. ¿Qué día en la semana se recibe mayor cantidad de llamadas?

- a. Lunes
- b. Martes



- c. Miércoles
- d. Jueves
- e. Viernes
- f. Todos

4. ¿En qué horario hay una mayor cantidad de llamadas recibidas?

- a. En la mañana (7:30 – 10:30)
- b. A mediodía (10:30 – 15:30)
- c. En la tarde (15:30 – 18:30)

5. ¿Qué duración tienen las llamadas telefónicas?

- a. De 0 y 3 minutos
- b. De 3 a 5 minutos
- c. De 5 a 10 minutos
- d. Más de 10 minutos

6. ¿de qué personas se reciben llamadas con mayor frecuencia?

- a. Clientes
- b. Proveedores
- c. Personal interno

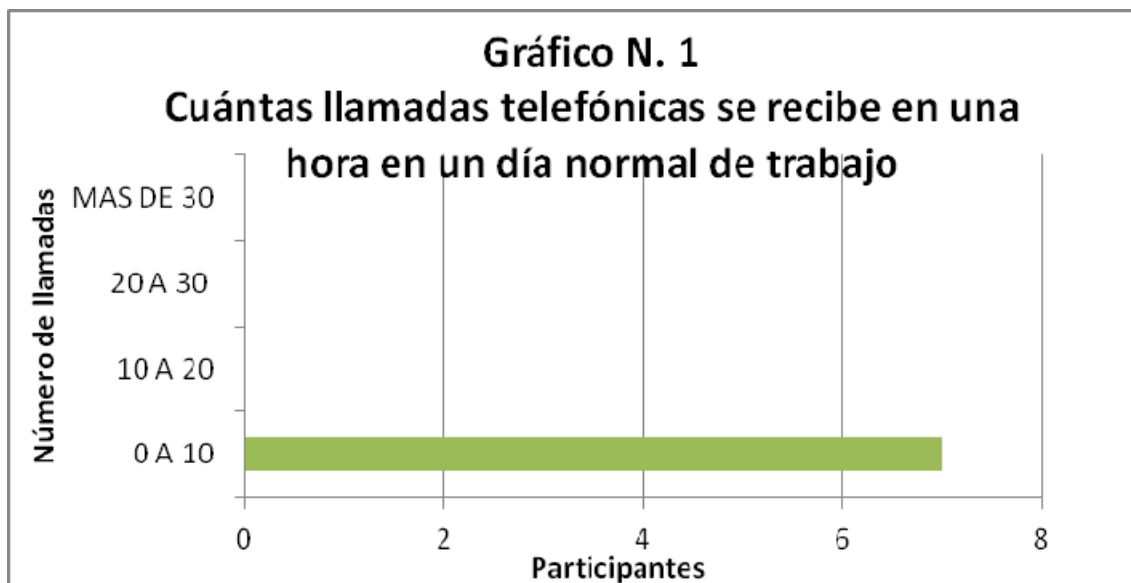
7. ¿A quién se dirigen las llamadas con mayor frecuencia?

- a. Área comercial
- b. Área administrativa
- c. Área operativa

Resultados de las Encuestas:

**Pregunta 1:** ¿Cuántas llamadas telefónicas se recibe en una hora en un día normal de trabajo?:

<b>PARTICIPANTES</b>	<b>0 A 10</b>	<b>10 A 20</b>	<b>20 A 30</b>	<b>MAS DE 30</b>
GERENCIA	1	0	0	0
FINANCIERO	1	0	0	0
VENTAS	1	0	0	0
LOGISTICA	1	0	0	0
BODEGA	1	0	0	0
SISTEMAS	1	0	0	0
INFORMACION	1	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>



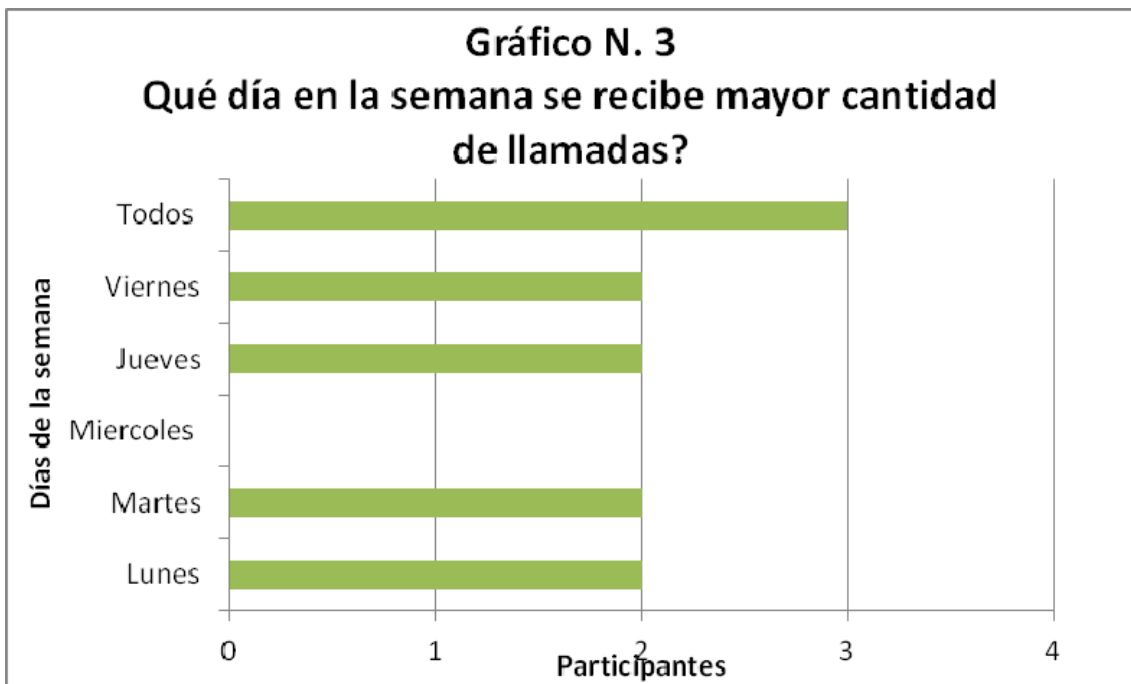
**Pregunta 2:** ¿Cuántas llamadas telefónicas se realiza en una hora en un día normal de trabajo?:

PARTICIPANTES	0 A 10	10 A 20	20 A 30	MAS DE 30
GERENCIA	1	0	0	0
FINANCIERO	1	0	0	0
VENTAS	1	0	0	0
LOGISTICA	1	0	0	0
BODEGA	1	0	0	0
COMPRAS	1	0	0	0
INFORMACION	1	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>



**Pregunta 3:** ¿Qué día en la semana se recibe mayor cantidad de llamadas?

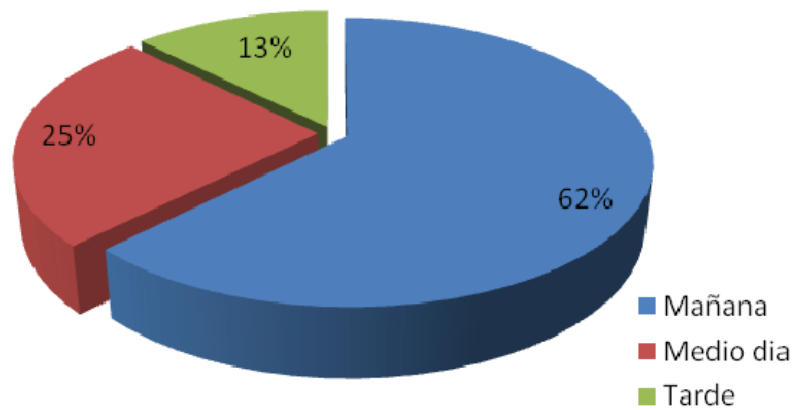
PARTICIPANTES	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Todos
GERENCIA	1	0	0	0	1	0
FINANCIERO	1	0	0	0	1	0
VENTAS	0	0	0	0	0	1
LOGISTICA	0	1	0	1	0	0
BODEGA	0	1	0	1	0	0
COMPRAS	0	0	0	0	0	1
INFORMACION	0	0	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>



**Pregunta 4:** ¿En qué horario hay una mayor cantidad de llamadas recibidas?

PARTICIPANTES	Mañana	Medio día	Tarde
GERENCIA	1	0	0
FINANCIERO	1	0	0
VENTAS	1	0	0
LOGISTICA	0	0	1
BODEGA	0	1	0
COMPRAS	1	0	0
INFORMACION	1	1	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

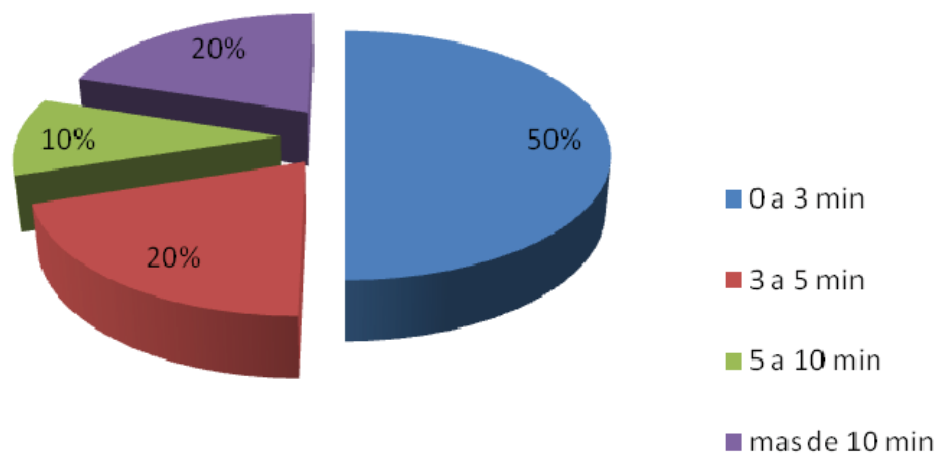
**Gráfico N. 4**  
**En qué horario hay una mayor cantidad de llamadas recibidas?**



**Pregunta 5:** ¿Qué duración tienen las llamadas telefónicas?

PARTICIPANTES	0 a 3 min	3 a 5 min	5 a 10 min	mas de 10 min
GERENCIA	0	0	1	0
FINANCIERO	0	1	0	0
VENTAS	1	0	0	0
LOGISTICA	1	0	1	0
BODEGA	1	0	0	1
COMPRAS	1	0	0	1
INFORMACION	1	1	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

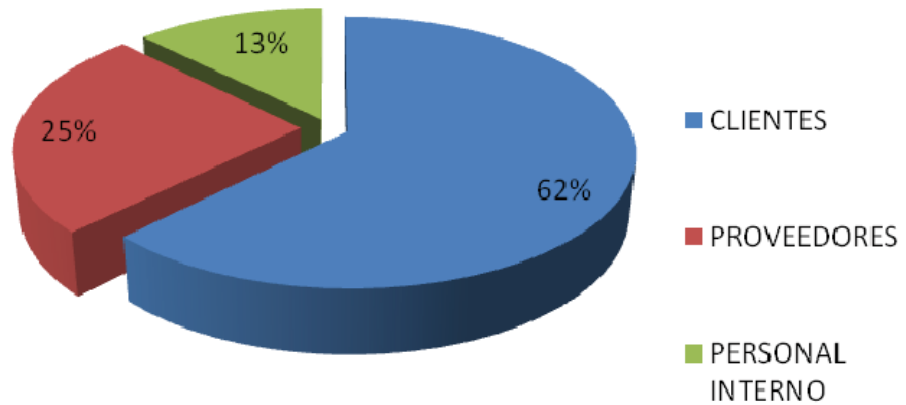
**Gráfico N. 5**  
**Qué duración tienen las llamadas telefónicas?**



**Pregunta 6:** ¿de qué personas se reciben llamadas con mayor frecuencia?

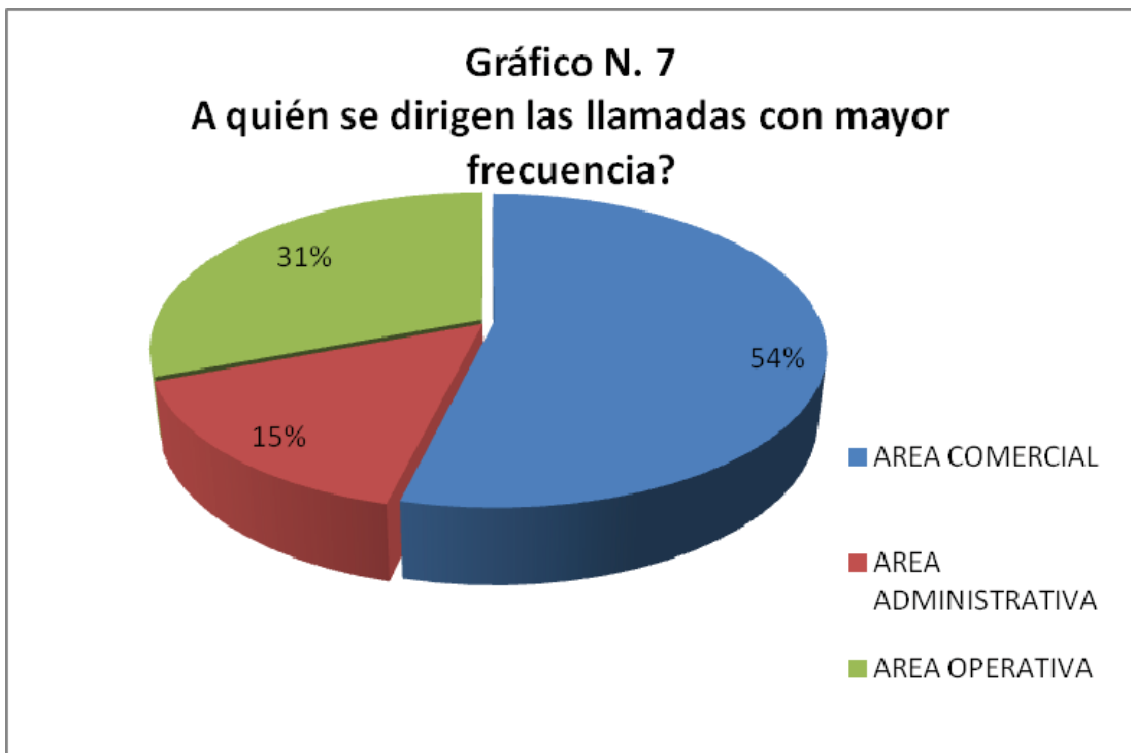
PARTICIPANTES	CLIENTES	PROVEEDORES	PERSONAL INTERNO
GERENCIA	1	0	0
FINANCIERO	1	0	0
VENTAS	1	0	0
LOGISTICA	1	0	1
BODEGA	0	1	0
COMPRAS	0	1	0
INFORMACION	1	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

**Gráfico N. 6**  
**de qué personas se reciben llamadas con mayor frecuencia?**



**Pregunta 7:** ¿A quién se dirigen las llamadas con mayor frecuencia?

PARTICIPANTES	AREA COMERCIAL	AREA ADMINISTRATIVA	AREA OPERATIVA
GERENCIA	1	0	0
FINANCIERO	1	1	1
VENTAS	1	0	1
LOGISTICA	1	1	0
BODEGA	1	0	0
COMPRAS	1	0	1
INFORMACION	1	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>4</b>





### Propuestas Económicas de soluciones de Telefonía IP

Se obtuvieron proformas de empresas importantes del Ecuador que proveen soluciones de telefonía IP como son: Palo Santo, Vocis. La finalidad es tener documentación que apoye a la elaboración de un presupuesto real y bajar los costos que conllevan la ejecución de un proyecto.

**Propuesta de SideVox S.A:** SideVox es una empresa ecuatoriana especializada en la distribución de equipos e implementación de soluciones de Telefonía IP. Su sitio web es: <http://www.sidevox.com>

Su propuesta se detalla a continuación:

**Tabla C.1 Proforma de solución de telefonía IP de SideVox**

Cant.	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	CENTRAL ContactVox UCS-1010 4 Puertos FXO 2 Puertos FXS Integra ruteador, voz/video, QoS	2450,20	2450,20
1	Gateway VoIP Grandstream GXW-410	339,00	339,00
16	Teléfonos Grandstream GXP-285	79,00	1264,00
1	Configuración e instalación PBX.	600,00	600,00
	Garantía de 12 meses en todos los equipos.		
	Costo total incluye IVA:		5211,36

Fuente: SideVox S.A

## PROFORMA

**Número:** 11-001310

**Fecha:** 2011-12-09

**Cliente:**

**Atención:** Alvaro Buestan

**Sistema:** Telefonía IP

**Responsable:** Andrés Fuentes

SideVox S.A. pone a su consideración la oferta de los siguientes equipos y/o servicios:

cant.	Item	v. unitario	v. total
1	Central IP: ContactVox UCS-1010	2,450.00	2,450.00
1	Gateway VoIP: Grandstream GXW-4104	339.00	339.00
16	Teléfono Grandstream: GXP-285	79.00	1,264.00
1	Instalación y configuración	600.00	600.00
		<b>subtotal:</b>	<b>4,653.00</b>
		<b>Ivta:</b>	<b>658.36</b>
		<b>total:</b>	<b>5,311.36</b>

## Condiciones

**Forma de pago:** 70% de anticipo y el 30% a la entrega del sistema funcionando.

**Validez de la oferta:** 15 días.

**Garantía:** Un año contra defectos de fabricación.

**Plazo de entrega:** Inmediato previa verificación de stock.

**Propuesta de RL Technology:** RL Technology es una empresa ecuatoriana, que tiene como negocio implementar sistemas en código abierto e infraestructuras de red. Su sitio web es: <http://www.rltechnology.com/>

Su propuesta se detalla a continuación:

**Tabla C.2 Proforma de solución de telefonía IP de RL Technology**

Cant.	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	Central IP PBX Asterisk	2980,40	2980,40
1	Tarjeta TDM400P, 4 FXO con cancelador de eco	1200,00	1200,00
16	Teléfonos Grandstream 2040	120,00	1920,00
1	Configuración Central IP	500,00	500,00
	Costo total incluye IVA:		5062,40

**Fuente: RL Technology**

Cabe mencionar que en las dos propuestas, no se incluye el diseño de la red y su dimensionamiento ya que este trabajo es catalogado por los proveedores de este tipo de soluciones como consultorías y tienen un costo por separado.

La configuración de los dispositivos telefónicos IP, softphones y costos de los códecs requeridos para este proyecto, de la misma forma son considerados como costos adicionales.



CABLEADO ESTRUCTURADO  
CENTRALES TELEFONICAS  
SISTEMAS DE ALARMA  
ELECTRICIDAD  
TELEFONIA  
FIBRA OPTICA



Nombre	Alvaro Buestan
Empresa	Flomintang
Fecha	09/12/2011
Ciudad	Quito

**PROFORMA 2011- 1001**

ITEMS	CANTIDAD	DETALLE	Val/Unit	TOTAL
<b>Conectorización de cable UTP</b>				
1	1	Central Telefonica Asterisk	900,00	900,00
2	1	Tarjeta TDM800 4 puertos FXO, con cancelacion de ECO	1.200,00	1.200,00
3	16	Telefonos GrandStream 2040	120,00	1.920,00
4	1	Configuracion Central IP	500,00	500,00
			<b>Subtotal</b>	<b>4.520,00</b>
			<b>iva</b>	<b>542,40</b>
			<b>Total</b>	<b>5.062,40</b>

Tiempo de entrega 10 Días  
 Forma de pago Contraentrega  
 Validez de al proforma 15 Días

Rodrigo Lemus  
 Dpt. Técnico

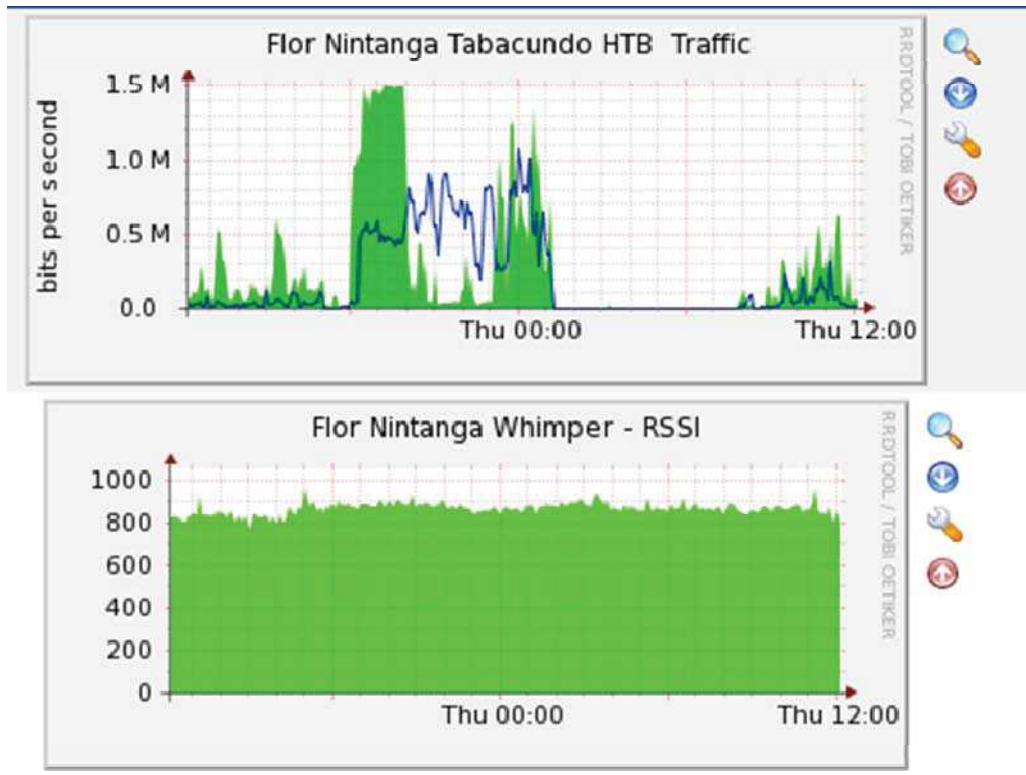
rodlemus@yahoo.es  
 Cel.: 593-2826634 093101025  
 Quito - Ecuador

### Reporte de tráfico y uso de ancho de banda

Para la obtención de estos reportes fue necesario contar con la ayuda de la Empresa Stealth Telecom quien provee de servicios de Internet a Flornintanga S.A, y adicionalmente prestan servicios de valor agregado como lo es el uso de la herramienta “Cacti” cuya función es monitorear el uso de ancho de banda en línea y la cual se puede acceder vía web desde la dirección: <http://cacti.b2ec.net> y a la cual se puede acceder únicamente con la autenticación de una cuenta de usuario y contraseña.

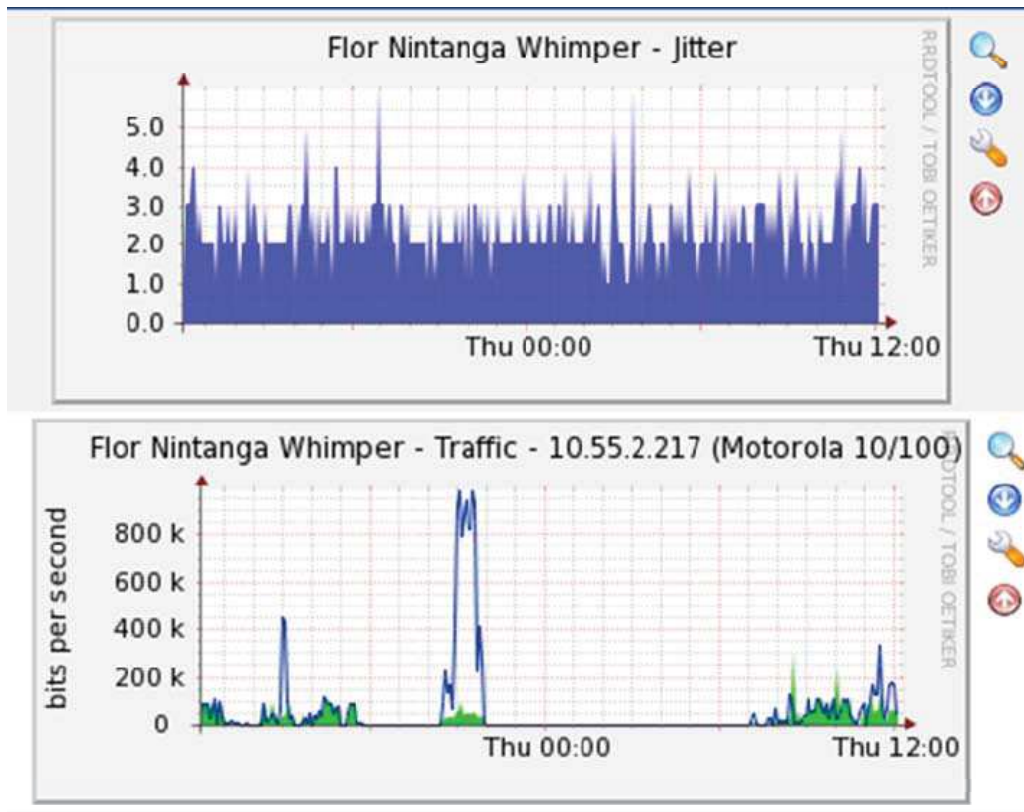
A continuación se presentan reportes generados en base a periodos de tiempo determinados:

Fig. D.1 Estadísticas de Tráfico en la oficina matriz y sucursal Quito



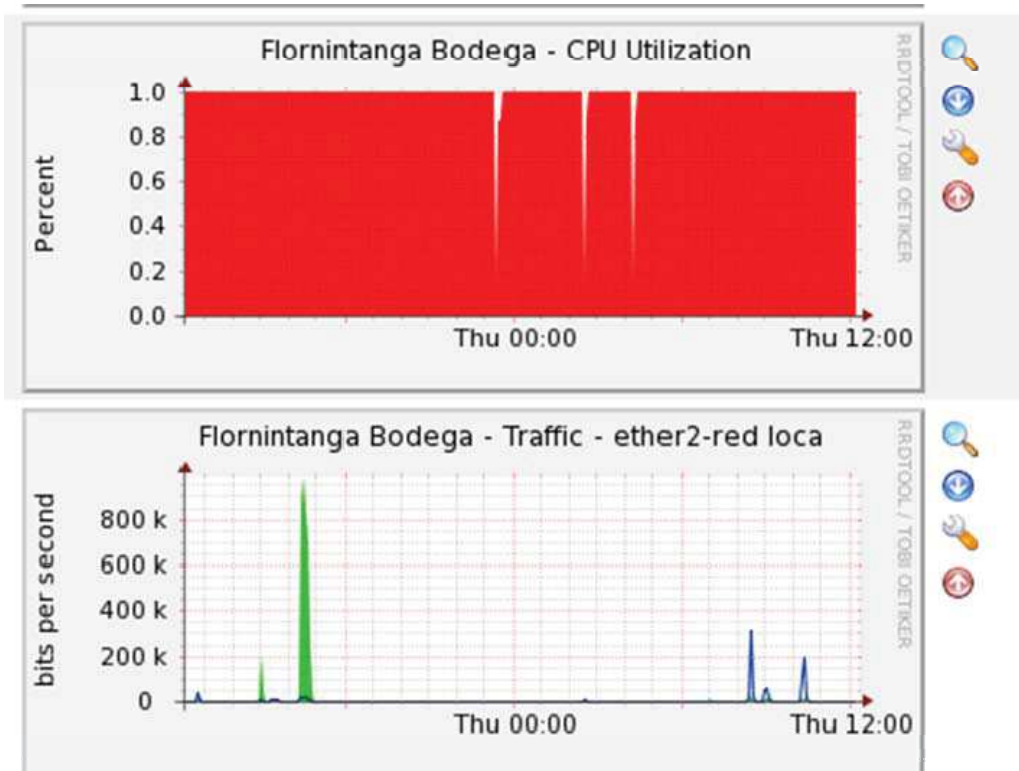
Fuente: Stealth Telecom - Cacti

Fig. D.2 Estadísticas de Jitter y tráfico en sucursal Quito



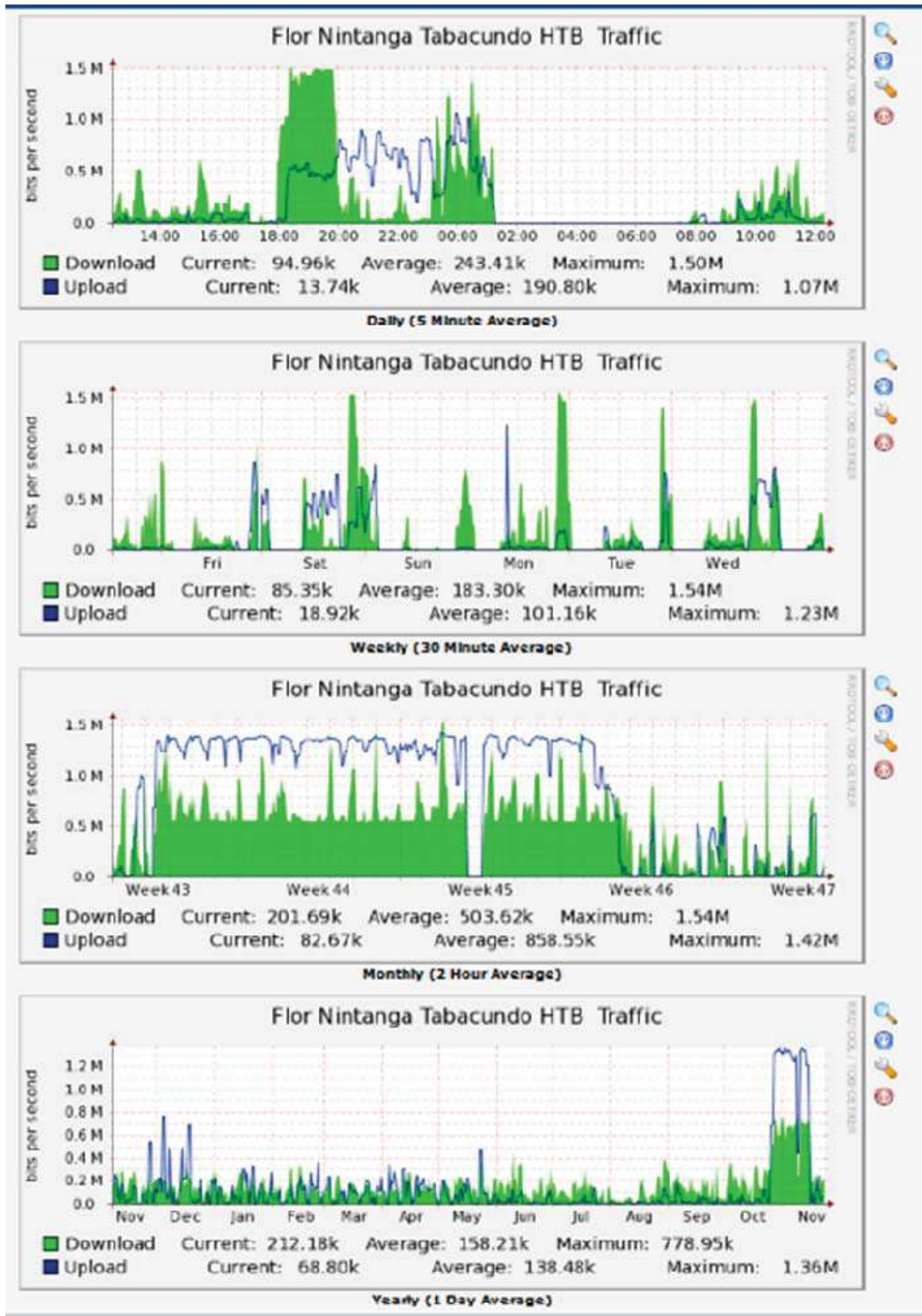
Fuente: Stealth Telecom - Cacti

Fig. D.3 Estadísticas de CPU y Tráfico en sucursal Ambato



Fuente: Stealth Telecom - Cacti

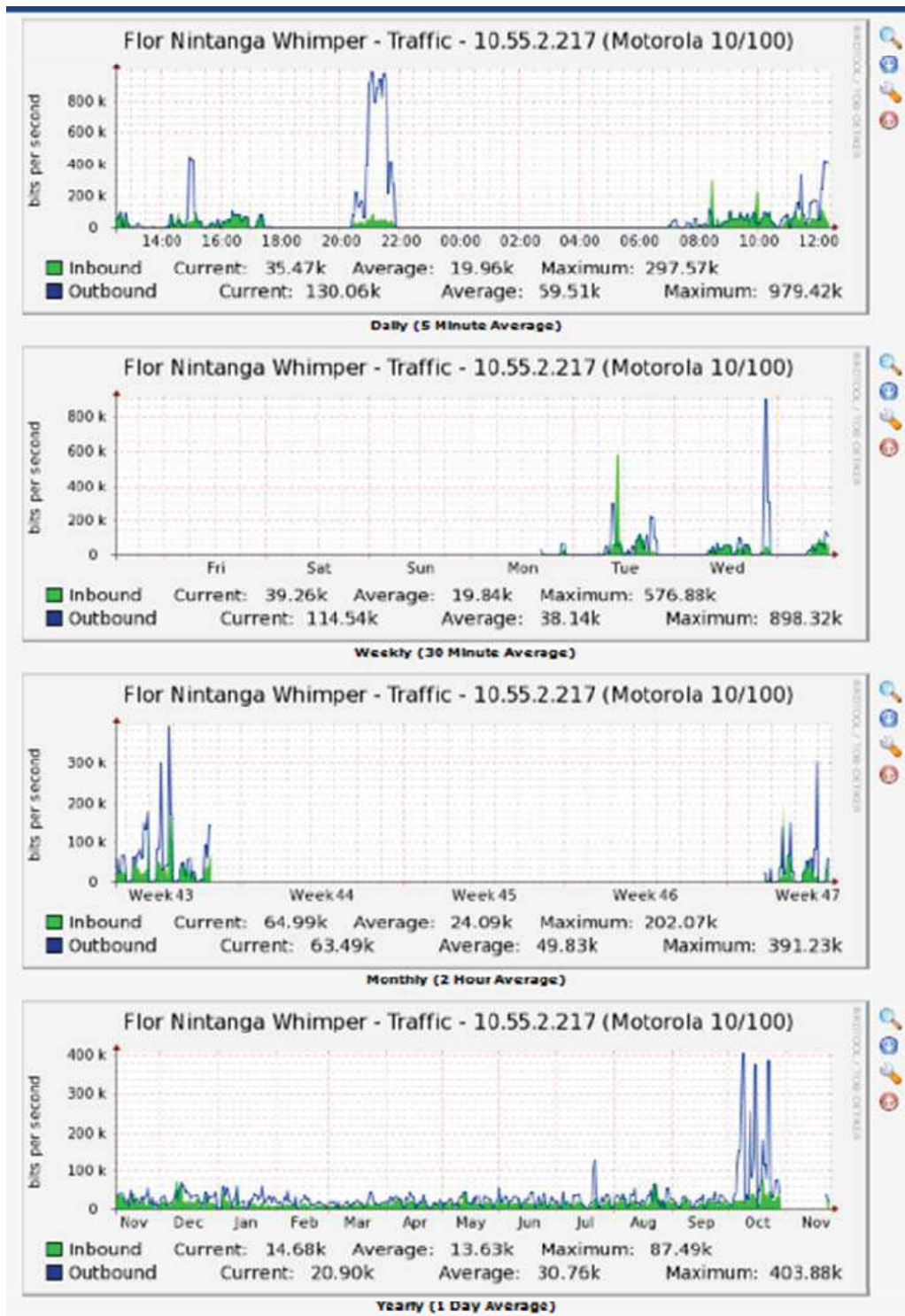
Fig. D.4 Reporte de tráfico en la oficina Matriz Tabacundo



Fuente: Stealth Telecom - Cacti

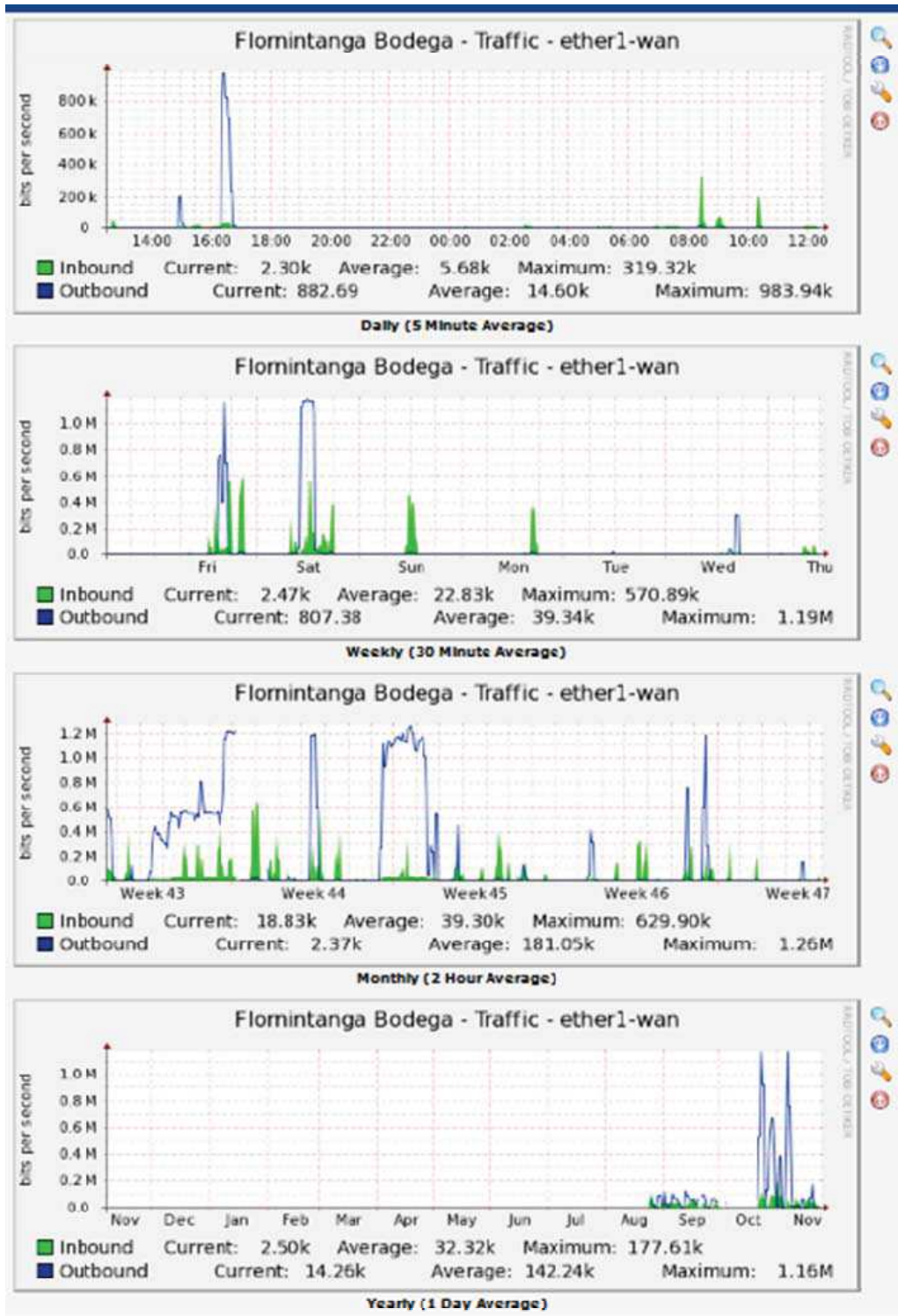


Fig. D.5 Reporte de tráfico en la oficina sucursal Quito



Fuente: Stealth Telecom – Cacti

Fig. D.6 Reporte de tráfico en la oficina sucursal Ambato



Fuente: Stealth Telecom – Cacti