



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

TEMA:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEFONÍA IP BASADO EN SOFTWARE
LIBRE E INTEGRACIÓN CON LA RED DE DATOS; COMO ALTERNATIVA
DE COMUNICACIÓN DE VOZ SOBRE EL PROTOCOLO IP ENTRE
DEPENDENCIAS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO
MUNICIPAL DE SAN MIGUEL DE IBARRA”**

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

AUTOR: ALEXANDRA NATALY CULQUI MEDINA

DIRECTOR: ING. CARLOS VÁSQUEZ

Ibarra, marzo 2013



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100292537-6		
APELLIDOS Y NOMBRES:	CULQUI MEDINA ALEXANDRA NATALY		
DIRECCIÓN:	IBARRA, BARRIO PILANQUI		
EMAIL:	nathalymedina@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062607-233	TELÉFONO MÓVIL:	0980438045

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEFONÍA IP BASADO EN SOFTWARE LIBRE E INTEGRACIÓN CON LA RED DE DATOS; COMO ALTERNATIVA DE COMUNICACIÓN DE VOZ SOBRE EL PROTOCOLO IP ENTRE DEPENDENCIAS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE SAN MIGUEL DE IBARRA.
AUTOR:	CULQUI MEDINA ALEXANDRA NATALY
FECHA:	2013 / MARZO / 25
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN
DIRECTOR:	ING. CARLOS VÁSQUEZ

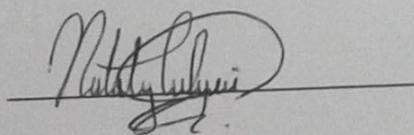
2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Alexandra Nataly Culqui Medina, con cédula de identidad Nro. 100292537-6, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

CONSTANCIAS**CONSTANCIAS**

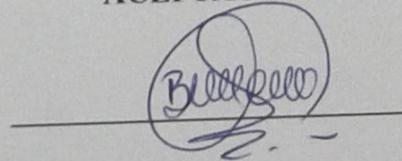
El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es del titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de Marzo del 2013

EL AUTOR:

Alexandra Nataly Culqui Medina

C.C: 100292537-6

ACEPTACIÓN:

Ing. Betty Chávez

Jefe de Biblioteca

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



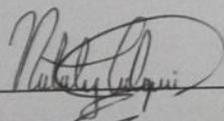
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

DEL TRABAJO DE GRADO

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Alexandra Nataly Culqui Medina**, con cédula de identidad Nro. 100292537-6, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6 en calidad de autor del trabajo de grado denominado: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEFONÍA IP BASADO EN SOFTWARE LIBRE E INTEGRACIÓN CON LA RED DE DATOS; COMO ALTERNATIVA DE COMUNICACIÓN DE VOZ SOBRE EL PROTOCOLO IP ENTRE DEPENDENCIAS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE SAN MIGUEL DE IBARRA", que ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación**, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento en el que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.


Firma

Nombre: Alexandra Nataly Culqui Medina

Cédula: 100292537-6

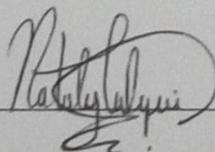
Ibarra a los 25 días del mes de Marzo del 2013

DECLARACIÓN

DECLARACIÓN

Yo, Alexandra Nataly Culqui Medina, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

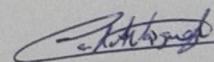


ALEXANDRA N. CULQUI MEDINA

CERTIFICACIÓN

CERTIFICACIÓN

La Srta. Alexandra Nataly Culqui Medina, con cédula de identidad Nro. 100292537-6, ha trabajado en el desarrollo del proyecto: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEFONÍA IP BASADO EN SOFTWARE LIBRE E INTEGRACIÓN CON LA RED DE DATOS; COMO ALTERNATIVA DE COMUNICACIÓN DE VOZ SOBRE EL PROTOCOLO IP ENTRE DEPENDENCIAS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE SAN MIGUEL DE IBARRA", previo a la obtención del título de Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación, realizándola con interés profesional y responsabilidad, el cual certifico en honor a la verdad.



Ing. Carlos Vásquez
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a mí amado Dios quien me ha dado la vida y la fortaleza para culminar este proyecto de investigación; seguidamente a mi padre José Culqui y a mi madre Nelly Medina quienes han sido mi impulso y mi apoyo en cada circunstancia de este trabajo.

A mis hermanos y mi sobrinito; Anita, Josué y Matías que con sus palabras y cariño han sabido darme ánimo para continuar con este trabajo. Gracias a toda mi hermosa familia.

De manera muy especial al amor de mi vida Hugo Salazar García quien de forma incondicional ha estado junto a mí, apoyándome en la realización de mi tesis; de igual forma agradezco a su familia por su atención e interés en la culminación de mi tesis.

A la Universidad Técnica del Norte, por permitirme formarme en una carrera llena de oportunidades, en especial al Ing. Carlos Vásquez que fue mi guía durante el desarrollo de este trabajo. Además al Ing. José Ortiz quien con su paciencia y carisma fue mi guía para la elaboración del capítulo de análisis económico.

Finalmente al personal de la unidad TIC dirigido por el Ing. Irving Reascos, del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal San Miguel de Ibarra; que me abrió las puertas para desarrollar la investigación de mi proyecto.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres quienes son un gran ejemplo de superación, humildad y amor, quienes me han enseñado el verdadero valor de la vida y me han infundido fuerzas para superarme en el área profesional y personal.

Extiendo esta dedicatoria a mis queridos hermanos con el propósito de sembrar aquel compromiso de superarse cada día y nunca dejarse vencer por las circunstancias o adversidades; reconociendo el gran valor de la vida junto a Dios y el apoyo incondicional que siempre nuestros padres nos brindan. Además de la nueva generación de mis primos y primas para que siempre Dios los guíe por caminos de éxitos en sus vidas, superando todo obstáculo.

RESUMEN GENERAL

El presente estudio, consiste en identificar alternativas de comunicación IP, basadas en Software Libre, para obtener los lineamientos necesarios para el diseño de un sistema de telefonía IP que se adapte a las necesidades del GAD-I y represente un ahorro económico en las planillas telefónicas.

Durante la realización del proyecto se realiza la investigación de los protocolos de señalización como son H.323, SIP, IAX y MGCP, para determinar el más adecuado para el diseño del sistema VoIP; resultando el protocolo SIP el más sencillo para implementar y rápido en el inicio de llamadas. Así también conociendo los tipos de centrales de telefonía; de la cual se resalta el Softswitch que integra varias funcionalidades avanzadas de una central PBX tradicional, la cual permite el control y gestión de una red multi servicios en una arquitectura NGN.

Se realizó un análisis comparativo de varias plataformas de telefonía IP como son Elastix, AsteriskNow, Trixbox y FreeSwitch; de los cuales FreeSwitch presenta una plataforma de gran rendimiento y flexibilidad, que puede funcionar correctamente tanto en pequeñas y medianas empresas como en grandes compañías de telecomunicaciones que abarcan tecnologías para el tráfico de voz, video, multimedia y datos, capaz de interactuar con la infraestructura de red instalada.

Se estableció la situación actual de la red de datos y de la red telefónica con el interés de analizar si la entidad presenta las condiciones adecuadas para soportar nuevos servicios de voz sobre el protocolo IP; y obtener los requerimientos; derivándose la necesidad de una total convergencia de la central telefónica analógica actual a un sistema de telefonía IP; el cuál se dimensionó las especificaciones técnicas de hardware y software de acuerdo a un análisis comparativo y cálculos que determinan el ancho de banda, número de troncales, selección de códec y GoS para el mismo sistema. Además se determina el costo/beneficio del proyecto.

ABSTRACT

The present study is to identify IP communication alternatives, based on Free Software, to obtain the necessary guidelines for the design of an IP telephony system that meets the needs of the GAD-I and represents a cost savings in the payroll phone.

During the realization of the project is the investigation of signaling protocols such as H.323, SIP, IAX and MGCP, to determine the most suitable for VoIP system design, resulting SIP the simplest to implement and fast Call initiation. Well knowing the types of telephone exchanges, which highlights the Softswitch that integrates several advanced features of a traditional PBX, which allows control and management of multi-service network in NGN architecture.

We performed a comparative analysis of various IP telephony platforms such as Elastix, AsteriskNow, Trixbox and FreeSwitch, which presents a platform FreeSwitch high performance and flexibility, you can function properly in small and large telecommunications companies covering technologies for voice traffic, video, multimedia and data, able to interact with the network infrastructure installed.

It established the current network status data and telephone network with the interest to analyze whether the entity has the right conditions to support new voice over IP protocol, and get the requirements, deriving the need for full convergence the current analog PBX to IP telephony system, which was sized technical specifications of hardware and software according to a comparative analysis and calculations that determine the bandwidth, number of trunks, codec selection and GoS, for same system. It also determines the cost / benefit of the project.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEFONÍA IP BASADO EN SOFTWARE LIBRE E INTEGRACIÓN CON LA RED DE DATOS; COMO ALTERNATIVA DE COMUNICACIÓN DE VOZ SOBRE EL PROTOCOLO IP ENTRE DEPENDENCIAS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE SAN MIGUEL DE IBARRA, se ha llevado a cabo con el propósito de modernizar la comunicación de voz en la entidad y mejorar el servicio al cliente interno como externo; además de representar ahorros en el abono telefónico. El proyecto se basa en el estudio de varias alternativas de software libre para comunicación de voz sobre el protocolo IP, que se ajuste a las necesidades de la entidad pública.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	I
CONSTANCIAS.....	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	III
DECLARACIÓN.....	IV
CERTIFICACIÓN	V
AGRADECIMIENTOS	VI
DEDICATORIA	VII
RESUMEN GENERAL.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
PRESENTACIÓN.....	X
ÍNDICE DE CONTENIDOS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XXIV
ÍNDICE DE ECUACIONES	XXVII
ÍNDICE DE ANEXOS	XXVIII
CAPÍTULO 1.....	1
FUNDAMENTO TEÓRICO	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 GENERALIDADES DE VoIP.....	1
1.2.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2.2 DEFINICIÓN DE VoIP	3
1.2.3 TELEFONÍA SOBRE PROTOCOLO DE INTERNET (IP).....	3
1.2.4 FUNCIONAMIENTO DE VoIP.....	4
1.2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOLOGÍA VoIP.....	5
1.3 ARQUITECTURA DE UNA RED VoIP	6
1.3.1 TERMINALES	7
1.3.1.1 Software	7
1.3.1.2 Hardware.....	7
1.3.2 SERVIDORES VoIP.....	8
1.3.3 GATEWAYS / ATA.....	8
1.4 TIPOS DE LLAMADAS	10

1.4.1	MEDIANTE UN DISPOSITIVO ATA (ANALOG TELEPHONE ADAPTOR).....	10
1.4.2	MEDIANTE TELÉFONOS IP	10
1.4.3	COMPUTADORA A COMPUTADORA	10
1.5	PROCESO GENERAL DE UNA LLAMADA IP.....	10
1.6	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE VoIP	11
1.6.1	VENTAJAS DE VoIP.....	11
1.6.2	DESVENTAJAS DE VoIP	12
1.7	CENTRALES PBX (PRIVATE BRANCH EXCHANGE).....	13
1.7.1	CENTRAL PBX	13
1.7.1.1	Características	13
1.7.1.2	Funciones	14
1.7.2	CENTRAL IP PBX.....	14
1.7.2.1	Características:	15
1.7.2.2	Funcionalidades:	15
1.8	SOFTSWITCH	16
1.8.1	DEFINICIÓN.....	16
1.8.2	CARACTERÍSTICAS	17
1.8.3	FUNCIONES PRINCIPALES	17
1.9	TRONCAL SIP	18
1.9.1	DEFINICIÓN.....	18
1.9.2	CARACTERÍSTICAS	18
1.9.3	ELEMENTOS PRINCIPALES.....	19
1.9.3.1	Central IP PBX o Servidor VoIP	19
1.9.3.2	Elemento de Borde de la empresa.....	19
1.9.3.3	Proveedor de servicios de telefonía.....	19
1.10	PROTOCOLOS	19
1.10.1	PROTOCOLOS DE TRANSPORTE	20
1.10.1.1	Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP).....	20
1.10.1.2	Protocolo de Control en Tiempo Real (RTCP).....	22
1.10.2	PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN	23
1.10.2.1	Protocolo H.323	23
1.10.2.2	Protocolo SIP	24
1.10.2.3	Protocolo IAX2.....	25
1.10.2.4	Protocolo MGCP (Media Gateway Controller Protocol).....	25
1.11	COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN	26

1.12	DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO SIP	29
1.12.1	FUNCIONES PRINCIPALES	29
1.12.2	PILA DE PROTOCOLOS DE SIP	30
1.12.3	ARQUITECTURA DE UN SISTEMA SIP	31
1.12.3.1	Agente de Usuario.....	31
1.12.3.2	Servidores	31
1.12.4	MENSAJES SIP.....	32
1.12.5	CÓDIGOS DE RESPUESTA	33
1.12.6	PROCESO DE REGISTRO.....	33
1.12.7	ESTABLECIMIENTO DE UNA SESIÓN.....	34
1.13	ENCAPSULAMIENTO DE UNA TRAMA VoIP.....	35
1.13.1	DESCRIPCIÓN DE CAMPOS DE LA TRAMA VoIP:	36
1.14	PROBLEMAS EN UNA RED VoIP	37
1.14.1	RETARDO O LATENCIA	37
1.14.2	JITTER.....	38
1.14.3	ECO.....	38
1.14.4	PÉRDIDA DE PAQUETES.....	39
1.15	CALIDAD DE SERVICIO	40
1.15.1	SERVICIOS INTEGRADOS	40
1.15.1.1	Definición	40
1.15.1.2	Niveles de calidad de servicio.....	41
1.15.1.3	Componentes.....	41
1.15.1.4	Desventajas	42
1.15.1.5	Beneficios	42
1.15.2	SERVICIOS DIFERENCIADOS	42
1.15.2.1	Definición	42
1.15.2.2	Características	42
1.15.2.3	Desventajas	43
1.15.2.4	Beneficios	43
1.16	CÓDECs PARA TELEFONÍA IP	44
1.16.1	DESCRIPCIÓN GENERAL.....	44
1.17	FACTORES QUE INFLUENCIAN EL ANCHO DE BANDA DE UNA RED DE VOZ Y DATOS	47
1.17.1	VELOCIDAD DEL PAQUETE	47
1.17.2	TAMAÑO DE EMPAQUETAMIENTO.....	47
1.17.3	OVERHEAD DE CAPA DE ENLACE.....	48

1.17.4	OVERHEAD DE CAPA RED Y CAPA TRANSPORTE	48
1.17.5	OVERHEAD DE TÚNEL	48
1.18	INDICADORES DE RENDIMIENTO DE VOZ Y DATOS	49
1.18.1	DATOS	49
1.18.2	VOZ	49
1.19	TEORÍA DEL TRÁFICO DE VOZ.....	49
1.19.1	MODELO DE DISTRIBUCIÓN ERLANG B	51
CAPÍTULO 2.....		52
ESTUDIO COMPARATIVO DE SOFTWARE LIBRE PARA TELEFONÍA IP		52
2.1	INTRODUCCIÓN	52
2.2	ASTERISKNOW	52
2.2.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES	53
2.2.2	COMPONENTES PRINCIPALES	53
2.3	ELASTIX.....	54
2.3.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES	54
2.3.2	COMPONENTES PRINCIPALES	55
2.4	TRIXBOX.....	55
2.4.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES	56
2.4.2	COMPONENTES	56
2.5	FREESWITCH (FS)	57
2.5.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES	57
2.5.2	COMPONENTES PRINCIPALES	58
2.6	TABLA COMPARATIVA	59
2.7	CONSIDERACIONES DE SELECCIÓN DE SOFTWARE	62
2.8	DESCRIPCIÓN DE FREESWITCH	64
2.8.1	ANTECEDENTES.....	64
2.8.2	CARACTERÍSTICAS	65
2.8.3	FUNCIONAMIENTO	68
2.8.4	ARQUITECTURA.....	69
2.8.5	MÓDULOS PRINCIPALES.....	72
2.8.5.1	MÓDULO SOFIA-SIP	73
2.8.5.2	MÓDULO DIRECTORY	75
2.8.5.3	MÓDULO DIALPLAN	77
2.8.5.4	MÓDULO DE COMANDOS (mod_commands).....	79
2.8.5.5	MÓDULO DE HERRAMIENTAS (mod_dptools).....	80
2.8.6	APLICACIONES.....	81

2.9	REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DEL SISTEMA	82
2.10	PERFORMANCE DE FREESWITCH.....	82
2.11	SISTEMA OPERATIVO BASE.....	83
2.11.1	CARACTERÍSTICAS	83
2.11.2	REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	83
2.12	INTERFAZ GRÁFICA FUSIONPBX.....	83
2.12.1	CARACTERÍSTICAS	84
2.12.2	FUNCIONES	85
CAPÍTULO 3.....		86
ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA DE LAS DEPENDENCIAS DEL GAD-I Y DIMENSIONAMIENTO EFICIENTE DE LA RED DE DATOS		86
3.1	INTRODUCCIÓN	86
3.2	ANTECEDENTES	86
3.3	ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL.....	87
3.4	DESCRIPCIÓN DE LAS DEPENDENCIAS	88
3.4.1	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO PRINCIPAL	88
3.4.2	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO ANTIGUO	90
3.4.3	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO DEL ANTIGUO CUARTEL MILITAR “YAGUACHI”	91
3.4.4	DESCRIPCIÓN DE LAS DEPENDENCIAS EXTERNAS.....	92
3.4.4.1	Bodega Municipal.....	92
3.4.4.2	Dirección de Cultura, Unidad de Vivienda y Unidad Céntrica parque Bulevar. ..	94
3.4.4.3	Administración de Mercado Amazonas	95
3.4.4.4	Dirección de Turismo.....	96
3.4.4.5	Unidad de Consejo para la Salud y la vida	97
3.4.5	DESCRIPCIÓN DE ENTIDADES INDEPENDIENTES AL GAD-I	97
3.5	SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE DATOS.....	99
3.5.1	INFRAESTRUCTURA DE LA RED DE DATOS	99
3.5.1.1	Características Generales	99
3.5.1.2	Subsistemas del cableado estructurado	100
3.5.2	ELEMENTOS DE LA RED	102
3.5.2.1	Data Center	103
3.5.2.2	Racks Secundarios	111
3.5.2.3	Elementos de acceso a la red de los usuarios	115
3.5.3	CABLEADO DE LA RED DE VOZ Y DATOS.....	116
3.5.3.1	Distribución General de los puntos de voz y datos	116

3.5.3.2	Nomenclatura de la puntos de red.....	117
3.5.3.3	Comprobación de los puntos de voz y datos.....	118
3.5.3.4	Diagrama Unifilar del cableado de red	124
3.5.4	TOPOLOGÍA LÓGICA DE LA RED DE DATOS	125
3.5.4.1	DIAGRAMA DE TOPOLOGÍA LÓGICA DE LA RED DE DATOS	126
3.6	SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED INALÁMBRICA	127
3.6.1	DIAGRAMA DE LA RED INALÁMBRICA.....	130
3.7	SITUACIÓN ACTUAL DEL BACKBONE DE FIBRA ÓPTICA.....	131
3.7.1	DIAGRAMA DEL BACKBONE DE FIBRA ÓPTICA.....	132
3.7.2	CARACTERÍSTICAS DEL BACKBONE DE FIBRA ÓPTICA	133
3.8	SITUACIÓN ACTUAL DE LAS ENTIDADES INDEPENDIENTES	134
3.9	SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED TELEFÓNICA DEL GAD-I.....	135
3.9.1	CENTRAL TELEFÓNICA ANALÓGICA.....	136
3.9.1.1	Características Técnicas:.....	136
3.9.1.2	Características Generales:	136
3.9.1.3	Funciones:	137
3.9.1.4	Teléfono de Operadora de la central telefónica	137
3.9.2	MINI CENTRAL TELEFÓNICA DEL ANTIGUO CUARTEL	138
3.9.2.1	Teléfono de Operadora de la mini central telefónica	139
3.9.3	DISTRIBUCIÓN TELEFÓNICA	139
3.9.3.1	Troncales.....	139
3.9.3.2	Distribución telefónica.....	140
3.9.3.3	Líneas independientes de unidades externas.....	144
3.10	ESTADÍSTICAS DEL TRÁFICO DE LLAMADAS	145
3.10.1	RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS AL PERSONAL DEL GAD-I.....	145
3.10.1.1	Edificio Principal	146
3.10.1.2	Edificio Antiguo.....	147
3.10.1.3	Antiguo Cuartel.....	147
3.10.1.4	Unidades Externas.....	148
3.10.1.5	Problemas frecuentes de la red telefónica.....	149
3.10.2	TEST DEL TRÁFICO DE LLAMADAS DE LA CENTRAL TELEFÓNICA ACTUAL150	
3.10.2.1	Hora de mayor tráfico (Hora pico).....	151
3.11	ANÁLISIS DEL TRÁFICO DE DATOS	157

3.11.1	DIAGRAMA DE CONFIGURACIÓN PARA EL ANÁLISIS DEL TRÁFICO.....	158
3.11.1.1	Configuración del puerto mirroring	159
3.11.2	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL TRÁFICO	160
CAPÍTULO 4.....		163
DISEÑO DE LA CENTRAL TELEFÓNICA IP Y DIMENSIONAMIENTO DE LAS APLICACIONES EN EL SOFTWARE LIBRE SELECCIONADO		163
4.1	INTRODUCCIÓN	163
4.2	ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS.....	163
4.2.1	REQUERIMIENTOS DE LA RED	164
4.2.2	REQUERIMIENTOS DE LA CENTRAL TELEFÓNICA	165
4.2.3	RESUMEN DE LA SITUACIÓN DE LA RED TELEFÓNICA	166
4.2.4	REQUERIMIENTOS DE LOS USUARIOS.....	168
4.3	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA VoIP.....	169
4.3.1	SELECCIÓN DEL CÓDEC	170
4.3.2	CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA PARA UNA LLAMADA VoIP.....	171
4.3.3	CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA PARA EL SISTEMA VoIP	175
4.3.4	GRADO DE SERVICIO (GoS) PARA EL SISTEMA VoIP	177
4.3.5	CALCULO DEL NÚMERO DE TRONCALES	178
4.3.5.1	Cálculo del número de troncales de tráfico entrante	178
4.3.5.2	Cálculo del número de troncales de tráfico saliente.....	179
4.3	DISEÑO DE LA RED VoIP	179
4.3.1	ESPECIFICACIONES GENERALES DEL SISTEMA VoIP	179
4.3.1.1	Requerimientos Generales:	180
4.3.1.2	Requerimientos técnicos:	180
4.3.1.3	Administración del sistema VoIP.....	181
4.3.1.4	Características de seguridad.....	181
4.3.1.5	Trunking.....	182
4.3.1.6	Protocolos	182
4.3.2	SISTEMA DE TELEFONÍA IP PROPUESTO	182
4.3.3	DIMENSIONAMIENTO DEL HARDWARE	183
4.4	DIMENSIONAMIENTO DE LAS APLICACIONES DE FREESWITCH.....	206
4.4.1	APLICACIONES DE FREESWITCH	207
4.4.1.1	Salas de conferencia.....	207
4.4.1.2	Correo de voz del sistema	207
4.4.1.3	Tratamiento y redirección de llamadas	208

4.4.1.4	Libreta de direcciones	208
4.4.1.5	Idiomas.....	208
4.4.1.6	Fax a e-mail.....	209
4.4.1.7	Video llamadas para autoridades	209
4.4.1.8	Administración.....	209
4.4.1.9	Servicio SMS, Contact Center y Call Center	209
4.4.2	SOFTPHONES PARA LOS USUARIOS	210
4.4.2.1	Softphone para windows: X-lite	210
4.4.2.2	Softphone para Linux: Twinkle	211
4.4	PLAN DE NUMERACIÓN.....	213
4.4.1	MATRIZ DE DÍGITOS PARA EXTENSIONES SIP.....	214
4.4.2	RANGO DE EXTENSIONES SIP	215
4.4.3	PLAN DE MARCADO	217
4.5	DISTRIBUCIÓN DE EXTENSIONES SIP	218
4.5.1	DISTRIBUCIÓN DE EXTENSIONES SIP POR TELÉFONO	218
4.5.2	DISTRIBUCIÓN DE EXTENSIONES SIP POR USUARIO	221
4.6	DISTRIBUCIÓN GENERAL DE EQUIPOS VoIP	222
4.7	SEGMENTACIÓN DE LA RED	223
4.7.1	CARACTERÍSTICAS	223
4.7.2	VENTAJAS	223
4.7.3	RECOMENDACIONES DE SEGMENTACIÓN	224
CAPÍTULO 5.....		226
PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS TARIFAS DE LLAMADAS		226
5.1	INTRODUCCIÓN	226
5.2	MODELO PROPUESTO.....	226
5.2.1	INVERSIÓN PROPUESTA	227
5.2.2	ANÁLISIS DE GASTOS TELEFÓNICOS.....	228
5.2.2.1	Gasto telefónico actual.....	228
5.2.2.2	Gasto telefónico propuesto.....	228
5.2.3	COMPARACIÓN DE LA SITUACIÓN PROPUESTA CON LA SITUACIÓN ACTUAL	230
5.2.3.1	Situación propuesta.....	230
5.2.3.2	Situación actual.....	232
5.2.3.3	Diferencia del valor futuro.....	233
5.2.4	CÁLCULO DEL TIR.....	234

5.2.5	BENEFICIO / COSTO.....	235
CAPÍTULO 6.....		238
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		238
6.1	CONCLUSIONES	238
6.2	RECOMENDACIONES	242
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		245

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1.....	1
FUNDAMENTO TEÓRICO	1
Tabla 1. Formato de cabecera RTP	22
Tabla 2. Formato de Cabecera RTCP	23
Tabla 3. Comparación de protocolos de señalización VoIP	27
Tabla 4. Mensajes SIP.....	32
Tabla 5. Códigos de respuestas SIP	33
Tabla 6. Niveles promedio de Jitter	38
Tabla 7. Niveles promedio de pérdida de paquetes.....	39
Tabla 8. Factores que influyen el Ancho de Banda de una red de voz y datos	47
CAPÍTULO 2.....	52
ESTUDIO COMPARATIVO DE SOFTWARE LIBRE PARA TELEFONÍA IP	52
Tabla 9. Comparación de Software libre para centrales PBX.....	59
Tabla 10. Descripción general de cada Módulo de FreeSwitch.....	70
Tabla 11. Descripción de comandos para módulo de Sofi-SIP.....	75
Tabla 12. Variables Integradas.....	79
Tabla 13. Comandos útiles para consola.....	79
Tabla 14. Descripción de acciones del módulo de herramientas	80
CAPÍTULO 3.....	86
ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA DE LAS DEPENDENCIAS DEL GAD-I Y DIMENSIONAMIENTO EFICIENTE DE LA RED DE DATOS	86
Tabla 15. Distribución de las Unidades del Edificio principal	89
Tabla 16. Unidades del Edificio Antiguo del GAD-I	90
Tabla 17. Unidades ubicadas en el Edificio del antiguo Cuartel	92
Tabla 18. Entidades externas que tienen vínculos con el GAD-I	98
Tabla 19. Estándares de una infraestructura de cableado para telecomunicaciones	100
Tabla 20. Resumen de equipos en el interior del Data Center	105
Tabla 21. Servidores activos del GAD-I.....	106
Tabla 22. Switches que se encuentran ubicados en el Data Center.....	109
Tabla 23. Convertidores de fibra óptica.....	110
Tabla 24. Lista de equipos de los proveedores de internet	111
Tabla 25. Dispositivos ubicados en el rack del edificio antiguo.....	112
Tabla 26. Elementos del rack del antiguo cuartel	114
Tabla 27. Elementos del rack cerrado de la Casa Ayala	115

Tabla 28. Switches no administrables.....	116
Tabla 29. Distribución de puntos de datos en el GAD-I.....	117
Tabla 30. Distribución de puntos de voz en el GAD-I.....	117
Tabla 31. Nomenclatura de los puntos de voz y datos certificados	117
Tabla 32. Nomenclatura de los puntos de voz y datos no certificados	118
Tabla 33. Datos generales de los puntos de datos del área A, seleccionados de forma aleatoria.....	118
Tabla 34. Datos generales de los puntos de datos del área B, seleccionados de forma aleatoria.....	118
Tabla 35. Sumario de Pruebas de los puntos de datos del área A.....	119
Tabla 36. Sumario de Pruebas de los puntos de datos del área B	119
Tabla 37. Datos generales de los puntos de voz del área A, seleccionados de forma aleatoria.....	121
Tabla 38. Datos generales de los puntos de voz del área B, seleccionados de forma aleatoria.....	121
Tabla 39. Sumario de Pruebas de los puntos de datos del área A.....	121
Tabla 40. Sumario de Pruebas de los puntos de datos del área B	122
Tabla 41. Descripción de los enlaces inalámbricos del GAD-I	128
Tabla 42. Características del backbone de fibra óptica.....	133
Tabla 43. Datos importantes de las entidades independientes	135
Tabla 44. Distribución telefónica de la planta baja del edificio principal.....	140
Tabla 45. Distribución telefónica de la primera planta del edificio principal.....	141
Tabla 46. Distribución telefónica de la segunda planta	142
Tabla 47. Distribución telefónica de la tercera planta.....	142
Tabla 48. Distribución telefónica de la planta baja del Edificio Antiguo	143
Tabla 49. Distribución telefónica de la primera planta del Edificio Antiguo	143
Tabla 50. Distribución telefónica de la planta baja del Edificio del Antiguo Cuartel	144
Tabla 51. Distribución telefónica de la primera planta del Edificio del Antiguo Cuartel.....	144
Tabla 52. Distribución de los números telefónicos de las unidades externas	145
Tabla 53. Datos del tráfico de voz por día	151
Tabla 54. Flujo de tráfico por horas del día viernes.....	152
Tabla 55. Flujo de tráfico y hora pico por día.....	153
Tabla 56. Flujo de tráfico entrante por cada troncal	153
Tabla 57. Análisis del flujo de tráfico saliente por día	154
Tabla 58. Flujo de tráfico por horas del día martes.....	155
Tabla 59. Flujo de tráfico y hora pico por día.....	156
Tabla 60. Flujo de tráfico por cada troncal	156

Tabla 61. Informe de la captura de tráfico del GAD-I, generado por Wireshark	160
Tabla 62. Simbología del tráfico de la red	161
Tabla 63. Tráfico del protocolo IP	161
Tabla 64. Valores de retardos mínimos, promedio y máximos de los paquetes transmitidos.....	162
CAPÍTULO 4.....	163
DISEÑO DE LA CENTRAL TELEFÓNICA IP Y DIMENSIONAMIENTO DE LAS APLICACIONES EN EL SOFTWARE LIBRE SELECCIONADO	163
Tabla 65. Resumen de la situación de la red telefónica	166
Tabla 66. Números telefónicos de la entidad	167
Tabla 67. Resumen de los Códec's más usados en sistemas VoIP	170
Tabla 68. Información necesaria para realizar los cálculos del ancho de banda de la llamada VoIP	171
Tabla 69. Resultados de las fórmulas aplicadas en el códec G.711	173
Tabla 70. Componentes del sistema de telefonía IP propuesto para el GAD-I.....	185
Tabla 71. Comparación de Servidores tipo Rack.....	186
Tabla 72. Componente C: ATAS.....	189
Tabla 73. Componente D: Switch de 24 puertos Ethernet PoE 10/100 Mbps	190
Tabla 74. Componente E: Switch de 48 puertos Ethernet PoE 10/100 Mbps.....	193
Tabla 75. Componente F: Comparación de Teléfonos Operadora/Recepción.....	195
Tabla 76. Componente G: Consola de Asistente	197
Tabla 77. Componente H: Comparación de teléfonos básicos IP	198
Tabla 78. Componente I: Comparación de Teléfonos Ejecutivos Tipo I.....	200
Tabla 79. Componente J: Comparación de Teléfonos Ejecutivos tipo II.....	202
Tabla 80. Componente K: Headset para teléfono operadora	204
Tabla 81. Componente L: Cable Adaptador de conexión directa al teléfono operadora	205
Tabla 82. Componente M: headset para PC.....	206
Tabla 83. Requerimientos de X-lite	211
Tabla 84. Matriz de dígitos de extensiones SIP para el GAD-I	214
Tabla 85. Rango de extensiones SIP	215
Tabla 86. Plan de Marcado	217
Tabla 87. Distribución de extensiones SIP por teléfono	218
Tabla 88. Distribución de extensiones SIP a cada usuario.....	221
Tabla 89. Distribución general de equipos VoIP	222
Tabla 90. Distribución de VLAN's.....	224
CAPÍTULO 5.....	226

PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS TARIFAS DE LLAMADAS	226
Tabla 91. Presupuesto referencial de equipos para el sistema de telefonía IP propuesto	227
Tabla 92. Gasto Telefónico mensual de un muestreo de 8 meses.....	228
Tabla 93. Gasto telefónico del mes de Enero.....	229
Tabla 94. Cálculo del valor futuro del proyecto con la Ecuación 6.	231
Tabla 95. Cálculo del valor futuro del proyecto con la Ecuación 7.....	233
Tabla 96. Diferencia de los valores futuros de la situación propuesta y de la situación actual	233
Tabla 97. Valores de los gastos telefónicos de la situación actual y situación propuesta.....	234
Tabla 98. TIR y tasa anual del proyecto	235

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1.....	1
FUNDAMENTO TEÓRICO	1
Figura 1. Conversión de una Señal Analógica a Digital.....	3
Figura 2. Funcionamiento de VoIP	5
Figura 3. Arquitectura de una red VoIP.....	6
Figura 4. Ejemplo de un Softphone	7
Figura 5. Teléfono IP con pantalla LCD gráfica.....	8
Figura 6. Adaptador Analógico Telefónico	9
Figura 7. Central Telefónica Analógica, con sus respectivas tarjetas de expansión.....	14
Figura 8. Pila de Protocolos de SIP.....	30
Figura 9. Proceso de Registro sin Autenticación	34
Figura 10. Proceso de registro con Autenticación	34
Figura 11. Establecimiento y Finalización de una sesión SIP	35
Figura 12. Formato de la trama VoIP	36
Figura 13. Compresión RTP de cabeceras IP, UDP y RTP	36
Figura 14. Modelo de Tráfico de Erlang B	51
CAPÍTULO 2.....	52
ESTUDIO COMPARATIVO DE SOFTWARE LIBRE PARA TELEFONÍA IP	52
Figura 15. Logo de AsteriskNow	53
Figura 16. Logo de Elastix.....	54
Figura 17. Logo de Trixbox	55
Figura 18. Logo de Freeswitch	57
Figura 19. Establecimiento de una llamada a través de FreeSWITCH.....	69
Figura 20. Arquitectura Modular de FreeSwitch	70
Figura 21. Ejemplo de Configuración de usuario 1500	76
Figura 22. Logotipo de FusionPBX	84
Figura 23. Ventana de configuración de extensiones de usuarios, teléfonos y gateways en FusionPBX.....	84
CAPÍTULO 3.....	86
ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA DE LAS DEPENDENCIAS DEL GAD-I Y DIMENSIONAMIENTO EFICIENTE DE LA RED DE DATOS	86
Figura 24. Organigrama estructural del GAD-I.....	87
Figura 25. Simbología del Organigrama estructural	87
Figura 26. Edificio principal del GAD-I.....	88

Figura 27. Fotografía del Edificio Antiguo del GAD-I.....	90
Figura 28. Fotografía del interior del antiguo cuartel	91
Figura 29. Oficina de Bodega del GAD-I.....	93
Figura 30. Área de Mecánica y Bodega.....	93
Figura 31. Edificio de la Casa Isidro Ayala	94
Figura 32. Fotografía del Mercado Amazonas.....	95
Figura 33. Fotografía de la esquina del coco	96
Figura 34. Fotografía del Torreón de la ciudad de Ibarra	97
Figura 35. Fotografía frontal del Data Center del GAD-I.....	103
Figura 36. Fotografía del interior del Data Center del GAD-I.....	104
Figura 37. Fotografía del Rack 3 (izquierda) y Rack 4 (derecha) donde se ubican los servidores de la entidad.....	106
Figura 38. Router Cisco modelo 2811	110
Figura 39. Fotografía del Rack secundario en la oficina de la central telefónica	112
Figura 40. Soporte abierto ubicado en el cuartel antiguo.....	113
Figura 41. Rack cerrado ubicado en el antiguo cuartel.....	113
Figura 42. Rack de la unidad de cultura.....	114
Figura 43. Mapa de cableado de los puntos de datos seleccionados anteriormente.....	120
Figura 44. Mapa de cableado de los puntos de datos seleccionados anteriormente.....	122
Figura 45. Diagrama Unifilar del cableado de la red de voz y datos del edificio principal	124
Figura 46. Simbología del Diagrama Unifilar	125
Figura 47. Topología lógica de la red de datos.	126
Figura 48. En la parte derecha el Mástil de 4 metros y el mástil de 2 metros, y en el lado izquierdo la Torre metálica de 48 metros de altura.....	127
Figura 49. Mástil de 6m en el Edificio del antiguo Registro Civil	128
Figura 50. Diagrama de la red inalámbrica del GAD-I.....	130
Figura 51. Diagrama del backbone de fibra óptica	132
Figura 52. Central telefónica del GAD-I	136
Figura 53. Teléfono Operadora ubicado en la unidad de la central de Operadora telefónica	138
Figura 54. Mini central telefónica y teléfono operadora marca Panasonic	138
Figura 55. Hora pico del viernes 4 de mayo, basado en los datos de la Tabla 54.....	152
Figura 56. Hora pico del día martes 8 de mayo, basado en los datos de la Tabla 58.....	155
Figura 57. Diagrama de conexión para la captura de tráfico de datos	159
Figura 58. Tráfico de la red del día viernes 9 de Noviembre del 2012.....	160
CAPÍTULO 4.....	163

DISEÑO DE LA CENTRAL TELEFÓNICA IP Y DIMENSIONAMIENTO DE LAS APLICACIONES EN EL SOFTWARE LIBRE SELECCIONADO	163
Figura 59. Diseño lógico del sistema de telefonía IP para el GAD-I.....	183
Figura 60. ATA marca Cisco	189
Figura 61. Consola de asistente Cisco SPA500S	197
Figura 62. Headset para teléfono operadora	204
Figura 63. Headset para PC	205
Figura 64. Softphone X-lite	210
Figura 65. Softphone Twinkle	212
Figura 66. Comparación de LAN tradicional y VLAN.....	223
CAPÍTULO 5.....	226
PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS TARIFAS DE LLAMADAS	226
Figura 67. Diagrama de series de inversión y gastos a un interés del 12%	230
Figura 68. Diagrama de series de inversión y gastos a un interés del 12%	232
Figura 69. Diagrama de rentabilidad económica del proyecto	235

ÍNDICE DE ECUACIONES

CAPÍTULO 1.....	1
FUNDAMENTO TEÓRICO	1
Ecuación 1. Flujo de tráfico	50
CAPÍTULO 4.....	163
DISEÑO DE LA CENTRAL TELEFÓNICA IP Y DIMENSIONAMIENTO DE LAS APLICACIONES EN EL SOFTWARE LIBRE SELECCIONADO	163
Ecuación 2. Tamaño total del paquete	172
Ecuación 3. Tamaño total del paquete VoIP	172
Ecuación 4. Velocidad del paquete	173
Ecuación 5. Requerimiento de Ancho de Banda.....	174
CAPÍTULO 5.....	226
PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS TARIFAS DE LLAMADAS	226
Ecuación 6. Fórmula del valor Futuro	230
Ecuación 7. Fórmula del Valor Futuro del presente	231
Ecuación 8. Fórmula del valor Futuro en el período.....	231
Ecuación 9. Fórmula del valor Futuro	232
Ecuación 10. Fórmula de Beneficio / Costo	236

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A:

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA FIBRA ÓPTICA

ANEXO B:

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL DATA CENTER

ANEXO C:

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ROUTER CISCO 2811

ANEXO D:

COMPROBACIÓN DE PUNTOS DE RED DEL GAD-I

ANEXO E:

ENCUESTA PARA ANÁLISIS DE LA RED TELEFÓNICA

ANEXO F:

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

ANEXO G:

REPORTES IMPRESOS DE LA CENTRAL TELEFÓNICA NITSUKO

ANEXO H:

RESULTADOS DEL TEST DE TRÁFICO DE VOZ

ANEXO I:

RESULTADOS DEL TEST DE TRÁFICO DE DATOS

ANEXO J:

TABLA DE ERLANG B

ANEXO K:

DATASHEETS DE LOS EQUIPOS SELECCIONADOS PARA EL SISTEMA VoIP
PROPUESTO

ANEXO L:

PLIEGOS DE EQUIPOS PARA EL SISTEMA VoIP

ANEXO M:

MANUAL DE INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE FREESWITCH Y FUSIONPBX

ANEXO N:

INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE SOFTPHONES

ANEXO O:

COTIZACIONES DE EQUIPOS PARA EL SISTEMA VoIP

ANEXO P:

TABLAS DE VALORES DE INTERÉS COMPUESTO

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

Con el interés de modernizar la comunicación de voz entre dependencias del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal San Miguel de Ibarra (GAD-I), mediante el diseño de un sistema de telefonía IP, basado en software libre e integrar con la red de datos; para mejorar la calidad del servicio de voz y reducir el abono telefónico de la institución; es importante exponer con detalle los conceptos que fundamentan el proyecto y dar a conocer los parámetros que cimientan el diseño acorde a las necesidades de la entidad; brindando escalabilidad, confiabilidad, incremento en la productividad y variedad de servicios VoIP, calidad de voz, reducción de costos en llamadas y gran movilidad.

1.2 GENERALIDADES DE VoIP

1.2.1 ANTECEDENTES

Los sistemas de telefonía tradicional, llamados Redes Telefónicas Conmutadas (RTC)¹ o PSTN (Public Switched Telephone Network; Red Pública de Telefonía Conmutada), se basan en un método muy simple pero ineficiente, denominado conmutación de circuitos; el cual permite una conexión entre dos equipos terminales mediante un circuito físico, que establece la comunicación y termina al momento de completarse, si la comunicación se establece a largas distancias, resulta necesario implementar amplificadores que permitan mejorar la señal, dando como resultado que el ruido se amplifique. Este método no permite que los recursos puedan ser usados al mismo tiempo por otro operador, soporta únicamente transmisión de voz por un canal de 64Kbps, no tiene ninguna seguridad y no permite escalabilidad. La PSTN se conecta directamente a una central telefónica

¹ RTC o PSTN.- Es un estándar telefónico internacional basado en utilizar líneas de cobre para transmitir datos de voz analógica entre terminales y una central de conmutación. Transporta únicamente las frecuencias mínimas necesarias para distinguir voces humanas.

análoga, ubicada en las instalaciones del usuario, a través de líneas troncales² que son guiadas por un cableado de cobre; para la gestión de llamadas internas, entrantes y salientes.

En los años 70 se produjo un creciente proceso de digitalización influyendo en los sistemas de transmisión de voz y por ende en las centrales de conmutación de la red telefónica. Por tal razón las centrales analógicas o PBX³ (Private Branch Exchange; Central Secundaria Privada) optaron por utilizar tecnologías digitales, que permitan el manejo eficiente de los distintos tipos de tráfico de voz, video y datos, que sobre todo brinden calidad en el servicio de voz; conectándose a redes digitales conocidas como RDSI⁴ (Red Digital de Servicios Integrados) que permite enviar datos codificados digitalmente por medio del cable telefónico de cobre, a una velocidad de 128Kbps y que puede llegar a 2 Mbps en un medio de fibra óptica.

Además permite utilizar dos canales, uno para navegar y otro para hablar por teléfono; utilizando un método más efectivo llamado conmutación por paquetes, el cual permite el intercambio de paquetes entre nodos temporales sin necesidad de establecer un camino fijo y con posibilidad de aumentar la flexibilidad y rentabilidad de la red para la comunicación.

Con este avance en las comunicaciones se crea la necesidad de integrar los distintos servicios de voz, video y datos en una misma infraestructura física y lógica, apareciendo las famosas centrales IP PBX que reemplazan a las antiguas centrales analógicas, con una tecnología digital que se basa en el protocolo IP (Protocolo de Internet), conectadas a líneas troncales de datos llamadas troncales SIP⁵ (Session Initiation Protocol, Protocolo de Inicio de Sesión) que permiten utilizar compresión de voz, lo que economiza ancho de banda en las instalaciones de acceso y deja más capacidad disponible para datos cuando se comparten las instalaciones de acceso.

² Línea troncal.- Es un enlace que interconecta las llamadas externas de una central telefónica, concentrando y unificando varias comunicaciones simultáneas en una sola señal.

³ PBX.- Es una central de telefonía que se encarga de establecer conexiones entre terminales de una misma empresa, o de hacer que se cursen llamadas al exterior.

⁴ RDSI.- Permite conexiones digitales extremo a extremo para proporcionar servicios de voz, video y datos, y a la que los usuarios acceden a través de un conjunto de interfaces normalizados.

⁵ SIP.- es un protocolo estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario donde intervienen elementos multimedia como el video, voz, mensajería instantánea, juegos en línea y realidad virtual.

Las centrales telefónicas IP permiten que los paquetes de datos que contiene la señal de voz digitalizada y comprimida, se envíen a través de una red de área local e internet en un cierto ancho de banda a la dirección IP del destinatario, por una misma infraestructura de red; permitiendo una amplia gama de aplicaciones y sobre todo una administración integrada, que facilita el trabajo y la comunicación de voz. Además estas centrales IP PBX están sobre plataformas libres como licenciadas, pero la tendencia actual es trabajar en software libre por motivos de costos, funcionalidades, independencia de marcas y el manejo de distintos protocolos estandarizados de señalización y transporte.

1.2.2 DEFINICIÓN DE VoIP

La tecnología de voz sobre el Protocolo de Internet o VoIP por el acrónimo de Voice over Internet Protocol, es un método que permite que la señal de voz (analógica) sea muestreada y codificada en señal digital (ver Figura 1) y viaja en forma de paquetes con métodos de compresión, por un cierto ancho de banda (broadband) en un enlace, para realizar y recibir llamadas telefónicas desde y hacia una dirección IP.

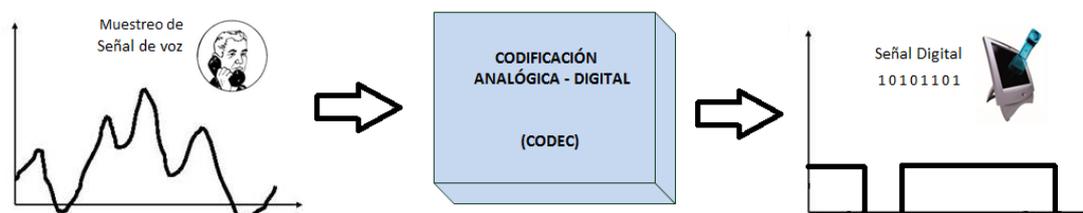


Figura 1. Conversión de una Señal Analógica a Digital.

Fuente: Adaptado de Reyes Augusto, F. C. (2010). Fundamentos y arquitectura de una red VoIP. EPN, Quito.

1.2.3 TELEFONÍA SOBRE PROTOCOLO DE INTERNET (IP)

Telefonía sobre IP, es el servicio telefónico que surge como una alternativa de comunicación de voz disponible al cliente, brindando nuevas aplicaciones y tarifas más baratas. Permite la transmisión de voz y datos, lo que posibilita la utilización de las redes informáticas que usan el protocolo IP, para efectuar llamadas telefónicas, como consecuencia una red convergente o multiservicios.

El proveedor de servicio telefónico asigna un código numérico al cliente, el cual se basa en la recomendación E.164⁶ de la UIT⁷ (Unión Internacional de Telecomunicaciones) que permite la portabilidad del número a cualquier lugar. Este servicio permite realizar o recibir llamadas y otras prestaciones; vía internet o a través de una red privada.

1.2.4 FUNCIONAMIENTO DE VoIP

Al realizar una llamada IP, la central telefónica establece una conexión permanente entre los puntos de origen y destino, lo que permite llevar las señales de voz por un cierto ancho de banda en un enlace de datos o en una red pública (internet). El funcionamiento de una red VoIP es el siguiente (ver Figura 2):

- Muestreo de la señal análoga (voz) para obtener su representación en forma digital con una tasa de bits promedio de 64 Kbps.
- Se aplica supresión de silencios, en la que se retira toda señal que no sea información.
- Mediante el procedimiento de modulación PCM (Pulse Code Modulation, Modulación por Pulsos Codificados) realiza la conversión de la señal analógica a formato digital.
- A través de un CODEC⁸ se realiza la compresión de la señal obtenida, en paquetes de datos IP (Protocolo de Internet) para la transmisión. El término CÓDEC hace referencia a CODificador/DECodificador, pero hoy en día se relaciona también con COMpresión/DECompresión, ya que la característica principal es poder garantizar la codificación/compresión de la señal de audio o video para luego realizar la decodificación/descompresión de la misma.
- Transmisión de paquetes al destino con su dirección IP correspondiente a través de una red de datos o internet.

⁶ E.164.- Es una recomendación de la UIT que asigna a cada país un código numérico usado para las llamadas internacionales. Un número E.164 está compuesto por el código de país, código de zona o ciudad y un número telefónico.

⁷ UIT.- La Unión Internacional de Telecomunicaciones es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación – TIC

⁸ CODEC (CODificador/ DECodificador).- Es un conjunto de algoritmos que permiten codificar y decodificar los datos auditivos, lo cual significa reducir la cantidad de bits que ocupa el fichero de audio para una buena calidad final en una red de datos.

- Recepción del paquete IP en el destino.
- Se descomprime el paquete IP.
- Se agregan los silencios que fueron suprimidos.
- Se realiza la conversión de la señal de voz digital a señal analógica.

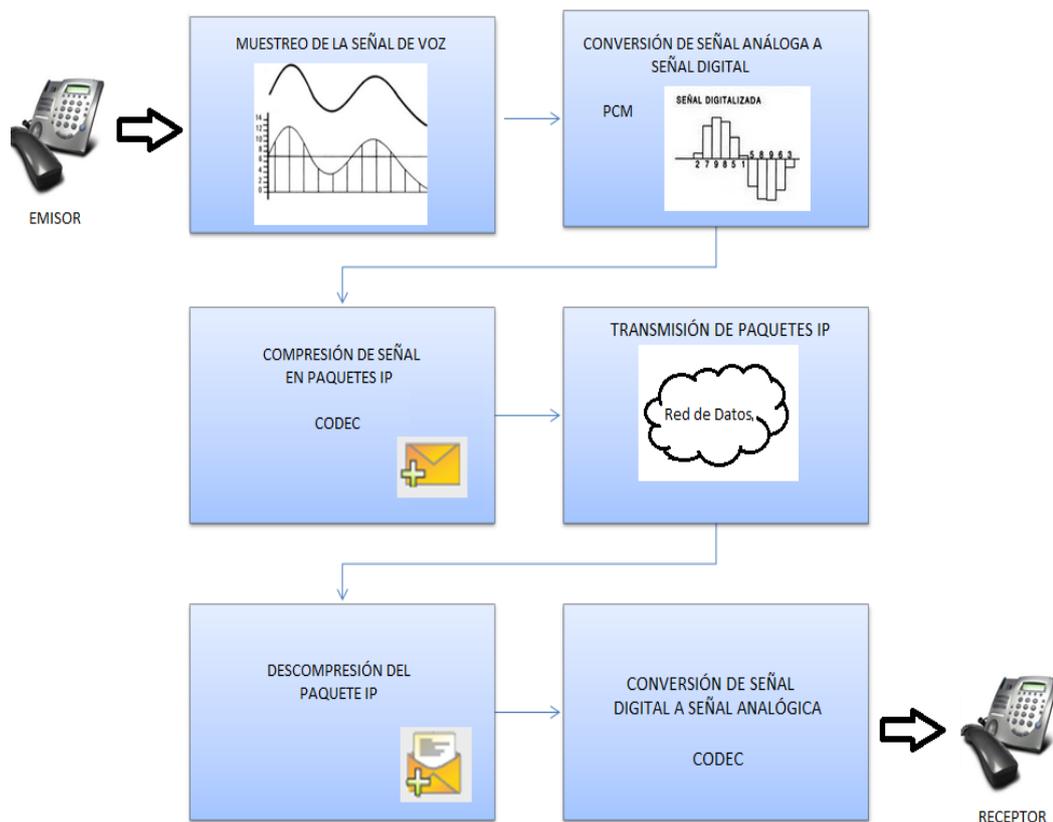


Figura 2. Funcionamiento de VoIP

Fuente: Adaptado de Reyes Augusto, F. C. (2010). *Fundamentos y arquitectura de una red VoIP*. EPN, Quito.

1.2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOLOGÍA VoIP

La tecnología VoIP presenta varias características que permiten ser adoptados rápidamente en el mundo de las comunicaciones, las cuales se presentan a continuación:

- Permite enviar información de voz en paquetes IP sobre cualquier red (Ejemplo: redes LAN⁹, WAN¹⁰, etc.) permitiendo la integración de servicios de fax, mensajería instantánea, correo de voz y videoconferencias.

⁹ LAN (Red de Área Local).- Es un sistema de comunicación entre computadoras que permite compartir información, que cubre una extensión limitada de 200 metros o un edificio.

- Proporciona conectividad con la PSTN.
- Usa estándares internacionales abiertos que permiten integrar varios servicios, equipos, protocolos y códecs.
- Puede tener mejor calidad de las llamadas, siempre y cuando las redes de datos presenten características favorables para la transmisión de los distintos tipos de tráfico de voz, video y datos.
- Puede realizar distintas conexiones al mismo tiempo usando los mismos recursos de la red en función de las necesidades de transmisión.
- Cuenta con elementos de seguridad que permiten al usuario autenticarse, mediante un servidor que administra y gestiona las cuentas.
- En la misma red LAN y WAN de la empresa se puede implementar el servicio de telefonía IP sin costo alguno en llamadas; ya que utiliza la misma infraestructura de red de datos para enviar tráfico de voz, administrar y controlar las llamadas.

1.3 ARQUITECTURA DE UNA RED VoIP

Los elementos principales de una red de telefonía IP se muestran a continuación (ver Figura 3):

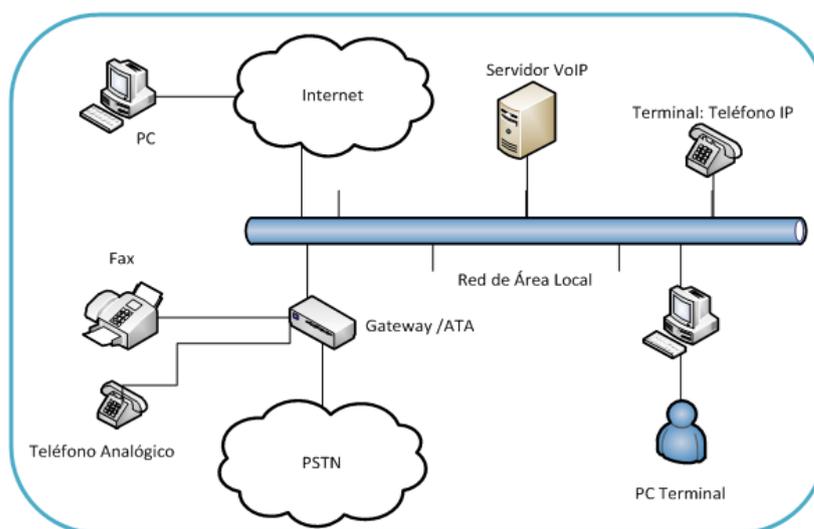


Figura 3. Arquitectura de una red VoIP

Fuente: Adaptado de Reyes Augusto, F. C. (2010). *Fundamentos y arquitectura de una red VoIP*. EPN, Quito.

¹⁰ WAN (Red de Área Amplia).- Son redes que cubren una amplia región geográfica, a menudo un país o un continente de 100 hasta unos 1000 Km.

1.3.1 TERMINALES

El cliente es quien establece y finaliza las llamadas, usando un terminal de voz, que le permite emitir la información codificada, luego la empaqueta y transmite a través del micrófono (entrada de información) del usuario, de la misma forma la información se decodifica y se reproduce a través de los altavoces o audífonos (salida de la información) en otro terminal del usuario destino. Un terminal puede ser:

1.3.1.1 Software

Un softphone es la combinación de software y teléfono para simular un teléfono convencional ejecutado desde un computador del usuario; comunicándose con la IP PBX a través de la red de datos. Para el funcionamiento del softphone se requiere usar un micrófono y un altavoz o mediante un teléfono USB. (Ver Figura 4)



Figura 4. Ejemplo de un Softphone

Fuente: Xlite. Portal web: <http://x-lite.programas-gratis.net/>

1.3.1.2 Hardware

Una terminal hardware es un teléfono que tiene soporte VoIP nativo y puede conectarse directamente a una red LAN o mediante internet, para establecer comunicación de voz (ver Figura 5).



Figura 5. Teléfono IP con pantalla LCD gráfica

Fuente: VoIPminic. Portal web: <http://www.voipminic.com/shop/index.php/cPath/33>

1.3.2 SERVIDORES VoIP

El Servidor tiene como objeto manejar y gestionar todo tipo de operación en tiempo real o no en tiempo real, para realizar la contabilidad, recolección de información, enrutamiento, administración y control de servicios, el registro de cuentas de usuarios y llamadas entrantes y salientes. El servidor está conectado a la PSTN mediante la red de datos e internet, para brindar el servicio de telefonía IP y otras prestaciones a los usuarios terminales (ver Figura 3).

El Servidor puede adoptar diferentes nombres dependiendo del protocolo de señalización utilizado. En el caso del protocolo H.323¹¹, el servidor es conocido como Gatekeeper¹²; en un sistema SIP (Protocolo de Inicio de Sesión), servidor SIP; y en un sistema basado en MGCP¹³ (Media Gateway Control Protocol) o MEGACO, Call Agent (Agente de llamadas)

1.3.3 GATEWAYS / ATA

Un Gateway es una puerta de enlace, también conocido como dispositivo ATA (Adaptador telefónico Analógico) que proporciona un puente de comunicación entre la red VoIP con la PSTN, para que distintos usuarios puedan comunicarse.

¹¹ H.323.- Define los protocolos para proporcionar sesiones de comunicación multimedia sobre redes IP, incluyendo audio, vídeo y conferencia de datos en cualquier red de paquetes.

¹² Gatekeeper.- Aplicación de software o dispositivo que proporciona traducción de direcciones, registro, control de llamadas, servicios de directorio y funciones de gestión de ancho de banda

¹³ MGCP.- es un protocolo interno VoIP de control de dispositivos, definido por la RFC 3435, y aunque no ostenta como estándar, su sucesor Megaco o H.248 está aceptado como un mecanismo necesario de llamada para permitir a un controlador Media Gateway el control de puertas de enlace para soporte de llamadas de voz/fax entre redes PSTN-IP o IP-IP.



Figura 6. Adaptador Analógico Telefónico

Fuente: CISCO. Portal web: <http://www.cisco.com/en/US/products/ps10026/index.html>

Se encarga de adaptar las señales de voz a las redes VoIP y viceversa, actuando totalmente transparente para el usuario. Posee, puertos LAN y permite interfaces de conexión como:

- **FXO (Foreign Exchange Office).**- Permite la conexión a extensiones de centralitas o a la PSTN, mediante un software especial para recibir y realizar llamadas. Sirve para implementar una PBX en un ordenador.
- **FXS (Foreign Exchange Station).**- Permite conectar un teléfono a un ordenador.
- **E&M (Nombre derivado de las siglas E: Ear - Recibe, M: Mouth-Transmite).**- Emplea técnicas de señalización para la conexión específica de PBXs entre sí, mediante troncales de telefonía tradicional.
- **BRI (Basic Rate Interface).**- Usado para acceso básico RDSI (2B+D) hacia clientes, lo cual significa que tiene dos canales de datos de 64kbps (llamados canales "B") y un canal de control de 16kbps (llamado canal "D").
- **PRI (Primary Rate Interface).**- Usado para acceso primario RDSI (23B+D); lo cual quiere decir que provee 23 canales portadores de 64-kbps (llamado canal "B") y un canal de datos de 64-kbps (llamado canal "D").
- **G703/G.704.**- Define las características físicas y eléctricas de la interfaz para transmitir voz o datos sobre canales digitales tales como los E1 ó T1¹⁴.

¹⁴ E1 o Trama 1.- es un formato de transmisión digital que permite interconectar troncales y mucho más. La trama E1 consta en 32 divisiones (time slots) de 64kb cada una, lo cual hace un total de 30 líneas de teléfono normales más 2 canales de señalización, en cuanto a conmutación.

1.4 TIPOS DE LLAMADAS

Existen diferentes formas de realizar llamadas utilizando la tecnología VoIP, las cuales se presentan a continuación:

1.4.1 MEDIANTE UN DISPOSITIVO ATA (ANALOG TELEPHONE ADAPTOR)

Utilizando un dispositivo ATA (Adaptador de Teléfono Análogo) es la forma más simple de conectar teléfonos analógicos a la computadora o a la red, para utilizarlos en una arquitectura VoIP. Permite transformar las señales analógicas de la línea de teléfono a señales digitales para ser transmitidos a través de la red de datos o internet.

1.4.2 MEDIANTE TELÉFONOS IP

Los teléfonos IP disponen de puertos Ethernet que se conectan directamente a un punto de la red LAN mediante un patchcord (cable de red). Estos teléfonos incluyen el software necesario para adaptarse a una red de datos y enviar la información de voz en forma digital al destino.

1.4.3 COMPUTADORA A COMPUTADORA

Para realizar la comunicación de voz entre computadores, se requiere de un micrófono, parlantes y una tarjeta de sonido. Además se debe tener en cuenta el softphone preferido por el usuario que sea fácil de instalar y manipular.

1.5 PROCESO GENERAL DE UNA LLAMADA IP

Para dar a conocer el proceso de una comunicación de voz sobre IP, se utilizará el tipo de llamada mediante teléfonos IP, que se muestra a continuación:

- El emisor y receptor de llamada se registran en el servidor VoIP con sus teléfonos.
- El emisor levanta el teléfono y realiza la marcación de los dígitos asignados al teléfono del destinatario.
- Se envía un tono de llamada a través de una conexión a una red local.
- El servidor VoIP verifica si el número marcado existe o no en el sistema. En el caso que no exista el número; aparece un mensaje de conexión fallida; caso contrario se da un tono de marcado y espera la contestación del destinatario.
- El servidor asocia la dirección IP con el número telefónico; lo cual le permite determinar la señalización y el control de la llamada.
- El teléfono IP destino recibe un tono de llamada.
- Se establece la conexión de los dos terminales.
- Los teléfonos IP mediante un software y hardware especial se encargan de transformar la señal analógica a señal digital y viceversa. Además de comprimir la señal en un paquete IP para ser transmitido por cualquier camino en la red.
- Se establece la comunicación enviando y recibiendo paquetes IP.
- Se termina la conexión y el servidor verifica la llamada concluida.

1.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE VoIP

1.6.1 VENTAJAS DE VoIP

- Reducción de abonos telefónicos debido a que las llamadas realizadas dentro de la misma red de la empresa no tienen ningún costo y las llamadas nacionales e internacionales tienen tarifas más bajas.
- Presenta escalabilidad y menor inversión; ya que usa la misma infraestructura de red para la transmisión de voz, video y datos.
- Flexibilidad ya que es independiente del tipo de red física que lo soporta y permite la integración con las grandes redes IP actuales.
- Permite mayor cantidad de prestaciones y servicios que la telefonía tradicional como video conferencia, mensajería instantánea, correo de voz, intercambio de datos, entre otros.

- La tecnología VoIP utiliza códecs específicos, que permiten establecer una comunicación a través de reducidos anchos de banda, ya que los paquetes digitales de voz son cada vez más pequeños, que dan una mayor velocidad en la transmisión.
- Permite la integración de sistemas informáticos de la empresa con la telefonía IP; mejorando el control y la administración.
- Permite gran portabilidad del servicio de telefonía IP ya que se puede hacer y recibir llamadas donde quiera que haya una conexión a la red de datos o internet, simplemente ingresando con la cuenta o extensión VoIP.
- Simple y fácil de usar en un entorno IP para los usuarios.
- Fácil instalación y gestión de la red VoIP.
- Alta disponibilidad del servicio y hardware de telefonía IP.
- Permite crecimiento a futuro.

1.6.2 DESVENTAJAS DE VoIP

- La calidad de transmisión es un poco inferior a la telefonía tradicional ya que la voz viaja en forma de paquetes y puede haber pérdidas de información y demoras en la transmisión.
- Los retrasos de paquetes y/o cortes de información en una comunicación por VoIP pueden llegar a darse debido a la cantidad de tráfico en la red que no es regulado y por un ancho de banda que no abastece la transmisión de voz.
- La presencia de jitter o variaciones del retardo en la LAN por la saturación de la red; pueden provocar que las conversaciones telefónicas sean inaceptables para los usuarios; para evitar estos problemas se aplica métodos de almacenamiento de flujos.
- Puede presentarse un deterioro de la comunicación al llegar al usuario, que por lo general sucede cuando se produce una congestión de gran escala en la red o por una baja velocidad de conexión.
- En el caso de un corte de energía eléctrica, no se tendrá servicio telefónico hasta que se reanude el suministro eléctrico; para lo cual se recomienda utilizar generadores eléctricos para los equipos de comunicación concentrados en un centro de comunicaciones.

La VoIP es una tecnología que cada día se va perfeccionando para evitar estos problemas y brindar un servicio de mejor calidad.

1.7 CENTRALES PBX (PRIVATE BRANCH EXCHANGE)

1.7.1 CENTRAL PBX

Una central PBX (Private Branch Exchange - Central Secundaria Privada); es una central telefónica dentro de una entidad que se conecta directamente a la PSTN, por medio de líneas troncales que permiten gestionar las llamadas internas, entrantes y salientes, de forma independiente de otra central. La PSTN realiza el enrutamiento de la llamada hasta su destino final mediante enlaces unificados de transporte de voz llamados troncales.

1.7.1.1 Características

- Evita conectar todos los teléfonos de una oficina de manera separada a la PSTN.
- Tiene un promedio de 10 -15 años de vida útil.
- Consta de tarjetas de expansión que disponen de puertos con conectores telefónicos para aumentar el número de líneas troncales conectadas al PBX o más extensiones internas (Ver Figura 7).
- No permite la integración a la red de datos.
- Por lo general se conecta a $2n$ hilos de cobre para las n líneas externas contratadas.
- Crecimiento limitado.



Figura 7. Central Telefónica Analógica, con sus respectivas tarjetas de expansión
Fuente: Fotografía tomada de la Central del GAD-I.

1.7.1.2 Funciones

- Permite la transferencia de llamadas entrantes de un usuario a otro, lo cual facilita el manejo de las comunicaciones dentro de una empresa.
- Recapta las llamadas y las distribuye al usuario solicitado, a través de una operadora.
- El usuario que realiza la llamada puede ser enrutado a la extensión del destinatario, que solicita de manera automática al marcar la selección requerida.
- Funcionan como equipos físicos para la administración del tráfico de llamadas.
- Contabiliza las llamadas para uso financiero y de facturación.
- Se puede configurar los parámetros de las llamadas entrantes y salientes.

1.7.2 CENTRAL IP PBX

Una central IP PBX viene de la unión de las funcionalidades típicas de una central PBX, pero con la diferencia que permite la integración de la telefonía y la transferencia de datos por una misma red sobre el protocolo de Internet (IP); lo cual permite una sola gestión del tráfico de voz y datos. Además de poder ampliar nuevas posibilidades de servicios, aplicaciones y reducir costos en llamadas e infraestructura.

1.7.2.1 Características:

- Usan códecs de compresión diferentes para la transmisión de voz a través de una conexión LAN o internet, para optimizar la capacidad de ancho de banda posible.
- Permiten utilizar distintas marcas de equipos en el mercado, ya que presenta protocolos estandarizados.
- Una amplia gama de servicios y aplicaciones que no presenta las centrales analógicas.
- Permite el control y monitoreo de forma remota en cualquier parte de la red.

1.7.2.2 Funcionalidades:

Las funciones de la central telefónica dependen del software y hardware utilizado, el cual puede ser licenciado o de plataforma libre. Algunas funciones generales son:

- Soporta gran cantidad de extensiones
- Operadores automáticos
- Caller ID (Identificación de llamadas)
- Grabación de llamadas
- Mensajería instantánea (IM)
- Correo de voz (Voicemail)
- Sala de conferencia
- Métodos de compresión VoIP
- Sistemas de Diagnóstico
- Generación de Informes
- Sistemas de audio respuesta Interactivo (IVR – Interactive Voice Response)
- Fax a correo electrónico
- Uso de Softphone
- Transferencia de llamadas
- Administración y monitoreo vía web.
- Compatible con teléfonos análogos y sistemas de Fax

- Compatible con teléfonos digitales IP y SIP.
- Conectividad a troncales análogas y digitales.
- Conectividad a troncales SIP.

1.8 SOFTSWITCH

1.8.1 DEFINICIÓN

“El Softswitch es el principal dispositivo en la capa de control dentro de una arquitectura NGN¹⁵ (Next Generation Network), encargado de proporcionar el control de llamada (señalización y gestión de servicios), procesamiento de llamadas, y otros servicios, sobre una red de conmutación de paquetes (IP).” (WIKIPEDIA. Recuperado de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Softswitch>)

El término Softswitch tiene varias definiciones dependiendo del autor o aplicación, que por lo general es usado para referirse al gestor de llamadas y tarificación de un proveedor de servicios de internet y telefonía como es la CNT¹⁶ EP. (Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública). En el caso de una red privada de VoIP en una entidad privada, se mantiene el concepto de servidor y gestor de llamadas; atribuyéndole características y funcionalidades similares a una central IP PBX de gran potencia y flexibilidad. Además es una plataforma eficiente que maneja estándares abiertos para conseguir la integración de servicios y aplicaciones de voz, video, datos y multimedia, en redes NGN.

Cuando se refiere a VoIP se considera al Softswitch como el Proxy o elemento de registro en el protocolo SIP o como el Gatekeeper en el protocolo H.323. También se lo puede asociar cuando se habla de un MGC (Media Gateway Controller) en MGCP y MEGACO de Cisco.

¹⁵ NGN.- Una Red de Siguiete Generación es una red basada en la transmisión de paquetes capaz de proveer servicios integrados de voz, video, multimedia y datos, capaz de explotar al máximo el ancho de banda del canal haciendo uso de Tecnologías de Calidad del Servicio (QoS) de modo que el transporte sea totalmente independiente de la infraestructura de red utilizada.

¹⁶ CNT EP.- Entidad pública de telecomunicaciones que oferta servicios de telefonía fija local, regional e internacional, acceso a internet (Dial-UP, DSL, Internet móvil), televisión satelital y telefonía móvil en el territorio ecuatoriano.

1.8.2 CARACTERÍSTICAS

- Un Softswitch permite el control y gestión de una red multi servicios en una arquitectura NGN, presentando funcionalidades y características avanzadas de una PBX.
- Provee un sistema telefónico tradicional, confiable y de alta calidad a través de la red IP.
- Soporta codificación, decodificación y compresión de voz; además dispone de interfaces PSTN y Ethernet con redundancia.
- Soporta distintos tipos de tráfico de voz, video, multimedia y datos.
- Permite la integración de teléfonos analógicos como digitales.

1.8.3 FUNCIONES PRINCIPALES

Las funciones principales de un Softswitch de acuerdo al concepto de servidor VoIP son las siguientes:

- Realiza funciones de procesamiento, establecimiento y desconexión de llamadas mediante la señalización de la información.
- Proporciona autenticación de llamadas y autorización.
- Provee alta disponibilidad de operación para servicios de telecomunicaciones.
- Permite transportar paquetes de voz, datos, fax y video entre la red IP a la PSTN.
- Permite añadir funcionalidades de IVR, videoconferencia, fax en e-mail y Fax over IP con el protocolo T.38¹⁷.
- Proporciona soporte para servicios suplementarios y clases de servicios.
- Realiza la traslación de direcciones, enrutamiento, emergencia y llamadas en espera.

¹⁷ T.38 es una recomendación de la UIT para permitir la transmisión de fax sobre redes IP en tiempo real.

1.9 TRONCAL SIP

1.9.1 DEFINICIÓN

Una troncal SIP se refiere a un grupo de líneas telefónicas basada en la tecnología VoIP, que permite a la central IP PBX de una empresa, establecer una conexión de datos con el proveedor de servicios de telefonía, para adquirir los servicios de voz, video y datos por un mismo medio; la cual reemplaza a las anteriores troncales analógicas y digitales, con mejores características técnicas y funcionales en las comunicaciones de voz sobre el protocolo IP.

1.9.2 CARACTERÍSTICAS

Algunas de las características que presenta la troncal SIP son:

- Permite la comunicación de voz dentro y fuera de la empresa sobre el protocolo IP.
- Soporta centrales IP PBX o centrales híbridas (conmutadores análogos - digitales).
- Usa un puerto Ethernet del servidor VoIP para la conexión con la troncal SIP.
- No requiere instalación física adicional.
- No requiere de tarjetas adicionales en el servidor para la instalación de la troncal.
- La línea troncal puede tener uno o varios números telefónicos para llamadas entrantes (DID¹⁸, Discado Directo Interno), con la posibilidad de manejar canales múltiples para llamadas salientes.
- Mayor cantidad de funcionalidades, flexibilidad y gran capacidad de procesamiento de llamadas.
- Permite optimizar costos y da mayor eficiencia en su uso.
- Posibilidad de notificación de eventos – opciones de recuperación en caso de fallo.

¹⁸ DID.- Direct Inward Dialing o Discado directo interno, es una función que ofrecen las empresas de telefonía para poder usar con la centralita telefónica de sus clientes mediante la cual la empresa de telefonía asigna un rango de números conectados a la centralita de su cliente.

1.9.3 ELEMENTOS PRINCIPALES

Para implementar la solución de VoIP con una troncal SIP se requiere de tres elementos principales:

1.9.3.1 Central IP PBX o Servidor VoIP

Para establecer la comunicación de la troncal SIP a la empresa, se requiere de una interfaz disponible en la central IP PBX o en el Servidor VoIP; el cual comunica todas las dependencias internas a través de una red IP.

1.9.3.2 Elemento de Borde de la empresa

Se requiere de un elemento de borde que entienda el protocolo SIP, este se conecta al proveedor de servicios de telefonía. Este componente es opcional, puede ser un firewall con soporte SIP o un equipo “edge” conectado al firewall que maneje el tráfico SIP.

1.9.3.3 Proveedor de servicios de telefonía

El proveedor de servicios de telefonía proporciona la conectividad a la PSTN para establecer comunicaciones con teléfonos fijos y móviles.

1.10 PROTOCOLOS

Un protocolo es un conjunto de reglas y convenciones que permiten la comunicación entre distintos elementos de red.

La PSTN fue creada específicamente para la transmisión de voz, por lo que tiene limitaciones tecnológicas para el tráfico de datos o video por el mismo canal. Por tal razón se considera necesario usar distintos protocolos que manejan la tecnología VoIP en una red de datos, para brindar calidad en el servicio de telefonía sobre el protocolo IP, el cual no fue creado específicamente para transmisión de voz

en tiempo real, pero hoy en día la nueva generación de redes, permite la integración del tráfico de voz, video y datos por un mismo medio de transmisión. Los protocolos permiten una conexión con métodos de señalización entre terminales que encaminan el flujo de voz para los dos sentidos de la conversación.

1.10.1 PROTOCOLOS DE TRANSPORTE

Es un protocolo que se encuentra en la capa transporte del modelo OSI (modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos – Open System Interconnection), el cual cumple la función de establecer una conexión libre de errores y una transmisión confiable de los datos entre el emisor y el receptor.

1.10.1.1 Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP)

El Protocolo RTP (siglas en inglés Real-time Transport Protocol); es un protocolo que permite la transmisión de información en tiempo real, que puede integrar distintas aplicaciones como audio y video en una conferencia. Fue desarrollado como estándar por la IETF (Internet Engineering Task Force o Grupo Especial sobre Ingeniería de Internet) en la RFC¹⁹ 3550

Características:

- El protocolo RTP se transporta junto a un Datagrama de capa transporte llamado UDP²⁰ (Protocolo de Datagrama de Usuario) el cual no garantiza la recepción de los paquetes, pero permite mayor velocidad para aplicaciones de voz y video.
- El RTP no es fiable pero presenta algunas características de un protocolo de transporte.
- No proporciona el reenvío automático de paquetes perdidos.

¹⁹ RFC (Request For Comment).- Los RFC son formularios con una estructura determinada, que pueden ser generados y distribuidos por cualquier persona que tenga una buena idea para cambiar o mejorar algún aspecto de Internet.

²⁰ UDP (Protocolo de datagrama de usuario).- es un protocolo no orientado a conexión basado en el intercambio de datagramas a través de la red. Además muy simple ya que no proporciona detección de errores ni control de flujo.

- No reserva ningún recurso y no afecta el comportamiento de la red, ya que funciona de extremo a extremo sin realizar ninguna acción de encaminamiento (control de calidad de servicio).
- Permite aplicaciones multidifusión simple para audio conferencia, video, mezcladores y traductores.
- El protocolo RTP sufre vulnerabilidades ya que no proporciona ninguna información de control útil al remitente el cual podría permitir que un usuario falso se autentique con los datos de otro usuario reemplazando los campos de la cabecera RTP como nombre o dirección. Para evitar estos problemas es necesario utilizar el protocolo RTCP, que ofrece un mecanismo de control entre los participantes de la sesión.
- RTCP ofrece información completa acerca de la calidad de transmisión: pérdidas de paquetes, retardos, etc.

Mecanismos para la transmisión de voz:

Utiliza dos mecanismos principales que garantizan la transmisión de voz:

- Usa números de secuencia para reorganizar los paquetes que se envían en una red IP, en el caso que lleguen en desorden ya que la información puede elegir distintos caminos.
- Dispone de un registro de tiempo para ajustar los intervalos de muestreo de acuerdo a la secuencia original.

Los paquetes VoIP se encuentran en el Protocolo RTP, encapsulados en el Protocolo UDP, el cual es mucho más liviano para aplicaciones en tiempo real, que el protocolo TCP²¹ (Protocolo de Control de Transmisión); ya que este presenta retardos por el control que realiza en los paquetes recibidos.

²¹ TCP (Protocolo de Control de Transmisión).- es un protocolo orientado a conexión y fiable del nivel de transporte, es decir, que permite que dos máquinas que están comunicadas controlen el estado de la transmisión.

Formato de Cabecera RTP (ver Tabla 1):

Tabla 1. Formato de cabecera RTP

Byte 0		Byte 1		Byte 2	Byte 3	
V=2	P	X	CC	M	PT	
Versión de protocolo	Bits de relleno	Campo de extensión	Campo de Conteo	Campo de marcador	Tipo de carga útil	Número de secuencia
Time Stamp (sellado de tiempo)						
Identificador de la fuente de sincronización (SSRC)						
Identificador de las fuentes contribuyentes para la carga útil (CSRC)						
Extensión de cabecera (opcional)						
Datos						

Fuente: Manuel Flores. (2007). Análisis de los protocolos de tiempo real (RTP, RTCP). Universidad de Málaga, Málaga.

1.10.1.2 Protocolo de Control en Tiempo Real (RTCP)

El protocolo RTCP permite el envío de datos de control entre dispositivos de forma periódica en una secuencia RTP; en la cual se envían paquetes que verifican las condiciones de la transmisión en el extremo remoto para informar acerca de la calidad del servicio en una aplicación.

Funciones:

- Realiza el empaquetado y transporte de datos multimedia conjuntamente con RTP, pero no transporta ningún dato por sí mismo.
- Muestra información del desarrollo de una aplicación que permite reducir la congestión o diagnosticar problemas de red como paquetes perdidos o jitter.
- Permite la correlación y sincronización en una sesión streaming²² entre el emisor y receptor.
- Permite al remitente modular su velocidad de salida según los recursos disponibles.

²² Streaming.-es una tecnología que permite la visualización de los datos a medida que van siendo descargados. Esta tecnología ha permitido la transmisión de audio y video en vivo, principalmente en Internet

Formato de Cabecera RTCP:

Tabla 2. Formato de Cabecera RTCP

CAMPO	DESCRIPCIÓN
Versión	2 bits. Indica la versión RTP, que es la misma en los paquetes RTCP como en los RTP
Padding	1 bit. Este campo muestra si está activado, el paquete contiene algunos bits de padding al final que no son parte de la información de control y cuantos se tiene que ignorar.
Count	5 bits. Indica si el paquete contiene bloques de informes del receptor.
Type	8 bits. Indica el tipo de paquete RTCP
Length	16 bits. Indica la longitud del paquete RTCP

Fuente: Manuel Flores. (2007). Análisis de los protocolos de tiempo real (RTP, RTCP). Universidad de Málaga.

RTCP es un protocolo complementario con RTP, el cual le brinda un mecanismo de control que ofrece información sobre la calidad de los datos y ayuda a elegir el intervalo de tiempo adecuado y a sincronizar los flujos de audio o video, pero no ofrece garantías. Para esto, se debe utilizar un protocolo de reserva como RSVP o asegurarse de que los enlaces de comunicación utilizados sean de proporción correcta en relación con el uso que se hace de ellos.

1.10.2 PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN

Los protocolos de señalización permiten establecer, mantener y terminar correctamente una sesión (llamada) entre dos dispositivos en una red IP.

Algunos de los protocolos más comúnmente usados para la señalización en VoIP son H.323, IAX2, SIP y MGCP; para determinar cuál protocolo es el más apto para el sistema a diseñar, se dará a conocer los aspectos más importantes y una tabla de comparación de los mismos.

1.10.2.1 Protocolo H.323

El protocolo H.323 es una recomendación de la UIT-T compuesta por varios protocolos y especificaciones lo que la hace muy compleja. Fue creado específicamente para videoconferencia en redes IP; pero comúnmente se usa para telefonía IP.

Características:

- Permite el control y proceso de llamadas.
- Encamina la señalización y gestión de ancho de banda para conferencias punto a punto y multipunto
- No garantiza la calidad del servicio y el transporte de datos puede, o no, ser fiable.
- Es independiente de la topología de red y permite pasarelas que usan más de un canal para cada tipo de tráfico (voz, vídeo y datos) al mismo tiempo.
- Presenta problemas con la traducción de direcciones de red (NAT²³).

1.10.2.2 Protocolo SIP

SIP (siglas en inglés Session Initiation Protocol o Protocolo de Inicio de Sesión) fue desarrollado por el IETF, con el objetivo de ser un estándar para establecer, modificar y terminar sesiones interactivas entre múltiples usuarios de una red IP, en la que se puede transmitir voz, video, mensajería instantánea, juegos en línea y realidad virtual.

Características:

- Integrada en la infraestructura web.
- Modelo cliente – servidor.
- Reutiliza conceptos de otros servicios (web, correo, DNS).
- SIP es un protocolo de señalización a nivel de aplicación.
- Especificado en la RFC 3261 de la IETF.
- SIP fue diseñado para que la telefonía IP se convierta en un servicio más en internet.
- Usa el puerto 5060 para UDP y TCP, para distintas aplicaciones.
- Mayor flexibilidad en el que se puede agregar más funciones y características.

²³ NAT (Network Address Translation).- es un mecanismo en tiempo real utilizado por enrutadores IP para intercambiar paquetes entre dos redes que se asignan mutuamente direcciones incompatibles.

- Implementación más simple.
- Permite gestionar y describir un conjunto de usuarios y componentes del sistema.

1.10.2.3 Protocolo IAX2

IAX (Inter-Asterisk eXchange Protocol) version 2, es un protocolo abierto utilizado por una central IP PBX Asterisk patrocinado por la empresa Digium, que puede ser descargado y desarrollado libremente.

Características:

- Definido en la RFC 5456.
- Protocolo de muy bajo ancho de banda, ya que empaqueta múltiples sesiones dentro de un flujo de datos.
- Tiene alta calidad en sistemas Asterisk que permite interconectar varias IP PBX como si fuera una única central.
- Utiliza el puerto UDP 4569 para la señalización del flujo de transmisión para una comunicación más sencilla detrás del firewall.
- Usado entre servidores y clientes que manejen el mismo protocolo.

1.10.2.4 Protocolo MGCP (Media Gateway Controller Protocol)

MGCP, es un protocolo interno de VoIP de tipo cliente – servidor definido por la IETF, que permite el control de dispositivos, donde un gateway esclavo (MG, Media Gateway) es controlado por un maestro (MGC, Media Gateway Controller, también llamado Call Agent), definido por la recomendación RFC 3435. Además el sucesor a MGCP es el protocolo MEGACO definido por la RFC 3015 o también llamado H.248, que permite el control de puertas de enlace para el soporte de llamadas de voz/fax entre redes PSTN-IP o IP-IP.

Características:

- Definido como un estándar para conferencia multimedia sobre el protocolo IP.
- Permite establecer la conectividad y traducción entre redes diferentes e incompatibles como son las redes de conmutación de paquetes y la de conmutación de circuitos.
- Soporta un control de señalización de llamada escalable.
- En el Gateway o en controlador de llamadas se integra el control de QoS.
- Los mensajes MGCP viajan sobre UDP, por la misma red de transporte IP y su sesión puede ser punto a punto o multipunto.

MEGACO tiene las siguientes características:

- MEGACO también denominado H.248 por la ITU para el soporte de llamadas de voz/fax.
- H.248 es un complemento a los protocolos H.323 y SIP, ya que se utiliza para controlar los Media Gateways y el H.323 o SIP, para comunicarse con otro controlador Media Gateway.
- Es un protocolo de arquitectura muy compleja.

Los protocolos MGCP y MEGACO son usados por lo general por empresas portadoras, que distribuyen el servicio de telefonía IP, permitiendo la entrega de servicios avanzados a través de terminales de mínimas características; a diferencia del protocolo SIP que usa terminales inteligentes lo que permite descentralizar varias aplicaciones y mejorar la calidad de los mismos.

1.11 COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN

En la comparación de los protocolos de señalización no se considerará el protocolo MGCP ni MEGACO, ya que presentan una arquitectura muy compleja para ser usado en las redes de telefonía IP dentro de una entidad.

Para determinar el mejor protocolo de señalización para una red VoIP, se dará a conocer una tabla de comparación (ver Tabla 3) con las características más fundamentales:

Tabla 3. Comparación de protocolos de señalización VoIP

CARACTERÍSTICAS	H.323	SIP	IAX2
Arquitectura	Distribuida	Distribuida	Distribuida
Estandarización	SI	SI	SI, Reciente
Disponibilidad	Baja. Es un protocolo libre pero con una especificación muy compleja y no es utilizado en varios sistemas de telefonía IP en el mercado actualmente.	Alta. Es un protocolo libre con una especificación simple. Utilizado en varios sistemas de telefonía IP en el mercado.	Alta. Es un protocolo libre con una especificación mucho más simple pero no es comúnmente utilizada, ya que no es muy conocida en el mercado.
Interoperabilidad	SI. Permite la interoperabilidad entre distintos códecs y protocolos.	SI, Permite la interoperabilidad entre distintos códecs y protocolos. Además gran interoperabilidad entre sistemas y equipos (teléfonos, servidores, equipos de red, etc.)	SI, Permite la interoperabilidad con distintos códecs y protocolos. En el caso de equipos aún es muy restringida su operación entre ellos ya que no todos soportan IAX2.
Funcionalidades de control de llamada	SI	SI	SI
Soporta gran cantidad de llamadas	SI. Presenta balanceo de carga en los gateways implicados.	SI. Presenta un método de balanceo de carga.	SI, presenta métodos para el manejo de llamadas por un mismo puerto.
Ancho de Banda	El Ancho de Banda depende de los componentes de control de la arquitectura H.323.	Mayor Ancho de Banda ya que usa mensajes de texto en la red; pero con la aplicación de códecs y protocolos reduce el Ancho de Banda.	Menor Ancho de Banda ya que los datos son codificados en forma binaria
Soporte de Códecs	Soporta cualquier códec estandarizado o propietario.	Soporta cualquier códec estandarizado o cualquier códec cuyo nombre sea de mutuo acuerdo o propietario.	Soporta cualquier códec estandarizado y propietario.

Seguridad	Tiene mecanismos de seguridad como SSL ²⁴ para la capa transporte y realiza la negociación mediante H.235.	Soporta autenticación de extremo a extremo mediante mecanismos HTTP. Usa Autenticación criptográfica y encriptación SSH o S-HTTP. Soporta SSL simétrica y asimétrica y TLS. IPsec Usa SDP ²⁵ . Usa S/MIME.	Permite Autenticación mediante el algoritmo de reducción de cifrado MD5 (Message - Digest Algorithm 5, Algoritmo de Resumen del Mensaje pero no tiene cifrado entre terminales. AAA ²⁶ services
Uso de Puertos	Usa 3 puertos, (cualquiera de los puertos libres entre el 1024 y el 65535) de acuerdo a la prioridad.	Puerto (5060) para señalización y 2 puertos RTP por cada conexión de audio.	IAX utiliza un solo puerto (4569) para mandar la información de señalización y los datos de todas sus llamadas.
Protocolos de Transporte	Usa el protocolo TCP o UDP, Fiable o no fiable respectivamente. Pero por lo general usa transporte fiable (TCP) para señalización.	Usa TCP y UDP, pero por lo general UDP un protocolo de transporte no fiable para señalización.	Protocolo UDP.
Problemas de NAT	SI. Requiere de un dispositivo gatekeeper en modo proxy para solucionar el problema.	La señalización y los datos viajan de forma separada; por lo cual hay problemas de NAT en el flujo de audio. SIP requiere de un servidor STUN ²⁷ para solucionar estos problemas.	No tiene problemas de NAT ya que los datos y la señalización viajan conjuntamente.

Fuente: Adaptado de VoIP Foro. *Análisis de comparación entre protocolos de señalización H.323, SIP e IAX.* <http://www.voipforo.com/>

De acuerdo a la Tabla 3 el protocolo más adecuado para telefonía IP es SIP, el cual presenta estabilidad en sus características y sobre todo es ampliamente implementado por todos los fabricantes de equipos y software, en relación al protocolo IAX2 que apenas en el año 2010 fue presentado como un estándar para

²⁴ SSL.- en español «capa de conexión segura») y su sucesor Transport Layer Security (TLS; en español «seguridad de la capa de transporte») son protocolos criptográficos que proporcionan comunicaciones seguras por una red, comúnmente Internet

²⁵ SDP (Sesión Description Protocol).- se usa para la negociación de las capacidades de los participantes, tipo codificación.

²⁶ AAA.- En seguridad informática, el acrónimo AAA corresponde a un tipo de protocolos que realizan tres funciones: Autenticación, Autorización y Contabilización (Authentication, Authorization and Accounting). No se refiere a un protocolo en particular, sino a una familia de protocolos que ofrecen los tres servicios citados.

²⁷ STUN (Simple Transversal of UDP over NATs) es un protocolo de red del tipo cliente/servidor que permite a clientes NAT (tal como computadores detrás de un firewall), configurar llamadas telefónicas a un proveedor VoIP alojado fuera de la red local.

VoIP. Esta característica de IAX es una gran limitante para su implementación a pesar de que sus características son muy favorables para VoIP.

Es necesario recalcar que SIP es un protocolo más sencillo y rápido en el inicio de llamadas, mientras H.323 tiene una definición muy compleja en la negociación, ya que engloba un amplio conjunto de protocolos obligatorios para la implementación.

El protocolo SIP realiza la señalización y el envío de datos por separado, por lo cual aparecen los problemas de NAT en el flujo de audio cuando atraviesa por routers y firewalls en la red. Para solucionar estos problemas se requiere de un servidor STUN el cual es de tipo cliente-servidor, que permite a los usuarios que por lo general son teléfonos IP con un cliente STUN, encontrar las direcciones públicas, el tipo de NAT en el que se encuentra y el puerto de Internet asociado con el puerto local por medio de NAT. Esta información sirve para configurar la comunicación UDP entre el cliente y el servidor VoIP para establecer la llamada.

Además SIP presenta la posibilidad de manejar distintos protocolos y códecs para el manejo del ancho de banda en una red VoIP, presentando métodos de calidad de servicio.

1.12 DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO SIP

1.12.1 FUNCIONES PRINCIPALES

Las funciones principales del protocolo SIP son:

- Redirección de llamadas.
- Resolución de direcciones.
- Determinar la disponibilidad de un punto final.
- Establecer llamadas punto a punto o multipunto.

1.12.2 PILA DE PROTOCOLOS DE SIP

Para el funcionamiento de SIP, trabaja conjuntamente con distintos protocolos como son SDP para la señalización y RTP y RTCP, para el transporte de audio y video en tiempo real. Además utiliza otros protocolos para el transporte y envío de paquetes (ver Figura 8).

El protocolo SDP (Session Description Protocol, Protocolo de Descripción de Sesión) describe las sesiones de comunicación con contenido multimedia; mostrando características muy importantes como son el anuncio de sesión, invitación a sesión y negociación de parámetros. SDP es el encargado de entablar una comunicación entre los usuarios de la sesión mediante un perfil (tipo de contenido, formato y entre otros); más no de entregar los contenidos multimedia.

Además cabe recalcar que el protocolo RTP es quien se encarga de intercambiar el contenido de voz, video y datos entre los usuarios de la sesión establecida por SIP.

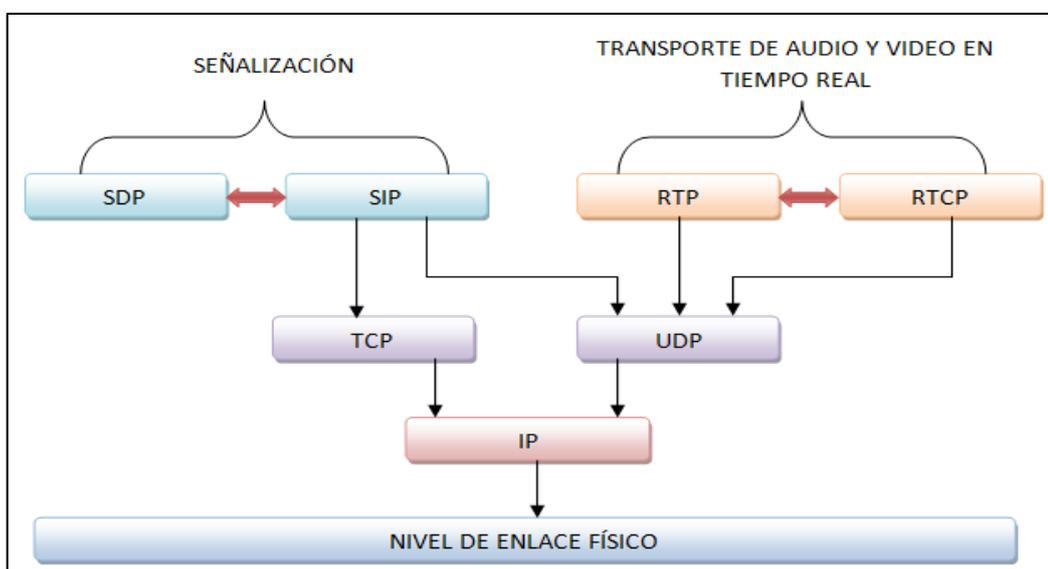


Figura 8. Pila de Protocolos de SIP

Fuente: Adaptado de Rodolfo Castañeda. (2005). *Protocolo SIP*. Dirección de Telemática, CICESE.

1.12.3 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA SIP

La arquitectura de un sistema SIP está compuesta de los siguientes elementos:

1.12.3.1 Agente de Usuario

Los Agentes de usuario son los puntos extremos de una sesión, los cuales pueden comportarse de dos modos:

- **Cientes de agente de usuario (UAC).**- se encarga de originar las solicitudes SIP para iniciar una llamada con UAS.
- **Servidor de agente de usuario (UAS).**- Este agente responde a las solicitudes de UAC para recibir la llamada y de esta forma establecer la comunicación.

Ejemplos de clientes de agentes de usuarios pueden ser los terminales como son: Teléfonos, Gateways, y Softphones.

1.12.3.2 Servidores

- *Servidor Proxy*

El Servidor proxy actúa como un intermediario haciendo la función de servidor y cliente; ya que realiza peticiones en nombre de otros clientes. Este proceso lo realiza generando mensajes SIP, los cuales pueden ser respondidos o encaminados a otros servidores; además interpreta, re-escribe o traduce los mensajes antes de encaminarlos al cliente.

Un servidor proxy puede funcionar de dos formas: como para crear un estado de petición durante toda la transacción o como un servidor para únicamente reenviar los mensajes SIP.

- *Servidor de registro*

Un servidor de registro cumple con la función de almacenar (o actualizar) en una base de datos la información de los usuarios que realizan la petición para establecer una llamada. Para identificar a los usuarios emplea el formato llamado URI²⁸ (Uniform Resource Identifier) el cual permite colocar a cada usuario una dirección lógica independiente de la ubicación física, como por ejemplo: usuario@dominio, cristina@ibarra.gob.ec; además de que cada cliente tiene su propia dirección IP.

- *Servidor de redirección.*

Este servidor acepta peticiones SIP y retorna respuestas al cliente con la dirección de los usuarios. Además la búsqueda del usuario lo realiza en la base de datos creada por el Servidor de Registro.

Un mismo servidor puede actuar como redirector o como proxy dependiendo de la situación.

1.12.4 MENSAJES SIP

Existen varios mensajes SIP que permiten establecer distintos parámetros en una sesión; los cuales se muestran a continuación (ver Tabla 4):

Tabla 4. Mensajes SIP

MÉTODOS	FUNCIÓN
INVITE	Inicio de Sesión
ACK	Reconocimiento de INVITE
BYE	Terminación de sesión
CANCEL	Cancelación de INVITE
REGISTER	Registro de URI
OPTIONS	Preguntar por opciones y capacidades
INFO	Transporte de información en llamada
PRACK	Reconocimiento Provisional
COMET	Notificación de precondition
REFER	Transferencia a otra URL

²⁸ URI (Uniform Resource Identifier o "identificador uniforme de recurso") es una cadena de caracteres corta que identifica inequívocamente un recurso (servicio, documento, dirección de correo electrónico, etc.) de la web.

SUSCRIBE	Requerir notificación de Evento
UNSUSCRIBE	Cancelar notificación de Evento
NOTIFY	Notificación de Evento
MESSAGE	Mensaje Instantáneo

Fuente: Rodolfo Castañeda. (2005). Protocolo SIP. Dirección de Telemática, CICESE.

1.12.5 CÓDIGOS DE RESPUESTA

Las respuestas son generadas como retorno de una petición, devolviendo un código de estado; los cuales se envían en el mensaje SIP. Estos códigos pueden ser:

Tabla 5. Códigos de respuestas SIP

CLASE	DESCRIPCIÓN
1xx	Información provisional, requerimiento en progreso pero no terminado.
2xx	Respuesta final completada con éxito.
3xx	Redirección: petición debería re-direccionarse
4xx	Error en cliente (error en la petición)
5xx	Error de servidor
6xx	Error global

Fuente: Rodolfo Castañeda. (2005). Protocolo SIP. Dirección de Telemática, CICESE.

1.12.6 PROCESO DE REGISTRO

Para el registro de los usuarios en el servidor se realiza el siguiente proceso (ver Figura 9 y Figura 10):

- a) El usuario se identifica con el URI asignado por el administrador de la red.
- b) El servidor recibe la petición de registro del usuario.
- c) El servidor verifica si el usuario se encuentra en la base de datos e identifica la dirección IP y el puerto.
- d) En el caso de que el servidor solicite autenticación envía un mensaje de error en la petición para que ingrese los datos necesarios de la cuenta del usuario (ver Figura 10).
- e) El servidor envía un mensaje de petición recibida y procesada exitosamente, 200=Ok

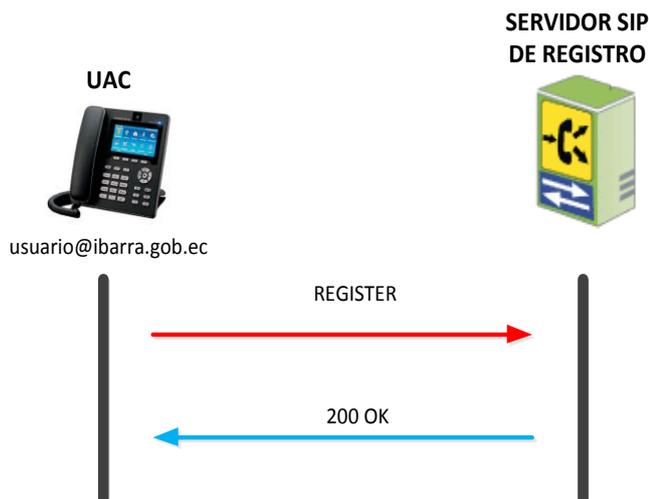


Figura 9. Proceso de Registro sin Autenticación
Fuente: Rodolfo Castañeda. (2005). Protocolo SIP. Dirección de Telemática, CICESE.

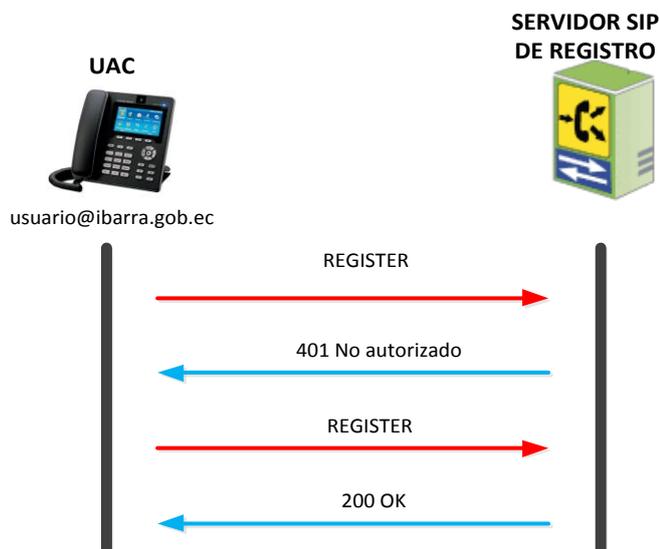


Figura 10. Proceso de registro con Autenticación
Fuente: Rodolfo Castañeda. (2005). Protocolo SIP. Dirección de Telemática, CICESE.

1.12.7 ESTABLECIMIENTO DE UNA SESIÓN

Para establecer una sesión SIP, realiza los siguientes pasos (ver Figura 11):

- a) El usuario A ingresa la dirección lógica de la persona con la que quiere comunicarse (usuarioB@ibarra.gob.ec)
- b) Usuario B envía un código de respuesta: 180 = timbrando o 100 = tratando
- c) Usuario A: petición recibida y procesada exitosamente, 200=Ok

- d) Usuario A envía respuesta final satisfactoria de inicio de sesión.
- e) Se establece la comunicación mediante el protocolo RTP entre los dos usuarios.
- f) Para finalizar la sesión el usuario A envía un mensaje BYE a usuario B, el cual acepta la petición y procesa exitosamente.

En este caso el servidor esta en modo proxy, el cual actúa de intermediario entre el usuario A y el usuario B.

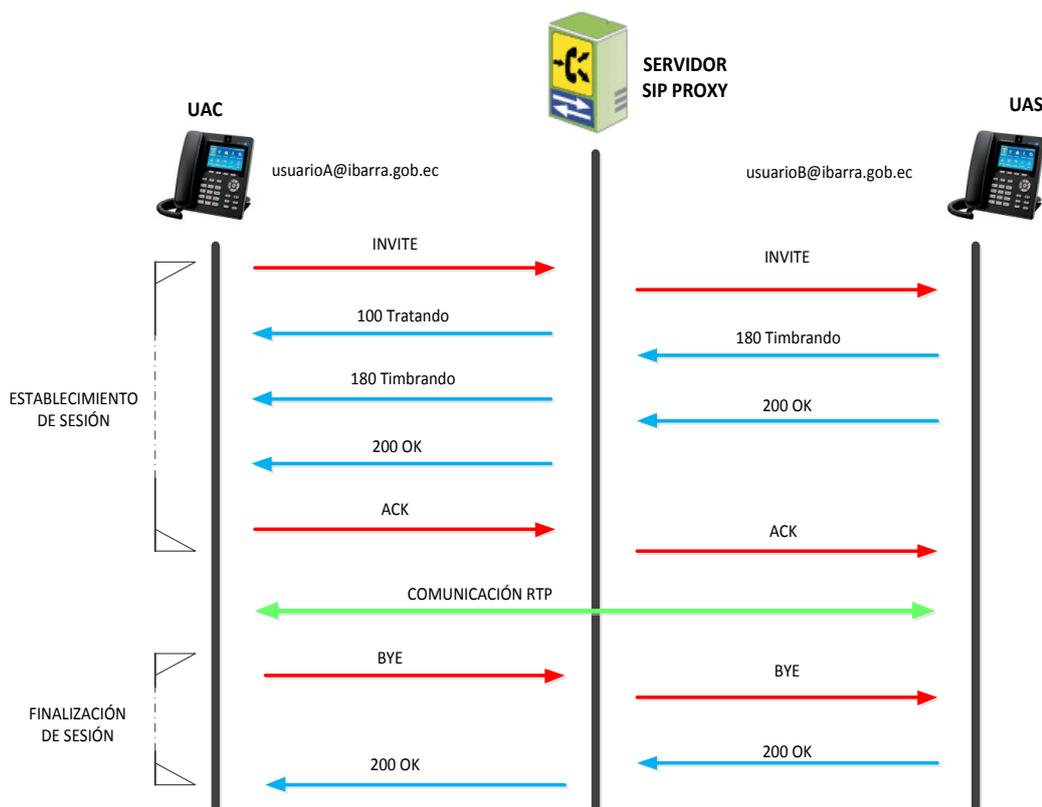


Figura 11. Establecimiento y Finalización de una sesión SIP
Fuente: Rodolfo Castañeda. (2005). Protocolo SIP. Dirección de Telemática, CICESE.

1.13 ENCAPSULAMIENTO DE UNA TRAMA VoIP

La voz es digitalizada cuando se establece la llamada y entonces es transmitida a través de la red en tramas IP. Las muestras de voz primeramente son encapsuladas en RTP y luego en UDP antes de ser enviadas como tramas IP. La Figura 12 muestra la trama VoIP.

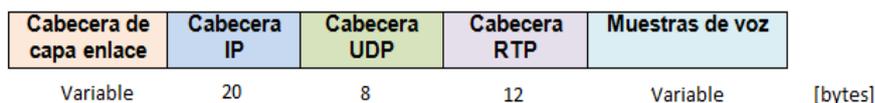


Figura 12. Formato de la trama VoIP

Fuente: Adaptado de Documentación de curso VoIP. (2011). Encapsulamiento de la trama VoIP.

1.13.1 DESCRIPCIÓN DE CAMPOS DE LA TRAMA VoIP:

- **Cabecera de Capa Enlace.-** este campo especifica el tipo de protocolo de enlace utilizado como por ejemplo: Ethernet (18 bytes), Frame Relay (6 bytes) y entre otros protocolos.
- **Cabecera IP.-** Protocolo de Internet en redes LAN o WAN.
- **Cabecera UDP.-** Protocolo de transporte por Datagrama.
- **Cabecera RTP.-** Protocolo de transporte en tiempo real para audio y video.
- **Muestras de voz.-** Este campo depende del códec utilizado para la compresión de voz.

En el caso de presentar enlaces lentos (menores a 2 Mbps) es necesario reducir el tamaño de la trama VoIP con el método cRTP (compresión RTP); el cual comprime las cabeceras IP, UDP y RTP en 2 o 4 bytes (ver Figura 13).

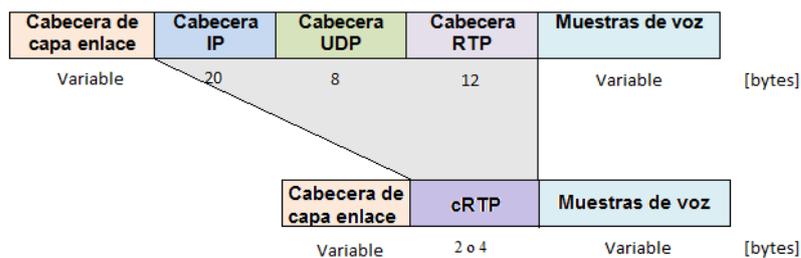


Figura 13. Compresión RTP de cabeceras IP, UDP y RTP

Fuente: Adaptado de Documentación de curso VoIP. (2011). Encapsulamiento de la trama VoIP.

- **Campo cRTP.-** reduce el tamaño de las cabeceras de forma sustancial.
- **2 bytes:** Si la suma de comprobación UDP no es enviada.
- **4 bytes:** Si la suma de comprobación UDP es enviada.

Desventajas:

- Agrega overhead de procesamiento
- Introduce retardos adicionales

En el caso de usar este tipo de compresión acomodar el número de sesiones cRTP que el equipo puede soportar (ejemplo: Cisco maneja por defecto 16 sesiones)

1.14 PROBLEMAS EN UNA RED VoIP

En una red VoIP existe varios problemas que pueden afectar la calidad del servicio de telefonía, los cuales pueden ser resueltos mediante varias técnicas que serán expuestas en cada literal a continuación:

1.14.1 RETARDO O LATENCIA

En términos de telefonía IP, retardo es el tiempo que tarda en llegar un paquete al destino por la presencia de cambios en los encabezados de paquetes, la compresión vocal, procesamiento de codificación y recolección de muestras de voz codificadas en paquetes, por el medio físico y por los protocolos usados. Estos retardos pueden ser reducidos mediante el protocolo RSVP²⁹ (Protocolo de Reserva de Recursos) que permite reservar canales o rutas en redes IP, para una transmisión escalable y robusta. Además se puede aumentar el ancho de banda o velocidad del enlace o priorizar el tráfico de los paquetes de voz que se transmiten dentro de la red.

Los retardos causan eco y traslape del habla. Por lo tanto los valores aceptables de retardo en una conversación telefónica debe ser inferior a 150 ms, debido a que el oído humano es capaz de detectar latencias de unos 250 ms, 200 ms en el caso de personas bastante sensibles. Si se supera ese umbral la comunicación se vuelve molesta

²⁹ RSVP (Protocolo de reserva de recursos), es un protocolo de señalización de la capa de transporte diseñado para reservar recursos de una red, y así garantizar QoS entre nodos extremos.

1.14.2 JITTER

Jitter es la variación en el retardo causada por la congestión en la red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes. Puede definirse como la diferencia entre el tiempo que llega un paquete y el tiempo que se cree que llegará el paquete. Los valores promedio de un jitter son (ver Tabla 6):

Tabla 6. Niveles promedio de Jitter

Métrica (ms)	Rango típico		Niveles promedio				
	Mejor caso / Max	Peor Caso / Max	Crítico	Mayor	Menor	Advertencia	Excelente
Promedio de Jitter	0	5000	> 335	> 175	> 125	> 75	< 75

Fuente: Adaptado de Common VoIP Service Quality Thresholds. *Niveles promedio de jitter y paquetes perdidos*. Portal web: www.minacom.com

Puede ser reducido mediante un buffer³⁰ para almacenar paquetes hasta reconstruirlos; evitando así interrupciones en el servicio de telefonía; lo cual consiste en establecer mecanismos de prioridad de colas. Además se puede aplicar mecanismos de reserva de ancho de banda o enlaces de mayor velocidad.

1.14.3 ECO

El eco es un fenómeno que se produce cuando una onda sonora se refleja y regresa al emisor; por lo general se encuentra entre las comunicaciones de un computador a un teléfono o viceversa; lo cual es causado por aparatos electrónicos con partes analógicas. Si la demora de retorno es menor a 30 ms, o el nivel del retorno está por debajo de los -25 dB, el efecto del eco no es percibido. Existen dos opciones que pueden solucionar la presencia del eco:

- **Supresores de eco.-** Este método evita que la señal emitida sea devuelta, de tal manera que la línea de comunicación se convierte por unos momentos de una línea full-duplex a una línea half-duplex; a lo que se refiere es que si se

³⁰ Buffer.- es una ubicación de la memoria en un Disco o en un instrumento digital reservada para el almacenamiento temporal de información digital, mientras que está esperando ser procesada

detecta una comunicación en un sentido se impide la comunicación en sentido contrario.

- **Canceladores de eco.-** Consiste en que el emisor guarda la información que envía; lo cual le permite detectar en la señal de vuelta la misma información (posiblemente atenuada y con ruido). El emisor filtra la información recibida y cancela algunos componentes de voz. Requiere mayor tiempo de procesamiento.

1.14.4 PÉRDIDA DE PAQUETES

Es la tasa en porcentaje de la pérdida de paquetes transmitidos en la red de datos. La causa principal en comunicaciones en tiempo real es que los paquetes usan el protocolo UDP; por lo cual este protocolo no es orientado a conexión y se produce pérdida de paquetes y no se recuperan. Además puede ser por descartes de paquetes que no llegan al receptor.

La pérdida de paquetes máxima admitida para que no se degrade la comunicación deber ser inferior al 1%. Pero es bastante dependiente del códec que se utiliza. Cuanto mayor sea la compresión del códec más perjudicial es el efecto de la pérdida de paquetes. A continuación se muestra una tabla con datos referenciales de la proporción de pérdida de paquetes en una red (ver Tabla 7):

Tabla 7. Niveles promedio de pérdida de paquetes

Métrica (%)	Rango típico		Niveles promedio				
	Mejor caso / Max	Peor Caso / Max	Crítico	Mayor	Menor	Advertencia	Excelente
Proporción de Paquetes perdidos	0	100	> 10	> 8	> 5	> 1	<= 1

Fuente: Adaptado de Common VoIP Service Quality Thresholds. *Niveles promedio de jitter y paquetes perdidos*. Portal web: www.minacom.com

La solución más eficiente en redes con congestión o de baja velocidad es no transmitir los silencios. La mayoría de las conversaciones tienen varios momentos de silencio. Si solo transmitimos cuando haya información audible liberamos bastante los enlaces y evitamos fenómenos de congestión.

Una técnica muy usada para la detección de silencios es VAD (Voice Activity Detection, Actividad de Detección de Voz); el cual depende de varios factores como tipo de audio (música en espera), nivel de ruido del ambiente y entre otros; que permiten eliminar patrones de silencio, evitar pérdida de paquetes y reducir el consumo de ancho de banda en la red.

1.15 CALIDAD DE SERVICIO

QoS (Calidad de servicio, Quality of Service) son los métodos o aplicaciones que garantizan la transmisión de voz, video o datos, en un tiempo dado (throughput³¹). En telefonía IP es muy razonable la cantidad de pérdida de paquetes, que por lo general son muy críticas ante los retardos altamente variables.

La calidad del servicio de telefonía IP en tiempo real depende del ancho de banda que en ese instante esté disponible. Por lo cual para garantizar calidad de servicio, se requiere de alternativas de control mediante la utilización de protocolos como el protocolo de servicios integrados (Intserv) o el protocolo de reserva de recursos (RSVP) y el protocolo de servicios diferenciados (Diffserv) que se detallan a continuación:

1.15.1 SERVICIOS INTEGRADOS

1.15.1.1 Definición

El modelo de Servicios Integrados (IntServ) permite optimizar la red y la utilización de recursos de aplicaciones en tiempo real para garantizar el ancho de banda para flujos específicos (voz o video) de paquetes de extremo a extremo; incluye el servicio del mayor esfuerzo que provee funciones de reserva de ancho de banda sobre las redes IP, preservando el modelo de datagramas.

³¹ Throughput.- se refiere al volumen de información que fluye en una red de datos.

1.15.1.2 Niveles de calidad de servicio

- **Servicio Garantizado.-** Provee garantías de ancho de banda y límites entre un caudal mínimo y un retardo máximo para la transmisión extremo a extremo de aplicaciones dependiendo de las características del medio físico y de las especificaciones de la transmisión.
- **Servicio de carga controlada.-** Provee calidad de servicio en condiciones de bajo nivel de carga en una red de datagramas de mejor esfuerzo; para entregar los paquetes con éxito.
- **Servicio del mejor esfuerzo.-** Se refiere a un servicio sin garantía ya que permite el ingreso de cualquier tráfico, dándole todos los recursos disponibles.

1.15.1.3 Componentes

- **Control de admisión.-** Ofrece recursos garantizados para los flujos reservados; realiza el monitoreo de recursos en la que se niega solicitudes de reserva cuando no hay suficientes recursos disponibles en la red.
- **Clasificador de paquetes.-** Permite el control de tráfico que clasifica en clases de servicio los paquetes entrantes; mediante los campos de la cabecera del paquete IP como son la dirección fuente, dirección destino, identificación del protocolo, puerto fuente y puerto destino.
- **Planificador de paquetes.-** Dirige el envío de diferentes paquetes utilizando un conjunto de colas.
- **Protocolo de reserva de recursos (RSVP).-** es un protocolo de señalización especificado en el RFC-2205, el cual negocia entre estaciones finales la reserva de recursos para aplicaciones; y de esta forma garantizar calidad de servicio. Los paquetes RSVP se envían en paralelo con otros paquetes y no van junto al flujo de datos transmitidos; mediante una sesión con los parámetros como dirección destino, identificador del protocolo IP y puerto destino.

1.15.1.4 Desventajas

- Intserv presenta problemas de escalabilidad causado por la necesidad de almacenar y mantener información de estado sobre cada flujo.
- La arquitectura RSVP es del tipo stateful³² lo cual significa que cada flujo necesita una continua señalización.

1.15.1.5 Beneficios

- Control específico extremo a extremo para reserva de recursos.
- Permite aplicar políticas individuales de QoS por flujo (aplicación)

Intserv provee una garantía absoluta del nivel de servicio al momento de realizar la reserva específica de recursos a través de RSVP pero no es escalable por ser de tipo stateful. Además RSVP es un protocolo de capa 3 pero no es un protocolo de enrutamiento sino de señalización.

1.15.2 SERVICIOS DIFERENCIADOS

1.15.2.1 Definición

DiffServ es un mecanismo simple y escalable para clasificar y manejar tráfico de red proveyendo garantías de QoS en aplicaciones de tiempo real en redes IP. A diferencia de IntServ, opera colocando en cada paquete un número limitado de clases de tráfico en lugar de diferenciar el tráfico de red basado en requerimientos de un flujo individual.

1.15.2.2 Características

- Diffserv especificado en el RFC 2474.
- Presenta diferentes niveles de servicio a grupos de usuarios, distribuyendo el tráfico en clases con varios parámetros de calidad de servicio.

³² Stateful.- Se refiere a que el protocolo RSVP retiene información de la llamada durante el tiempo que dure el establecimiento de ésta.

- Permite una operación más rápida de los ruteadores ya que se limita a clasificar y marcar paquetes; implementando comportamientos por Salto (PHB³³, Per-Hop Behaviours) que definen las propiedades del envío de paquetes asociados a una clase de tráfico. Diferentes PHBs pueden ser definidos para ofrecer baja pérdida, baja latencia o propiedades de envío con el mayor esfuerzo.
- El tráfico puede ser clasificado en base a distintos parámetros como la dirección origen, la dirección destino o el tipo de tráfico.
- DiffServ utiliza un DSCP³⁴ de 6 bits en la cabecera IP que se utiliza para clasificar los paquetes y diferenciar la calidad en la comunicación que requiere los datos que se transportan.

1.15.2.3 Desventajas

- No puede proveer una garantía absoluta sobre el nivel de servicio
- Requiere de la implementación de mecanismos complejos en cada nodo

1.15.2.4 Beneficios

- DiffServ no ofrece una garantía de QoS absoluta pero es escalable ya que los PHB's no requieren señalización.
- Presenta la habilidad para soportar varios niveles de servicios

DiffServ es un modelo altamente escalable ya que hace una diferenciación del tráfico en clases ofreciendo varios niveles de servicio. Además permite la implementación de calidad de servicio en flujos de información en tiempo real en sistemas de telefonía IP, evitando problemas de ancho de banda, pérdida de datos, retardos, etc.

³³ PHB (comportamiento por salto).- Define la política y la prioridad que se aplica a un paquete cuando atraviesa un salto (como un router) en una red DiffServ.

³⁴ DSCP.- (de sus siglas en inglés Differentiated Services Code Point) hace referencia al segundo byte en la cabecera de los paquetes IP que se utiliza para diferenciar la calidad en la comunicación que quieren los datos que se transportan.

1.16 CÓDECS PARA TELEFONÍA IP

El códec convierte señales analógicas en digitales y viceversa, en el caso de telefonía IP el emisor codifica entradas de voz, las combina o multiplexa para la transmisión en forma de una cadena digital al usuario receptor; repitiendo el mismo proceso para realizar la comunicación extremo a extremo.

Además de la ejecución de la conversión, el códec permite comprimir la secuencia de datos y cancelación de eco. La compresión representa un gran ahorro del ancho de banda en la red IP y permitir mayor número de conexiones VoIP simultáneamente.

1.16.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Algunos de los códec que son más usuales en los sistemas VoIP, se indican a continuación:

- **G.711:** Se usa por lo general en entornos LAN para telefonía IP.
 - Utiliza método Compandig (COMPresión y expANDING), el cual permite aumentar el rango dinámico de un método de muestreo sin perder la precisión necesaria.
 - Consume mayor ancho de banda que los demás códecs pero brinda mejor calidad en la voz ya que no pierde mucha información.
 - Usa Modulación de Pulsos Codificados (PCM)
 - No requiere de licencia para su aplicación.
 - Presenta cuantización no uniforme.
 - Existe dos leyes de codificación designadas U-law (usado en Norte América y Japón) y A-law (usado en Europa y el resto del mundo).
 - La extensión G.711.1 permite inter operar con la infraestructura G.711 existente, mejorando la calidad de la señal.

- **G.722.1:** Se usa por lo general para operaciones de manos libres en sistemas VoIP HD (High definition, Alta Definición) con baja pérdida de paquetes.
 - La extensión G.722.2 es conocido como códec adaptativo multi tasas de banda ancha.
 - Se usa principalmente para compresión de voz en tecnología móvil de tercera generación.

- **G.726:** Comúnmente usado por troncales internacionales en la red de telefonía.
 - Utiliza un máximo igual a la mitad del ancho de banda que G.711.
 - Envía únicamente información suficiente para describir la muestra actual con la anterior; y no envía ninguna medida de cuantización; lo cual permite ahorrar trabajo computacional del sistema.
 - Se lo conoce como Modulación de Pulsos Codificados Diferencial Adaptativa (ADPCM –Adaptive Diferencial Pulse-Code Modulation) operando a diferentes tasas de bits.

- **G.729:** Usado mayoritariamente en aplicaciones VoIP por sus bajos requerimientos en ancho de banda
 - Utiliza el algoritmo llamado CS-ACELP Predicción por Excitación Lineal de Código Algebraico de Estructura Conjugada (Conjugate - Structure Algebraic - Code-Excited Linear Prediction); un método de compresión de voz utilizado por Intel.
 - Requiere de licenciamiento.
 - La extensión G.729a es compatible con G.729, pero requiere menos cómputo. Esta menor complejidad afecta en que la calidad de la conversación es empeorada marginalmente.

- Presenta una versión libre en modo passthrough³⁵, el cual envía los datos sin compresión ni procesamiento del flujo de voz. Además puede causar problemas de incompatibilidad con funciones del servidor VoIP
- **GSM:** Es un códec estándar de sistema global para las comunicaciones móviles.
 - Códec libre para telefonía móvil digital.
 - Se basa en el uso de muestras anteriores para predecir la actual.
 - No utiliza mayores recursos de procesamiento
 - No requiere de licencias para utilizarlo, por lo que es muy popular en los sistemas de VoIP.
 - Usado por la tecnología celular GSM.
- **SPEEX:** Es un códec de velocidad variable, que regula dinámicamente su tasa de transferencia de información en respuesta al cambio de las condiciones de red.
 - Hay versiones para banda estrecha y banda ancha, de acuerdo a las necesidades que se quieran cubrir.
 - Requiere Licencia permisiva BSD³⁶ pero fue creado para ser un códec libre.
 - Posee características de codificación de intensidad estéreo, integración de múltiples frecuencias de muestreos en el mismo servicio de un operador y modo VBR (variable bitrate - tasa de bits variable).
 - Complejidad variable.
- **iLBC (Internet Low Bitrate CÓDEC).**- Es un códec de baja velocidad de transferencia de Internet, no siendo soportado por la mayoría de dispositivos de VoIP.

³⁵ Modo Passthrough (pasarela).- Significa que los datos viajan sin compresión y sin ningún procesamiento entre las personas que llaman, esto permite que los códecs con problemas de licencias o patentes puedan ser implementados, ya que los datos no son codificados o decodificados.

³⁶ Licencia BSD.- licencia de software otorgada principalmente para los sistemas BSD (Berkeley Software Distribution). Licencia permisiva

- Utiliza algoritmos complejos para lograr sus altos niveles de descompresión, debe exigir un gran esfuerzo de procesamiento en los sistemas.
- Licencia BSD, Open source
- Gran flexibilidad.

1.17 FACTORES QUE INFLUENCIAN EL ANCHO DE BANDA DE UNA RED DE VOZ Y DATOS

El impacto que tiene la transmisión de voz en el ancho de banda de una red son los factores que se muestran a continuación (ver Tabla 8.):

Tabla 8. Factores que influyen el Ancho de Banda de una red de voz y datos

FACTOR	DESCRIPCIÓN
Velocidad del paquete	Derivado del período de empaquetamiento
Tamaño de empaquetamiento (Tamaño del payload)	Depende del periodo de empaquetamiento Depende el ancho de banda del código
Overhead³⁷ de capa de enlace	Depende del protocolo usado en la capa enlace
Overhead de capa red y transporte (Incluyendo IP, UDP y RTP)	Depende del uso o no de cRTP
Overhead de túnel	Depende el protocolo usado (IPSec ³⁸ , o MPLS)

Fuente: Adaptado de Documentación de curso VoIP. (2011). Encapsulamiento de la trama VoIP.

1.17.1 VELOCIDAD DEL PAQUETE

La velocidad del paquete se refiere al número de paquetes enviados en cierto intervalo de tiempo especificado en pps (paquetes por segundo). Además es el inverso del período de empaquetamiento ya que está especificado en milisegundos.

1.17.2 TAMAÑO DE EMPAQUETAMIENTO

El tamaño de empaquetamiento son el número de bytes que sirven para representar la información de voz que será encapsulada en cada paquete,

³⁷ Overhead.- Desperdicio de ancho de banda, causado por la información adicional que viaja con los datos en los paquetes de un medio de comunicación. Afecta el Throughput de una conexión.

³⁸ IPSec.- Internet Protocol security, es un conjunto de protocolos que aseguran las comunicaciones sobre el Protocolo de Internet (IP) autenticando y/o cifrando cada paquete IP en un flujo de datos.

dependiendo del período de empaquetamiento y del ancho de banda de códec utilizado

1.17.3 OVERHEAD DE CAPA DE ENLACE

Durante el encapsulamiento de capa enlace se agrega un número de bytes para el tráfico de voz y datos en la red, los cuales dependen del enlace utilizado como los que se enumeran a continuación:

- MLP (6 bytes)
- Ethernet (18 bytes)
- Frame Relay (6 bytes)
- Ethernet Trunk 802.1Q (22 bytes), etc.

1.17.4 OVERHEAD DE CAPA RED Y CAPA TRANSPORTE

Durante el proceso de encapsulamiento IP se agrega un número de bytes a la información de voz, los cuales pertenecen a las cabeceras de los protocolos RTP, IP y UDP.

En el caso que se implemente el método cRTP el cual comprime las cabeceras IP, UDP y RTP en 2 o 4 bytes. Como se indicó en la sección 1.13.

1.17.5 OVERHEAD DE TÚNEL

La cantidad de bytes del overhead de túnel son agregados por algún protocolo de seguridad como 802.1Q, IPSec, Generic Route Encapsulation (GRE), Multiprotocol Label Switching (MPLS). Cuando se implementa voz sobre VPN³⁹ IPSec, se debe considerar el overhead correspondiente a la implementación de IPSec que se esté aplicando.

³⁹ VPN.- Una red privada virtual, RPV, o VPN (Virtual Private Network), es una tecnología de red que permite una extensión de la red local sobre una red pública o no controlada, como por ejemplo Internet.

1.18 INDICADORES DE RENDIMIENTO DE VOZ Y DATOS

En una red de servicios de voz y datos es necesario proveer niveles aceptables de acceso y parámetros mínimos de calidad de servicio, para lo cual se requiere establecer indicadores acerca del rendimiento de cada servicio. Estos indicadores pueden ser:

1.18.1 DATOS

- Nivel aceptable de throughput (bps)
- Nivel aceptable de retardo (ms) menor a 150ms (Recomendación de la UIT-T G.114)
- Jitter inferior a 100ms
- Pérdida de paquetes inferior a 1%

1.18.2 VOZ

- **Ancho de banda** disponible por cada canal de voz (simultaneo), dependiendo del códec seleccionado.
- **GoS (Grade of Service, Grado de Servicio):** la probabilidad de que una llamada se pierda. Por lo general es el período pico en un día de trabajo cuando la demanda del servicio es la más alta
- **GoS de P(0,01):** El 1% quiere decir que por cada 100 llamadas recibidas de tráfico entrante una se pierde y por cada 100 llamadas realizadas una es abandonada.

1.19 TEORÍA DEL TRÁFICO DE VOZ

El flujo de tráfico se mide en Erlang que representa el uso continuo de un canal de voz en un determinado tiempo; lo que significa que indica la cantidad de horas de ocupación por hora.

El Erlang es una unidad adimensional que corresponde al volumen de tráfico en telefonía, el cual permite determinar cuántas líneas (troncales) puede manejar en una hora de mayor tráfico de acuerdo a la equivalencia:

1 Erlang = 60 minutos de llamada = 3600 segundos de llamada

Por ejemplo, si en un grupo de empleados en una oficina realizan 30 llamadas en una hora y cada llamada tiene una duración de 3 minutos, esto representa 1,5 Erlangs de tráfico. Esta cifra resulta de lo siguiente:

Minutos de tráfico en una hora = número de llamadas x duración

Minutos de tráfico en esa hora = 30 x 3

Minutos de tráfico en esa hora = 90

Horas de tráfico por hora = 90 / 60

Horas de tráfico por hora = 1.5

Valor del Tráfico = 1.5 Erlangs

A través del cálculo del flujo de tráfico en Erlang permite conocer el dimensionamiento de un sistema, si requiere más troncales o está sobre dimensionado y de esta forma determinar el número de troncales requeridas para un sistema VoIP. Para esto es necesario conocer la cantidad de tráfico generado y el GoS requerido. El flujo de tráfico se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$A = C \times T$$

Ecuación 1. Flujo de tráfico

- **A:** tráfico ofrecido o flujo de tráfico a través de una central telefónica.
- **C:** número de llamadas originadas en el período de una hora o número de ocupaciones ofrecidas.
 - C define el número de llamadas originadas y no transportadas
- **T:** tiempo promedio de duración de una llamada
 - Es el tiempo promedio que una línea troncal está ocupada.

- Incluye el tiempo requerido para el marcado y timbrado (establecimiento de la llamada), el tiempo para terminar la llamada, y un método para amortizar señales de ocupado y llamadas no completadas
- Se agrega entre un 10 y 16% a la longitud promedio de las llamadas que permite contabilizar tiempos adicionales dentro de la llamada

1.19.1 MODELO DE DISTRIBUCIÓN ERLANG B

Para la optimización de una red telefónica se considera el modelo de distribución Erlang B, el cual conociendo el tráfico y la cantidad de líneas disponibles, este modelo calcula la probabilidad de que una llamada en su primer intento sea bloqueada; basándose en las siguientes premisas:

- La cantidad de usuarios es muy grande
- Las llamadas llegan en forma aleatoria de acuerdo a una distribución de Poisson
- Las llamadas se atienden según el orden de llegada
- Las llamadas bloqueadas se pierden.
- Modelo con pérdidas, no hay lista de espera.
- El tiempo de duración de las llamadas siguen una distribución exponencial
- Accesibilidad completa.

A continuación se muestra el modelo de tráfico para Erlang B, el cual presenta entrada de fuentes infinitas, aleatorias, y con un cierto GoS que proveerá el servicio a unas llamadas y a otras en su primer intento las bloqueará sin retroalimentación (ver Figura 14):

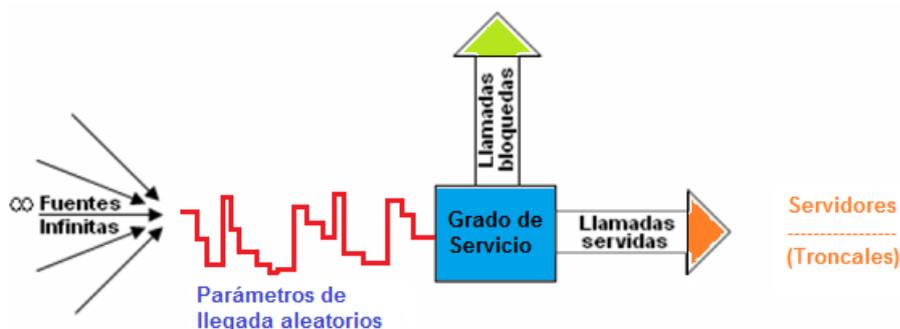


Figura 14. Modelo de Tráfico de Erlang B

CAPÍTULO 2

ESTUDIO COMPARATIVO DE SOFTWARE LIBRE PARA TELEFONÍA IP

2.1 INTRODUCCIÓN

El Software libre es una tendencia de gran crecimiento en el mundo de las comunicaciones por su fácil administración, funcionalidades y características muy variadas, y sobre todo que se puede acceder fácilmente a estas plataformas ya que suelen estar disponibles gratuitamente, o al precio de costo de la distribución a través de otros medios; sin embargo no es obligatorio que sea así. Mientras el software licenciado se encuentra limitado en su uso y aplicaciones dependiendo de quién lo distribuya.

Existe una gran diversidad de software libre para centrales IP PBX, por lo cual se requiere un análisis comparativo de las funcionalidades, características y servicios, de los más populares paquetes de software como son AsteriskNow, Elastix, Trixbox y FreeSWITCH; de esta forma seleccionar la mejor solución para la implementación de una central IP PBX en el GAD-I.

2.2 ASTERISKNOW

AsteriskNOW es un software aplicativo de la distribución de GNU/Linux⁴⁰ basada en CentOS que integra varias herramientas de una central PBX basada en Asterisk⁴¹ (ver Figura 15). Permite una instalación sencilla y con características de creación de extensiones, sistemas de audio respuesta Interactivo (IVR), distribución automática de llamadas, conferencia, correo de voz, entre otras.

⁴⁰ GNU es acrónimo recursivo que significa No es Unix (GNU is not Unix)

⁴¹ Asterisk.- Es un software que proporciona funciones de una Central telefónica bajo licencia libre, siendo la base de muchas distribuciones libres para PBX.



Figura 15. Logo de AsteriskNow
Fuente: portal web <http://www.asterisk.org/>

2.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Creado por la empresa Digium⁴² como introducción a Asterisk para aquellas personas que no tienen conocimientos amplios de Linux.
- Licencia GPL⁴³ (Licencia pública General)
- Soporta un gran número de códecs como son G.711, G.722 y entre otros.
- Trabaja con protocolos SIP e IAX2.
- Permite instalar solo los componentes más necesarios para el correcto funcionamiento y administración del software, sin embargo se puede elegir otras aplicaciones y/o servicios.

2.2.2 COMPONENTES PRINCIPALES

Los componentes principales de AsteriskNOW son:

- **Linux CentOS.-** Distribución basada en Linux Red Hat Enterprise que actúa como sistema operativo base para la instalación de Asterisk.
- **Asterisk.-** Es la plataforma que proporciona las funcionalidades generales de una central telefónica.
- **DAHDI driver framework.-** Es el dispositivo de código abierto para el framework del driver utilizado por múltiples proveedores para las aplicaciones de interfaz con hardware de telefonía.
- **GUI para la administración.-** Interfaz gráfica amigable Web que permite la administración de la central telefónica de forma sencilla para el usuario.

⁴² Digium.- Es una empresa privada de tecnología de comunicaciones, especializada en el desarrollo de hardware y software para telefonía IP.

⁴³ GPL (General Public License).- es la licencia que garantiza a los usuarios finales (personas, organizaciones, compañías) la libertad de usar, estudiar, compartir (copiar) y modificar el software.

- **Base de datos MySQL.-** es un sistema que permite la gestión de grandes bases de datos.
- **Servidor web Apache.-** es un servidor web HTTP (Hypertext Transfer Protocol o protocolo de transferencia de hipertexto) de código abierto para plataformas Unix, Windows, Macintosh y entre otras.
- Una variedad de herramientas de desarrollo y otros componentes

2.3 ELASTIX

Elastix es una distribución libre de Servidor de Comunicaciones Unificadas que permite distintas funcionalidades de una central IP PBX basados en Asterisk con una interfaz simple y fácil de usar (ver Figura 16)



Figura 16. Logo de Elastix

Fuente: portal web www.elastix.org/

2.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Elastix integra en un solo paquete distintas funcionalidades como son:

- Correo de Voz
- Fax-a-email
- Soporte para softphones
- Interface de configuración Web
- Sala de conferencias virtuales
- Grabación de llamadas
- Interconexión entre PBXs
- Identificación del llamante
- Reportación avanzada

- Mensajería instantánea
- Soporta una gran variedad de hardware de telefonía y distintas marcas de teléfonos.
- Elastix añade interfaces para el control y reportes de sí mismo.
- Elastix fue creado y es permanentemente desarrollado por PaloSanto Solutions , empresa ecuatoriana.

2.3.2 COMPONENTES PRINCIPALES

- Elastix implementa gran parte de su funcionalidad sobre cuatro programas de software muy importantes como son Asterisk, Hylafax, Openfire y Postfix. Estos brindan las funciones de PBX, Fax, Mensajería Instantánea y Correo electrónico respectivamente.
- Interfaz de generación de tarjetas de telefonía basada en software A2Billing, el cual es un módulo para llamadas pre pagadas compatible con Asterisk, Trixbox y Elastix.
- FreePBX. - Es el entorno gráfico tipo web que facilita la configuración de Elastix

2.4 TRIXBOX

Trixbox es una distribución libre, basada en CentOS, que permite las funcionalidades de una central IP PBX basada en el código abierto de Asterisk (ver Figura 17).



Figura 17. Logo de Trixbox

Fuente: portal web www.trixbox.org/

2.4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

- TrixBox incluye una interfaz gráfica para configurar Asterisk la cual hace todas las funciones internas de la central IP PBX y facilita la posterior administración del sistema sin necesidad de conocimientos muy avanzados del mismo.
- La administración y actualización se realiza mediante interfaz Web.
- Incluye un servidor Web Apache, con soporte a PHP y Perl, administración de Base de Datos, Correo de Voz, fax-a-email, entre otros.
- Permite el trabajo en conjunto con asterisk, Linux y freepbx para una fácil instalación y configuración.
- Al momento de instalar Trixbox se compila todo el contenido por lo cual se hace más complicado integrarlo con cualquier tipo de hardware que no soporte desde el inicio (como por ejemplo con interfaces BRI).

2.4.2 COMPONENTES

Los componentes principales de TrixBox son:

- **Linux CentOS.-** Es una distribución Linux que sirve como sistema operativo base, basada en Linux Red Hat Enterprise.
- **Asterisk.-** Es la plataforma base de la central IP PBX.
- **FreePBX. -** Es el entorno gráfico tipo web que facilita la configuración de Asterisk.
- **Flash Operator Panel.-** El FOP es una aplicación de monitorización de Asterisk tipo operadora accesible desde la Web.
- **Web Meet Me Control.-** Se refiere al administrador de salas de conferencias múltiples o MeetMe, accesible desde la Web.
- **A2Billing.-** Módulo para llamadas pre pagadas compatible con Asterisk, Trixbox y Elastix.
- **SugarCRM.-** Es un software que realiza la administración de las relaciones con el cliente (Customer Relationship Management), la cual facilita los procesos de marketing, ventas y soporte de una empresa. Además, almacena

todos los datos y actividades con el cliente, como reuniones, llamadas, correos, etc.

2.5 FREESWITCH (FS)

FreeSWITCH es una plataforma de comunicaciones de software libre / código abierto muy versátil, diseñado para facilitar la elaboración de productos orientados a la voz sobre redes IP. Es un software disponible con Licencia Pública de Mozilla (MPL) ⁴⁴ que permite aplicaciones de voz, mensajería instantánea y video (ver Figura 18).



Figura 18. Logo de Freeswitch

Fuente: portal web www.freeswitch.org/

2.5.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Es una plataforma de gran rendimiento y flexibilidad que va de una escala desde un softphone hasta un softswitch.
- FreeSWITCH es una aplicación modular lo que permite usar distintos módulos que no dependen uno del otro para extender la funcionalidad y eficiencia del mismo.
- Es aplicado como un motor de conmutación , como una PBX, un gateway de medios o un servidor de medios para alojar aplicaciones IVR que utilizan scripts sencillos o XML ⁴⁵ para controlar el flujo de la llamada.

⁴⁴ Licencia Publica de Mozilla (MPL).- Es una licencia que cumple con la definición de software de código abierto con las cuatro libertades del software libre enunciadas por la Free Software Foundation (FSF). Sin embargo la MPL deja abierto el camino a una posible reutilización no libre del software, si el usuario así lo desea, sin restringir la reutilización del código ni el relicenciamiento bajo la misma licencia.

⁴⁵ XML.- Acrónimo de eXtensibleMarkupLanguage (Lenguaje de etiquetaje extensible). Es un lenguaje informático de etiquetaje que permite representar e intercambiar información entre ordenadores o programas, ya que organiza los datos de manera ordenada.

- Soporta protocolos SIP, H.323, IAX2 y GoogleTalk lo que facilita la comunicación con otros sistemas de PBX abiertos como sipX, OpenPBX, Bayonne, YATE o Asterisk.
- Soporta varias características SIP avanzadas, y un amplio rango de códecs de voz.
- Compila y funciona en muchos sistemas operativos de 32 y 64 bits (Windows, Mac OS X, Linux, Solaris, BSD, etc.)

2.5.2 COMPONENTES PRINCIPALES

FreeSWITCH incluye varios módulos que proveen aplicaciones por defecto como:

- Conferencias
- XML-RPC⁴⁶ para controlar llamadas en tiempo real
- Respuesta de Voz Interactiva (IVR)
- Conversor texto-voz / Reconocimiento Automático de Voz (CTV/RAH)
- Red Telefónica Conmutada (RTC)
- La capacidad de interconexión con circuitos analógicos y digitales
- Módulos para soporte de varios protocolos Voz sobre IP.

⁴⁶ RPC (Remote Procedure Call, Llamada a Procedimiento Remoto) es un protocolo que permite a un programa de ordenador ejecutar código en otra máquina remota sin tener que preocuparse por las comunicaciones entre ambos.

2.6 TABLA COMPARATIVA

En la Tabla 9 se detalla la comparación de las plataformas de comunicaciones de licencia libre antes descritas, para la correcta selección del software que se ajuste al diseño del sistema VoIP:

Tabla 9. Comparación de Software libre para centrales PBX

CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE	ASTERISKNOW	ELASTIX	TRIXBOX	FREESWITCH
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
Última versión estable	1.7.0	2.0	2.2.8 (Trixbox CE), 1.0 (Trixbox PRO)	1.0.7
Género	PBX basada en Asterisk, Voz sobre IP	PBX basada en Asterisk, voz sobre IP	PBX basada en Asterisk, Voz sobre IP	Softswitch, PBX, Voz sobre IP
Arquitectura	Modular pero muy conservadora, problemas de bloqueos en canales abiertos.	Modular pero muy conservadora	Modular pero muy conservadora	Modular con funcionalidades independientes dividido por capas
Licencia	GPL General Public License	GNU General Public License	GPL General Public License	Licencia Pública de Mozilla (MPL.1.1)
Estado Actual	Estable	Estable	Estable	Estable
API⁴⁷ (Application Programming Interface)	Abierto a cambios del núcleo, creando repeticiones en código de módulos.	Abierto a cambios del núcleo.	Abierto a cambios del núcleo.	Núcleo protegido, lo que evita cambios en la estructura y funciones básicas.
Cantidad máxima de usuarios	Para empresas de 2 a 500 usuarios	Para empresas de 2 a 1000 usuarios	Para empresas de 2 a 500 usuarios	Para empresas que proveen el servicio de telefonía IP
Rendimiento y flexibilidad	Medio	Medio	Medio	Alto

⁴⁷ API.- significa Interfaz de programación de aplicaciones, no es más que una serie de servicios o funciones que el Sistema Operativo ofrece al programador

Interoperabilidad	Con Asterisk, Elastix, Trixbox	Con Asterisk, Elastix, Trixbox	Con versiones anteriores a Asterisk home.	Con cualquier software para centrales IP PBX.
Escalabilidad	SI	SI	SI	SI
Inserción a nivel comercial	Medio	Alto	Bajo	Bajo
Plataforma PBX	Basado en PC	Basado en PC	Basado en PC	Basado en PC
Sistema Operativo Base	Linux, CentOS	Linux, CentOS	Linux, CentOS	Windows, Linux, Mac Creado como aplicación o librería independiente para ser usado en software de terceros
SOPORTE DE HARDWARE				
Memoria RAM mínima	384 MB	256 MB	256 MB	256 MB
Interfaces	T1/E1, PRI, FXS, FXO	T1/E1, PRI, FXS, FXO	T1/E1, PRI, FXS, FXO	T1/E1, PRI, FXS, FXO
Tipos de teléfonos que soporta: Analógicos /Digitales/Softphone	SI / SI / SI	SI / SI / SI	SI / SI / SI	SI / SI / SI
LLAMADAS VOZ SOBRE IP				
Control de llamadas	SI	SI	SI	SI
Soporte de llamadas simultaneas	1000 llamadas simultáneas	Más de 1000 llamadas simultáneas	1000 llamadas simultáneas	1000 sesiones simultáneas Mayor a 10 millones de llamadas
Soporte de protocolos	SIP , IAX, IAX2, MGCP (Media Gateway Control Protocol, H.323, SCCP	SIP/IAX2/H.323/ MGCP/SCCP/FXS/ FXO/DTMF/PRI	SIP/IAX2/H.323/ MGCP/SCCP/FXS/ FXO/DTMF/PRI	SIP, SCCP, H.323, XMPP, Google Talk, SIP, IAX2MGCP, SCCP
Soporta Códecs de Audio	G.711, G.729, G.723.1 GSM, G.726, iLBC	G.711, G.722, , G.726, G.729, G.723.1, GSM, G.726, iLBC	G.711, G.729, G.723.1, GSM, G.726, iLBC	G.711 μ -law / A-law, G.722, G.729 (passthrough), G.729 (requiere de licencia, \$10/canal), GSM, iLBC, BroadVoice, Speex, G.723.1 (passthrough only) AMR (passthroughonly)
Soporta Códecs de Video	h261, h263, h263p	h.263, h.261, h264.	h263, h263p	H261, H263, H264 Theora (passthrough), MP4 (passthrough)
TRONCALES				

Soporta Troncales SIP	SI	SI	SI	SI, es una característica nativa de FreeSwitch
Soporta DID / Caller ID	SI	SI	SI	SI
ADMINISTRACIÓN / REPORTES				
Registros SIP puramente dinámicos, buzones de voz y configuración dinámicos en tiempo real.	NO	NO	NO	SI
Administración y monitoreo vía web	SI	SI	SI	SI
Reporte detallado de llamadas	NO	SI	SI	SI
Base de datos interna o externa	Interna	Interna	Interna	Externa
IVR / MENU	SI	SI	SI	SI
CORREO DE VOZ				
Incluye Correo de voz en el paquete PBX Básico	SI	SI	SI	SI
Responder el correo de voz desde el teléfono	SI	SI	SI	SI

Fuente: Adaptado de Augusto Reyes, Fernando. C. (2010). *Implementación de un prototipo para telefonía IP utilizando software libre, para el distrito Metropolitano de*

Quito.

Escuela

Politécnica

Nacional.

2.7 CONSIDERACIONES DE SELECCIÓN DE SOFTWARE

De acuerdo a las características y funcionalidades mostradas en la Tabla 9 se realiza las siguientes consideraciones:

AsteriskNow, Elastix y Trixbox presentan similares funcionalidades y características basadas en Asterisk, por lo tanto usan el mismo núcleo y API de Asterisk, el cual por ser abierto a cambios crea repeticiones en el código de los módulos causando interbloques en los procesos de los módulos. Además utilizan una arquitectura modular muy conservadora en donde el núcleo central tiene dependencias ligadas con los módulos para extender la funcionalidad, en el caso que alguno no se encuentre instalado, el sistema no inicia. Los módulos permiten implementar protocolos específicos como SIP, funcionalidades de un IVR e integrar la interfaz de administrador de Asterisk (AMI Asterisk Manager Interface).

Asterisk presenta un modelo cerrado de threads o hilos de ejecución⁴⁸, que se utilizan solo en canales de creación o canales que ejecutan alguna aplicación. Por ejemplo en una llamada, el call leg⁴⁹ o *tramo de llamada B* opera en un mismo thread que *leg A*, en el caso de desplegar un evento como una transferencia de llamada, primeramente el canal es transferido a un modo especial para operar threads que por lo general muestra una práctica no adecuada, llamada enmascaramiento de canal; lo cual provoca la aparición de 3 a 4 canales durante una única llamada; siendo un proceso muy ineficiente.

⁴⁸ Threads o hilos de ejecución.- Un hilo o subproceso permite a una aplicación realizar varias tareas a la vez (concurrentemente); compartiendo una serie de recursos.

⁴⁹ Call Leg o tramo de llamada.- Es un segmento discreto de una conexión lógica de llamada en una red VoIP. Leg A representa el ingreso al switch mientras leg B es la salida del switch. Por lo general se denomina a leg A como el origen de la llamada y leg B como el destino de la llamada.

FreeSWITCH usa exclusiones mutuas (comúnmente abreviada como mutex⁵⁰ por mutual exclusion) en relación a la plataforma de Asterisk que utiliza listas enlazadas para manejar canales de comunicaciones que han sido abiertos; los cuales son muy útiles pero cuando se realiza el uso masivo de threads se complica las soluciones. La utilización de mutex facilita el uso de los threads ya que permiten el uso adecuado de memoria; es decir cuando un thread quiere hacer uso de la misma memoria de otro thread, el primero en haber llamado al mutex el cual reserva la memoria es el único que podrá cambiar la memoria hasta que el mutex se haya cerrado y de esta manera se previene que dos o más threads manipulen al mismo tiempo espacios de memoria que tiene resultados inesperados.

FreeSWITCH es una de las mejores plataformas libres de gran capacidad y flexibilidad para telefonía IP ante las distribuciones de Asterisk; ya que no solo es un simple PBX o IVR, sino que fue creada con el propósito de ser un software especializado como uno de los conmutadores puros que estrictamente encaminan llamadas como GnuGK⁵¹ y SER (SIP Express Router)⁵² o comúnmente llamado Softswitch. Además proporciona bloques para el desarrollo de aplicaciones en lenguajes soportados, tales como una central telefónica, un sistema de buzón de voz, multi conferencias, directorios y entre otras aplicaciones personalizadas.

FreeSWITCH puede funcionar correctamente tanto en pequeñas y medianas empresas como en grandes compañías de telecomunicaciones que abarcan tecnologías para el tráfico de voz, video, multimedia y datos, capaz de interactuar con la infraestructura de red instalada. Es una plataforma de gran interoperabilidad con PBX tradicionales así también con sistemas de telefonía IP.

⁵⁰ Mutex.- se usan en programación concurrente (simultaneidad en la ejecución de múltiples tareas interactivas) para evitar el ingreso a sus secciones críticas por más de un proceso a la vez. La sección crítica es el fragmento de código donde puede modificarse un recurso compartido.

⁵¹ GnuGK.- También denominado GNU Gatekeeper es un software libre de telefonía IP multiplataforma. Cumple funciones de gatekeeper operando bajo la implementación OpenH323 (basada en la recomendación H.323).

⁵² SER.- SIP Express Router (SER) es un servidor SIP para telefonía IP. Se distribuye como software libre bajo licencia GPL

Además FreeSWITCH permite el registro de cuentas SIP, buzones de voz en configuraciones en tiempo real, lo cual facilita el trabajo de grandes cantidades de registros de usuarios. Siendo un sistema de alto rendimiento y flexibilidad en comparación con las otras plataformas

2.8 DESCRIPCIÓN DE FREESWITCH

2.8.1 ANTECEDENTES

FreeSWITCH es una plataforma de comunicaciones de software libre/código abierto creado por Anthony Minessale, quien ha estado involucrado en la telefonía desde 2003. Antes de esto, había pasado más de diez años como director técnico y diseñador de plataforma para diversas empresas, fue uno de los principales desarrolladores de aplicaciones para la plataforma de telefonía Asterisk.

Anthony con su gran experiencia en Asterisk, fue descubriendo varios problemas de interbloques o deadlocks y colapsos de la plataforma o crashes que apuntaban directamente al núcleo de Asterisk; lo cual era una gran limitante para seguir desarrollando nuevas aplicaciones y para resolver estos problemas tendría que volver a reestructurar el software completo. Por tales motivos Anthony decidió crear su propia plataforma de telefonía desde cero, con mejores características y funcionalidades de gran estabilidad.

El proyecto de FreeSWITCH fue anunciado en enero del 2006. El primer lanzamiento oficial de FreeSWITCH 1.0.0 (Fénix) se realizó el 26 de mayo de 2008. Seguidamente por un parche menor 1.0.1 que salió el 24 de julio de 2008. La versión actual de FreeSWITCH es la 1.0.7 que ha sido liberada el 14 de enero del 2011.

2.8.2 CARACTERÍSTICAS

FreeSWITCH presenta características que hacen que sea una plataforma sólida:

- El objetivo principal de FreeSWITCH es proporcionar una arquitectura modular y escalable alrededor de un núcleo de conmutación estable. Además de proporcionar una interfaz robusta para que los desarrolladores puedan añadir y controlar el sistema.
- Cada canal posee su propio thread o hilo de ejecución, el cual utiliza una función de estado de la máquina para navegar a través del núcleo. Esto asegura que cada canal siga el mismo camino predecible.
- Soporta diversas tecnologías de comunicaciones como SIP, H.323, IAX2 y GoogleTalk.
- Permite operar en frecuencias de 8, 16 y 32 kilohertz para canales de voz y módulos de conferencias. Además puede conectar canales de diferentes tasas de muestreo.
- La administración de llamadas se realiza mediante Dialplan XML o a través de la interfaz Event Socket⁵³, la cual es una conexión socket al servidor FreeSWITCH.
- Para el control de las actividades de FreeSWITCH puede usar cualquier lenguaje de programación o software capaz de comunicarse vía socket.
- FreeSWITCH aprovecha una serie de bibliotecas que ya existen para ampliar e integrar una variedad de tecnologías.
- Contiene una biblioteca que separa los aspectos triviales de la programación para el Event Socket para Erlang, JavaScript, Lua Perl, PHP, python y Ruby.
- Integración con Redes NGN ya que permite la comunicación de voz, video y datos.
 - Modelos basados en sesiones.

⁵³ Socket.- El término socket es también usado como el nombre de una interfaz de programación de aplicaciones (API) para el stack de protocolos de Internet TCP/IP, provista usualmente por el sistema operativo que permite intercambiar cualquier flujo de datos, generalmente de manera fiable y ordenada.

- Administración, Control y servicio de llamadas basado en capas NGN.
- Permite el funcionamiento nativo sin dependencia alguna, en sistemas operativos de 32 y 64 bits como son:
 - Aurora UX (LLVM+Clang/gmake).- es una distribución de sistema operativo basada en la fuente base de Open Solaris.
 - Sun Solaris 10 UNIX (Sun Studio).- Es un sistema operativo de tipo Unix que funciona en arquitecturas SPARC (del inglés Scalable Processor ARChitecture) y x86 para servidores y estaciones de trabajo.
 - FreeBSD (gmake).- Es un sistema operativo libre para computadoras basado en las CPU de arquitectura Intel
 - Mac OS X (gmake).- Es un sistema operativo desarrollado y comercializado por Apple Inc. que ha sido incluido en su gama de computadoras Macintosh
 - RHEL/CentOS Linux.- Red Hat Enterprise Linux también conocido por sus siglas RHEL es una distribución comercial de Linux desarrollada por Red Hat. Así como también CentOS (Community ENTERprise Operating System) es una bifurcación a nivel binario de la distribución Linux Red Hat.
 - Debian/Ubuntu GNU/Linux.- Debian es un sistema GNU libre pre compilado, empaquetado y en formato deb para múltiples arquitecturas de computador y para varios núcleos. Ubuntu se basa en Debian.
 - Windows (Nativo).- Es un software propietario o de fuente compartida desarrollado por Microsoft Windows.
- Soporta distintos códec de audio como:
 - G.711 μ -law / A-law
 - G.722
 - G.726
 - G.729 (passthrough), G.729 (requiere de licencia, \$10/canal)
 - GSM

- CELT
 - iLBC
 - BroadVoice
 - Speex
 - G.723.1 (solamente passthrough)
 - AMR (passthrough)
- Soporta varios códec de video como:
 - H261
 - H263
 - H263+ (H263-1998)
 - H263++ (H263-2000)
 - H264
 - Theora (passthrough)
 - MP4 (passthrough)

Varios códecs usados en FreeSWITCH son implementados en modo passthrough, en la cual se envían datos sin compresión ni procesamiento alguno entre el emisor y receptor de la llamada. Este modo permite usar códecs que requieren de licencias para poder ser aplicados en una empresa o institución de forma gratuita; con la diferencia que los datos no son codificados ni decodificados.

El problema que presenta este modo, es la incompatibilidad con funciones de grabación y reproducción en el IVR ya que no pueden ser transcodificados y deben usar el mismo códec en las estaciones finales de llamadas como en el emisor.

Permite el soporte para tarjetas de hardware de transcodificación como por ejemplo tarjetas Sangoma; que reduce el uso del CPU (Unidad Central de Proceso) en el servidor.

2.8.3 FUNCIONAMIENTO

FreeSWITCH no es un servidor proxy, actúa como un agente de usuario back-to-back o B2BUA⁵⁴ que incluye las funcionalidades de una IP PBX para construir la solución softswitch. Por lo general esta característica se encuentra en los gateways pero FreeSWITCH integra las funcionalidades de B2BAU que le permite realizar control de llamadas manteniendo el estado completo de las mismas para obtener información de los tramos de la llamada o call leg; lo cual significa la conexión entre dos dispositivos.

FreeSWITCH se basa en un núcleo central alimentado por un centro de registro XML, y rodeado de varios módulos que se comunican entre sí a través de la central. Para realizar una llamada establece el siguiente proceso (ver Figura 19):

- Se registra los teléfonos IP o softphone en el registro XML.
- FreeSWITCH opera entre dos puntos extremos de una llamada telefónica o una sesión de comunicaciones y divide el canal de comunicación en dos tramos o legs A y B, actuando como intermediario de señalización en todas las llamadas SIP de extremo a extremo, durante el establecimiento y terminación de la llamada.
- En el tramo de la llamada originada (A), B2BUA actúa como un servidor de agente de usuario (UAS) y procesa la solicitud de un cliente de agente de usuario (UAC) para llevarlo al destino. Cada tramo de B2BUA funciona como un elemento de red SIP estándar como se especifica en el RFC 3261⁵⁵.
- Cuando el tramo A hace una llamada, el módulo SIP envía una solicitud al plan de marcado XML, para comparar los dígitos marcados con una serie de coincidencias llamadas expresiones regulares; en el servidor.

⁵⁴ B2BAU.- (Back 2 Back User Agent) es una aplicación para controlar llamadas entre usuarios SIP y se diferencia de un Proxy SIP en que este únicamente gestiona el estado de una llamada cuando se realiza, mientras que el B2BUA mantiene el estado de las llamadas y las mantiene para conseguir información valiosa en determinados entornos como facturación, re direccionamiento de llamadas en caso de caída de un proveedor SIP, etc.

⁵⁵ RFC 3261.- Recomendaciones acerca de protocolo SIPy B2BUA

- Una vez que ha encontrado una coincidencia, los datos de la extensión XML se copian al canal local, el cual contiene una lista de instrucciones que se ejecutarán en la próxima etapa de la llamada.
- En el caso de ser una llamada al exterior, FreeSWITCH se conecta con la PSTN.
- Se puede observar los datos de la llamada que está disponible cada vez que un canal se encuentra en estado de enrutamiento.
- Por último la comunicación se establece entre los dos tramos de la llamada.

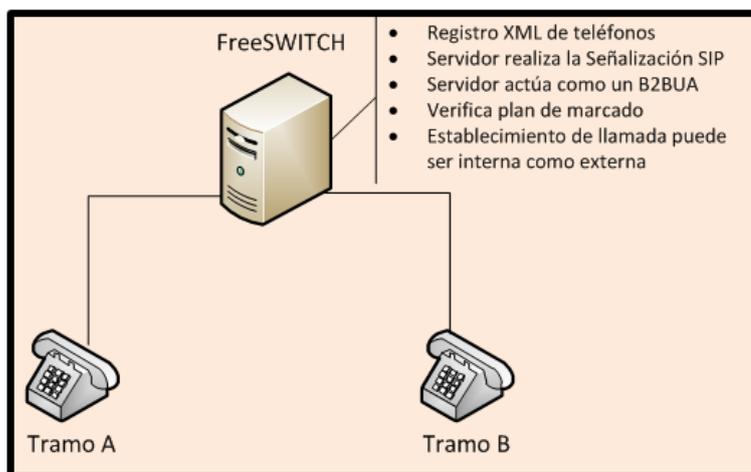


Figura 19. Establecimiento de una llamada a través de FreeSWITCH
 Fuente: Adaptado de Anthony M, Michael S. Darren S. (2010). FreeSWITCH 1.0.6. Editorial: PACKT publishing. Reino Unido.

2.8.4 ARQUITECTURA

FreeSWITCH presenta una arquitectura compuesta por varios elementos independientes uno del otro. Además se puede ampliar la funcionalidad del sistema cargando módulos, que puede unir una tecnología particular externa al núcleo.

En la Figura 20, se puede observar los distintos módulos que se comunican a través del API central y del sistema de eventos internos de FreeSWITCH, lo cual evita cualquier comportamiento no deseado de los módulos externos; cada uno con su función específica:

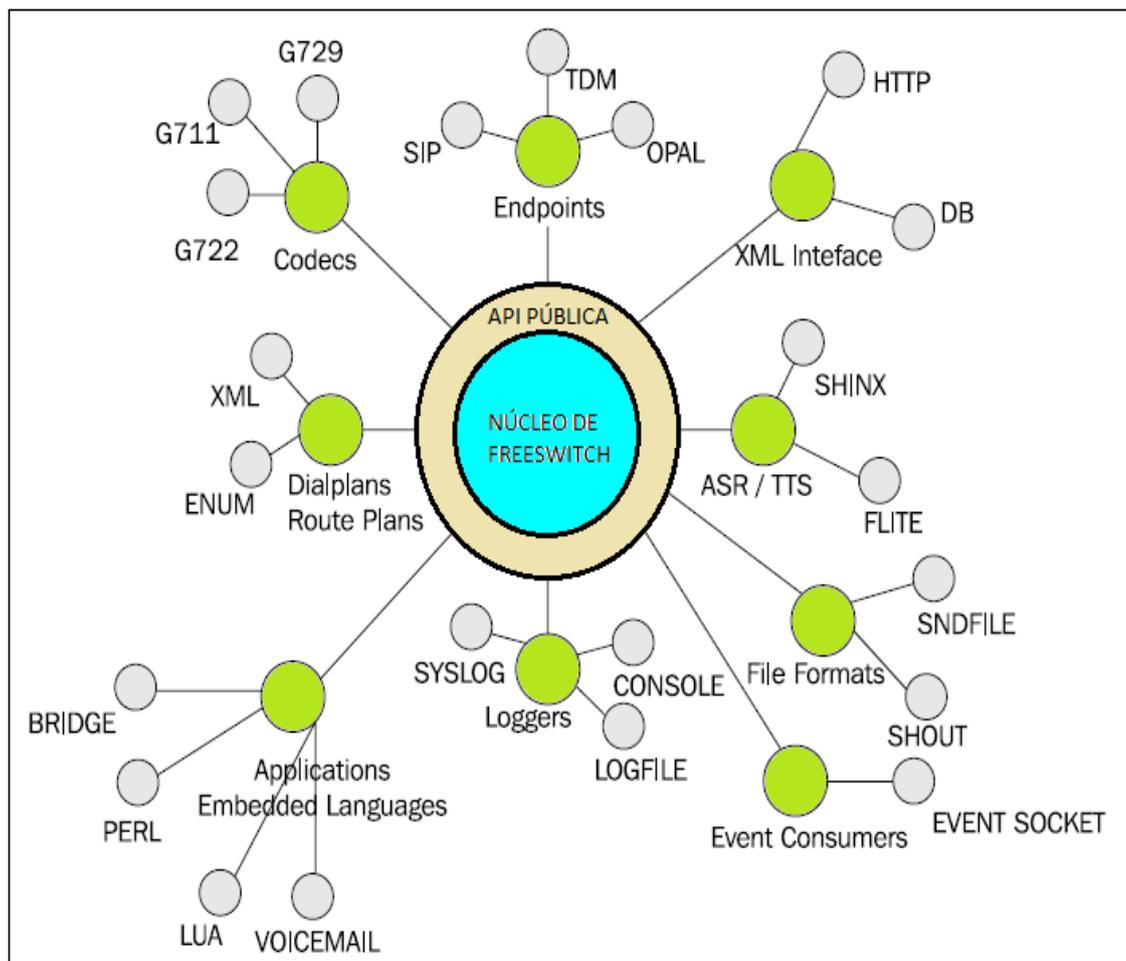


Figura 20. Arquitectura Modular de FreeSwitch

Nota Fuente: Adaptado de Anthony M, Michael S. Darren S. (2010). FreeSWITCH 1.0.6. Editorial: PACKT publishing. Reino Unido.

En la Tabla 10 se describe de forma general el objetivo de cada módulo de la arquitectura de FreeSWITCH:

Tabla 10. Descripción general de cada Módulo de FreeSwitch

MÓDULO	PROPÓSITO
Endpoints	Permite una interfaz específica de protocolos de telefonía, como SIP/H.323 y líneas POTS ⁵⁶ .
Dialplan	Especifica el detalle, estado y encaminamiento de las llamadas.
Códec	Es el modulo encargado de dar a conocer que códecs soporta el sistema y traducir los formatos de audio.
Application	Permite ejecutar aplicaciones adicionales en la llamada como por ejemplo voicemail, reproducción de audio, etc.
Application	Permite exportar una funcionalidad de entrada de texto y salida de texto,

⁵⁶ POTS.- Plain Old Telephone Service, es el servicio de telefonía de calidad de voz que sigue siendo la forma básica de relación comercial de servicios residenciales y pequeñas empresas a la red telefónica en muchas partes del mundo.

Programming Interface (API)	utilizando un módulo de conexión externa.
File	Muestra una interfaz para extraer y reproducir sonido que se encuentran en varios tipos de formatos de archivo de audio como por ejemplo .wav.
Text-To-Speech (TTS)	Soporta una interfaz de motores de texto a voz.
Automated Speech Recognition ASR	Permite una interfaz con sistemas de reconocimiento de voz y síntesis de voz.
Directory	Buscador de base de datos en base al protocolo LDAP (Protocolo Ligero de Acceso a Directorios) en el núcleo API.
Chat	Es un puente e intercambio de diferentes protocolos de chat.
Say	Permite construir frases a partir de archivos de audio en varios idiomas para proporcionar información anunciando números de teléfono, la hora del día, deletrear palabras, etc.
Event Consumers	Acceso remoto a eventos o a CDR ⁵⁷ (call detail records). También puede activar registro de eventos.
Loggers	Indicador de consola o registro de archivos.
Languages	FreeSWITCH usa distintos lenguajes de programación embebidos como Python, Java, Javascript y Perl; los cuales permiten crear aplicaciones para el manejo del sistema mediante una interfaz de alto nivel.
Timers	Temporizadores fiables para medir el intervalo de tiempo de los paquetes.
XML Interface	El registro del núcleo XML permite hacer búsquedas en tiempo real y crear XML basado en CDR.

Fuente: Álvaro Jesam. (2009). *Implementación de una plataforma sobre IP utilizando FreeSwitch como testbed para tecnología por voz*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile.

Cabe indicar que el registro XML centralizado es la parte esencial de FreeSWITCH, ya que se basa en la creación de registros de lenguaje XML para mayor facilidad de la administración de las configuraciones, mediante conexiones desde el registro XML al núcleo, lo cual permite realizar búsquedas en tiempo real y crear CDR´s en formato XML.

Un archivo XML de alto nivel se abre al momento que FreeSWITCH inicia y alimenta a un pre-procesador, que reconoce la estructura XML e incluye archivos XML de menor tamaño y una serie de variables globales que sirven para posteriores configuraciones. Cuando el registro ya se ha procesado, es cargado en la memoria y permite el acceso a los módulos y al núcleo mediante sectores vitales que permiten realizar cualquier aplicación, como son:

⁵⁷ CDR (Call Detail Record).- Es un registro de detalle de llamadas, estos registros son automáticamente generados y pueden ser bajados a la computadora en distintos formatos. Estos reportes contienen información como el número de llamadas realizadas, la duración de las llamadas, el origen y destino de las llamadas y el gasto de las mismas.

- **Configuración.-** Son los datos de configuración que permite controlar el comportamiento de la aplicación.
- **Dialplan.-** Es una representación del dialplan que puede ser usada por mod_dialplan_xml y sirve para rutear llamadas y ejecutar aplicaciones.
- **Phrases.-** Corresponde a macros de frases para la aplicación de IVR escritas en formato markup (formato XML), que además, sirven para tener la implementación en varios lenguajes.
- **Directorio.-** Se refiere a una colección de dominios y usuarios para el registro y gestión de cuentas.

2.8.5 MÓDULOS PRINCIPALES

FreeSWITCH utiliza varias bibliotecas que facilitan el funcionamiento del sistema y a la vez la convierten en una plataforma muy potente, como por ejemplo los módulos Endpoints; siendo la función principal la adopción de ciertas tecnologías de la comunicación y normalizarlos para utilizarlos como una sesión; lo cual significa que permite una conexión entre FreeSWITCH y un protocolo en particular como SIP, H.323, Jingle (Google Talk), y entre otros.

FreeSWITCH consta de varios módulos pero a continuación se detallan los que son considerados los más esenciales para la implementación y ejecución del software como son el módulo de Sofia-SIP que es de tipo endpoint y otros módulos como Directory, Dialplan que son muy importantes para el funcionamiento de FreeSWITCH.

2.8.5.1 MÓDULO SOFIA-SIP

El módulo Sofia-SIP es un proyecto de código abierto patrocinado por Nokia, el cual es utilizado por FreeSWITCH como una interfaz de programación para el protocolo SIP.

Características:

- La plataforma de destino principal de Sofia-SIP es GNU / Linux.
- Sofia-SIP se basa en una pila SIP desarrollado en el Centro de Investigación de Nokia.
- Sofia-SIP está licenciado bajo la LGPL (GNU Lesser General Public License).
- Cumple con la especificación IETF RFC 3261
- Última versión 12.01.11 (03/11/2011).
- Permite ser usado como un cliente SIP para aplicaciones VoIP, mensajería instantánea y entre otros servicios en tiempo real.
- Incluye un paquete completo de protocolos de transporte, como son TCP y UDP compatible con IPv4 o IPv6.
- Sofia-SIP proporciona una implementación SDP para ofrecer respuestas de negociación permitiendo establecer sesiones multimedia, como VoIP y videoconferencia.
- Soporte para STUN de forma independiente a la base de la pila SIP.

Funcionamiento General:

Sofia-SIP es una biblioteca que corresponde a un User-Agent (UA)⁵⁸ es decir, Sofia-SIP recibe las llamadas enviadas a FreeSWITCH desde otro UA, emite llamadas a otros UAs, actúa como cliente para registrar otros UAs a FreeSWITCH, permite el registro de clientes en FreeSWITCH y conecta las llamadas.

⁵⁸ UA (User - Agent).- Entidad que interactúa con el usuario mediante el protocolo SIP y es notificado al servidor.

El módulo Sofia-SIP permite crear varios UA a través de perfiles con la respectiva descripción; permitiendo a FreeSWITCH administrar la seguridad de una red, manejar audio, video y funcionalidades extras con direccionamiento IPv4 o IPv6.

Al ejecutarse FreeSWITCH, el modulo sofia.conf.xml se carga; el cual muestra la información de ubicación de cada perfil creado y carga los demás perfiles. Un error que podría presentarse al realizar la anterior acción, es que los perfiles no estén configurados correctamente e interfieran entre ellos. Como por ejemplo si un perfil usa un puerto para realizar una conexión, otro perfil ya no puede usar el mismo puerto.

FreeSWITCH puede decidir como enrutar los diferentes tipos de llamadas y como realizar un dialplan basado en como dirigir las llamadas; gracias a la funcionalidad brindada por los perfiles.

FreeSWITCH presenta tres perfiles que vienen configurados por defecto en el sistema, los cuales son “internal”, “external” y “nat”; que se encuentran en los siguientes directorios:

- ../freeswitch-1.0.7/debug/conf/sip_profiles (Versión de código fuente)
- ../freeswitch-1.0.7/conf/sip_profiles (Versión pre-compilada)

Para comprender de mejor forma estos perfiles se detalla a continuación:

Perfil “internal”

El perfil “internal” permite que UA se registre en FreeSWITCH para realizar llamadas VoIP. Por defecto SIP está configurado para escuchar en la IP primaria del servidor en el puerto 5060.

Perfil “external”.- El perfil “external” permite agregar los proveedores de VoIP en un archivo*.xml al FreeSWITCH en la siguiente ubicación:

- /usr/local/freeswitch/conf/sip_profiles/external/[nombre de proveedor SIP]

Además el perfil permite manejar el registro de FreeSWITCH al proveedor SIP y añadir la información del mismo. El proveedor SIP envía llamadas y FreeSWITCH direcciona las llamadas a través del perfil externo. Por defecto usa el puerto 5080 para la comunicación externa.

Perfil “nat”.- El perfil “nat” no presenta soporte en FreeSWITCH por lo cual se utiliza el perfil “external”

mod_sofia.- El módulo mod_sofia permite cargar las preferencias definidas por el usuario y detalles de conexión. Además permite a FreeSWITCH aceptar el registro de los teléfonos SIP y los dispositivos, el registro de otros puntos finales SIP, tales como los proveedores de servicios, enviar notificaciones, y proporcionar servicios a los teléfonos como el correo de voz. Para lo cual requiere las siguientes herramientas (ver Tabla 11):

Tabla 11. Descripción de comandos para módulo de Sofi-SIP

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	USO
rescan/restart	Permite recargar un perfil SIP específico, utilizando estos comandos desde consola	fs> sofia profile <profile_name> [<rescan> <restart>] reloadx
killgw	Elimina un Gateway específico desde consola	fs> sofia profile <profile_name> killgw <gateway_name>
status profile	Da a conocer todos los dispositivos que se han registrado en FreeSWITCH	sofia status profile <profile name> fs>sofia status profile internal fs>sofia status profile external
status	Muestra los gateways disponibles	fs>sofia status

Fuente: Álvaro Jesam. (2009). Implementación de una plataforma sobre IP utilizando FreeSwitch como testbed para tecnología por voz. (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile.

2.8.5.2 MÓDULO DIRECTORY

El módulo Directory tiene una carpeta en la que contiene las credenciales de autenticación de los terminales SIP registrados en FreeSWITCH. El archivo default.xml muestra la ubicación de los archivos que identifican a cada usuario. Por ejemplo se muestra la configuración de un usuario 1500.xml (ver Figura 21):

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<include>
  <user id="1500" mailbox="8000">
    <params>
      <param name="password" value="5678"></param>
      <param name="vm-password" value="1500"></param>
    </params>
    <variables>
      <variable name="accountcode" value="1500"></variable>
      <variable name="user_context" value="dialplan1"></variable>
      <variable name="effective_caller_id_name"
value="Nombre_Usuario"></variable>
      <variable name="effective_caller_id_number"
value="1500"></variable>
    </variables>
  </user>
</include>

```

Figura 21. Ejemplo de Configuración de usuario 1500

Fuente: Álvaro Jesam. (2009). Implementación de una plataforma sobre IP utilizando FreeSwitch como *testbed para tecnología por voz*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile.

En la figura 21, se muestra la creación de una cuenta de usuario 1500, en la cual se puede configurar un número de buzón de voz. Además se puede especificar la clave o password de la cuenta así como del buzón de voz. En el `user_context` se especifica al dialplan que el usuario corresponde para realizar llamadas. El `account_code` es el número de cuenta 1500, al igual que le `effective_caller_id_number`; pero también se puede colocar el nombre del usuario de la cuenta. Los archivos de configuración de registros se crean de forma individual para cada usuario, para que FreeSWITCH pueda aceptar al usuario.

Existen interfaces gráficas que nos permiten el registro de las cuentas de usuarios con mayor facilidad, sin necesidad de tener conocimiento del lenguaje XML. Una de las interfaces más completa y flexible, es FusionPBX⁵⁹ que más adelante se dará a conocer las características y funcionalidades.

⁵⁹ FusionPBX.- Es un proyecto de código abierto que provee una interfaz web personalizable y flexible para el modificador de voz potente y altamente escalable multi-plataforma llamado FreeSwitch.

2.8.5.3 MÓDULO DIALPLAN

El Dialplan o plan de llamadas es un mecanismo de enrutamiento y comportamiento de llamadas mediante una lista de instrucciones.

Características:

- Está basado en código XML muy funcional y fácil de editar.
- Presenta un soporte para la plataforma Asterisk.
- Son planes de numeración muy flexibles.
- El DialPlan usa el controlador de Sofia-SIP el cual es el origen y destino de las llamadas atendidas. Cuando llega una llamada a FreeSWITCH, Sofia reúne información sobre la llamada y decide qué plan de marcado invocar.
- La función principal del Dialplan es extraer una solicitud de llamada y decidir la ruta de la llamada y la aplicación correspondiente.
- Permite correr diferentes subsistemas de dialplan de forma nativa. Los archivos no son traducidos al mismo backend⁶⁰ sino que son métodos únicos e independientes de los cuales se puede obtener información.
- En el estado de enrutamiento el Dialplan es analizado minuciosamente; la cual se basa en las etiquetas de <action> y <anti-action> escritas en el XML.

Elementos Principales del DialPlan

El Dialplan XML de FreeSWITCH presenta tres archivos y dos directorios, ubicados en el directorio (../conf/dialplan/):

- **default.xml.-** es el archivo de configuración principal del Dialplan de FreeSWITCH.
- **public.xml.-** este archivo maneja las llamadas entrantes a FreeSWITCH desde otro lugar.

⁶⁰ El back-end es la parte del software que procesa las entradas que recibe la parte que interactúa con el usuario o front-end

- **features.xml.**- un contexto especial para el manejo específico de las características de marcado.
- **default /.**- Los archivos en este directorio se incluye en el contexto default.
- **público /.**- Los archivos en este directorio se incluyen en el contexto public.

Anatomía del DialPlan

Las partes del Dialplan que permiten hacer el enrutamiento de las llamadas son: context, extensión, condition, action; los cuales son procesados en orden hasta llegar a la etiqueta action que le dice a FreeSWITCH que acción debe tomar. Estos elementos se muestran a continuación:

- **Context.**- Un contexto es una agrupación lógica de uno o más extensiones. La etiqueta context necesita como parámetro obligatorio un nombre (name).
- **Extensión.**- Las extensiones o extensions, corresponden a los destinos de las llamadas; las cuales tienen un nombre y un conjunto de condiciones y acciones. De esta forma se instruye a FreeSWITCH lo que debe hacer.

La etiqueta debe llevar de forma arbitraria un nombre (name) para poder identificarla y opcionalmente el parámetro “continue” el cual toma valores de true o false, verdadero o falso respectivamente. Si cumple el criterio verdadero FS seguirá ejecutando las extensiones, caso contrario no continuara y tomara el valor falso.

- **Condition.**- Se refiere a las condiciones de la llamada, de las cuales depende para tomar alguna acción. Las etiquetas de las condiciones permiten encontrar patrones que coincidan con la llamada para que esta pueda ser procesada pro FS.

Cuando se compara las condiciones con la llamada en curso, existen varias variables con las que se puede comparar (ver Tabla 12).

La etiqueta presenta dos parámetros obligatorios, “field” que corresponde al campo que debe ser configurado con las variables de la Tabla 12 y la segunda “expression” que representa el valor de la variable que puede ser una expresión regular como on-false, always, etc; permitiéndole a FS procesar la extensión.

Tabla 12. Variables Integradas

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Context	Contexto en el que se realiza la llamada
Rdnis	Numero re direccionado. El número del directorio al cual la llamada fue presentada por última vez.
destination_number	Número discado. El número al cual esta llamada está intentado contactar.
dialplan	Nombre del módulo de dialplan que está siendo usado
caller_id_name	Nombre de la persona que realiza la llamada.
caller_id_number	Número del directorio para llamar
Ani	Automatic number identification – Identificación automática del número que llama.
ani2	Tipo de dispositivo que genera la llamada.
uuid	Identificador único de la llamada en curso
Source	Nombre del módulo FreeSWITCH que recibió la llamada
cha_name	Nombre del canal actual.
network_addr	Dirección IP de la fuente de señalización en llamadas VoIP.

Fuente: Álvaro Jesam. (2009). Implementación de una plataforma sobre IP utilizando FreeSwitch como *testbed para tecnología por voz*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile.

2.8.5.4 MÓDULO DE COMANDOS (**mod_commands**)

El módulo `mod_commands` pertenece a los módulos de aplicaciones, en la que se encuentran una variedad de comandos para ser usados en la interfaz de línea de comando, y cualquiera de las interfaces externas para realizar scripts. Este módulo permite interactuar con el núcleo, ejecutar acciones de manejo de llamadas, ejecutar acciones de reproducción/grabación de audio entre otras. A continuación se muestran algunos comandos útiles de consola (ver Tabla 13):

Tabla 13. Comandos útiles para consola

COMANDO	DESCRIPCIÓN	SINTAXIS
load	Carga módulos externos	Load <nombre_módulo>
unload	Quita un módulo externo	unload<nombre_módulo>
reloadxml	Re-carga los principales archivos de configuración XML sin la necesidad de reiniciar FreeSWITCH	reloadxml
shutdown	Detiene FreeSWITCH. Solo se puede utilizar desde línea de comando	shutdown

show	Muestra varios reportes.	show [<blank> codec application api dialplan file timer calls channels]
versión	Muestra la versión de FreeSWITCH	version
answer	Contesta una llamada	Answer <uuid>
bridge	Crea un puente a otro terminal Bridge	<url_originado>
record_session	Graba una sesión o una llamada a un archivo.	Record /tmp/test.wav
stop_record_session	Para la grabación de la sesión	Stop_record_session <dirección de archivo>
jsrun	Usado para ejecutar java scripts sin una llamada activa	Jsrun <filename> [argumentos]

Fuente: Álvaro Jesam. (2009). Implementación de una plataforma sobre IP utilizando FreeSwitch como *testbed para tecnología por voz*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile.

2.8.5.5 MÓDULO DE HERRAMIENTAS (mod_dptools)

Se refiere a las acciones que se pueden realizar en el Dialplan. En la Tabla 14 se detallan algunas de las acciones:

Tabla 14. Descripción de acciones del módulo de herramientas

COMANDO	DESCRIPCIÓN	SINTAXIS
answer	Contesta una sesión o llamada entrante	<action application="answer"/>
bridge	Realiza un puente entre dos terminales	Bridge<target_endpoint>[,<target_endpoint>][<target_endpoint>]
hangup	Corta la comunicación del canal	<action application="hangup" data="USER_BUSY"/>
set	Le da un valor a una variable del canal que llama a la aplicación	<action application="set" data="=<channel_variable>=<value>"/>
transfer	Transfiere inmediatamente al canal que llama a un nuevo contexto	transfer <destination_number> [<dialplan> [<context>]]
speech	Implementa reconocimiento de voz	detect_speech <mod_name> <gram_name> <gram_path> [<addr>] detect_speech grammar <gram_name> [<path>] detect_speech nogrammar <gram_name> detect_speech pause detect_speech resume detect_speech stop

Fuente: Álvaro Jesam. (2009). Implementación de una plataforma sobre IP utilizando FreeSwitch como *testbed para tecnología por voz*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile.

2.8.6 APLICACIONES

Algunas de las aplicaciones que presenta FreeSWITCH son:

- Voicemail o Correo de voz
- Multiempresa.- Configuración Empresa/ Proveedor
- Saludos de bienvenida
- Etiquetado de mensajes urgentes
- Entrega de E-mail (correo electrónico)
- Reproducción y grabación de mensajes antes de entregar al destino.
- Soporte de Callback o devolución de llamada desde un correo de voz
- Podcast o distribución de archivos de correo de voz mediante RSS (las siglas de Really Simple Syndication, un formato XML para compartir contenido en la web).
- Indicador de Mensajes en espera (MWI - Message Waiting Indicator)
- Soporte de colas (a través de mod_fifo o mod_callcenter)
- Parking (a través de mod_fifo)
- Conferencia
 - Software basado en conferencia sin ningún tipo de requisitos de hardware.
 - Conferencias de banda ancha.
 - Múltiples demandas de entrada o conferencias programadas con anuncios de entrada / salida
 - Reproducción de archivos en la conferencia o un solo miembro.
 - Integración TTS
 - Transferencias de llamadas
 - Llamadas salientes
 - Puente de transición de Conferencia
 - Grupo de multi llamadas salientes.
- Lector RSS
- Punto final de Fax, gateway y modo passthrough.
 - T.30 (G.711) Audio Fax (a través de mod_spandsp), antes conocido como mod_fax.

- Soporta protocolo T.38 de fax (puerta de enlace, punto final y modo passthrough)

2.9 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DEL SISTEMA

De acuerdo a la página de wiki.freeswitch.org, los requerimientos mínimos del sistema para el funcionamiento de FreeSWITCH son:

- **Sistema Operativo:** Plataforma de 32-bit (64-bit recomendado)
- **Memoria RAM:** 512MB (1GB recomendado)
- **Espacio en Disco:** 50MB
- **Sistema operativo:** Soporta Linux, Windows, Unix, MacOS, el que prefiera el administrador de la red ya que FreeSWITCH no tiene dependencia alguna con ninguna plataforma.

Pero estos requerimientos son variables ya que depende de las necesidades de la implementación del sistema de telefonía IP; por lo cual se requiere realizar el análisis respectivo de los requerimientos de la red de datos y de voz.

2.10 PERFORMANCE DE FREESWITCH

De acuerdo a las pruebas de rendimiento y configuraciones que se muestran en la página de wiki.freeswitch.org, el rendimiento que presenta FreeSWITCH son:

- Probado con carga por más de 100 horas
- Mayor a 10 millones de llamadas

El rendimiento varía dependiendo de la aplicación para lo cual es necesario conocer los servicios y aplicaciones que la entidad requiere.

2.11 SISTEMA OPERATIVO BASE

Para el correcto funcionamiento de FreeSwitch se considera utilizar una plataforma Linux como es Debian 6.0 Squeeze ya que presenta características de alto rendimiento y funcionalidad eficiente. A continuación se muestra las características principales de esta plataforma:

2.11.1 CARACTERÍSTICAS

- En términos de rendimiento, Debian tiene un tiempo de arranque más rápido debido a la introducción de un sistema de arranque basado en dependencias. Esto permite que las secuencias de comandos se ejecuten en paralelo y reduzca el tiempo total para arrancar el sistema.
- Soporta distintas arquitecturas de computadores como son de 32 bits (i386), 64 bits (amd64) y entre otras.
- La adaptación AMD64 es completamente de 64 bits, lo cual beneficia al usuario con todas las ventajas de esta arquitectura ya que no hay segmentación en memorias baja y alta y permite mayor optimización del tiempo de compilación.

2.11.2 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

- Debe tener al menos 80MB de memoria
- 650MB espacio de disco duro para realizar una instalación normal.
- Para un sistema mínimo basado en consola (todos los paquetes estándar), se requiere 250 MB.

2.12 INTERFAZ GRÁFICA FUSIONPBX

FusionPBX es un interfaz web altamente personalizable y flexible para administrar las distintas funcionalidades de FreeSWITCH, como son el registro de cuentas, manejo del Dialplan, estado del tráfico de llamadas, condiciones de tiempo

de llamadas y entre otras características que facilitan el trabajo del administrador de la red (ver figura 22 y figura 23).



Figura 22. Logotipo de FusionPBX

Fuente: portal web <http://www.fusionpbx.com/>

Figura 23. Ventana de configuración de extensiones de usuarios, teléfonos y gateways en FusionPBX
Nota: Recuperado de http://fusionpbx.com/files/fusionpbx_com/screenshots/index.php?page=1

2.12.1 CARACTERÍSTICAS

- FusionPBX es un proyecto de código abierto con licencia MPL 1.1
- Puede ejecutarse en cualquier sistema operativo y hardware a la elección.
- Permite la configuración de extensiones, mensajes de voz a correo electrónico, música en espera, estacionamiento de llamadas, líneas analógicas o de alta densidad de circuitos T1/E1 y muchas otras características.
- Añade funcionalidades extras a FreeSWITCH
- Fácil administración de FreeSWITCH
- Brinda a los usuarios una interfaz GUI para la funcionalidad del teléfono del sistema, como correo de voz/fax/sígueme/no-molestar, etc.

- Actualmente cuenta con 48 módulos adicionales que proporcionan una gran cantidad de funciones.
- Puede funcionar con múltiples sistemas operativos como Linux, BSD, Windows, Mac OS X, y otros.
- Realiza el almacenamiento de datos a través de motores de bases de datos como SQLite, PostgreSQL, MySQL y entre otros.
- Se puede utilizar cualquier servidor web que soporte PHP5, incluyendo Apache, Lighttpd, nginx y muchos otros.

2.12.2 FUNCIONES

Algunas funciones que FusionPBX presenta son:

- Registros de llamadas muy detallado con XML CDR
- Aprovisionamiento automático de teléfono
- Menú IVR para las características de la operadora automática
- Grupos de búsqueda
- Reenvío de llamadas
- Condiciones de tiempo
- Editor de Dialplan
- Administración de SIP Gateway
- Menú de Gestión de extensiones, usuarios, contactos y contenidos.
- Anuncios: configuración de una grabación para el operador automático que proporciona el anuncio a los que llaman.
- Llamadas de difusión: Crear una grabación y seleccionar uno o más grupos para el sistema de llamadas y reproducir la grabación.
- Registros de detalles de llamadas mediante reportes en archivo csv.
- Desvío de llamadas: permite reenviar a otra extensión o para cualquier número de teléfono.
- Grabaciones de llamadas: para grabar la totalidad o algunas llamadas o partes de la llamada.
- Servidor de fax: puede enviar o recibir faxes. Incluye la capacidad para enviar faxes como el correo electrónico.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA DE LAS DEPENDENCIAS DEL GAD-I Y DIMENSIONAMIENTO EFICIENTE DE LA RED DE DATOS

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se tratará las características estructurales y técnicas de las dependencias internas y externas del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra (GAD-I). Además se especificará los parámetros de la red de datos como número de puntos de red, tráfico de voz y datos, expansión futura, seguridad, redundancia y compatibilidad de hardware y software.

Se realizará un análisis de los datos adquiridos de la entidad, para determinar requerimientos, necesidades y detectar falencias (ancho de banda, Jitter, rendimiento, retardos, etc.) para soportar VoIP; obteniendo un dimensionamiento eficiente de la red de datos e iniciar con el proceso de diseño del sistema de telefonía IP.

3.2 ANTECEDENTES

El GAD-I se encuentra ubicado en el cantón Ibarra en la provincia de Imbabura. Una entidad encargada de planificar, regular, ejecutar, promover el desarrollo integral y entregar servicios a la comunidad. Además de cumplir con todas las competencias que señala la Constitución, bajo un modelo de gestión pública moderna, eficiente, efectiva y económica.

Una entidad comprometida con el desarrollo tecnológico del cantón Ibarra, convirtiéndola cada día en una ciudad digital. Proporcionando tecnología de información de vanguardia para satisfacer los requerimientos y expectativas de los usuarios, a través de una plataforma de conectividad, hardware y software, que permita a las distintas unidades de la entidad operar de manera integrada con información disponible en los diferentes niveles para la toma de decisiones.

3.3 ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL

A continuación se muestra el Organigrama Estructural del GAD-I (ver Figura 24):

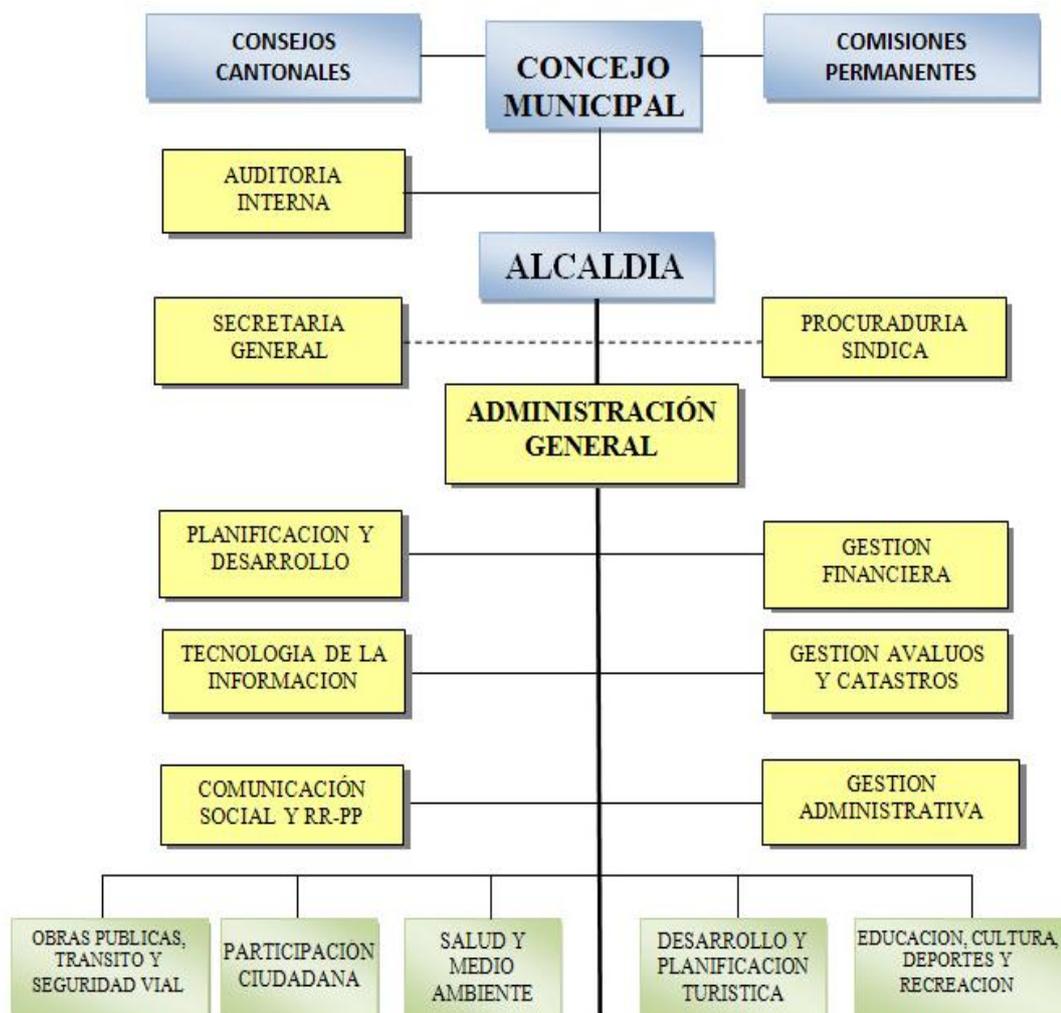


Figura 24. Organigrama estructural del GAD-I.
Fuente: Recuperado del portal web del GAD-I: www.ibarra.gob.ec

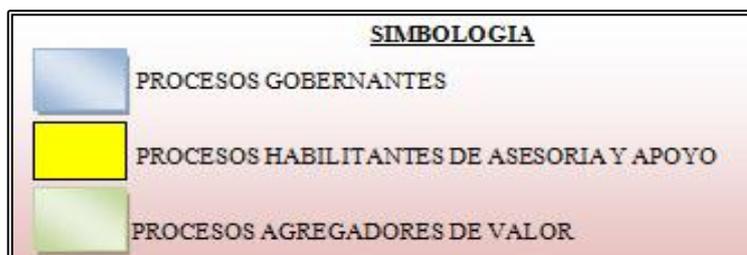


Figura 25. Simbología del Organigrama estructural
Fuente: Recuperado del portal web del GAD-I: www.ibarra.gob.ec

3.4 DESCRIPCIÓN DE LAS DEPENDENCIAS

Las distintas unidades del GAD-I se encuentran distribuidas en varios edificios, los cuales se detallan a continuación:

- Edificio principal
- Edificio antiguo
- Edificio del Antiguo Cuartel militar
- Dependencias externas
- Entidades independientes al GAD-I

3.4.1 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO PRINCIPAL

El edificio principal del GAD-I se encuentra ubicado en el sector centro de la ciudad de Ibarra, en las calles Gabriel García Moreno 6-31 y Simón Bolívar (ver Figura 26).



Figura 26. Edificio principal del GAD-I
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

Cuenta con una infraestructura nueva dividida en tres plantas; en la segunda planta se encuentra la dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) considerada la más importante ya que en esta área se encuentra el Data Center⁶¹, el cual concentra todos los equipos de transmisión y recepción del tráfico de voz, video y datos. En las plantas restantes está distribuida la parte administrativa, económica y de apoyo de la entidad. A continuación se detalla las unidades de cada planta del edificio (ver Tabla 15):

Tabla 15. Distribución de las Unidades del Edificio principal

PLANTA	UNIDADES	CANTIDAD DE EMPLEADOS
Planta Baja	<ul style="list-style-type: none"> • Rentas • Tesorería • Coactivas • Dirección de Comunicación Social • Recursos Humanos y Capacitación • Atención al cliente • Auditorio 	47
Primera Planta	<ul style="list-style-type: none"> • Alcaldía • Sala de Sesiones • Auditoría Interna • Procuraduría Municipal • Secretaria General • Administración General • Dirección de Gestión Administrativa • Dirección de Gestión Financiera • Presupuesto • Contabilidad • Copiadora 	42
Segunda Planta	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección de Tecnologías de la información y Comunicación (TIC) • Dirección de Planificación • Dirección de Avalúos y Catastros • Dirección de Obras Públicas • Archivo Histórico 	128
Tercera Planta	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de Avalúos y Catastros rural 	8

Fuente: elaborado por Nataly Culqui, basado en inventario del GAD-I

⁶¹ Data Center (Centro de Datos).- Es el lugar donde se concentran los recursos necesarios para el procesamiento del tráfico de voz, video y datos de una organización; lugar diseñado y construido acorde a normas internacionales de seguridad e infraestructura.

El edificio principal cuenta aproximadamente con 225 empleados internos, los cuales realizan distintas funciones en cada unidad.

3.4.2 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO ANTIGUO

El edificio antiguo está ubicado en el centro de la ciudad Ibarra en la calle Simón Bolívar entre la calle Juan José Flores y Gabriel García Moreno; cuenta con una infraestructura antigua de la época colonial (ver Figura 27).



Figura 27. Fotografía del Edificio Antigo del GAD-I
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

El edificio antiguo está distribuido de la siguiente manera (ver Tabla 16):

Tabla 16. Unidades del Edificio Antigo del GAD-I

PLANTA	UNIDADES	CANTIDAD DE EMPLEADOS
Planta Baja	<ul style="list-style-type: none"> • Comisaria de Construcciones • Comisaria de Higiene • Archivo Institucional • Recaudación • Dirección de Medio Ambiente • Plan de Ordenamiento Territorial • Biblioteca 	39

	<ul style="list-style-type: none"> • Unidad de proyectos • Central de Operadora Telefónica 	
Primera Planta	<ul style="list-style-type: none"> • Secretaria de Comisiones /Concejales • Radio • SISMERT • Tránsito y Transporte • Dirección de Salud y Medio Ambiente 	32

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en inventario del GAD-I

Aproximadamente hay 71 usuarios distribuidos en el edificio antiguo, de los cuales algunos realizan sus funciones como supervisores externos.

3.4.3 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO DEL ANTIGUO CUARTEL MILITAR “YAGUACHI”

El edificio del antiguo cuartel militar “Yaguachi” está ubicado junto al edificio principal del GAD-I en las calles José Joaquín Olmedo y Gabriel García Moreno (ver figura 28).



Figura 28. Fotografía del interior del antiguo cuartel
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

En el edificio se encuentran las siguientes unidades (ver Tabla 17):

Tabla 17. Unidades ubicadas en el Edificio del antiguo Cuartel

PLANTA	UNIDADES	CANTIDAD DE EMPLEADOS
Planta Baja	<ul style="list-style-type: none"> • Activos Fijos • Suministros • Transporte • Dispensario Médico 	15
Primera Planta	<ul style="list-style-type: none"> • Participación Ciudadana • CNH • Junta de Protección de Derechos Infantil – Juvenil • Laboratorio de computación 	33

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en el inventario del GAD-I.

Aproximadamente existe un total de 48 usuarios en el edificio.

3.4.4 DESCRIPCIÓN DE LAS DEPENDENCIAS EXTERNAS

Existen varias unidades externas ubicadas en la ciudad de Ibarra que pertenecen al GAD-I, las cuales cumplen con distintas funciones. A continuación se detalla las unidades externas:

3.4.4.1 Bodega Municipal

En la Bodega Municipal se realiza el almacenamiento de equipos, materiales y maquinaria perteneciente al GAD-I (ver Figura 29). Además en este lugar se encuentra el área de Reciclaje y Desechos Sólidos, Mecánica y la Dirección de Gestión de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional (ver Figura 30).



Figura 29. Oficina de Bodega del GAD-I
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

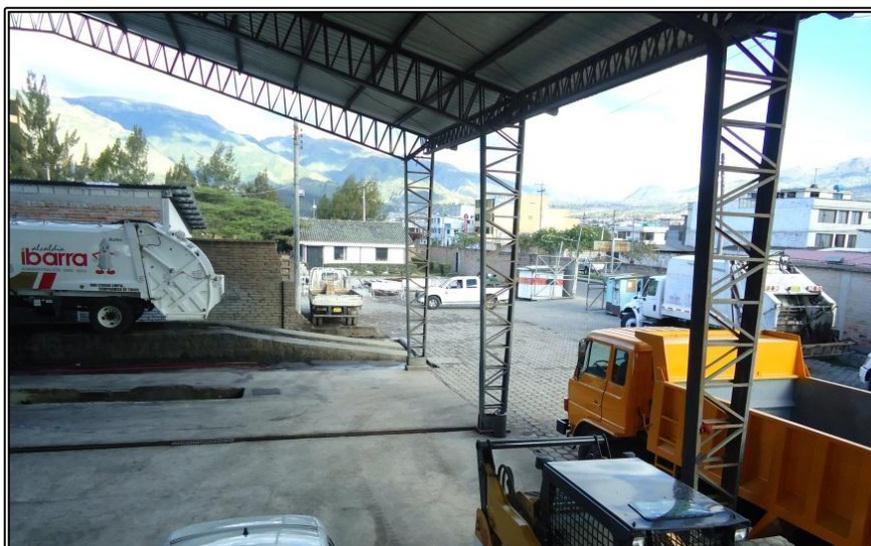


Figura 30. Área de Mecánica y Bodega
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

- **Ubicación:** Avenida Víctor Manuel Guzmán y Uruguay junto al Hospital del Seguro Social.
- **Número de usuarios:** 5

3.4.4.2 Dirección de Cultura, Unidad de Vivienda y Unidad Céntrica parque Bulevar.



Figura 31. Edificio de la Casa Isidro Ayala
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

- **Ubicación:** La casa Isidro Ayala está ubicado en la calle Simón Bolívar y Juan José Flores (esquina), presenta una infraestructura colonial (ver figura 31).
- **Descripción:** en la planta baja se encuentra la unidad de plan de vivienda, en la primera planta la Unidad de Céntrica parque bulevar y en la tercera planta la dirección de Cultura, donde se encuentra un rack pequeño de administración de red de las unidades del edificio.
- Además cabe recalcar que es un sitio turístico, en el cual se realiza exhibiciones artísticas y culturales.
- **Número de usuarios:** 22 usuarios

3.4.4.3 Administración de Mercado Amazonas



Figura 32. Fotografía del Mercado Amazonas
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

- **Ubicación:** Avenida Pérez Guerrero (ver figura 32)
- **Descripción:** en el Mercado Amazonas se encuentra la unidad de Administración de Mercados.
- **Número de usuarios:** 4 usuarios

3.4.4.4 Dirección de Turismo



Figura 33. Fotografía de la esquina del coco
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

- **Ubicación:** Se encuentra ubicado en las calles Miguel Oviedo y Antonio José de Sucre.
- **Descripción:** la esquina del coco es un sitio turístico (ver figura 33); el cual sirvió como punto de partida para que el Dr. Gabriel García Moreno, en calidad de Gobernador de Imbabura; reconstruyera la ciudad luego del terremoto de 1868. En este lugar se encuentra la dirección de turismo, una agencia de viajes y un restaurante. Además cuenta con una zona wifi muy segura para la ciudadanía.
- **Número de usuarios:** 20 usuarios

3.4.4.5 Unidad de Consejo para la Salud y la vida



Figura 34. Fotografía del Torreón de la ciudad de Ibarra
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

- **Ubicación:** Torreón ubicado al Sur del parque Pedro Moncayo (ver Figura 34)
- **Descripción:** la infraestructura del Torreón es de la época colonial en donde se instaló el primer reloj público para la ciudad de Ibarra. En la planta alta se encuentra la unidad de Consejo para la salud y la vida.
- **Número de usuarios:** 5 usuarios

3.4.5 DESCRIPCIÓN DE ENTIDADES INDEPENDIENTES AL GAD-I

A continuación se detallan las entidades que tienen vínculos de comunicación directos con el GAD-I a través del backbone de fibra óptica (ver Tabla 18).

Tabla 18. Entidades externas que tienen vínculos con el GAD-I

ENTIDAD	UBICACIÓN	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
PATRONATO MUNICIPAL SAN MIGUEL DE IBARRA	Se encuentra ubicado en las calles Colón 7-24 y Bolívar.		Brinda servicios integrales como comisariatos y Farmacias para la comunidad.
EMAPA	Sucre 7-77 y Pedro Moncayo, Plazoleta Francisco Calderón		Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ibarra.
BOMBEROS	Ubicada en las calles Luis Fernando Villamar y Olmedo.		Empresa Municipal Cuerpo de bomberos Ibarra. Es un punto estratégico, en donde se encuentra la Gerencia, Cuerpo de Oficiales, Secretaría, Contabilidad, Tesorería y Comunicación Social.
EMELNORTE	Borrero 8-73 y Chica Narvárez		Empresa Eléctrica del Norte del país. Distribuye y comercializa energía eléctrica para las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha.

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en información de páginas web de las entidades.

El GAD-I mantiene convenios con las instituciones antes mencionadas, lo cual permite integrar servicios en distintas áreas como son la red de comisariatos, consulta de planillas de agua o luz, consulta de impuestos prediales, ubicación de alumbrado eléctrico, centros de emergencia para alarmas comunitarias y entre otras actividades, a través de recursos tecnológicos de alta calidad, para un manejo eficiente y de fácil acceso para la comunidad Ibarreña. Permitiendo el desarrollo tecnológico y social de la provincia.

3.5 SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE DATOS

Para obtener los lineamientos adecuados para el diseño del sistema de telefonía IP para el GAD-I; es necesario conocer la situación actual de la infraestructura de red de datos, de la red inalámbrica, el backbone de fibra óptica y de la red de telefonía analógica.

La red es específicamente para la transmisión de datos y es totalmente independiente de la red telefónica. La red actual permite compartir documentos y archivos, acceso a internet, servicios internos (correo, sistemas de consulta, sistemas financieros, sistemas prediales, etc.) y entre otros servicios que permiten el desarrollo de los procesos dentro de la entidad. Actualmente no existe ningún servicio de telefonía IP en la entidad.

La red LAN cuenta con un direccionamiento IPv4 Clase tipo B (172.X.X.X) máscara 255.255.248.0, segmentada de acuerdo a las unidades de trabajo, esto permite un gran crecimiento y escalabilidad de la red.

3.5.1 INFRAESTRUCTURA DE LA RED DE DATOS

3.5.1.1 Características Generales

La infraestructura de la red de datos presenta las siguientes características:

- La red de datos actualmente es gestionada y controlada mediante un nodo central (Data Center), el cual brinda comunicación a las distintas unidades internas y externas de la entidad.
- Usa una topología física tipo estrella.
- No cuenta con calidad de servicio; ni priorización de tráfico.
- No dispone de la configuración de VLAN's⁶² (Red Virtual de Área Local) en los equipos, lo que dificulta la administración y gestión de la misma.

⁶² VLAN (Virtual Local Area Network).- Es una subred IP separada en segmentos lógicos, que permiten que varias redes existan en la misma red conmutada, reducir el tamaño del broadcast y mejorar la administración de la red

- El funcionamiento de la red de datos se basa en la tecnología Ethernet.
- Los subsistemas de cableado horizontal y cableado vertical están tendido con cable UTP⁶³ categoría 6.
- El cableado de la red se encuentra etiquetado para la identificación de los puntos, pero no existe una documentación completa y precisa del cableado de la red.
- Existe un total de 450 puntos de datos de los cuales 181 son certificados y 269 están sin certificar.
- Existe un total de 101 puntos de voz de los cuales 70 son certificados y 31 están sin certificar.
- Las entidades externas no cuentan con la certificación de los puntos de red.
- La entidad no dispone de un sistema puesta a tierra en ninguno de sus cableados, lo cual es de alto riesgo en daños a los equipos de comunicación.
- El cableado estructurado del edificio principal cuenta con un tiempo de vida útil de 15 años a partir del año 2010.
- No cuenta con un sistema de generación eléctrica.
- La entidad cumple con varias especificaciones de las normas de cableado estructurado EIA (Electronics Industries Association) / TIA (Telecommunications Industries Association), a continuación se enumeran las normas aplicadas (ver Tabla 19):

Tabla 19. Estándares de una infraestructura de cableado para telecomunicaciones

NORMA	DESCRIPCIÓN
TIA/EIA-568-B y sus addendums	Estándares de cableado para telecomunicaciones en edificios comerciales
TIA/EIA-569-A	Normas de Recorridos y Espacios de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales
TIA/EIA-606-A	Normas de Administración de Infraestructura de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales

Fuente: Modificado por Nataly Culqui. Recuperado de <http://www.tiaonline.org/>.

3.5.1.2 Subsistemas del cableado estructurado

El cableado estructurado del GAD-I se divide en los siguientes subsistemas:

⁶³ UTP (Unshielded twisted pair).- en español "par trenzado no blindado"; es un tipo de cable de par trenzado no blindado y se utiliza para comunicaciones.

- ***Subsistema: Áreas de trabajo***

Los puntos de voz y datos se encuentran etiquetados; pero con el actual crecimiento de la red y por situaciones imprevistas; varios puntos están sin etiquetas; lo cual dificulta la administración o crecimiento de los puntos de red.

La conexión a los equipos terminales (computadoras) de las distintas unidades de la entidad utilizan patch cord UTP categoría 6/Clases E, flexible, y preconectorizado de fábrica con conectores tipo RJ-45 a los dos lados, de 3 metros de longitud, los cuales están certificados. Algunas estaciones de trabajo no cuentan con patch cord certificados.

- ***Subsistema: Cableado del backbone***

El cableado del backbone cumple el propósito fundamental de interconectar diferentes pisos del edificio principal a través de un ducto vertical que concentra todo el cableado UTP y de fibra óptica para comunicarse con el Data Center.

Además el backbone permite la interconexión entre diferentes gabinetes de telecomunicaciones ubicados en el edificio antiguo, antiguo cuartel y la Casa Ayala a través de fibra óptica.

La fibra óptica es de tipo multimodo para la conexión entre las unidades externas del GAD-I y monomodo entre entidades independientes. Presenta una certificación ISO 9001 y cumple con varias especificaciones ISO/IEC 11801 certificación Tier I en fibra óptica (Ver Anexo A).

Aplicaciones del cable entre entidades independientes al GAD-I:

- El cable de fibra óptica instalado en estructuras de las líneas de 34,5 KV (postes de hormigón de 11 metros).
- El cable de fibra óptica cumple con la Recomendación UIT .T G.652D (Certificación OTDR).

- Esta fibra sirve para conectar a los convertidores multimedia fast Ethernet, que luego se conectan a cada cámara de video vigilancia, o switch de 8 puertos.
- Cuenta con certificación ISO 9001.

- ***Subsistema: Cableado Horizontal o cableado de distribución***

El subsistema de cableado horizontal conecta las áreas de trabajo hasta el backbone. Los elementos del subsistema cumplen con las siguientes características:

- Cable UTP categoría 6 con impedancia característica de 100 ohmios y chaqueta PVC retardante al fuego.
- Conector doble RJ-45 cat6/clase E.
- Cajetín sobrepuesto con elementos de sujeción para tomas dobles y simples.
- Tapas de protección para las salidas RJ-45 para tomas dobles de voz y datos.
- Para el recorrido principal del cableado horizontal al backbone, utiliza bandejas metálicas sobre cielo falso.
- Para el edificio antiguo el cableado horizontal tiene un recorrido a través de bandejas metálicas; y para la distribución de los puntos de red del área de trabajo mediante canaletas plásticas.

El área de distribución principal (MDF) se encuentra en la segunda planta alta del edificio principal en la dirección TIC. Las áreas de distribución secundarias (SDF) están ubicadas en la planta baja del edificio antiguo, en la Dirección de Cultura de la Casa Ayala y en el antiguo cuartel.

3.5.2 ELEMENTOS DE LA RED

Los elementos principales que forman parte de la red de datos del GAD-I son el Data Center, los gabinetes de telecomunicaciones y los elementos de la red de acceso a los usuarios; los cuales se detallan a continuación:

3.5.2.1 Data Center

El Data Center o centro de procesamiento de datos es un lugar diseñado y construido bajo normas internacionales de seguridad e infraestructura, tanto física como lógica, que concentran todos los equipos y recursos de la red de datos de la entidad; permitiendo una mejor administración y de fácil acceso (Ver Anexo B). Está ubicado en la dirección TIC (ver figura 35) por mayor seguridad con acceso restringido.

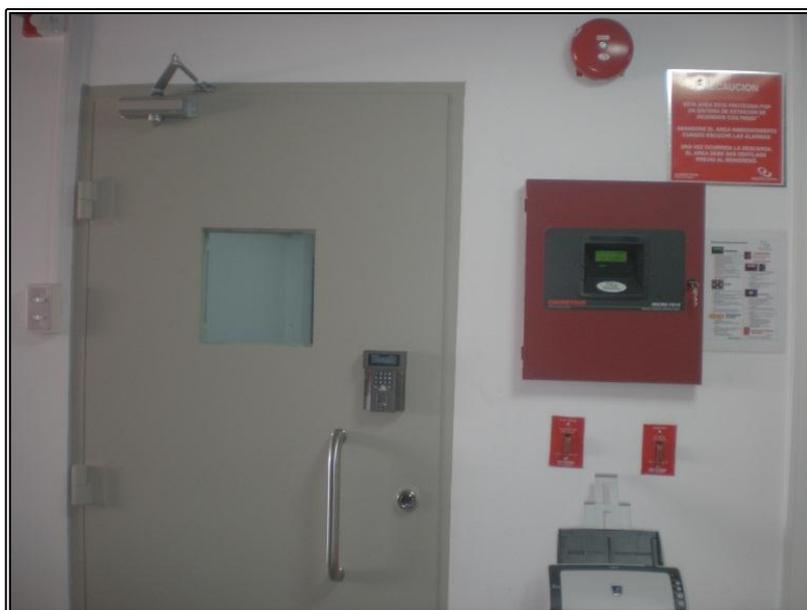


Figura 35. Fotografía frontal del Data Center del GAD-I
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

Además cumple con ciertas especificaciones del estándar TIA-942⁶⁴; el cual provee una serie de recomendaciones eléctricas, mecánicas, de telecomunicaciones y arquitectónicas como guías para el diseño e instalación de un Data Center (ver Figura 36)

⁶⁴ TIA-942.- Es un estándar de Infraestructura de Telecomunicaciones para Data Center, se basa en una serie de especificaciones y lineamientos de comunicaciones y cableado estructurado para clasificar en varios subsistemas en función de los distintos grados de disponibilidad. Basado en Tier uptime.



Figura 36. Fotografía del interior del Data Center del GAD-I
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

El Data Center cumple con algunos parámetros del grado de disponibilidad de nivel 1 (Tier uptime I) lo cual significa que tiene una infraestructura básica, con las siguientes características principales: (ver Anexo B):

- Puede ser susceptible a interrupciones tanto planeadas como no planeadas.
- Cuenta con un sistema de aire acondicionado de precisión con backup.
- Cuenta con un sistema de distribución de energía
- Tiene un sistema de control de acceso, puerta de seguridad con barra antipánico.
- Monitoreo IP y Alarmas ambientales de forma remota y local.
- Sistema de Detección y Extinción de Incendios.
- Presenta un sistema de iluminación con lámpara de emergencia.
- Dispone de un PDU⁶⁵ y paneles de distribución de la carga.
- No cuenta con un generador eléctrico.
- Sistema eléctrico con carga estimada de 18KVA de los UPS⁶⁶.
- Sistema de energía respaldo con módulos Powerware Eaton 9170 + UPS especificaciones para 3 KVA de energía adicional
- Tiene piso falso adecuado para Data Center.
- No tiene un sistema de puesta a tierra

⁶⁵ Power Distribution unit (PDU). – Es un dispositivo equipado con salidas múltiples diseñados para distribuir energía eléctrica, especialmente a los bastidores de las computadoras y equipos de red ubicados en el Data Center.

⁶⁶ UPS (Uninterruptible Power Supply).- es una fuente de suministro eléctrico que posee una batería con el fin de seguir dando energía a un dispositivo en el caso de interrupción eléctrica durante cierto tiempo.

- No dispone de redundancia por lo que existe varios puntos únicos de falla.
- La carga máxima de los sistemas en situaciones críticas es del 100%
- La tasa de disponibilidad máxima del Data center es 99.671% del tiempo.

En el interior del Data Center se encuentran los siguientes equipos (ver Tabla 20):

Tabla 20. Resumen de equipos en el interior del Data Center

CANTIDAD	ELEMENTO
10	Servidores Físicos
19	Servidores Virtuales
10	Switch Administrables
4	Switch No administrables
1	Router
16	Pacth Panel categoría 6 para voz y datos
6	Convertidores de Fibra óptica
3	Equipos de proveedores de internet <ul style="list-style-type: none"> • Un Router • Un modem • Un conversor de Fibra óptica
4	UPS (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) <ul style="list-style-type: none"> • UPS Marca PowerWare 9170 Plus de 12KVA • UPS Marca PowerWare de 2KVA • UPS Marca Triplite de 3KVA • UPS Marca APP de 1.5 KVA
1	Tablero PDU (Unidad de distribución de energía) para Data Center
2	Aire Acondicionado <ul style="list-style-type: none"> • Aire acondicionado marca Lenux • Sistema de aire acondicionado de precisión Marca Liebel
2	Monitores <ul style="list-style-type: none"> • Un monitor Samsung • Un monitor Acer
1	Sistema de seguridad del Data Center <ul style="list-style-type: none"> • Marca: iGuard LM Series
1	Sistema de detección de incendios <ul style="list-style-type: none"> • Marca: Chemetron • Panel de Control: Micro 1012

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui. Recuperado de inventario del GAD-I

A continuación se detalla las características principales de los dispositivos de la red antes expuestos:

- *Servidores y Aplicaciones*

Los servidores se encuentran ubicados en el Rack 3 y Rack 4 en el Data Center (ver figura 37).



Figura 37. Fotografía del Rack 3 (izquierda) y Rack 4 (derecha) donde se ubican los servidores de la entidad

Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

A continuación (ver Tabla 21) se da a conocer los servidores físicos y virtuales que están en funcionamiento; con sus respectivas características con los servicios que brindan:

Tabla 21. Servidores activos del GAD-I

SERVIDOR	DESCRIPCIÓN	HARDWARE	FUNCIÓN
Servidor de Internet para Comunidades de Angochagua.	Tipo: Físico Sistema Operativo: Debian 5.0 Contiene una IP pública	Modelo: Ordenador tipo Clon Procesador P4 2.8 MHz Memoria 1024 MB	Brinda acceso a Internet a las comunidades de Angochagua Digital. Tiene funciones de proxy.
Servidor de Aplicaciones y Base de Datos (BDD)	Tipo: Físico Sistema Operativo: Debian 5.0	Modelo: HPDL 380 G5 Procesador Xeon 3.6 GHz Memoria 8 GB	Usado para aplicaciones internas municipales. Sistema de Base de Datos.

Servidor Olympo Regycont	Tipo: Físico Sistema Operativo: Windows 2003 Server	Modelo: HP ML 250 Procesador Xeon 3.20 GHz Memoria 1 GB	Aplicaciones de escritorio para Windows de terceros.
Servidor de Internet para la entidad.	Tipo: Físico Sistema Operativo: Debian 5.0 Contiene una IP pública	Modelo: KYPUS Procesador P4 2.4 MHz Memoria 1 GB	Servidor proxy interno
Servidor KVM ⁶⁷	Tipo: Físico Sistema Operativo: Debian 5.0	Modelo: HP DL 160 G5 Núm. Procesadores 4 Procesador Xeon 2.0 GHz Memoria 4 GB	Master de Virtualización para Gestión de servidores. Permite emular hardware para cada servidor.
Servidor big blue button Video	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Debian 5.0 DHCP	Modelo: kvm deb160g5 Núm. Procesadores 4 Memoria 1GB	Permite crear salas de video conferencia.
Servidor MAPSERVER	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Debian 5.0 Contiene una IP publica	Modelo: kvm deb160g5 Núm. Procesadores 4 Memoria 512 MB	Servidor de mapas. Aplicaciones web.
Servidor de Antivirus Symantec	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Windows 2003 Server	Modelo: kvm deb160g5 Núm. Procesadores 2 Memoria 1 GB	Antivirus para la entidad con licencia de un año.
Servidor de ARCSDE	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Windows 2003 Server	Modelo: kvm deb160g5 Núm. Procesadores 4 Memoria 1 GB	Visualización de mapas para sistemas Windows.
Servidor KVM	Tipo: Físico Sistema Operativo: Debian 5.0	Modelo: HP DL 160 G5 Procesador Xeon 2.0 GHz Núm. Procesadores 4 Memoria 4 GB	Servidor Master de virtualización para Gestión de servidores.
Servidor Sistema Documental Quipux	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Debian 6.0 Contiene IP pública	Modelo: kvm dom0 Núm. Procesadores 2 Memoria 1 GB	Para sistema documental interno.
Servidor de servicios de red	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Debian 5.0	Modelo: kvm dom0 Núm. Procesadores 2 Memoria 512 MB	Funciones de DNS (Servidor de Dominio de Nombres) y DHCP (Direccionamiento IP dinámico)
Servidor de Ventanilla Única	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Debian 5.0 Contiene una IP pública	Modelo: kvm dom0 Núm. Procesadores 2 Memoria 1 GB	Aplicación web en Java para cobros y registros, en ventanilla.
Servidor de REDMINE	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Debian 5.0	Modelo: kvm dom0 Núm. Procesadores 2 Memoria 512 MB	Para el seguimiento de errores y gestión de proyectos (aplicaciones web)

⁶⁷ Kernel-based Virtual Machine (KVM) es un software de virtualización libre y de código abierto para Linux que se basa en las extensiones de virtualización de hardware Intel VT-X y AMD-V. .

Servidor web FTP ⁶⁸	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Debian 5.0 Contiene una IP pública	Modelo: kvm dom0 Núm. Procesadores 2 Memoria 256 MB	Permite la transferencia de archivos entre sistemas conectados a la red.
Servidor Pruebas	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Debian 5.0	Modelo: kvm dom0 Núm. Procesadores 4 Memoria 512 MB	Servidor para sitios de aplicaciones web en desarrollo.
Servidor BSC (Balanced Score Card)	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Windows 2000 Server	Modelo: kvm dom0 Núm. Procesadores 2 Memoria 256 MB	Herramienta de administración de negocios y gestión de proyectos.
Servidor PROMOX	Tipo: Físico Sistema Operativo: PROMOX	Modelo: HP DL 380 G5 Procesador Intel Xeon 3.6 GHz Núm. Procesadores 4 Memoria 8 GB	Servidor Master de virtualización para gestión de servidores. Funciona bajo Debian.
Servidor de base de datos POSTGRES Pruebas	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Debian 5.0	Modelo: kvm dom0 Núm. Procesadores 4 Memoria 2GB	Base de Datos de prueba.
Servidor de sitios SYMFONY (framework)	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Debian 5.0 Contiene IP pública	Modelo: kvm dom5 Núm. Procesadores 1 Memoria 512 MB	Aplicaciones web basadas en PHP (SISMERT, Sensores, alarmas comunitarias, GIS-Servicios unificados, etc.)
Servidor Base de datos POSTGRES 8.4 producción SISMERT, symfony	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Debian 5.0	Modelo: kvm dom6 Núm. Procesadores 4 Memoria 512 MB	Aplicaciones web basadas en PHP con base de datos Postgres
Servidor de MAPAS POSGIS	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Debian 5.0	Modelo: kvm dom7 Núm. Procesadores 4 Memoria 2GB	Servidor de base de datos basado en Postgres para aplicaciones Geoespacial.
Servidor KVM	Tipo: Físico Sistema Operativo: Debian 6.0	Modelo: HP BL 460 G6 Procesador Intel® Xeon® E5540 @ 2.53GHz X2 Núm. Procesadores 16 Memoria 12 GB	Master de virtualización para gestión de servidores.
Servidor de balance de carga	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Debian 6.0	Modelo: kvm dom7 Núm. Procesadores 16 Memoria 3 GB	Permite compartir el trabajo a realizar entre varios procesos, ordenadores, discos u otros recursos
Servidor de balance de carga	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Debian 6.0	Modelo: kvm dom8 Núm. Procesadores 16 Memoria 3 GB	Servidor de balanceo de carga mismas funciones que el anterior.
Servidor Blade HP blade system Onboard Administrator	Tipo: Físico Sistema Operativo: Debian 6.0	Modelo: BLADE c3000 Procesador Memoria	Servidor de Master de virtualización para gestión de servidores.
Switch del Blade Capa Ethernet 2/3	Tipo: Físico	Modelo: BLADE c3000 Procesador Memoria	Puertos Ethernet para la conexión con otros equipos de red.

⁶⁸ FTP.- (File Transfer Protocol, 'Protocolo de Transferencia de Archivos'), es un protocolo de red para la transferencia de archivos entre sistemas conectados a una red TCP (Transmission Control Protocol), basado en la arquitectura cliente-servidor.

Switch del Blade Capa Ethernet 2/3	Tipo: Físico	Modelo: BLADE c3000 Procesador Memoria	Puertos Ethernet para la conexión con otros equipos de red.
Servido blade con storage KVM	Tipo: Físico Sistema Operativo: Debian 6.0 Contiene IP pública	Modelo: HP BL 460 G6 Procesador Intel® Xeon® E55600 @ 2.8 GHz x2 Núm. Procesadores 16 Memoria 16 GB	Master de virtualización para gestión de servidores.
Servidor de Correo	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Debian 6.0 Contiene IP pública	Modelo: kvm dom9 Núm. Procesadores 16 Memoria 3072 MB	Correo institucional con la herramienta zimbra.
Servidor de Archivos	Tipo: Virtual Sistema Operativo: Debian 6.0	Modelo: kvm dom10 Núm. Procesadores 16 Memoria 3072 MB	Almacenamiento y respaldo de información.
Servidor de antivirus NOD 32	Tipo: Físico Sistema Operativo: Windows 2003 Server	Modelo: ALTOS G510 Procesador Memoria	Antivirus de la entidad con licencia de un año.

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en el inventario del TIC.

- **Switches (Conmutadores)**

Los switches son dispositivos que permiten que múltiples segmentos físicos de la LAN se interconecten para formar una sola red de mayor tamaño. Estos elementos se detallan a continuación (ver Tabla 22).

Tabla 22. Switches que se encuentran ubicados en el Data Center

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	HARDWARE
SWA48-01	Modelo: 3Com 4250T Conexión: Utilizado para interconectar los segmentos de red del edificio principal.	Puertos: 48 puertos Fast Ethernet Puertos Gigabit: 2 Puertos disponibles: ninguno
SWA48-02	Modelo: 3Com 4250T Conexión: Utilizado para interconectar los segmentos de red del edificio principal. Este switch se conecta en cascada con el switch SWA48-01 a través de los puertos Giga.	Puertos: 48 puertos Fast Ethernet Puertos Gigabit: 2 Puertos disponibles: ninguno
SWC24-08	Modelo: Superstack 3Com Conexión: Utilizado para interconectar los segmentos de red del edificio principal	Puertos: 24 puertos Fast Ethernet Puertos disponibles: 2
SW4500G	Modelo: 3Com 4500G Conexión: Utilizado para interconectar los servidores del Data Center.	Puertos: 24 puertos Gigabit Puertos disponibles: 8
SWAIMI4500	Modelo: 3Com 4500 Conexión: Utilizado para interconectar los segmentos de red del edificio principal.	Puertos: 48 puertos Gigabit Puertos de Fibra óptica: 2 Puertos disponibles: ninguno
SWITCH CORE	Modelo: Cisco Catalyst 4503-E Conexión: Permite la conexión de Fibra óptica entre edificios y unidades externas.	Puertos: 48 puertos Gigabit

Fuente: elaborado por Nataly Culqui, basado en el inventario del GAD-I.

- **Router**

Un router es un dispositivo que permite encaminar los paquetes de datos entre distintas redes informáticas y asegurar la mejor ruta para establecer una comunicación entre distintas entidades.

El GAD-I dispone de un router Cisco 2811 (ver figura 38), que permite la conectividad con el backbone de fibra óptica a los entidades de EMAPA, EMELNORTE, Patronato Municipal de San Miguel de Ibarra y Bomberos. Este medio permite compartir archivos, aplicaciones web y datos necesarios para crear una red compartida entre entidades. (Ver Anexo C)



Figura 38. Router Cisco modelo 2811
Fuente: Recuperado de www.router-switch.com/_CISCO2811

- **Convertidores de Fibra óptica**

Estos dispositivos permiten convertir fibra óptica a cable en distintas velocidades para aumentar el alcance de la red de fibra óptica y conectarlos a un equipo de recepción, para establecer la comunicación entre varias entidades que se encuentren a largas distancias. Estos equipos se detallan a continuación (ver Tabla 23):

Tabla 23. Convertidores de fibra óptica

Nro.	CONVERSION DE FIBRA ÓPTICA	DESCRIPCIÓN
1	Convertidor de Medio Gigabit • Marca: TP Link • Modelo: MC 210CS	Enlace hacia la entidad de los Bomberos
2	Convertidor de Medio WDM Fast Ethernet • Marca: TP Link • Modelo: MC 111CS	Permite conectividad a cámara de video vigilancia en el parque la Merced.
3	Convertidor de Medio WDM Fast Ethernet • Marca: TP Link • Modelo: MC 112CS	Permite conectividad con la Casa Ayala
4	Convertidor de Medio WDM Fast Ethernet • Marca: TP Link • Modelo: MC 112CS	Permite conectividad con EMELNORTE

Fuente: elaborado por Nataly Culqui, basado en el inventario del GAD.I

- ***Equipos de proveedores de internet***

Los equipos que pertenecen a proveedores de internet son los siguientes (ver Tabla 24):

Tabla 24. Lista de equipos de los proveedores de internet

Cantidad	Equipo
1	Router Cisco 851
1	Conversor de Fibra Óptica <ul style="list-style-type: none"> • TP Link WDM Fast Ethernet • Modelo: MC112CS
1	Modem ADSL CPE

Fuente: elaborado por Nataly Culqui, basado en el inventario del GAD-I.

3.5.2.2 Racks Secundarios

Los racks secundarios o armarios, son soportes metálicos que permiten colocar distintos dispositivos de red para obtener una mejor administración y distribución de la red de la entidad. Los racks que la entidad dispone son los siguientes:

- ***Rack del edificio antiguo***

Un rack cerrado de 19' está ubicado en la unidad de la central telefónica; el cual provee comunicación a todas las unidades del edificio antiguo con el Data Center; a través de un backbone de Fibra óptica interno (ver figura 39).



Figura 39. Fotografía del Rack secundario en la oficina de la central telefónica
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

Los dispositivos que se encuentran en el rack se muestran en la siguiente tabla (ver Tabla 25):

Tabla 25. Dispositivos ubicados en el rack del edificio antiguo

CANTIDAD	DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN
2	Switchs Administrables	<p>SWITCH 1 Modelo: Superstack 3COM, Serie 3C16471 Puertos: 24 puertos 10 /100 half/full duplex, Auto MDI/MDIX Puertos disponibles: 20 Conexión: brinda servicio a una parte del edificio antiguo</p> <p>SWITCH 2 Modelo: 3COM 4250T, Serie 3C17302 Puertos: 48 puertos 10 /100 Auto MDI/MDIX Puertos disponibles: ninguno Conexión: brinda servicio a una parte del edificio antiguo</p> <p>SWITCH 3 Modelo: CISCO 2960 Puertos: 24 puertos 10 /100 Auto MDI/MDIX Puertos disponibles: ninguno Conexión: permite la conectividad con el Data Center a través de fibra óptica.</p>
4	Patch Panel	<p>Un patch panel de 24 puertos y dos patch panel de 48 puertos Marca: HUBBEL Para cableado UTP Categoría 6</p>

1	Patch Panel de Fibra óptica	Conexión: Permite establecer un enlace de fibra óptica con el Data Center. Utiliza un hilo de fibra monomodo
1	Regleta multitoma simple de corriente	Marca: BEAUCOUP
6	Organizadores de cable UTP	Permiten distribuir de mejor manera el cableado de la red.

Fuente: elaborado por Nataly Culqui, basado en inventario del GAD-I

- ***Rack del antiguo cuartel***

En el antiguo cuartel se encuentra un soporte abierto (ver figura 40) y un rack cerrado (ver figura 41) que contiene los siguientes dispositivos (ver Tabla 26):



Figura 40. Soporte abierto ubicado en el cuartel antiguo
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui



Figura 41. Rack cerrado ubicado en el antiguo cuartel
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

Tabla 26. Elementos del rack del antiguo cuartel

CANTIDAD	DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN
2	Switches	<p>SWITCH 1 Un Switch Administrable SuperStack 3Com 3300 XM Conexión: Utilizado para interconectar los segmentos de red del antiguo cuartel Puertos: 24 puertos Fast Ethernet Puertos disponibles: ninguno</p> <p>SWITCH 2 Un Switch Cisco Catalyst 2960 con PoE, 24 puertos Fas Ethernet y 18 puertos disponibles</p>
1	Patch Panel	Patch Panel de 24 puertos para cableado UTP Categoría 6
1	Patch Panel de Fibra óptica	Permite la conectividad con el Data Center
1	Regleta multitoma simple de corriente	Marca: BEAUCOUP
1	Organizadores de cable UTP	Permiten distribuir de mejor manera el cableado de la red.
3	Switch no administrable	Marca: 3Com de 8 puertos para las unidades de participación ciudadana, seguridad ciudadana y laboratorio de computación.

Fuente: elaborado por Nataly Culqui

- ***Rack de las unidades de la casa Ayala***

Es rack cerrado 19" de 25U (ver figura 42), el cual permite la conectividad entre las unidades de Cultura, Unidad de Vivienda y Unidad de Céntrica parque bulevar con el Data Center.



Figura 42. Rack de la unidad de cultura
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

El rack contiene los siguientes elementos (ver Tabla 27):

Tabla 27. Elementos del rack cerrado de la Casa Ayala

CANTIDAD	DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN
1	Switch Administrable	Marca: Cisco 2960 Puertos: 24 puertos Fast Ethernet Puertos Gigabit: 2 Puertos disponibles: 23 Conexión: Permite la conectividad con el Data Center mediante fibra óptica. Además interconecta los segmentos de red de la unidad de cultura, unidad Céntrica Parque Bulevar y Unidad de Plan de vivienda
1	Access Point	Modelo: Cisco WAP4410N Wireless-N Access Point - PoE/Seguridad Avanzada Acceso DHCP para usuarios
1	Patch Panel	Patch Panel de 24 puertos para cableado UTP Categoría 6
1	Patch Panel de Fibra óptica	Permite la conectividad con el Data Center
1	Regleta mutitoma simple de corriente	
1	Organizadores de cable UTP	Permiten distribuir de mejor manera el cableado de la red.
2	Switch no administrable	Permite la conexión de 9 computadoras de la Unidad de Parque Céntrica Bulevar y la Unidad de Vivienda

Fuente: elaborado por Nataly Culqui; datos recuperados de inventario del GAD-I.

3.5.2.3 Elementos de acceso a la red de los usuarios

Los elementos de acceso a la red de los usuarios son los siguientes:

- *Computadoras de escritorio*

Existe un alrededor de 350 computadores personales en el GAD-I entre unidades internas como unidades externas; los cuales la mayoría presentan las siguientes características generales:

- Marca: HP, Intel
- Sistema Operativo Instalado: Windows XP Service Pack 3, Windows 7 y Ubuntu.
- Antivirus: ESET NOD 32 con licencia
- Programas básicos: Microsoft Office, Adobe Reader, Mozilla, Cleaner y entre otros.
- Memoria: 1GB a 2 GB

- Procesador 2.4 a 3 GHz
- Tecnología del procesador: Intel

- **Portátiles**

Un total de 19 portátiles de cada Director de área; las cuales presentan las siguientes características generales:

- Marca: HP
- Sistema Operativo: Windows 7 Ultimate
- Antivirus: ESET NOD 32 con licencia
- Programas básicos: Microsoft Office, Adobe Reader, Mozilla, Cleaner y entre otros.
- Memoria: 2 GB a 4 GB
- Tecnología del procesador: Intel

- **Switch no administrables**

La entidad cuenta con switches no administrables distribuidos en diferentes unidades debido al crecimiento imprevisto de la red; estos equipos se detallan a continuación (ver Tabla 28):

Tabla 28. Switches no administrables

DESCRIPCIÓN	UNIDAD
Un switch 3Com de 8 Puertos Fast Ethernet	Unidad de Planificación
Un switch 3Com de 8 Puertos Fast Ethernet	Unidad de Obras públicas
Un switch 3Com de 16 Puertos Fast Ethernet	Unidad de Administración General
Un switch 3Com de 8 Puertos Fast Ethernet	Ventanillas

Fuente: elaborado por Nataly Culqui, basado en inventario GAD-I.

3.5.3 CABLEADO DE LA RED DE VOZ Y DATOS

3.5.3.1 Distribución General de los puntos de voz y datos

Los puntos de voz y datos del GAD-I se encuentran distribuidos de la siguiente manera (ver Tabla 29 y 30):

Tabla 29. Distribución de puntos de datos en el GAD-I

ENTIDAD	PUNTOS DE DATOS	PUNTOS INACTIVOS	PUNTOS CERTIFICADOS
Edificio Principal	238	38	181
Edificio Antiguo	104	31	Ninguno
Antiguo Cuartel	17	7	Ninguno
Dependencias Externas	15	0	Ninguno
TOTAL DE PUNTOS	374	76	

Fuente: elaborado por Nataly Culqui, basado en investigación de campo

Tabla 30. Distribución de puntos de voz en el GAD-I

ENTIDAD	PUNTOS DE VOZ	PUNTOS INACTIVOS	PUNTOS CERTIFICADOS
Edificio Principal	48	22	70
Edificio Antiguo	24	7	Ninguno
Antiguo Cuartel	0	0	Ninguno
Dependencias Externas	0	0	Ninguno
TOTAL DE PUNTOS	72	29	

Fuente: elaborado por Nataly Culqui, basado en investigación de campo

Se debe considerar que varias computadoras disponen de acceso a la red interna a través de redes inalámbricas o switch no administrables, que permiten ampliar el servicio a más funcionarios.

3.5.3.2 Nomenclatura de la puntos de red

La nomenclatura de los puntos de voz y datos se muestra a continuación:

Tabla 31. Nomenclatura de los puntos de voz y datos certificados

TIPO DE PUNTOS	NOMENCLATURA	RANGO
Datos del área A	ID. Cable: IMI-A-Dn	D1 – D139
Voz del área A	ID. Cable: IMI-A-Vn	V1 – V48
Backbone Cableado UTP	ID. Cable: IMI-BBn	BB1 – BB8
Backbone principal	ID. Cable: IMI-BBV-MDF-SDF-n	01 - 24
Datos del área B	ID. Cable: IMI-B-Dn	D02- D43
Voz del área B	ID. Cable: IMI-B-Vn	V1 – V22

Fuente: Recuperado de los documentos de certificación de puntos

Tabla 32. Nomenclatura de los puntos de voz y datos no certificados

TIPO DE PUNTOS	NOMENCLATURA	RANGO
Datos	MDF-D-n	D1-D269 (valor aproximado ya que varios puntos de datos no cuentan con la etiqueta de identificación)
Voz	MDF-V-n	V1 – V31 (valor aproximado ya que varios puntos de voz no cuentan con la etiqueta de identificación)

Fuente: Recuperado de los inventarios del GAD-I

3.5.3.3 Comprobación de los puntos de voz y datos

Los resultados de la comprobación de algunos puntos de red; se muestra a continuación (ver Anexo D):

Punto de datos:

- **Datos generales de los puntos de datos:**

Tabla 33. Datos generales de los puntos de datos del área A, seleccionados de forma aleatoria

ID. Cable:	IMI-A-D1	IMI-A-D59	IMI-A-D108
Paso Libre:	6.5 dB (NEXT 45-78)	4.0 dB (NEXT 36- 45)	6.7dB (NEXT 12-45)
Límite de prueba:	TIA Cat 6 Channel	TIA Cat 6 Perm. Link	TIA Cat 6 Channel
Tipo de cable:	UTP 100 Ohm Cat 6	UTP 100 Ohm Cat 6	UTP 100 Ohm Cat 6
Umbral de anomalía de Fallo:	15%	15%	15%
NVP:	68.9%	68.9%	68.9%

Fuente: Recuperado del documento de la certificación de los puntos de red

Tabla 34. Datos generales de los puntos de datos del área B, seleccionados de forma aleatoria

ID. Cable:	IMI-B-D02	IMI-B-D30
Paso Libre:	5.4 dB (NEXT 45-78)	1.6 dB (NEXT 36- 45)
Límite de prueba:	TIA Cat 6 Channel	TIA Cat 6 Perm. Link
Tipo de cable:	UTP 100 Ohm Cat 6	UTP 100 Ohm Cat 6
Umbral de anomalía de Fallo:	15%	15%
NVP:	68.9%	68.9%

Fuente: Recuperado del documento de la certificación de los puntos de red

○ **Sumario de Pruebas: PASA**

Tabla 35. Sumario de Pruebas de los puntos de datos del área A

ID. Cable:	IMI-A-D1		IMI-A-D59		IMI-A-D108	
Longitud del cable (m):	Par 78 Lim. 100	25.2	Par 78 Lim. 90	39.7	Par 78 Lim. 100	24.2
Tiempo de propagación (ns):	Par 45 Lim. 555	128	Par 45 Lim. 498	199	Par 45 Lim. 555	124
Diferencia Retardo (ns):	Par 45 Lim. 50	6	Par 45 Lim. 44	7	Par 45 Lim. 50	7
Resistencia (ohm):	N/A		N/A		N/A	
Atenuación (dB):	Par 36	26.9	Par 36	17.3	Par 36	27.3
Frecuencia (MHz):	Par 36	250.0	Par 36	250.0	Par 36	250.0
Límite (dB):	Par 36	36.0	Par 36	31.1	Par 36	36.0

Fuente: Recuperado del documento de certificación de los puntos de red

Tabla 36. Sumario de Pruebas de los puntos de datos del área B

ID. Cable:	IMI-B-D02		IMI-B-D30	
Longitud del cable (m):	Par 78 Lim. 100	92.5	Par 12 Lim. 90	37.2
Tiempo de propagación (ns):	Par 45 Lim. 555	465	Par 45 Lim. 498	190
Diferencia Retardo (ns):	Par 45 Lim. 50	17	Par 45 Lim. 44	10
Resistencia (ohm):	N/A		N/A	
Atenuación (dB):	Par 36	5.9	Par 36	17.6
Frecuencia (MHz):	Par 36	250.0	Par 36	250.0
Límite (dB):	Par 36	36.0	Par 36	31.1

Fuente: Recuperado del documento de certificación de los puntos de red

Los resultados muestran que para todos los pares del cable, el valor medido es menor al límite recomendado de un máximo de 100 m.

El resultado de **PASA** significa que la resistencia medida es menor que el límite especificado para la norma de prueba seleccionada.

El retardo de propagación medido en cada uno de los pares del cable UTP se encuentra dentro de los valores aceptables para transmitir una señal. Ya que el valor límite para el tiempo de propagación es de 555 ns y para el retardo es de 50 ns.

Los resultados de la atenuación muestran que no habido reducción de la amplitud de la señal generada por el transmisor.

Los demás resultados se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa.

- **Mapa de cableado**



Mapa de Cableado	1	2	3	4	5	6	7	8	B
PASA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	

Figura 43. Mapa de cableado de los puntos de datos seleccionados anteriormente.
Fuente: Recuperado del documento de certificación de los puntos de red

Los puntos de datos presentan una continuidad de los 8 hilos, ausencia de cortocircuitos entre los hilos y pares divididos y correctos emparejados de RJ45.

- **Márgenes de Peor Caso y Valor de Peor Valor**

Los márgenes de peor caso y valor de peor valor se muestran de forma más detallada en el Anexo D.

Los resultados muestran que los valores arrojados se encuentran dentro de los límites establecidos.

- **Estándares de Red compatibles**

- 10BASE-T, 100BASE-TX, 100BASE-T4, 1000BASE-T
- ATM-25, ATM-51, ATM-155
- 100VG-AnyLan
- TR-4, TR-16 Active, TR-16 Passive

- **Gráficos estadísticos**

Los gráficos estadísticos de estos puntos de datos se muestran en el Anexo D.

Punto de voz:○ **Datos generales de los puntos de voz:**

Tabla 37. Datos generales de los puntos de voz del área A, seleccionados de forma aleatoria

ID. Cable:	IMI-A-V1	IMI-A-V31	IMI-A-V48
Paso Libre:	1.5 dB (NEXT 36-45)	6.9 dB (NEXT 12- 45)	7.3dB (NEXT 45-78)
Límite de prueba:	TIA Cat 6 Perm. Link	TIA Cat 6 Channel	TIA Cat 6 Channel
Tipo de cable:	UTP 100 Ohm Cat 6	UTP 100 Ohm Cat 6	UTP 100 Ohm Cat 6
Umbral de anomalía de Fallo:	15%	15%	15%
NVP:	68.9%	68.9%	68.9%

Fuente: Recuperado del documento de la certificación de los puntos de red

Tabla 38. Datos generales de los puntos de voz del área B, seleccionados de forma aleatoria

ID. Cable:	IMI-B-V10	IMI-B-V20
Paso Libre:	8.0 dB (NEXT 36-78)	9.4 dB (NEXT 12- 45)
Límite de prueba:	TIA Cat 6 Channel	TIA Cat 6 Channel
Tipo de cable:	UTP 100 Ohm Cat 6	UTP 100 Ohm Cat 6
Umbral de anomalía de Fallo:	15%	15%
NVP:	68.9%	68.9%

Fuente: Recuperado del documento de la certificación de los puntos de red

○ **Sumario de Pruebas: PASA**

Tabla 39. Sumario de Pruebas de los puntos de datos del área A

ID. Cable:	IMI-A-V1		IMI-A-V31		IMI-A-V48	
Longitud del cable (m):	Par 78 Lim. 90	32.4	Par 78 Lim. 100	28.7	Par 78 Lim. 100	47.7
Tiempo de propagación (ns):	Par 45 Lim. 498	167	Par 45 Lim. 555	144	Par 45 Lim. 555	244
Diferencia Retardo (ns):	Par 45 Lim. 44	10	Par 45 Lim. 50	5	Par 45 Lim. 50	13
Resistencia (ohm):		N/A		N/A		N/A
Atenuación (dB):	Par 36	18.7	Par 36	25.7	Par 36	19.1
Frecuencia (MHz):	Par 36	250.0	Par 36	249.0	Par 36	250.0
Límite (dB):	Par 36	31.1	Par 36	35.9	Par 36	36.0

Fuente: Recuperado del documento de la certificación de los puntos de red

Tabla 40. Sumario de Pruebas de los puntos de datos del área B

ID. Cable:	IMI-B-V10		IMI-B-V20	
Longitud del cable (m):	Par 12 Lim. 100	30.2	Par 78 Lim. 100	27.9
Tiempo de propagación (ns):	Par 45 Lim. 555	153	Par 45 Lim. 555	142
Diferencia Retardo (ns):	Par 45 Lim. 50	7	Par 45 Lim. 50	7
Resistencia (ohm):		N/A		N/A
Atenuación (dB):	Par 36	25.3	Par 36	25.9
Frecuencia (MHz):	Par 36	250.0	Par 36	249.5
Límite (dB):	Par 36	36.0	Par 36	36.0

Fuente: Recuperado del documento de certificación de los puntos de red

Los resultados muestran que para todos los pares del cable, el valor medido es menor al límite recomendado de un máximo de 100 m.

Los resultados muestran que para todos los pares del cable, el valor medido es menor al límite recomendado de un máximo de 100 m.

El resultado de PASA significa que la resistencia medida es menor que el límite especificado para la norma de prueba seleccionada.

El retardo de propagación medido en cada uno de los pares del cable UTP se encuentra dentro de los valores aceptables para transmitir una señal. Ya que el valor límite para el tiempo de propagación es de 555 ns y para el retardo es de 50 ns.

Los resultados de la atenuación muestran que no habido reducción de la amplitud de la señal generada por el transmisor.

Los demás resultados se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa.

○ Mapa de cableado

Mapa de Cableado	1 2 3 4 5 6 7 8 B
PASA	
	1 2 3 4 5 6 7 8

Figura 44. Mapa de cableado de los puntos de datos seleccionados anteriormente.

Fuente: Recuperado del documento de certificación de los puntos de red

Los puntos de datos presentan una continuidad de los 8 hilos, ausencia de cortocircuitos entre los hilos y pares divididos y correctos emparejados de RJ45.

- **Márgenes de Peor Caso y Valor de Peor Valor**

Los márgenes de peor caso y valor de peor valor se muestran de forma más detallada en el Anexo D.

Los resultados muestran que los valores arrojados se encuentran dentro de los límites establecidos.

- **Gráficos estadísticos**

Los gráficos estadísticos de estos puntos de datos se muestran en el Anexo D.

Puntos de voz y datos no certificados

Los puntos restantes de la institución con la nomenclatura MDF-V y MDF-D no son certificados por lo cual no presenta datos completos de un test, pero se realizó la verificación del correcto funcionamiento de la mayoría de los puntos ya que actualmente están transmitiendo señal de forma normal y no presenta cortes ni averías en los cables, por lo cual existe continuidad de los 8 hilos de cada cable. Además se debe considerar que no existe una correcta identificación de estos puntos por el mal uso por los usuarios o situaciones imprevistas; por lo cual se recomienda reorganizar cada punto de voz y datos y elaborar el inventario actualizado.

Conclusión Final de la comprobación de puntos

Los puntos de red que están certificados cumplen con las normativas de longitud, impedancia, pérdida de retorno y NEXT por lo tanto se concluye que están aptos y pueden ser utilizados en la implementación de un sistema de telefonía IP.

Los puntos de red que no están certificados no se pudieron obtener un detalle de la longitud, impedancia, pérdida de retorno y NEXT por lo cual se recomienda

realizar la comprobación de cada uno de estos puntos para garantizar la transmisión de voz en la implementación de un sistema de telefonía IP.

3.5.3.4 Diagrama Unifilar del cableado de red

El Diagrama unifilar del cableado de la red de voz y datos del edificio principal el cual se interconecta con los demás edificios como se indica a continuación (ver Figura 45 y 46):

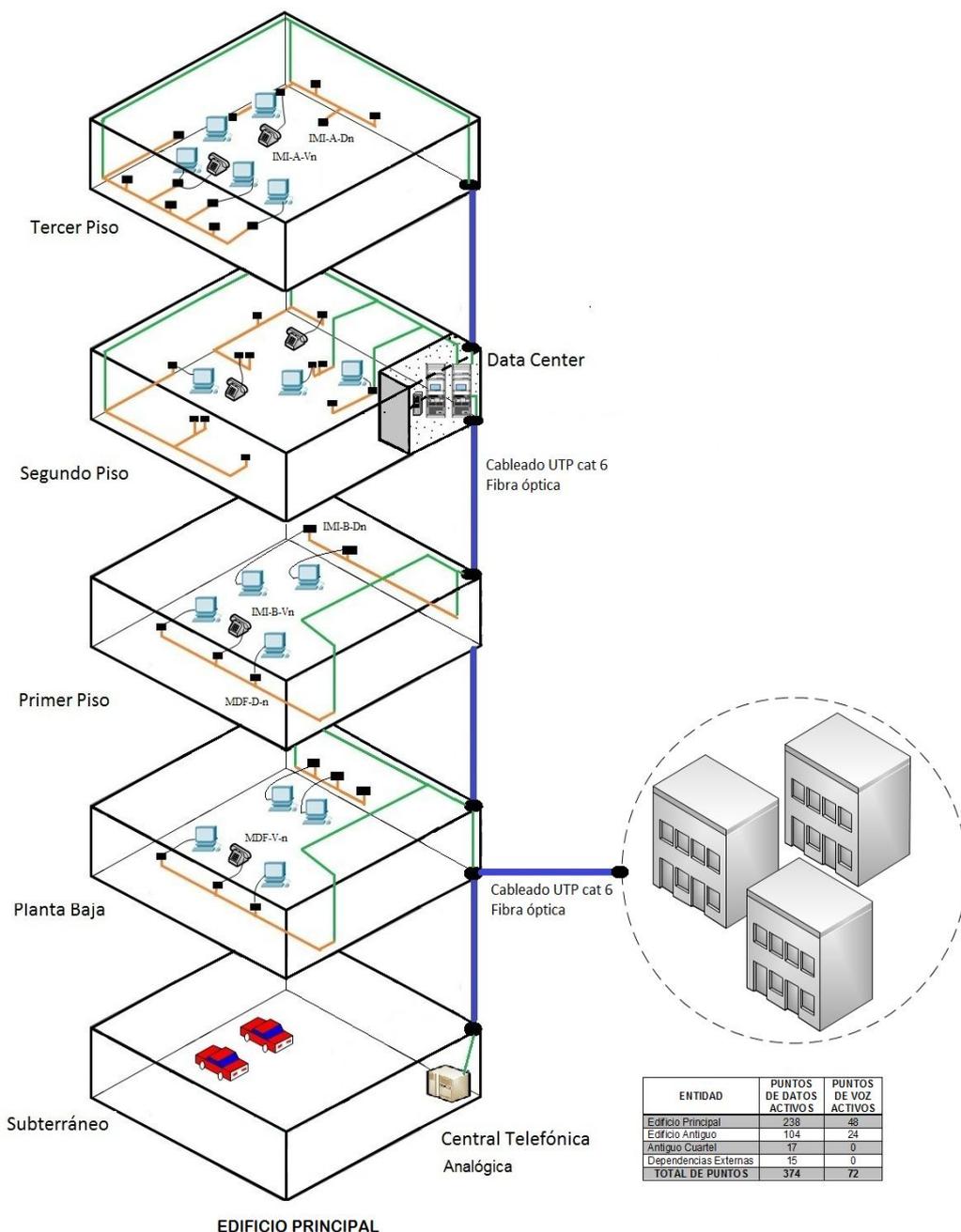


Figura 45. Diagrama Unifilar del cableado de la red de voz y datos del edificio principal Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en investigación de campo

SIMBOLOGÍA	
	Ducto principal del edificio
	Bandejas metálicas y canaletas para el Cableado UTP
	Distribución del cableado UTP a los puntos terminales mediante canaletas plásticas

Figura 46. Simbología del Diagrama Unifilar
Fuente: elaborado por Nataly Culqui

A través del ducto principal conecta todos los pisos del edificio principal para distribuir el cable UTP para la red de datos y de voz. Además el ducto es usado como backbone vertical para llevar la fibra óptica a ductos subterráneos y conectar al edificio antiguo, casa Ayala y el antiguo cuartel con el edificio principal.

El recorrido del cableado UTP es mediante bandejas metálicas ubicadas en el techo falso de cada piso y luego bajan con canaleta al punto de red final del usuario en cada área de trabajo.

En el caso del edificio antiguo, antiguo cuartel y unidades externas, la distribución del cableado UTP es mediante canaletas plásticas y tubos metálicos.

3.5.4 TOPOLOGÍA LÓGICA DE LA RED DE DATOS

El diagrama siguiente (ver Figura 47) muestra la topología lógica de la red del GAD-I a nivel de switches, servidores y enrutador, en donde se observan las interconexiones con el enlace WAN a entidades externas, enlace LAN a los edificios mediante fibra óptica y enlaces inalámbricos,

3.5.4.1 DIAGRAMA DE TOPOLOGÍA LÓGICA DE LA RED DE DATOS

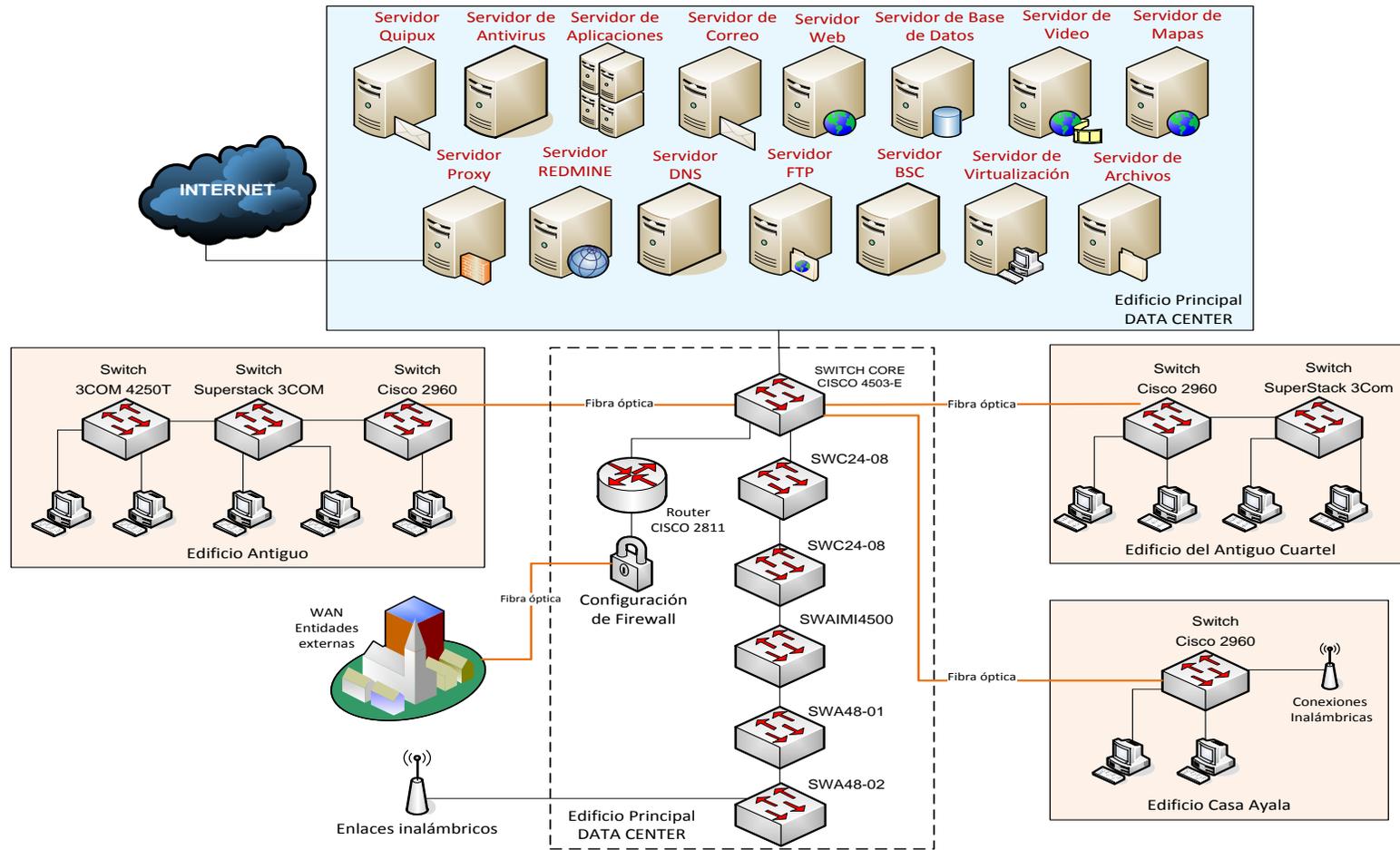


Figura 47. Topología lógica de la red de datos.
Fuente: elaborado por Nataly Culqui, basado en inventario GAD-I

3.6 SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED INALÁMBRICA

En el edificio principal del GAD-I se encuentran concentrados todos los equipos de transmisión a los diferentes puntos finales de los enlaces inalámbricos los cuales permiten la transmisión de video y datos. En la terraza se ubican 1 mástil de 4 metros, un mástil de 2 metros y una torre metálica de 48 metros de altitud (ver figura 48). La Dirección TIC es la encargada de administrar y controlar los diferentes servicios prestados tanto internos como externos.



Figura 48. En la parte derecha el Mástil de 4 metros y el mástil de 2 metros, y en el lado izquierdo la Torre metálica de 48 metros de altura
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

El nodo de repetición de la señal se encuentra en el edificio ex Filanbanco ubicado a 462 metros del edificio principal del GAD-I en las calles Sánchez y Cifuentes y Juan de Velasco (esquina), en el cual se encuentra situado un mástil de 6 metros (ver Figura 49)

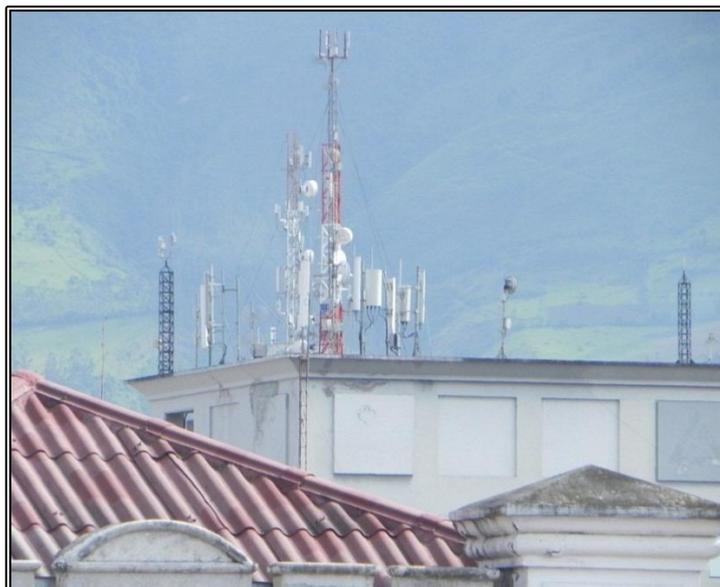


Figura 49. Mástil de 6m en el Edificio del antiguo Registro Civil
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

A continuación se detalla las características principales de cada enlace inalámbrico (ver Tabla 41):

Tabla 41. Descripción de los enlaces inalámbricos del GAD-I

ORIGEN DEL ENLACE	DESTINO DEL ENLACE	CARACTERÍSTICAS DEL NODO REPETIDOR	CARACTERÍSTICAS DE ENLACE FINAL
Nodo Central (Edificio principal del GAD-I)	Unidad de Consejo para la Salud y la Vida (Torreón)	No requiere nodo repetidor	<ul style="list-style-type: none"> • Enlace: Punto a Punto • Router Board: Ubiquiti Nanostation 5 • Frecuencia: 5.8 GHz • Canales: 5/10/20/40 MHz • Tecnología: IEEE 802.11 a/b/g • Velocidad de Transmisión máxima: 54 Mbps • Seguridad WPA2
Nodo Central (Edificio principal del GAD-I)	Bodega Municipal	No requiere nodo repetidor	<ul style="list-style-type: none"> • Enlace: Punto a Punto • Router Board: Proxim • Frecuencia: 5.8 GHz • Canales: 5/10/20/40 MHz • Tecnología: IEEE 802.11 a/b/g • Velocidad de Transmisión: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6, 4.5, 3, 2.25, 1.5 Mbps • Seguridad WPA2 • Tipo de Antena: Grilla
Nodo Central (Edificio principal del GAD-I)	Dirección de Turismo (Esquina del Coco)	No requiere nodo repetidor	<ul style="list-style-type: none"> • Enlace: Punto a Punto • Router Board: Proxim • Frecuencia: 5.8 GHz • Canales: 5/10/20/40 MHz

			<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología: IEEE 802.11 a/b/g • Velocidad de Transmisión: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6, 4.5, 3, 2.25, 1.5 Mbps • Seguridad WPA2 • Tipo de Antena: Grilla
Nodo Central (Edificio principal del GAD-I)	Mercado Amazonas	<ul style="list-style-type: none"> • Enlace: Punto a Punto • Router Board: Orinoco • Frecuencia: 2.4 GHz • Canales: 5/10/20/40 MHz • Tecnología: IEEE 802.11 a/b/g • Velocidad de Transmisión: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6, 4.5, 3, 2.25, 1.5 Mbps • Seguridad WPA2 • Tipo de Antena: Grilla 	<ul style="list-style-type: none"> • Enlace: Punto a Punto • Router Board: Orinoco • Frecuencia: 2.4 GHz • Canales: 5/10/20/40 MHz • Tecnología: IEEE 802.11 a/b/g • Velocidad de Transmisión: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6, 4.5, 3, 2.25, 1.5 Mbps • Seguridad WPA2 • Tipo de Antena: Grilla
Nodo Central (Edificio principal del GAD-I)	Angochagua	Varios nodos repetidores	<ul style="list-style-type: none"> • Enlace: Punto a Punto • Router Board: Orinoco • Frecuencia: 5.8 GHz • Canales: 5/10/20/40 MHz • Tecnología: IEEE 802.11 a/b/g • Velocidad de Transmisión: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6, 4.5, 3, 2.25, 1.5 Mbps • Seguridad WPA2 • Tipo de Antena: Grilla

Fuente: Recuperado del inventario del GAD-I.

El GAD-I con el interés de integrar a la sociedad al conocimiento; crea redes inalámbricas que brindan un medio de comunicación y acceso a internet a las comunas de La Magdalena, La Rinconada, Angochagua, Zuleta, Chilco y Cochas. Además de facilitar el acceso a trámites Municipales a las Casas comunales, instituciones educativas y Centros de Salud.

La conectividad inalámbrica con estas comunas; no se considera para el diseño del sistema de telefonía IP, ya que es un proyecto independiente del GAD-I pero que a futuro se piensa la integración de toda la ciudad en una misma red de datos que preste distintos servicios digitales a la comunidad.

3.6.1 DIAGRAMA DE LA RED INALÁMBRICA

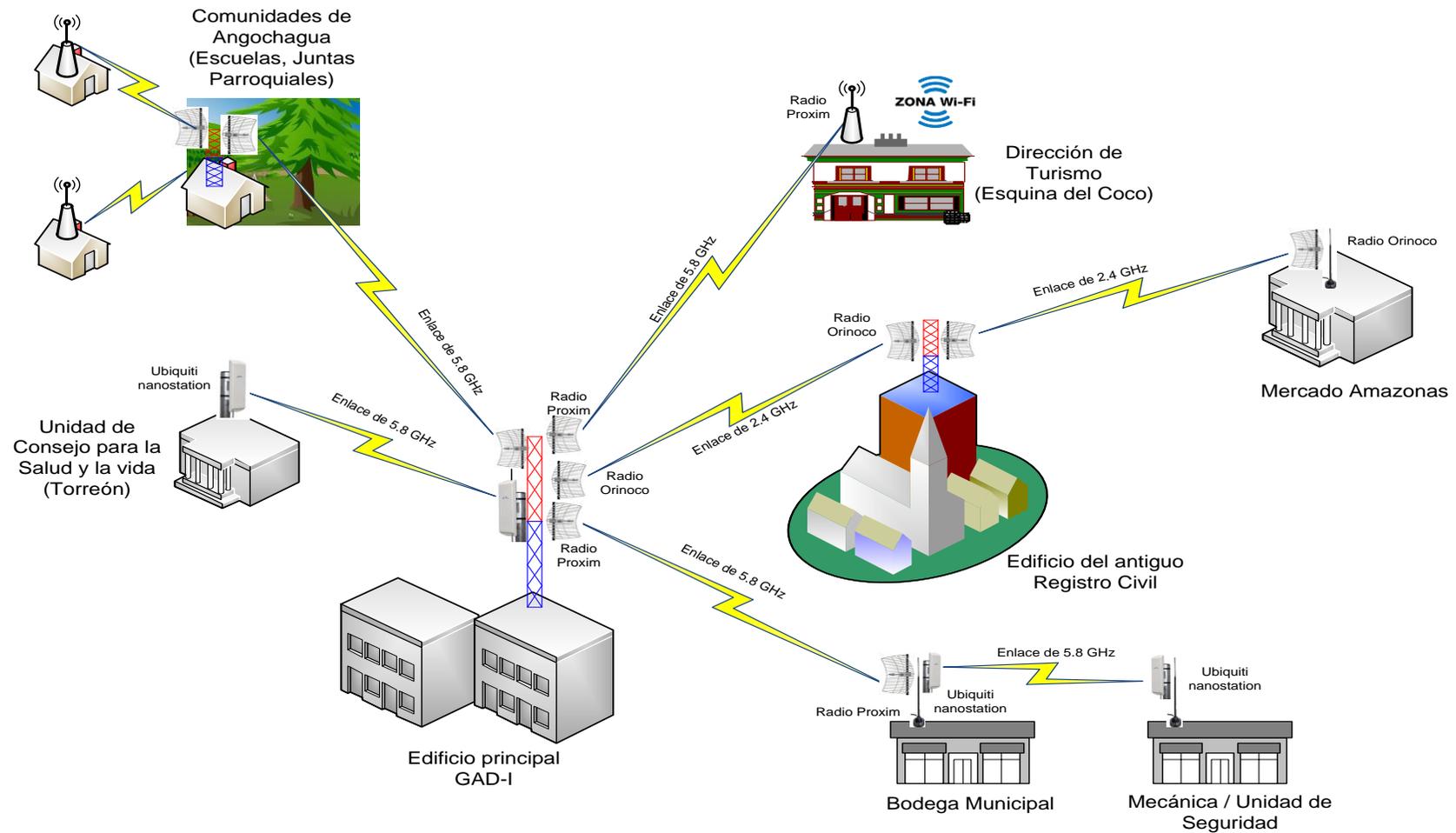


Figura 50. Diagrama de la red inalámbrica del GAD-I
Fuente: elaborado por Nataly Culqui, basado en documentos técnicos de la red inalámbrica

3.7 SITUACIÓN ACTUAL DEL BACKBONE DE FIBRA ÓPTICA

El GAD-I desarrolla proyectos innovadores que permiten crear una infraestructura robusta y altamente efectiva para mejorar la calidad de los servicios públicos, compartir infraestructuras tecnológicas con empresas privadas y gubernamentales; por lo que se realiza convenios para implementar una misma red de fibra óptica entre distintas entidades como son el Patronato Municipal San Miguel de Ibarra, EMAPA, Bomberos y EMELNORTE; quienes prestan servicios en distintas áreas a la comunidad. Además el backbone de fibra óptica permite la transferencia de tráfico de video de las cámaras de vigilancia, ubicadas en sitios estratégicos en la ciudad Ibarra.

El GAD-I dispone de una red de fibra óptica entre algunas unidades y el edificio principal para establecer una transmisión de datos altamente confiable y efectiva con las unidades del antiguo cuartel, edificio antiguo y las unidades de la casa Ayala.

El backbone de fibra óptica es un medio que permite altas velocidades y la transmisión de gran cantidad de información como voz, video y datos sin interferencias; por lo que se considerará dentro del sistema de telefonía IP.

3.7.1 DIAGRAMA DEL BACKBONE DE FIBRA ÓPTICA

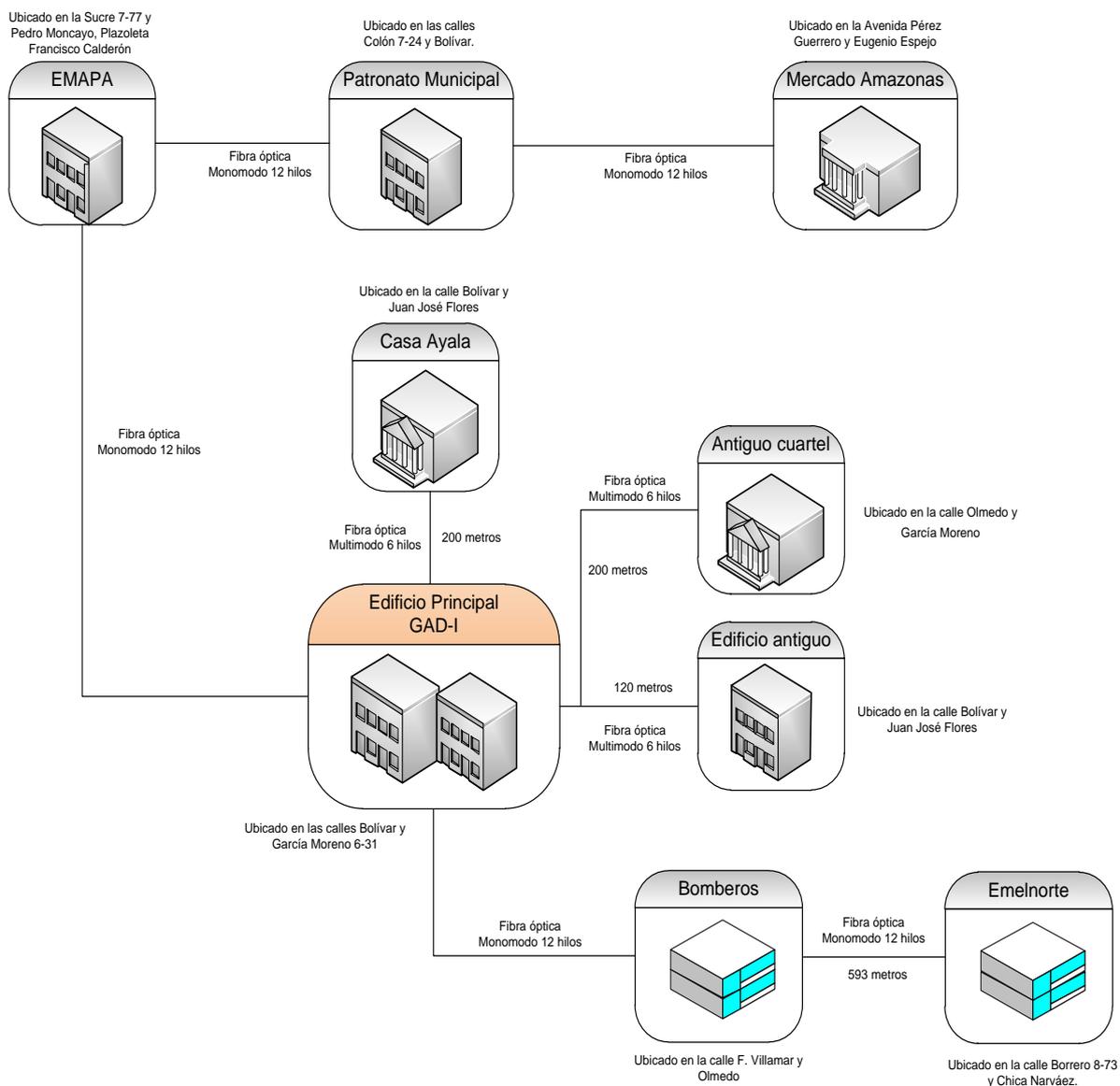


Figura 51. Diagrama del backbone de fibra óptica
Fuente: elaborado por Nataly Culqui

3.7.2 CARACTERÍSTICAS DEL BACKBONE DE FIBRA ÓPTICA

El backbone de fibra óptica presenta las siguientes características (ver Tabla 42):

Tabla 42. Características del backbone de fibra óptica

ORIGEN	DESTINO	CARACTERÍSTICAS
Edificio Principal del GAD-I	Casa Ayala	Tipo: Fibra óptica Hilos de fibra: 6 Velocidad de Transferencia de datos: 1 Gbps AB: 10/100/1000Mbps Distancia: 200 metros
Edificio Principal del GAD-I	Edificio Antiguo	Tipo: Fibra óptica Hilos de fibra: 6 Velocidad de Transferencia de datos: 1 Gbps AB: 10/100/1000Mbps Distancia: 120 metros
Edificio Principal del GAD-I	Antiguo Cuartel	Tipo: Fibra óptica Hilos de fibra: 6 Velocidad de Transferencia de datos: 1 Gbps AB: 10/100/1000Mbps Distancia: 200 metros
Edificio Principal del GAD-I	Bomberos	Tipo: Fibra óptica Monomodo Hilos: 12 Velocidad de Transferencia de datos: 1Gbps AB: 10/100/1000Mbps Distancia: 400 metros
Bomberos	EMELNORTE	Tipo: Fibra óptica Monomodo Hilos: 12 Velocidad de Transferencia de datos: 1 Gbps AB: 10/100/1000Mbps Distancia: 593 metros
Edificio Principal del GAD-I	EMAPA	Tipo: Fibra óptica Monomodo Hilos: 12 Velocidad de Transferencia de datos: 1Gbps AB: 10/100/1000Mbps Distancia: 342 metros
EMAPA	Patronato Municipal	Tipo: Fibra óptica Monomodo Hilos: 12 Velocidad de Transferencia de datos: 1Gbps AB: 10/100/1000Mbps Distancia: 200 metros
Patronato Municipal	Mercado Amazonas	Tipo: Fibra óptica Monomodo Hilos: 12 Velocidad de Transferencia de datos: 1Gbps AB: 10/100/1000Mbps Distancia: 500 metros Usado actualmente solo para la transmisión de video de las cámaras de vigilancia de la ciudad.

Fuente: elaborado por Nataly Culqui, basado en pliegos de adquisición de equipos para cámaras de video vigilancia, subidos en el portal de compras públicas (<https://www.compraspublicas.gov.ec>).

Existe aproximadamente un total de 2155m de fibra óptica para el backbone que sigue una trayectoria desde el GAD-I, EMAPA y Patronato Municipal de forma subterránea.

En cada nodo se ubica un switch de perímetro con los equipos correspondientes que permiten la conectividad con las cámaras de vigilancia y con los cuartos de comunicación de cada entidad independiente al GAD-I, creando una sola infraestructura de datos.

3.8 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS ENTIDADES INDEPENDIENTES

En el caso de las entidades independientes, no se realizará un análisis completo de la situación actual de la red de datos ni de la red telefónica, ya que estas entidades son empresas públicas de administración independiente, pero tienen vínculos de comunicación e integración de servicios para la comunidad.

Con el fin de establecer comunicación de voz sobre el protocolo IP entre el GAD-I y las entidades independientes; se hará uso del backbone de fibra óptica de las cámaras de vigilancia.

En cada entidad independiente se considera colocar teléfonos o configurar softphones con una o más cuentas VoIP que pertenezcan a la central IP PBX del GAD-I, de esta forma facilitando la comunicación entre estas entidades y reduciendo gastos de llamadas.

Algunos datos importantes de las entidades independientes se muestran a continuación (ver Tabla 43):

Tabla 43. Datos importantes de las entidades independientes

ENTIDAD	NÚMEROS TELEFÓNICOS	RED DE DATOS	TIPO DE CENTRAL TELEFÓNICA
PATRONATO MUNICIPAL SAN MIGUEL DE IBARRA	06 2643-395 06 2642-255 06 2955-791	Protocolo IPv4	Central telefónica Analógica
EMAPA	06 2951670	Protocolo IPv4	Central telefónica Analógica
BOMBEROS	Teléfonos: (593) 06 2957-102/ 2612-320/ 2950-000 Jefatura: (593) 06 2607-122 Tesorería/Secretaría: (593) 062 610-777	Protocolo IPv4	Central telefónica Digital que maneja el protocolo SIP
EMELNORTE	Número de PBX: 06 2997-100	Protocolo IPv4	Central Telefónica Digital que maneja el protocolo SIP

Fuente: elaborado por Nataly Culqui, basado en las páginas web de cada entidad.

En el caso de los Bomberos y EMELNORTE puede considerarse a futuro la integración de las centrales SIP mientras que en EMAPA y el Patronato se puede recomendar la utilización de una central telefónica Digital que maneje el protocolo SIP, de esta forma crear una sola infraestructura de comunicación de voz entre estas entidades.

3.9 SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED TELEFÓNICA DEL GAD-I

Para conocer las necesidades de los usuarios en relación al servicio y a la infraestructura telefónica, se requiere realizar un análisis de los parámetros técnicos de la actual central telefónica y del servicio de voz del GAD-I, para determinar una solución de telefonía IP que compense las necesidades de la institución.

El edificio principal y el edificio antiguo disponen de una central telefónica analógica de marca Nitsuko, el edificio del antiguo cuartel tiene una pequeña central Panasonic y las unidades externas cuentan con líneas telefónicas directas. A continuación se detalla la situación actual de la red telefónica del GAD-I:

3.9.1 CENTRAL TELEFÓNICA ANALÓGICA

EL GAD-I cuenta con una central telefónica analógica (ver Figura 52) ubicada en la planta subterránea del edificio principal que se conecta mediante un cable multipar con el rack principal distribuyéndose a los distintos puntos de trabajo a través de un patch panel para cable UTP categoría 6.



Figura 52. Central telefónica del GAD-I
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

3.9.1.1 Características Técnicas:

- **Marca:** NITSUKO
- **Modelo:** TX Series NXE-2464 MTX
- **Tarjetas:** Contiene 9 tarjetas para líneas telefónicas y 1 tarjeta para fax.
- **Troncales:** 9 troncales
- **Extensiones:** con capacidad de manejo de 64 extensiones analógicas.
- **Tipo de Troncal:** El conmutador PBX se conecta a la PSTN mediante un enlace E1.

3.9.1.2 Características Generales:

- No muestra llamadas bloqueadas por troncales ocupadas.
- No muestran llamadas perdidas o el grado de servicio
- Tiene la opción de conocer el tráfico de llamadas generadas y recibidas mediante impresiones continuas de reportes, pero actualmente no se encuentra configurada

esta opción ya que consume mucho papel, complicando la administración de las llamadas telefónicas.

- La central no cubre las necesidades de los usuarios tanto en el número de líneas como en aplicaciones para llamadas.
- No existe disponibilidad para más tarjetas de expansión para troncales.
- No permite escalabilidad
- Es un equipo descontinuado en el mercado.
- Requiere soporte técnico de especialistas en esa línea de centrales.
- Se encuentra en un lugar sin ninguna seguridad contra incendios y en deterioro físico.

3.9.1.3 Funciones:

- Brinda el servicio telefónico para el edificio principal y el edificio antiguo del GAD-I
- Proporciona funciones esenciales tales como línea en espera, transferencia de llamada, permite manejar la línea telefónica externa o entradas de las troncales.
- Llamadas internas y externas con límite de tres minutos.

3.9.1.4 Teléfono de Operadora de la central telefónica

La operadora utiliza un teléfono marca Nitsuko con teclado de extensión de 73 teclas con 14 teclas de programación (ver figura 53). Además cuenta con las funcionalidades básicas que se exponen a continuación:

- Capturar llamadas
- Transferir llamadas
- Almacenar números
- Discado abreviado
- Teclas de selección directa
- Fila de espera de líneas ocupada.
- Mensaje en espera.



Figura 53. Teléfono Operadora ubicado en la unidad de la central de Operadora telefónica
Fuente: Fotografía tomada por Nataly Culqui

En el caso de la operadora telefónica; no se realiza ningún control en las llamadas internas como externas y no existe un reporte de llamadas mensuales, lo que dificulta la gestión y administración de la central telefónica.

3.9.2 MINI CENTRAL TELEFÓNICA DEL ANTIGUO CUARTEL

El antiguo cuartel dispone de una mini central telefónica Panasonic (ver figura 54) que permite la comunicación de las distintas unidades con la central telefónica del edificio principal. El equipo presenta las siguientes características:

- **Marca:** Panasonic
- **Modelo:** KX-TES824
- **Modelo del teléfono:** KX-T7730
- **Troncales:** 2 líneas telefónicas
- **Extensiones analógicas:** Capacidad de manejo de 12 extensiones analógicas.



Figura 54. Mini central telefónica y teléfono operadora marca Panasonic
Fuente: Recuperado de <http://anuxi.ec/fotos/BaKI>

3.9.2.1 Teléfono de Operadora de la mini central telefónica

Cuenta con las funcionalidades básicas que se exponen a continuación (ver Figura 54):

- Pantalla LCD, 16 caracteres 1 línea
- 12 teclas indicador programables
- 3 teclas de menú
- Teclas de gestión de llamada
- Tecla de línea / intercomunicador
- Manos libres
- Indicadores de estado de las extensiones y de las líneas (indican a través de un LED luminoso integrado en cada tecla de función, las extensiones y/o líneas ocupadas (función programable según las necesidades del usuario)
- Marcación Rápida de Sistema, extensión
- Niveles de Restricción de Llamada
- Registro Detallado de Llamadas
- Desvío de Llamadas (Ocupado, No Contesta, Sígueme, a Línea Exterior)

3.9.3 DISTRIBUCIÓN TELEFÓNICA

La distribución telefónica actual del GAD-I se muestra a continuación:

3.9.3.1 Troncales

La central telefónica del edificio principal dispone de 9 troncales operativas asignadas por la CNT E.P., que permiten el tráfico entrante y saliente de llamadas. A continuación se detallan las troncales:

- a) 2-950-120
- b) 2-950-151
- c) 2-950-154
- d) 2-950-211

- e) 2-950-512
- f) 2-950-674 (usado por ventanilla de la unidad de tesorería)
- g) 2-950-691
- h) 2-950-731
- i) 2-950-913

En el caso de la centralita del antiguo cuartel presenta los siguientes números:

- a) 2-611-390 (Línea usada por la Unidad de Tránsito)
- b) 2-611-890 (Línea usada por la Unidad de Activos Fijos)

3.9.3.2 Distribución telefónica

La entidad cuenta con 67 extensiones en funcionamiento, 23 líneas telefónicas independientes y 13 números de fax que no van al rack principal sino de forma directa a las áreas de trabajo; los cuales se distribuyen de la siguiente manera de acuerdo a la infraestructura física del GAD-I:

Edificio principal

- *Planta Baja*

En la planta baja tiene un total de 9 extensiones, 2 líneas directas y 3 números de fax que están distribuidos de la siguiente manera (ver Tabla 44):

Tabla 44. Distribución telefónica de la planta baja del edificio principal

Unidades	Nro. Extensión	Líneas independientes	Nro. de FAX	Servicios agregados
Rentas				
• Responsable de Área	132	2-608-751	No	Internet y salida de llamadas a celulares
• Secretaria	162			
Tesorería				
• Responsable de Área	143	No	2-611-328	Ninguno
• Secretaria	142			
Coactivas	No	No	2-955-932	Ninguno
Comunicación Social				
• Director	157	No	2-954-311	Ninguno

• Secretaria	156			
Recursos Humanos y Capacitación	134	No	No	Ninguno
Atención al cliente	140	2-607-402	No	Ninguno
Auditorio	161	No	No	Ninguno

Fuente: elaborado por Nataly Culqui, basado en el directorio telefónico e investigación de campo

• *Primera Planta*

La primera planta tiene un total de 20 extensiones, 3 líneas independientes y 5 números de fax que está distribuido de la siguiente manera (ver Tabla 45):

Tabla 45. Distribución telefónica de la primera planta del edificio principal

Unidades	Nro. Extensión	Líneas independientes	Nro. de FAX	Servicios agregados
Alcaldía				
• Alcalde	111			
• Secretaría	131	2-641-509	2-954-997	Ninguno
• Vice Alcaldía	120			
Auditoria Interna	163	No	No	Ninguno
Procuraduría Municipal				
• Procurador	139	No	2-608-327	Ninguno
• Secretaria	144			
Secretaria General				
• Responsable de Área	116	No	2-951-835	Ninguno
• Secretaria	170			
Gestión Administrativa				
• Administración General	152			
• Director Administrativo	141	2-641-677	2-950-922	Ninguno
• Proveduría	113			
• Secretaria				
• Compras Públicas	169			
• Desarrollo Institucional	158 153	2-641-236		
Gestión Financiera				
• Director Financiero	112	No	2-644-837	Ninguno
• Secretaria	119			
Presupuesto	130	No	No	Ninguno
Contabilidad				
• Contador	133	No	No	Ninguno
• Auxiliar	145			
Archivo				
Copiadora	136	No	No	Ninguno

Fuente: elaborado por Nataly Culqui

- **Segunda planta**

La segunda planta tiene un total de 16 extensiones, una línea independiente y ningún número de fax; los cuales están distribuidos de la siguiente manera (ver Tabla 46):

Tabla 46. Distribución telefónica de la segunda planta

Unidades	Nro. Extensión	Líneas independientes	Nro. de FAX	Servicios agregados
Tecnologías de la información y Comunicación (TIC)	166	2-641-238	No	Internet
• Responsable de Hardware				
• Responsable de Software	137			
Planificación				
• Dirección	122			
• Secretaria	117	No	No	Ninguno
• Diseño	151			
• Proyectos	146			
• Unidad de vivienda	123			
Gestión de Avalúos y Catastros				
• Archivo	159	No	No	Ninguno
• Avalúos	148			
• Dirección	164			
• Responsable Catastro	147			
Obras Públicas				
• Dirección	114	No	No	Ninguno
• Fiscalización	118			
• Obras Públicas	167			
• Secretaria	121			
Archivo Histórico	124	No	No	Ninguno

Fuente: elaborado por Nataly Culqui

- **Tercera Planta**

La tercera planta dispone de una extensión (ver Tabla 47):

Tabla 47. Distribución telefónica de la tercera planta

Unidades	Nro. Extensión	Líneas independientes	Nro. de FAX	Servicios agregados
Gestión de Avalúos y Catastros rural	129	No	No	Ninguno

Fuente: elaborado por Nataly Culqui

Edificio Antiguo

- ***Planta Baja***

La planta baja tiene un total de 8 extensiones, 4 líneas independientes y un número de fax que está distribuido de la siguiente manera (ver Tabla 48):

Tabla 48. Distribución telefónica de la planta baja del Edificio Antiguo

Unidades	Nro. Extensión	Líneas independientes	Nro. de FAX	Servicios agregados
Comisaria de Construcciones	125	No	No	Ninguno
Dirección de Salud y Medio Ambiente				
• Dirección de Higiene	154		2-610-480	Ninguno
• Higiene		2-610-722		
• Comisaria Higiene	165			
• Medio Ambiente	160			
Plan de ordenamiento Territorial	No	2-610-723	No	Ninguno
Archivo Institucional	138	2-607-899	No	Ninguno
Recaudación	150	No	No	Ninguno
Biblioteca	149	2-608-932	No	Internet
Central de Operadora Telefónica	110	No	No	Ninguno

Fuente: elaborado por Nataly Culqui

- ***Primera Planta***

La primera planta tiene un total de 4 extensiones, 2 líneas independientes y un número de fax; que está distribuido de la siguiente manera (ver Tabla 49):

Tabla 49. Distribución telefónica de la primera planta del Edificio Antiguo

Unidades	Nro. Extensión	Líneas independientes	Nro. de FAX	Servicios agregados
Secretaría de Comisiones /Concejales	128 135	No	No	Ninguno
Radio	155	2-951-300	No	Ninguno
SISMERT	No	2-603-021	No	Ninguno
Tránsito y Transporte	168	No	2-608-497	Ninguno

Fuente: elaborado por Nataly Culqui

Edificio del Antiguo Cuartel

- **Planta Baja**

La planta baja tiene un total de 4 extensiones, 2 líneas independientes que están distribuidas de la siguiente manera (ver Tabla 50):

Tabla 50. Distribución telefónica de la planta baja del Edificio del Antiguo Cuartel

Unidades	Nro. Extensión	Líneas independientes	Nro. de FAX	Servicios agregados
Activos Fijos				
• Dirección de Activos Fijos	174	2-610-879	No	Ninguno
• Activos Fijos / Bodega				
Suministros	178	No	No	Ninguno
Transporte	101	No	No	Ninguno
Dispensario Médico	107	2-607-690	No	Ninguno

Fuente: elaborado por Nataly Culqui

- **Primera Planta**

La primera planta dispone de 5 extensiones y dos líneas telefónicas independientes y un número de FAX que están distribuidos de la siguiente manera (ver Tabla 51):

Tabla 51. Distribución telefónica de la primera planta del Edificio del Antiguo Cuartel

Unidades	Nro. Extensión	Líneas independientes	Nro. de FAX	Servicios agregados
Participación Ciudadana				
• Dirección	180			
• Proveedores	102	No	2-644-818	Ninguno
• Secretaria	104			
• Seguridad Ciudadana	176			
CNH	No	2-954-689	No	Ninguno
Junta de Protección de Derechos Infantil - Juvenil	177	2-612-541	No	Ninguno

Fuente: elaborado por Nataly Culqui

3.9.3.3 Líneas independientes de unidades externas

Existe un total de 7 líneas independientes y 2 números de fax que están distribuidos de la siguiente manera (ver Tabla 52):

Tabla 52. Distribución de los números telefónicos de las unidades externas

Unidades	Líneas independientes	Nro. de FAX	Servicios agregados
Bodega Municipal	2-951-655	No	Ninguno
Unidad de Reciclaje / Desechos Solidos	2-608-617	No	Ninguno
Unidad de Cultura	2-610-830 2-610-848	2-610-850	Internet
Unidad de Planes de Vivienda	No	No	Ninguno
Unidad de Céntrica parque bulevar	No	No	Ninguno
Administración de Mercado Amazonas	2-956-370	No	Ninguno
Unidad de Turismo	2-951-705	2-608-489	Salida a Celular
Parqueadero La Playa	No	No	Ninguno
Unidad de Consejo para la Salud y la vida	2-954-298	No	Ninguno

Fuente: elaborado por Nataly Culqui

En todo el GAD-I existe un total de 67 extensiones, 23 líneas independientes y 13 números de fax tanto interno como externo.

3.10 ESTADÍSTICAS DEL TRÁFICO DE LLAMADAS

Para conocer el tráfico actual de las llamadas de voz y el estado de la red telefónica en la entidad; con resultados más exactos y minuciosos, se realizó un sondeo por medio de encuestas, métodos de observación en cada unidad y un test del tráfico a través de una aplicación de la central telefónica analógica.

3.10.1 RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS AL PERSONAL DEL GAD-I

Las encuestas fueron realizadas a los usuarios del edificio principal, edificio antiguo y unidades externas; la encuesta y los resultados de las mismas se encuentran en el Anexo E y F.

De acuerdo a los resultados arrojados por las encuestas, se pudo concluir lo siguiente:

3.10.1.1 Edificio Principal

- Un 62 % del personal de las unidades del Edificio principal recibe un promedio de 0 a 10 llamadas, un 25% de 10 a 20 llamadas en una hora en un día normal de trabajo y el resto del personal mayor a 20 llamadas.
- El 78% del personal realizan un promedio de 0 a 10 llamadas en una hora en un día normal de trabajo y el resto del personal de 10 llamadas en adelante.
- El 51% determina que todos los días de la semana tienen una gran afluencia de llamadas y el 20% tiene mayor afluencia de llamadas los días lunes.
- El horario que existe mayor cantidad de llamadas recibidas es de 10am a 12:30pm con un 35% mientras que un 31 % de 8 a 10:00 am y el resto en los demás horarios. Como consecuencia se determina que en la mañana existe mayor cantidad de llamadas recibidas que en la tarde.
- La duración promedio de llamadas es de 0 a 3 minutos en un 85% el resto realiza llamadas con una duración mayor a 3 minutos.
- La frecuencia de llamadas en el edificio principal son:
 - 35% personal interno
 - 22% usuarios externos
 - 14% secretarias del GAD-I
 - 14% empresas del Gobierno
 - 13% empresas privadas
- A las unidades de Alcaldía, Gestión Financiera se dirigen las llamadas diariamente, las unidades de Gestión Administrativa, TIC, Recursos Humanos reciben llamadas casi siempre mientras que las demás unidades restantes de vez en cuando. La unidad de Secretaria de Comisiones no tiene gran afluencia de llamadas internas.
- A las entidades independientes que más se dirigen las llamadas son:
 - Patronato Municipal en un 41%
 - EMAPA en un 26%
 - Bomberos en un 19%
 - EMELNORTE en un 14%

3.10.1.2 Edificio Antiguo

- Un 39 % del personal de las unidades del Edificio antiguo recibe un promedio de 0 a 10 llamadas y un 28% de 10 a 20 llamadas en una hora en un día normal de trabajo.
- El 58% del personal realizan un promedio de 0 a 10 llamadas en una hora en un día normal de trabajo y el resto del personal de 10 llamadas en adelante.
- Los días que tiene mayor afluencia de llamadas son los días lunes y martes con un 33% y 30% respectivamente.
- El horario que existe mayor cantidad de llamadas recibidas es de 8 a 10am con un 39% mientras que un 26 % de 10 a 12:30pm y otro 26% de 15:30 a 17:30. Como consecuencia el horario que menos afluencia de llamadas tiene es de 14:00 a 15:30.
- La duración promedio de llamadas es de 0 a 3 minutos.
- La frecuencia de llamadas en el edificio antiguo son:
 - 28% personal interno
 - 25% usuarios externos
 - 16% secretarias del GAD-I
 - 16% empresas del Gobierno
 - 15% empresas privadas
- A la unidad de Planificación se dirigen las llamadas diariamente, mientras que las demás unidades restantes es de vez en cuando. La unidad de Secretaria de Comisiones no tiene gran afluencia de llamadas internas.
- A las entidades independientes que más se dirigen las llamadas son:
 - Patronato Municipal en un 41%
 - EMAPA en un 35%
 - Bomberos en un 12%
 - EMELNORTE en un 12%

3.10.1.3 Antiguo Cuartel

- Un 53 % del personal de las unidades del antiguo cuartel recibe un promedio de 10 a 20 llamadas, un 27% de 20 a 30 llamadas, un 20% de 0 a 10 llamadas en una

hora en un día normal de trabajo. Lo cual demuestra que la mayoría recibe más de 10 llamadas en una hora en un día normal de trabajo.

- El 40% del personal realizan un promedio de 0 a 10 llamadas en una hora en un día normal de trabajo y el resto del personal de 10 llamadas en adelante.
- Todos los días de la semana tienen gran afluencia de llamadas.
- El horario que existe mayor cantidad de llamadas recibidas es de 8 a 10am con un 33% mientras que un 27 % de 14 a 15:30pm. Como consecuencia hay gran afluencia de llamadas tanto en la mañana como en la tarde.
- La duración promedio de llamadas de los funcionarios es de 0 a 3 minutos en un 67% y el 33% restante de 3 a 5 minutos.
- La frecuencia de llamadas en el antiguo cuartel son:
 - 40% personal interno
 - 20% secretarias del GAD-I
 - 14% empresas privadas
 - 13% usuarios externos
 - 13% empresas del Gobierno
- La unidad de Planificación recibe diariamente mayor cantidad de llamadas que las otras unidades, mientras que las demás unidades se comunican casi siempre.
- A las entidades independientes que más se dirigen las llamadas son:
 - Patronato Municipal en un 7%
 - EMAPA en un 46%
 - Bomberos en un 40%
 - EMELNORTE en un 7%

3.10.1.4 Unidades Externas

- Un 37 % del personal de las unidades externas reciben un promedio de 0 a 10 llamadas, un 36% de 20 a 30 llamadas, un 18% de 10 a 20 llamadas en una hora en un día normal de trabajo. Lo cual demuestra que la mayoría recibe un promedio de 15 llamadas.
- El 48% del personal realizan un promedio de 10 a 20 llamadas en una hora en un día normal de trabajo y un 26% de 20 a 30 llamadas. Lo cual demuestra que existe gran cantidad de llamadas en una hora.

- Todos los días de la semana tienen gran afluencia de llamadas.
- El horario que existe mayor cantidad de llamadas recibidas es de 10 a 12:30pm con un 59% mientras que un 36% de 15:30 a 17:30pm. Como consecuencia hay gran afluencia de llamadas tanto en la mañana como en la tarde.
- La duración promedio de llamadas de los funcionarios es de 3 a 5 minutos en un 50%.
- La frecuencia de llamadas en las unidades externas son:
 - 25% secretarías del GAD-I
 - 25% empresas privadas
 - 17% personal interno
 - 4% usuarios externos
 - 29% empresas del Gobierno
- La unidad de Gestión Administrativa recibe diariamente mayor cantidad de llamadas que las otras unidades, mientras que las demás unidades se comunican casi siempre.
- A las entidades independientes que más se dirigen las llamadas son:
 - Patronato Municipal en un 7%
 - EMAPA en un 46%
 - Bomberos en un 40%
 - EMELNORTE en un 7%

3.10.1.5 Problemas frecuentes de la red telefónica

- Por lo general las líneas telefónicas están ocupadas por la gran cantidad de llamadas entrantes y por la falta de gestión del tráfico de llamadas.
- Falta de soporte técnico en los puntos telefónicos; ya que no existe una correcta nomenclatura y organización de los mismos.
- Existe pocas líneas directas y extensiones en cada unidad, ya que se ha presentado un gran crecimiento del personal y servicios a la comunidad.

3.10.2 TEST DEL TRÁFICO DE LLAMADAS DE LA CENTRAL TELEFÓNICA ACTUAL

Para tener una estadística del tráfico de voz se debe obtener las llamadas entrantes y salientes de la central telefónica; se refiere a la estimación de la cantidad máxima de llamadas simultáneas que se podrán cursar sobre un enlace. Se debe considerar tanto la cantidad actual de llamadas telefónicas entre diferentes puntos, como el posible margen de crecimiento y las políticas de la organización al respecto. Antes de realizar el test de tráfico se debe considerar lo siguiente:

- **Número de ocupaciones o llamadas concurrentes.-** Se refiere a la cantidad máxima de llamadas realizadas⁶⁹ y abandonadas⁷⁰ tanto de entrada como de salida que se podrán cursar sobre un enlace.
- **Hora de mayor tráfico.-** Es la hora que tiene mayor tráfico de llamadas para lo cual se debe considerar los intentos de llamadas (abandonadas) y las llamadas realizadas.

Para obtener la información de ocupaciones y duración de llamadas de forma más precisa, se solicitó la configuración temporal de la impresión de reportes diarios en la actual central telefónica Nitsuko, realizada por un técnico particular. Estos reportes permiten conocer a detalle las llamadas realizadas y recibidas por cada día y la duración de cada llamada; de los cuales se realizó un conteo manual para los cálculos necesarios del análisis de tráfico; para mayor comprensión se muestra una parte de los reportes impresos en el Anexo G. A continuación se muestra el resumen de los resultados arrojados por los reportes de la central telefónica analógica, en la semana del 2 al 8 de Mayo del 2012 (ver Anexo H):

⁶⁹ Llamadas realizadas.- Son aquellas llamadas que son portadas por un troncal y que se completó durante un período especificado.

⁷⁰ Llamadas abandonadas.- Llamada en que el abonado cuelga antes de recibir una respuesta desde un agente.

3.10.2.1 Hora de mayor tráfico (Hora pico)

Para calcular la hora pico promedio de las llamadas en la entidad, se tomó datos de una semana entre el horario de 8:00 am a 17:30 pm del año 2012.

El análisis de la hora pico se lo va a realizar del tráfico entrante y del tráfico saliente ya que la entidad cuenta con 9 troncales operativas que permiten este tipo de tráfico. A continuación se detalla el análisis:

Análisis del Tráfico Entrante

Para calcular A (flujo de tráfico) es necesario determinar el tiempo promedio (T) de duración de una llamada por cada día de las muestras adquiridas (Anexo H). Por ejemplo el día miércoles 2 de mayo del 2012 se obtuvo los siguientes datos (ver Tabla 53):

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

$$T = \frac{\text{duración total de llamadas}}{\text{total de ocupaciones}} = \frac{35645 \text{ s}}{363 \text{ ocup}} = 98,20 \text{ s/ocup}$$

Tabla 53. Datos del tráfico de voz por día

Fecha / año 2012	Nro. Ocupaciones	Duración de llamadas (s)	T (s/ocup)
Miércoles 2 de mayo	363	35645	98,20
Jueves 3 de mayo	320	32663	102,07
Viernes 4 de mayo	289	31396	108,64
Lunes 7 de mayo	403	43983	109,14
Martes 8 de mayo	325	33624	103,46
TOTAL	1700	177311	104,30

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en reportes de la central telefónica Nitsuko

Con el tiempo promedio calculado de cada día y el número de ocupaciones de entrada, se puede determinar la hora pico de llamadas entrantes en cada día.

Por ejemplo: El viernes 4 de mayo del 2012 a las 11:00am, el número de ocupaciones es 42 y el tiempo promedio (T) es 108,64 (Anexo H). La intensidad de tráfico se calculó con la fórmula que se muestra a continuación:

$$A = C * T$$

$$A = \frac{42 \text{ ocup}}{3600 \text{ s}} \times 108,64 \frac{\text{s}}{\text{ocup}} = 1,27 \text{ Erlangs}$$

Los datos del tráfico del día viernes por horas son (ver Tabla 54):

Tabla 54. Flujo de tráfico por horas del día viernes

Hora	N° de Ocupaciones	tm(s/ocup)	A(Erl)
8:00 - 8:59	41	108,64	1,24
9:00 - 9:59	30	108,64	0,91
10:00 - 10:59	28	108,64	0,84
11:00 - 11:59	42	108,64	1,27
12:00 - 12:59	30	108,64	0,91
13:00 - 13:59	6	108,64	0,18
14:00 - 14:59	36	108,64	1,09
15:00 - 15:59	35	108,64	1,06
16:00 - 16:59	33	108,64	1,00
17:00 - 18:00	8	108,64	0,24
Total de Ocupaciones	289		

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en reportes de la central telefónica Nitsuko

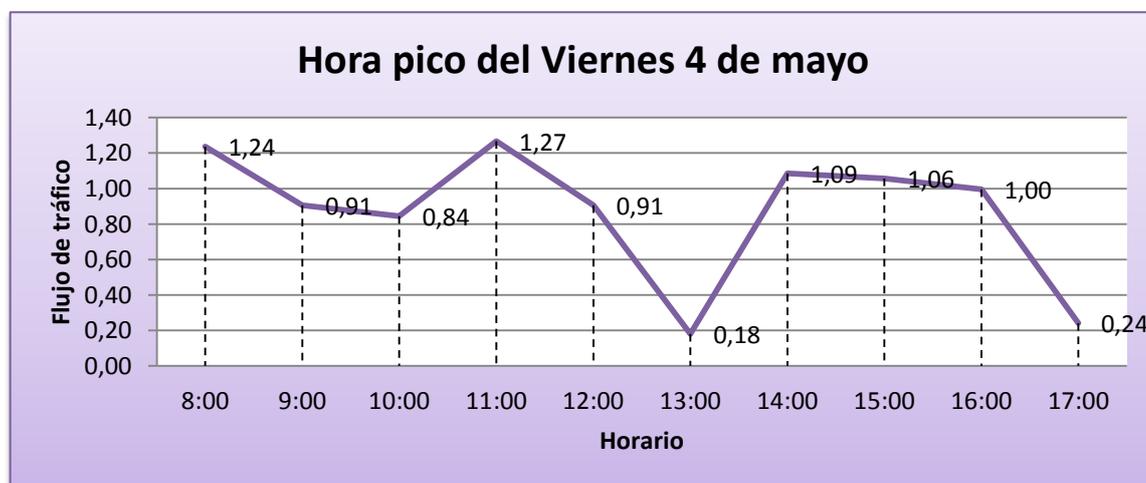


Figura 55. Hora pico del viernes 4 de mayo, basado en los datos de la Tabla 54

El mismo cálculo usando la fórmula anterior para el día viernes se aplica para los demás días de la semana los cuales se encuentran en el Anexo H. A continuación se muestra la tabla resumen de las horas pico de cada día de la semana (ver Tabla 55).

Tabla 55. Flujo de tráfico y hora pico por día

Fecha / año 2012	Hora pico	A (Erl)
Miércoles 2 de mayo	8:00 - 8:59	1,53
Jueves 3 de mayo	10:00 - 10:59	1,64
Viernes 4 de mayo	11:00 - 11:59	1,27
Lunes 7 de mayo	16:00 - 16:59	2,18
Martes 8 de mayo	10:00 - 10:59	1,64

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en reportes de la central telefónica Nitsuko

Se puede observar en la Tabla 55 la hora pico que tiene mayor flujo de tráfico con un 2,18 Erl es el día lunes 7 de Mayo del 2012 de 16:00 a 17:00.

Para obtener el flujo de tráfico de cada troncal de entrada, se debe considerar el tiempo promedio (T) obtenido de los cálculos realizados en la Tabla 55, para el día lunes 7 de mayo a las 16:00 que se muestra en la siguiente tabla (ver Tabla 56):

Tabla 56. Flujo de tráfico entrante por cada troncal

N° troncal	Número telefónico	N° ocupaciones	tm(s/ocup)	A(Erl)
1	2950-512	19	104,30	0,55
2	2950-731	11	104,30	0,32
3	2950-913	2	104,30	0,06
4	2950-120	13	104,30	0,38
5	2950-211	10	104,30	0,29
6	2950-151	8	104,30	0,23
7	2950-154	2	104,30	0,06
8	2950-691	6	104,30	0,17
11	2611-390	1	104,30	0,03
TOTAL		72		2,09

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en reportes de la central telefónica Nitsuko

La sumatoria de los flujos de tráfico de cada troncal de entrada, se pudo obtener un total de 2,09 Erl, siendo un valor muy próximo al anterior (2,18), tomando en cuenta un tiempo promedio (T) solo de las ocupaciones del día lunes.

Para deducir el flujo de tráfico promedio por cada troncal, se divide el flujo de tráfico total para el número de troncales de entrada como se muestra a continuación:

$$A = \frac{2,09 \text{ Erl}}{9 \text{ troncales}} = 0,23 \text{ Erl/troncal}$$

Por lo tanto cada troncal ocupa un promedio del 23% durante la hora de mayor tráfico.

A través de este análisis realizado se puede determinar que el flujo de tráfico actual aparentemente abastece para el tráfico entrante; pero es necesario considerar que existe líneas directas privadas en varias unidades las cuales se encuentran desperdiciadas ya que solo manejan el tráfico de aquella unidad siendo mucho menor al tráfico generado por la central telefónica.

Análisis de Tráfico Saliente

Para calcular A (flujo de tráfico) es necesario determinar el tiempo promedio (T) para cada día de las muestras adquiridas (Anexo H). Por ejemplo el día jueves 3 de mayo del 2012 se obtuvo los siguientes datos (ver Tabla 57):

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

$$T = \frac{\text{duración total de llamadas}}{\text{total de ocupaciones}} = \frac{6214}{90 \text{ ocup}} = 69,04 \text{ s/ocup}$$

Tabla 57. Análisis del flujo de tráfico saliente por día

Fecha / año 2012	Nro. Ocupaciones	Duración de llamadas (s)	tm (s/ocup)
miércoles 2 de mayo	116	9559	82,41
jueves 3 de mayo	90	6214	69,04
viernes 4 de mayo	78	10936	140,21
Lunes 7 de mayo	130	8983	69,10
martes 8 de mayo	121	7538	62,30
TOTAL	535	43230	84,61

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en reportes de la central telefónica Nitsuko

Con el tiempo promedio calculado de cada día y el número de ocupaciones de salida, se puede determinar la hora pico de llamadas salientes en cada día.

Por ejemplo: El martes 8 de mayo del 2012 a las 15:00, el número de ocupaciones es 25 y el tiempo promedio (T) es 62,30. La intensidad de tráfico se calculó con la fórmula que se muestra a continuación:

$$A = C * T$$

$$A = \frac{25 \text{ ocup}}{3600 \text{ s}} \times 62,30 \frac{\text{s}}{\text{ocup}} = 0,43 \text{ Erlangs}$$

Los datos del tráfico del día martes por horas se muestra a continuación (ver Tabla 58):

Tabla 58. Flujo de tráfico por horas del día martes

Hora	N° de ocupaciones	tm(s/ocup)	A(Erl)
8:00 - 8:59	10	62,30	0,17
9:00 - 9:59	14	62,30	0,24
10:00 - 10:59	12	62,30	0,21
11:00 - 11:59	16	62,30	0,28
12:00 - 12:59	3	62,30	0,05
13:00 - 13:59	0	62,30	0,00
14:00 - 14:59	17	62,30	0,29
15:00 - 15:59	25	62,30	0,43
16:00 - 16:59	16	62,30	0,28
17:00 - 18:00	8	62,30	0,14

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en reportes de la central telefónica Nitsuko



Figura 56. Hora pico del día martes 8 de mayo, basado en los datos de la Tabla 58

El mismo cálculo usando la fórmula anterior para el día martes se aplica para los demás días de la semana los cuales se encuentran en el Anexo H. A continuación se muestra la tabla resumen de las horas pico de cada día de la semana (ver Tabla 59).

Tabla 59. Flujo de tráfico y hora pico por día

Fecha / año 2012	Hora pico	A (Erl)
miércoles 2 de mayo	9:00 - 9:59	0,55
jueves 3 de mayo	10:00 - 10:59	0,31
viernes 4 de mayo	14:00 - 14:59	0,66
lunes 7 de mayo	15:00 - 15:59	0,58
martes 8 de mayo	15:00 - 15:59	0,43

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en reportes de la central telefónica Nitsuko

Se puede observar en la Tabla 59 la hora pico que tiene mayor flujo de tráfico con un 0,66 Erl es el día viernes 4 de mayo de 14:00 a 15:00.

Para obtener el flujo de tráfico de cada troncal de salida, se debe considerar el tiempo promedio (T), que se determina mediante los cálculos realizados en la Tabla 59, para el día lunes 7 de mayo a las 16:00 (ver Tabla 60)

Tabla 60. Flujo de tráfico por cada troncal

N° troncal	Numero	N° ocupaciones	tm(s/ocup)	A(Erl)
1	2950-512	4	84,61	0,09
2	2950-731	2	84,61	0,05
3	2950-913	0	84,61	0
4	2950-120	0	84,61	0
5	2950-211	0	84,61	0
6	2950-151	0	84,61	0
7	2950-154	1	84,61	0,02
8	2950-691	0	84,61	0
9(11)	2611-390	10	84,61	0,24
TOTAL		17		0,4

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en reportes de la central telefónica Nitsuko

La sumatoria de los flujos de tráfico de cada troncal de salida, se pudo obtener un total de 0,4 Erl, siendo un valor muy próximo al anterior (0,66), tomando en cuenta un tiempo promedio (T) solo de las ocupaciones del día viernes.

Para deducir el flujo de tráfico promedio por cada troncal, se divide el flujo de tráfico total para el número de troncales de entrada como se muestra a continuación:

$$A = \frac{0,4 \text{ Erl}}{9 \text{ troncales}} = 0,04 \text{ Erl/troncal}$$

Por lo tanto cada troncal ocupa un promedio del 4% durante la hora de mayor tráfico.

A través de este análisis realizado se puede determinar que el flujo de tráfico actual aparentemente abastece para el tráfico saliente; pero es necesario considerar que existe líneas directas privadas en varias unidades las cuales se encuentran desperdiciadas ya que solo manejan el tráfico de aquella unidad siendo mucho menor al tráfico generado por la central telefónica.

3.11 ANÁLISIS DEL TRÁFICO DE DATOS

El análisis de tráfico se realiza con el propósito de obtener información acerca del tráfico cursante por la red, para conocer el estado y funcionamiento general de la misma. De esta forma ofrecer un servicio de telefonía IP satisfactorio al cliente. Los parámetros que se deben analizar en la red son:

- Nivel aceptable de throughput (bps)
- Nivel aceptable de retardo (ms) menor a 150ms
- Pérdida de paquetes inferior a 1%
- Ancho de banda

Para determinar la presencia o nivel de criticidad de los parámetros antes mencionados, se va a capturar el tráfico, en un punto de red de forma remota y en

extremos de la red; para lo cual se hace uso de un sniffer⁷¹, en este caso se hará uso de la herramienta de software llamado Wireshark, por ser uno de los analizadores más potentes por su facilidad de manejo, interfaz amigable, gran cantidad de características y el manejo de varios protocolos. Algunas de sus características son:

- Es un potente analizador libre con licencia GPL.
- Funciona bajo Unix, Mac OS X y Windows.
- Puede leer más de 20 tipos de formato distintos
- Soporta más de 480 protocolos
- Trabaja tanto en modo promiscuo como en modo no promiscuo.
- Tiene una interfaz muy flexible.
- Gran capacidad de filtrado.

3.11.1 DIAGRAMA DE CONFIGURACIÓN PARA EL ANÁLISIS DEL TRÁFICO

Para la captura del tráfico se utilizará el método de port Mirroring en un switch administrable que soporte esta funcionalidad; por lo general es una característica propia de Cisco denominado SPAN⁷² (Switched Port ANalyzer). Este método permite duplicar el tráfico que recorre por uno o varios puertos del switch y replicarlo al puerto seleccionado en el cual se conectará un PC remoto con la aplicación Wireshark que permita capturar el tráfico que atravesase por este punto como se muestra en la figura 57.

⁷¹ Sniffer.- Es un programa que permite capturar información como tramas de red para el análisis y monitoreo de una parte de la red para detectar problemas como cuellos de botella y entre otros.

⁷² SPAN.- Permite tomar el tráfico que atraviesa por un puerto, grupo de puertos o VLAN completa de un switch y lo copia en el puerto de destino, que es el puerto en el que debemos conectar nuestra estación de monitoreo.

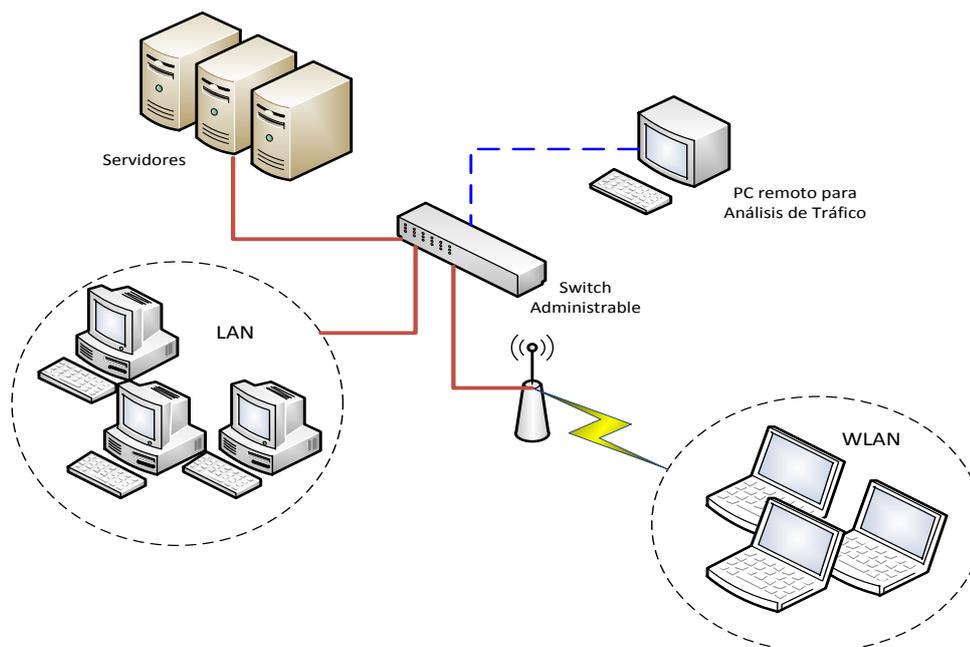


Figura 57. Diagrama de conexión para la captura de tráfico de datos
Fuente: Elaborado por Nataly Culqui

El puerto configurado como mirroring tiene un velocidad de 10/100 Mbps que permite monitorizar de forma rápida la red, evitando pérdida de tramas.

3.11.1.1 Configuración del puerto mirroring

En un switch de 24 puertos se conectó la estación de monitoreo al puerto FastEthernet 0/24 para monitorear todo el tráfico que pasa a través de los 23 puertos restantes del dispositivo, tanto tráfico entrante como tráfico saliente. El switch se encuentra conectado en cascada con los demás switch del Datacenter y con enlaces inalámbricos, por lo tanto muestra resultados más reales del tráfico de una gran porción de la red de datos de la entidad.

Los comandos necesarios para la configuración de los puertos mirror en el switch son:

- Switch(config)#monitor session 1 source interface fastethernet 0/1 - 23 both
- Switch(config)#monitor session 1 destination interface fastethernet 0/24

3.11.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL TRÁFICO

Se realizó la captura del tráfico en el puerto MDF-45 ubicado en la Unidad de TIC; durante cinco días desde el 5 de Noviembre hasta el 9 de Noviembre del 2012, por un lapso de 15 minutos diario y en horarios elegidos de forma aleatoria, obteniendo los resultados que se muestran en el Anexo I. El resumen de estos resultados se muestra a continuación (ver Tabla 61):

Tabla 61. Informe de la captura de tráfico del GAD-I, generado por Wireshark

Fecha (dd-mm-aa)	Transferencia (MBytes)	Ancho de Banda (Mbps/s)	Total de Datagramas perdidos
Lunes 05-11-2012	373,35 MB	2,497	0%
Martes 06-11-2012	181 MB	1,490	0%
Miércoles 07-11-2012	340,52 MB	2,407	0%
Jueves 08-11-2012	425,85 MB	3,416	0%
Viernes 09-11-2012	376,7 MB	2,659	0%

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui basado en el análisis de tráfico de wireshark

Además se realizó el análisis del tipo de tráfico que atraviesa la red de datos en cada día de la semana en distintos horarios, por ejemplo el día viernes muestra el siguiente gráfico (ver figura 58):

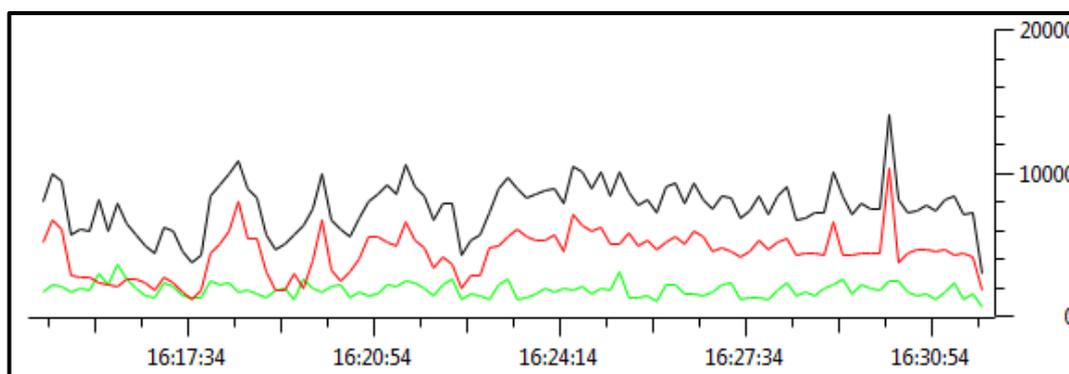


Figura 58. Tráfico de la red del día viernes 9 de Noviembre del 2012

Fuente: extraído del análisis de wireshark

Tabla 62. Simbología del tráfico de la red

Líneas	Tráfico
-----	Paquetes transmitidos en un tiempo de 15 minutos
-----	Tráfico TCP
-----	Tráfico UDP

Fuente: elaborado por Nataly Culqui, basado en los resultados de wireshark

En la siguiente tabla se muestra un resumen de todo el tráfico generado en cada día de la semana (ver Tabla 63) durante 15 minutos seleccionados de forma aleatoria:

Tabla 63. Tráfico del protocolo IP

Tráfico del Protocolo IP			
Fecha (dd-mm-aa)	Tráfico UDP	Tráfico TCP	Otro tipo de tráfico
Lunes 05-11-2012	29,16%	70,63%	0,21%
Martes 06-11-2012	40,34%	59,38%	0,28%
Miércoles 07-11-2012	27,63%	72,15%	0,22%
Jueves 08-11-2012	17,66%	82,07%	0,27%
Viernes 09-11-2012	23,61%	75,50%	0,89%

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui basado en el análisis de tráfico de wireshark

Existe un gran porcentaje de tráfico TCP el día Jueves por lo cual se debe considerar utilizar métodos de prioridad de tráfico para no presentar pérdida de paquetes u otros métodos.

A través de la herramienta ping permite observar varios parámetros de la red como son:

- Los valores de retardo obtenidos en la red
- Comprueba el estado de la conectividad entre uno o más equipos remotos por medio de los paquetes de solicitud de eco y respuesta de eco mediante el protocolo ICMP⁷³.

⁷³ Protocolo de Mensajes de Control de Internet o ICMP (por sus siglas en inglés de Internet Control Message Protocol) es el sub protocolo de control y notificación de errores del Protocolo de Internet (IP).

La herramienta se puede utilizar desde una máquina de un usuario a una máquina servidor; en este caso se realizó de una máquina de un usuario a distintos servidores de la entidad, arrojando resultados del retardo mínimo, promedio y máximo, de un paquete, como se muestra en la siguiente tabla (Tabla 64):

Tabla 64. Valores de retardos mínimos, promedio y máximos de los paquetes transmitidos

Fecha	RTT ⁷⁴ Mínima (ms)	RTT Promedio (ms)	RTT Máximo (ms)	Núm. de paquetes transmitidos	Núm. de paquetes recibidos	Paquetes perdidos
Lunes 12-11-2012	137 ms	264 ms	428 ms	4	4	0%
Martes 13-11-2012	0 ms	0 ms	1 ms	4	4	0%
Miércoles 14-11-2012	1 ms	1 ms	2 ms	4	4	0%
Jueves 15-11-2012	0 ms	0 ms	1 ms	4	4	0%
Viernes 16-11-2012	1 ms	1 ms	2 ms	4	4	0%

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en la herramienta ping a distintos servidores de la entidad

En el caso del día lunes se realizó un ping al servidor proxy por lo cual presentó un alto retardo mientras los demás días presentan un retardo menor a 150ms lo cual es un nivel aceptable.

⁷⁴ RTT (Round-Trip Delay Time, Tiempo de retardo de ida y vuelta): Tiempos aproximados de ida y vuelta que tarda un paquete enviado en milisegundos.

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE LA CENTRAL TELEFÓNICA IP Y DIMENSIONAMIENTO DE LAS APLICACIONES EN EL SOFTWARE LIBRE SELECCIONADO

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se dará a conocer el diseño de la central telefónica IP y dimensionamiento de las aplicaciones en el software libre seleccionado para proveer un servicio de calidad y alta disponibilidad para el GAD-I; considerando los requerimientos técnicos de los equipos, plataforma operativa y software en los que se prestará los servicios a los usuarios. Además establecer parámetros que permitan una administración segura con una distribución organizada del servicio de telefonía IP, cumpliendo con un desempeño eficiente del sistema.

El dimensionamiento de los equipos y del software no es puntual, depende de varios factores aleatorios como el tráfico de voz y datos, problemas en la red de datos, estado de la infraestructura de red, tecnología actual y entre otros criterios que fueron analizados en el capítulo anterior. Además cabe recalcar que el diseño del sistema de telefonía IP para el GAD-I debe representar reducción de costos en llamadas y en la adquisición de equipos.

4.2 ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS

Mediante el análisis realizado de la situación actual de la red de datos y red telefónica del GAD-I, se puede concluir que la red permite implementar el servicio de telefonía IP; con requerimientos que se muestran a continuación:

4.2.1 REQUERIMIENTOS DE LA RED

- La infraestructura LAN del GAD-I está dotado por un cableado estructurado de categoría 6; lo que permite buenas características técnicas y físicas del medio de transmisión para la comunicación de voz.
- El cableado estructurado cuenta con un tiempo de vida útil de 15 años a partir del año 2010, por lo que el cableado se encuentra en condiciones adecuadas para la transmisión de voz.
- Existe un total de 450 puntos de datos de los cuales 181 son certificados y 269 están sin certificar; además 101 puntos de voz de los cuales 70 son certificados y 31 están sin certificar. Por lo tanto es necesario verificar los puntos sin certificar para garantizar la transmisión de señales voz como de datos.
- El backbone de fibra óptica soporta aplicaciones de 1 Gigabit Ethernet por lo que no afecta si se implementa el servicio de telefonía IP.
- El backbone de fibra óptica presenta normas y estándares internacionales que validan su correcto funcionamiento.
- El Data Center cumple con el estándar TIA-942 y un grado de disponibilidad de nivel 1 (Tier uptime I), por lo que garantiza condiciones eléctricas, mecánicas, de telecomunicaciones y arquitectónicas adecuadas para la implementación del servidor VoIP.
- Existe un total de 32 de servidores que ofrecen distintos servicios al cliente interno y externo, por lo cual genera una gran cantidad de tráfico en la red por lo que se considera necesario establecer técnicas de priorización de tráfico para garantizar el servicio de voz y datos.
- No se puede hacer uso de los switches existentes en la entidad porque no soporta PoE para los teléfonos IP y en su mayoría no existe puertos disponibles. En el caso del router se utilizará este medio para la conectividad con las entidades de EMAPA, EMELNORTE, Patronato Municipal de San Miguel de Ibarra y Bomberos.
- Se requiere el rediseño del cableado de la red en el antiguo cuartel ya que no cumple con ningún estándar internacional; cabe recalcar que en este edificio se implementó redes provisionales ya que las oficinas no estarán permanentemente.

- Las unidades de la Casa Ayala presenta internamente una red inalámbrica; por lo que se debe considerar la instalación de nuevos puntos de red para la colocación de teléfonos IP.
- Se debe eliminar la mayoría de switch no administrables que extienden la red para dar servicio a más usuarios; este método no cumple con normas de cableado estructurado y no garantiza calidad en el servicio de voz.
- Los puntos de voz existentes permiten ser utilizados para el nuevo sistema de telefonía IP.
- Los resultados del test de los puntos de voz y datos muestran niveles aceptables de atenuación, retardo y resistencia que permiten el tráfico de voz sin problemas.
- Los retardos no superan los niveles aceptables para una red de datos pero es necesario considerar la revisión del servidor proxy ya que supero los límites de retardo. Se debe intenta no superar los valores indicados, para tener una aceptable conversación VoIP.
- De acuerdo al análisis del tráfico de datos realizado en el capítulo anterior se puede determinar que existe un porcentaje del 0% de paquetes perdidos; lo que es necesario mantener este porcentaje para evitar que la red se congestione.
- Para establecer comunicación VoIP con EMAPA, PATRONATO, EMELNORTE y Bomberos se considera asignar direcciones IP que permitan colocar teléfonos IP o softphones de acuerdo a la necesidad de cada nodo.

4.2.2 REQUERIMIENTOS DE LA CENTRAL TELEFÓNICA

- Se requiere una total conversión de la central telefónica actual a un sistema de telefonía IP para ampliar nuevos servicios y mejorar la comunicación entre unidades del GAD-I.
- La entidad requiere utilizar los FAX que están actualmente instalados por lo cual es necesario adquirir conversores ATA para cada dispositivo.
- Algunas líneas telefónicas se requiere mantener como respaldo de comunicación en el caso que falla el sistema telefónico IP.
- En cada unidad se requiere la instalación de uno a dos teléfonos IP de acuerdo a la cantidad de usuarios y actividades que realizan.

- Además se considera la utilización de softphones en las computadoras personales de varios usuarios y reducir los costos en la adquisición de teléfonos IP.
- Disminuir los problemas de fallas en el servicio telefónico.
- Garantizar la optimización de recursos de la implementación del sistema y posterior funcionamiento.
- En cada entidad independiente se considera colocar teléfonos o configurar softphones con una o más cuentas VoIP que pertenezcan a la central IP PBX del GAD-I, de esta forma facilitando la comunicación entre estas entidades y reduciendo gastos de llamadas.

4.2.3 RESUMEN DE LA SITUACIÓN DE LA RED TELEFÓNICA

La determinación de la cantidad aproximada de usuarios y líneas telefónicas existentes en toda la entidad, se analizó en el capítulo anterior dando como resultado el siguiente resumen (ver Tabla 65):

Tabla 65. Resumen de la situación de la red telefónica

Edificio	Cantidad de usuarios	Cantidad de extensiones	Troncales	Líneas independientes	Líneas de FAX	Cantidad de números telefónicos
Edificio principal			9			9
Planta baja	47	9		2	3	14
Primera planta	42	20		3	5	28
Segunda planta	128	16		1	0	17
Tercera Planta	8	1		0	0	1
Edificio Antiguo						
Planta baja	39	8		4	1	13
Primera planta	32	4		2	1	7
Antiguo Cuartel			2			2
Planta baja	15	4		2	0	6
Primera planta	33	5		2	1	8
Unidades externas	56	0		7	2	9
TOTAL	400	67	11	23	13	114

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en información brindada por el personal del GAD-I

Existe un total de 114 números telefónicos entre troncales, extensiones y líneas independientes que brindan servicio telefónico a 400 usuarios, de acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 65. Por lo tanto el nuevo diseño del sistema de

Telefonía IP debe permitir la configuración como mínimo de 114 extensiones y permita el crecimiento.

Se realizó un análisis detallado de aquellas líneas telefónicas analógicas que pueden darse de baja, que incrementan el consumo telefónico pudiendo ser reemplazadas por una extensión o troncal del nuevo sistema VoIP y de aquellas líneas telefónicas que se van a conservar con el objetivo de mantenerlas como respaldo provisional hasta realizar una migración completa a VoIP. Además algunas de las líneas telefónicas proveen acceso a Internet por lo que no pueden ser eliminadas (ver Tabla 66).

Tabla 66. Números telefónicos de la entidad

NÚMEROS ANALÓGICOS DE BAJA			NÚMEROS ANALÓGICOS A CONSERVAR		
Entidad	Nro. Línea telefónica	Nro. de Fax	Entidad	Nro. Línea telefónica	Nro. de Fax
Unidad de Desarrollo Institucional	2-641-236		Alcaldía	2-641-509	2-954-997
			Gestión Administrativa	2-641-677	2-950-922
Archivo Institucional	2-607-899		Dirección de Comunicación Social		2-954-311
Dirección de Higiene		2-610-480	Radio	2-951-300	
Higiene	2-610-722		Dirección Financiera		2-644-837
Dispensario Medico	2-607-690		Dirección de Cultura	2-610-830	
Rentas	2-608-571		Dirección TIC	2-641-238	
Tesorería		2-611-328	Procuraduría Sindica		2-608-327
Coactivas		2-955-932	Dirección de Turismo		2-608-489
Dirección de Cultura	2-610-848	2-610-850	CNH	2-954-689	
Unidad de Tránsito y Transporte		2-608-497	Junta de Protección de Derechos Infantil-Juvenil	2-612-541	
Secretaría General		2-951-835	Bodega Municipal	2-951-655	
Atención al cliente / Recepción	2-607-402		Unidad de Reciclaje / Desechos Solidos	2-608-617	
Activos Fijos /Bodega Cuartel	2-610-879		Biblioteca	2-608-932	
Participación Ciudadana (UGPC)		2-644-818			
Dirección de Turismo	2-951-705				

SISMERT	2-603-021				
Plan de Ordenamiento Territorial	2-610-723				
Mercado	2-956-370				
Unidad de Consejo para la Salud y la vida	2-954-298				
TOTAL	13 líneas telefónicas	7 números de Fax	TOTAL	10 líneas telefónicas	6 números de Fax

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en información ofrecida por el personal del GAD-I

Además se el nuevo sistema VoIP reemplazaría a las dos centrales telefónicas analógicas que se ubican en el edificio principal y en el antiguo cuartel. Por lo tanto se eliminará las 11 troncales; las cuales se muestran a continuación:

- **Troncales de la central telefónica del edificio principal:**

- j) 2-950-120
- k) 2-950-151
- l) 2-950-154
- m) 2-950-211
- n) 2-950-512
- o) 2-950-674 (usado por ventanilla de la unidad de tesorería)
- p) 2-950-691
- q) 2-950-731
- r) 2-950-913

- **Troncales de la central telefónica del antiguo cuartel**

- a) 2-611-390 (Línea usada por la Unidad de Tránsito)
- b) 2-611-890 (Línea usada por la Unidad de Activos Fijos)

4.2.4 REQUERIMIENTOS DE LOS USUARIOS

De acuerdo a las encuestas realizadas se puede determinar que los usuarios indican los siguientes requerimientos:

- Se requiere mayor número de extensiones por unidad ya que existe una gran congestión en la red telefónica.
- Es necesario considerar un buzón de voz para cada extensión en el caso que el usuario no se encuentre en el lugar de trabajo o esté ocupado.
- Realizar llamadas internas entre usuarios de la red y llamadas externas a las unidades dependientes del GAD-I y entidades que tienen vínculos de comunicación de forma gratuita.
- El servicio de telefonía requiere de movilidad de usuarios entre diferentes unidades del GAD-I de forma transparente y sin dificultad de trasladar y registrar el número telefónico de un lugar a otro.
- Calidad en el servicio de telefonía IP.
- La comunicación de voz debe ser aceptable y no causar molestias al usuario.
- El servidor debe ser flexible para incrementar, cambiar o eliminar clientes SIP.
- Se requiere seguridad en la integridad de la información de los registros de los clientes así como también del servidor VoIP.
- Disponibilidad del servicio cuando el cliente lo requiera.

4.3 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA VoIP

Es necesario establecer algunos parámetros que permitan obtener los requerimientos necesarios para el dimensionamiento adecuado del sistema de telefonía IP, los cuales se enumeran a continuación:

- Selección del códec a utilizarse en el sistema VoIP
- Ancho de banda para una llamada VoIP
- Requerimiento de Ancho de banda para el sistema VoIP
- Número de llamadas concurrentes durante la hora de mayor tráfico en la entidad
- Grado de Servicio (GoS) para el sistema VoIP
- Cálculo del Número de troncales necesarias para transportar un número de llamadas de voz específico durante un período de tiempo.

4.3.1 SELECCIÓN DEL CÓDEC

En la siguiente tabla (ver Tabla 67) se pueden observar los códecs que por lo general se utilizan para telefonía IP:

Tabla 67. Resumen de los Códec's más usados en sistemas VoIP

Nombre	Ancho de Banda (kbps)	Período de empaquetamiento ⁷⁵ (ms)	Frecuencia de muestreo (KHz)	¿Requiere licencia?	MOS	Característica
G.711 G.711.1	64	20 - 30	16 KHz por defecto y 8 KHz	No	4,40	Método de compresión y expansión, pero presenta buena calidad de voz
G.722, G.722.1	64 24 , 32 , 48	20 - 30	16 KHz	No	3 a 4	Compresión de voz en tecnología móvil de tercera generación. Buena compresión. Poco procesamiento computacional. Utilizado en troncales internacionales.
G.726	16, 24, 32 o 40	20 - 30	8 KHz	No	3,85	G.729 en modo passthrough es una versión libre. Equilibrio entre calidad y ancho de banda.
G.729, G.729A	8	20	8 KHz	Si	4,07	Usado en redes GSM. Gran flexibilidad. Gran esfuerzo en el procesamiento. Gran robustez a pérdidas de paquetes en una transmisión de datos
GSM	13	20		No	3,7	Velocidad variable de acuerdo a las condiciones de la red.
Speex	Variable (entre 2.15 – 22.4 Kbps)	30	8 kHz, 16 kHz, 32 kHz	No	3	
iLBC	15.2, 13.3	20 - 30		No	2	

Fuente: VoIP Foro. Comparación de códec. Portal web: <http://www.voipforo.com/codec/codecs.php>.

El valor por defecto del periodo de empaquetamiento en la mayoría de equipos es de 20 ms.

Para seleccionar el códec más adecuado para el sistema VoIP; se utilizará el método MOS (Mean Opinion Score) el cual permite establecer un parámetro de calidad de voz, que indica la puntuación media (de 0 a 5) otorgada por una cierta población de oyentes a la calidad conseguida por un códec ofrecido. En este caso el códec G.711 presenta un MOS de 4,40 (ver Tabla 67) siendo el más alto que los

⁷⁵ Período de empaquetamiento.- el periodo sobre el cual los bits de la voz codificada son recogidos para ser encapsulados en cada paquete especificado en ms, dependiendo del códec de voz seleccionado.

demás códecs, lo cual significa que presenta una comunicación de voz con imperfecciones que apenas son perceptibles, pero no molestan.

El códec G.711 no tiene costo de licencias en relación al códec G.729.

De acuerdo al análisis de tráfico de la red LAN, realizado en el anterior capítulo; no presenta pérdida de paquetes por lo cual se puede usar el códec G.711 pese al tamaño del paquete VoIP.

4.3.2 CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA PARA UNA LLAMADA VoIP

Para determinar el ancho de banda para cada llamada VoIP se establece el siguiente procedimiento:

- a) Obtener la información necesaria acerca del empaquetamiento como son el período o tamaño de empaquetamiento y el ancho de banda del códec. Además información acerca del enlace de la red del GAD-I como es si usa el protocolo cRTP, overhead de capa de enlace y si se está aplicando protocolos tipo túnel (ver Tabla 68).

Tabla 68. Información necesaria para realizar los cálculos del ancho de banda de la llamada VoIP

PARÁMETROS	DETALLE
Período de empaquetamiento	20 ms
Ancho de Banda del códec	G.711 A-Law de 64Kbps
¿Se requiere usar cRTP?	En el caso de la red LAN no requiere aplicar compresión pero si es necesario en la red inalámbrica del GAD-I para obtener mejor transmisión de voz.
Overhead: IP + UDP + RTP	$20 + 8 + 12 = 40$ bytes
Overhead capa enlace:	Red Ethernet: 18 bytes Ethernet Trunk 802.1Q: 22 bytes
¿Se está usando IPsec u otro protocolo tipo túnel?	La red del GAD-I no utiliza ningún protocolo tipo túnel.

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en la Documentación de curso VoIP. (2011).

b) Determinar el tamaño de empaquetamiento con la siguiente fórmula:

$$\text{Tamaño de empaquetamiento (bytes por paquete)} = \left(\frac{\text{Período de empaquetamiento (ms por paquete)}}{1000} \right) \times \left(\frac{\text{AB codec (kbps)} \times 1000}{8} \right)$$

Convertir ms por paquete a segundos Convertir kbps a bps Convertir bps a bytes por segundo

Ecuación 2. Tamaño total del paquete

Fuente: Adaptado de la Documentación de curso VoIP. (2011).

$$\text{Tamaño de empaquetamiento} = \left(\frac{20\text{ms}}{1000} \right) \times \left(\frac{64\text{kbps} \times 1000}{8} \right)$$

$$\text{Tamaño de empaquetamiento} = 160 \text{ bytes}$$

c) Obtener el tamaño total del paquete VoIP mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Tamaño total del paquete (bytes por paquete)} = (\text{overhead capa enlace}) + (\text{IP overhead}) + (\text{overhead de túnel}) + \text{Tamaño de empaquetamiento}$$

Ecuación 3. Tamaño total del paquete VoIP

Fuente: Adaptado de la Documentación de curso VoIP. (2011).

Para obtener el tamaño total del paquete utilizando el códec G.711, se considerará el overhead IP, el overhead de capa enlace pero no se tomará en cuenta el overhead de túnel ya que la red del GAD-I no cuenta con el protocolo IPsec ni MPLS.

- Overhead Red Ethernet: 18 bytes

$$\text{Tamaño total del paquete} = 18 + (20 + 8 + 12)\text{bytes} + 160 \text{ bytes}$$

$$\text{Tamaño total del paquete} = 218 \text{ bytes}$$

- Overhead Ethernet Trunk 802.1Q: 22 bytes

$$\text{Tamaño total del paquete} = 22 + (20 + 8 + 12)\text{bytes} + 160 \text{ bytes}$$

$$\text{Tamaño total del paquete} = 222 \text{ bytes}$$

- d) Determinar la velocidad del paquete en paquetes por segundo (pps) con la siguiente fórmula:

Diagrama de la fórmula de velocidad del paquete:

$$\text{Velocidad de paquete [pps]} = \frac{1}{\frac{\text{Período de empaquetamiento [ms por paquete]}}{1000}}$$

Las anotaciones en el diagrama son:

- Una línea punteada que apunta al '1' en el numerador: "Convertir segundos por paquete en pps".
- Una línea punteada que apunta al denominador: "Convertir ms por paquete a segundos por paquete".

Ecuación 4. Velocidad del paquete

Fuente: Adaptado de la Documentación de curso VoIP. (2011).

La velocidad del paquete por segundo para el códec G.711 es:

$$\text{Velocidad de paquete} = \frac{1}{\frac{20\text{ms}}{1000}}$$

$$\text{Velocidad de paquete} = 50 \text{ pps}$$

- e) A continuación se muestra los resultados obtenidos de las fórmulas antes mencionadas del códec G.711, para el diseño del sistema de telefonía IP del GAD-I. (ver Tabla 69)

Tabla 69. Resultados de las fórmulas aplicadas en el códec G.711

PARÁMETROS / CÓDEC	G.711
Ancho de Banda (kbps)	64
Período de empaquetamiento (ms)	20
Tamaño del empaquetamiento (bytes)	160
Tamaño total de los paquetes VoIP sin overhead de capa enlace (bytes)	200
Velocidad del paquete (pps)	50

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en el documento Documentación de curso VoIP. (2011)

El tamaño de empaquetamiento es un poco alto del códec G.711 pero presenta mejor calidad de voz, ya que se debe recalcar que mientras mayor compresión, menor es la calidad de voz; tiene un velocidad de paquete promedio y el ancho de banda requerido para voz es de 64Kbps; por lo cual en un entorno LAN de 10 a 100Mbps dispone de suficiente ancho de banda para la transmisión de voz.

- f) Luego se requiere calcular el ancho de banda total que requiere cada canal VoIP con los valores de la Tabla 69, en la siguiente fórmula:

$$\text{Requerimiento de Ancho de Banda [kbps]} = \frac{(\text{Tamaño total del paquete} \times 8)}{1000} \times \text{Velocidad del paquete [pps]}$$

Ecuación 5. Requerimiento de Ancho de Banda

Fuente: Adaptado de la Documentación de curso VoIP. (2011).

Se debe considerar el overhead de capa 2, para resolver la fórmula anterior, en este caso el sistema de telefonía IP será implementado en una Red Ethernet; el cual consta con un overhead de 18 bytes. Además se debe considerar la utilización de VLANs para un mejor gestión del servicio, por lo tanto se aplicará el overhead de Ethernet Trunk 802.1Q de 22 bytes.

- Requerimiento de Ancho de banda para un Red Ethernet:

$$\text{Requerimiento de Ancho de Banda [Kbps]} = \left(\frac{(218) \times 8}{1000} \right) \times 50$$

$$\text{Requerimiento de Ancho de Banda [Kbps]} = \mathbf{87,2 \text{ kpbs}}$$

- Requerimiento de Ancho de banda para un Red Ethernet con VLANs:

$$\text{Requerimiento de Ancho de Banda [Kbps]} = \left(\frac{(222) \times 8}{1000} \right) \times 50$$

$$\text{Requerimiento de Ancho de Banda [Kbps]} = \mathbf{88,8 \text{ kpbs}}$$

- g) Aplicar método VAD (Voice activity detection) para la detección de silencios.

Por lo general un tercio de las llamadas promedio de voz permanece en silencio; por lo cual es muy importante aplicar el método VAD para eliminar patrones de silencio; el cual se encarga de reducir el AB a un 35% de lo que realmente requiere.

- Requerimiento de Ancho de banda para un Red Ethernet aplicando el método VAD:

$$\text{Requerimiento de Ancho de Banda [Kbps]} = 87,2 \text{ kpbs} \times 35\%$$

$$\text{Requerimiento de Ancho de Banda [Kbps]} = 56,68 \text{ kpbs}$$

- Requerimiento de Ancho de banda para un Red Ethernet con VLANs aplicando el método VAD:

$$\text{Requerimiento de Ancho de Banda [Kbps]} = 88,8 \text{ kpbs} \times 35\%$$

$$\text{Requerimiento de Ancho de Banda [Kbps]} = 57,72 \text{ kpbs}$$

Para propósitos de dimensionamiento de canales para VoIP, VAD no debe ser tomado en cuenta, en especial con canales que transporten menos de 24 canales de voz de forma simultánea.

4.3.3 CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA PARA EL SISTEMA VoIP

Es necesario considerar las siguientes recomendaciones, antes de realizar los cálculos del ancho de banda requerido para todo el sistema VoIP:

- Los cálculos pico del ancho de banda no deben ser iguales al ancho de banda total asignado al enlace.
- Para entidades de negocios se recomienda utilizar ciertos niveles de carga:

- 20 % de la capacidad total promedio sobre un día de trabajo de 8 horas
- 30 % en promedio sobre la peor hora de tráfico del día
- 50 % en promedio sobre los peores 15 minutos de día

La meta ideal sería tener una demanda igual al 35 % de la velocidad total del enlace.

Para calcular el ancho de banda requerido para todo el sistema VoIP, se realiza los siguientes pasos:

- **Paso 1:** Estimar el ancho de banda requerido por cada canal VoIP para el códec G.711; en este caso el ancho de banda que se calculó anteriormente en la sección 4.3.2 literal (g):
 - Requerimiento de Ancho de banda para un Red Ethernet: 87,2 Kbps
 - Requerimiento de Ancho de banda para un Red Ethernet con VLANs: 88,8 Kbps
- **Paso 2:** Identificar el número de llamadas concurrentes que se esperan tener durante la hora de mayor tráfico. En el capítulo 3 en la sección 3.10.2 se puede apreciar el test de tráfico entrante así como el tráfico saliente del cual se obtuvo el número de ocupaciones y la hora de mayor tráfico de cada día.

En este caso se considerará el tráfico entrante que es mayor que el tráfico saliente, para el cálculo del ancho de banda del sistema VoIP; ya que es suficiente con considerar un solo flujo, ya que por su naturaleza; las comunicaciones VoIP son bidireccionales pero no se dan los dos flujos de modo continuo.

- Las llamadas entrantes en la hora de mayor tráfico del día lunes 7 de Mayo del 2012 de 16:00 a 17:00, son 72 ocupaciones.
- Se debe considerar un margen de crecimiento de acuerdo a los resultados de las encuestas y del análisis de la red telefónica; por lo que se determina que existe una cierta cantidad de llamadas entrantes y salientes que son a través de líneas independientes y líneas de FAX. Por lo tanto se considera

necesario aumentar un 30% del tráfico entrante, dando como resultado 94 ocupaciones aproximadamente.

- Luego multiplicar el número de llamadas concurrentes por el ancho de banda de cada llamada como se muestra a continuación:
 - Red Ethernet:

$$\text{Ancho de banda del sistema VoIP} = 94 \times 87,2 \text{ Kbps}$$

$$\text{Ancho de banda del sistema VoIP} = 8196,8 \text{ Kbps}$$

$$\text{Ancho de banda del sistema VoIP} = \mathbf{8,2 \text{ Mbps}}$$

- Red Ethernet con VLANs (Ethernet Trunk 802.1Q):

$$\text{Ancho de banda del sistema VoIP} = 94 \times 88,8 \text{ Kbps}$$

$$\text{Ancho de banda del sistema VoIP} = 8347,2 \text{ Kbps}$$

$$\text{Ancho de banda del sistema VoIP} = \mathbf{8,34 \text{ Mbps}}$$

4.3.4 GRADO DE SERVICIO (GoS) PARA EL SISTEMA VoIP

El grado de servicio es un parámetro necesario para lograr la optimización de una red telefónica; lo cual significa que es la probabilidad de pérdida de llamadas.

Para calcular cuántas líneas troncales necesita el GAD-I, se considera un grado de servicio del 1% para el tráfico entrante y saliente tomando en cuenta el modelo de distribución Erlang B.

El 1% quiere decir que por cada 100 llamadas recibidas de tráfico entrante una se pierde y por cada 100 llamadas realizadas una es abandonada.

4.3.5 CALCULO DEL NÚMERO DE TRONCALES

Existe una variedad de métodos para determinar el número de canales requeridos para un mínimo GoS, que presentan una gran complejidad matemática; por lo cual se hace uso de tablas de tráfico que facilitan el proceso del cálculo, en este caso el modelo comúnmente utilizado que es el Erlang B.

4.3.5.1 Cálculo del número de troncales de tráfico entrante

Para determinar el número de troncales requeridas por el sistema VoIP de la entidad, es necesario conocer la cantidad de tráfico entrante generado y el GoS requerido; los cuales se muestran a continuación:

- GoS = 1% (0,01)
- A= 2,09 Erl (valor se encuentra en la Tabla 56 en el capítulo 3)

Se puede observar un crecimiento del 30% en cantidad de extensiones ya que al principio las 67 extensiones cubrían las necesidades de la entidad pero en estos últimos años se han ido contratando 23 líneas independientes para suplir la falta de extensiones en cada unidad.

De acuerdo al análisis de requerimientos mostrados en la Tabla 65, se puede observar un crecimiento del 30% en la cantidad de extensiones ya que al principio las 67 extensiones de la central principal cubrían las necesidades de la entidad pero en estos últimos años se han contratado 23 líneas independientes para suplir la falta de extensiones en cada unidad; lo cual genera mayor cantidad de tráfico. Por lo tanto se estima un 30% más en el flujo de tráfico entrante, dando como resultado 2,717 Erl.

Según la tabla de la Probabilidad de Pérdida de Erlang B con un GoS del 1% para un flujo de tráfico de 2,717 Erl se verifica el requerimiento de troncales (ver Anexo J), de esta forma se obtiene que es necesario 8 troncales para el tráfico entrante.

4.3.5.2 Cálculo del número de troncales de tráfico saliente

Para determinar el número de troncales requeridas por el sistema VoIP de la entidad, es necesario conocer la cantidad de tráfico entrante generado y el GoS requerido; los cuales se muestran a continuación:

- GoS = 1% (0,01)
- A= 0,4 Erl (valor se encuentra en la tabla 60 en el capítulo 3)

De igual forma que en el cálculo de las troncales para el tráfico entrante se estima un 30% de crecimiento en el tráfico saliente, dando como resultado 0,52 Erl.

Según la tabla de la Probabilidad de Pérdida de Erlang B con un GoS del 1% para el tráfico saliente de A=0,52 Erl se verifica el requerimiento de troncales (ver Anexo J), de esta forma se obtiene que es necesario 4 troncales para la implementación del sistema VoIP.

El sistema VoIP requiere de 8 troncales para el tráfico entrante y 4 troncales para el tráfico saliente.

4.3 DISEÑO DE LA RED VoIP

El sistema de telefonía IP propuesto para el GAD-I; se basa en la migración completa de una central analógica a una central IP, que permita aprovechar la infraestructura de red de datos actualmente instalada; logrando reducir costos de las tarifas de llamadas telefónicas y ofrecer gran variedad de herramientas de comunicación que impulsen y faciliten el desarrollo de la entidad en todas sus actividades diarias.

4.3.1 ESPECIFICACIONES GENERALES DEL SISTEMA VoIP

El sistema VoIP debe cumplir con los siguientes parámetros:

4.3.1.1 Requerimientos Generales:

- La central VoIP debe ser con arquitectura de Soft-switch.
- La infraestructura telefónica debe estar acorde con la tecnología vigente permitiendo realizar una comunicación clara.
- Debe manejar el protocolo SIP
- Completa compatibilidad con troncales SIP.
- La solución debe tener una plataforma que soporte el manejo de extensiones analógicas y SIP.
- Tener capacidad de soportar el acceso a la red pública y facilidades de conexión sobre redes IP.
- Garantizar alta disponibilidad de servicio, control y almacenamiento. La alta disponibilidad se consigue mediante la adición de un componente de copia de seguridad, tales como el servidor SIP o base de datos de registro de usuario. En el caso del servidor es necesario sacar copias de las configuraciones mediante métodos que ofrece Linux la cual refleja todas las configuraciones realizadas en el servidor VoIP a un partición diferente del disco duro o a otra máquina. La base de datos es necesario que sea en otro servidor físico.
- El sistema debe cumplir con failover⁷⁶ (conmutación por error); el cual permite que exista un conjunto de acciones en el caso de que una condición falle en la plataforma VoIP.
- La central debe contar con la capacidad futura de incorporar redundancia en varias funcionalidades tanto en hardware como en software, bajo demanda de la entidad.
- Compatibilidad del sistema VoIP con Windows, Linux.

4.3.1.2 Requerimientos técnicos:

- Cantidad de extensiones: debe soportar más de 300 usuarios
- Capacidad de troncales SIP: se requiere un total 12 troncales iniciales tanto para tráfico entrante como tráfico saliente.

⁷⁶ Failover (conmutación por error).- Una conmutación por error ocurre cuando un grupo de servicios falla y se migra a otras alternativas de forma automática.

- Debe prever la capacidad futura y bajo demanda de generar extensiones remotas.
- Soporte de códec de voz: G.711 A-law
- Asignación de direcciones IP por medio de DHCP y estática.
- Debe soportar extensiones SIP

4.3.1.3 Administración del sistema VoIP

- Administración y programación vía web browser: para lo cual se utilizará la interfaz gráfica FusionPBX que fue detallada en el capítulo 2 sección 2.11.
- Administración vía web por usuarios: en este caso se utilizará las herramientas que incluye cada teléfono para configuraciones de registros SIP y softphones para Linux y Windows.
- Soporte y manejo bajo demanda futura de aplicaciones para call center.
- Integración a las redes LAN/WAN
- Soporte y manejo bajo demanda Sistema Interactivo de voz (IVR) para una instalación a futuro.
- Reporte de información detallada de llamadas entrantes y salientes.

4.3.1.4 Características de seguridad

- Soporte SSL/TLS
- Soporte SRTP⁷⁷
- HTTPS interfaz web
- Secure provisioning debe contener cada teléfono IP para la configuración automática de los datos y firmware.
- SSH acceso al sistema

⁷⁷ SRTP.- El Secure Real-time Transport Protocol (o SRTP) define un perfil de RTP, con la intención de proporcionar cifrado, autenticación del mensaje e integridad, y protección contra reenvíos a los datos RTP en aplicaciones unicast y multicast.

4.3.1.5 Trunking

- Requiere 12 troncales iniciales con capacidad de expansión ilimitada y sin necesidad de licenciamiento y bajo demanda
- Parámetros de calidad de servicio: marcación DSCP 46
- B2BUA (es una característica propia de FreeSwitch)
- Soporte Registro SIP y troncales como puerta de enlace
- ANI Configurable.- configuración que permite FreeSwitch
- Soportar enrutamiento DID
- Dial plans ilimitados

4.3.1.6 Protocolos

- SIP (RFC 3261-3265, 3325, 3515, 3581, 3842, 3891, 2976, 3326, 4235),SDP (RFC 2327)
- RTP (RFC 1889, 2833), SRTP (RFC3711)
- TLS (RFC 2246), STUN (RFC 3489), TFTP (RFC 1350), DNS (RFC 2782, 2915)
- SNMP (RFC 1157), HTTP/HTTPS (RFC 2616, 2617)
- Soporte TFTP, HTTP y HTTPS
- Soporte NTP⁷⁸

4.3.2 SISTEMA DE TELEFONÍA IP PROPUESTO

A continuación se muestra el diagrama del diseño propuesto, del sistema de telefonía IP (ver Figura 59):

⁷⁸ NTP.- Network Time Protocol, es un protocolo de Internet para sincronizar los relojes de los sistemas informáticos a través del encaminamiento de paquetes en redes con latencia variable.

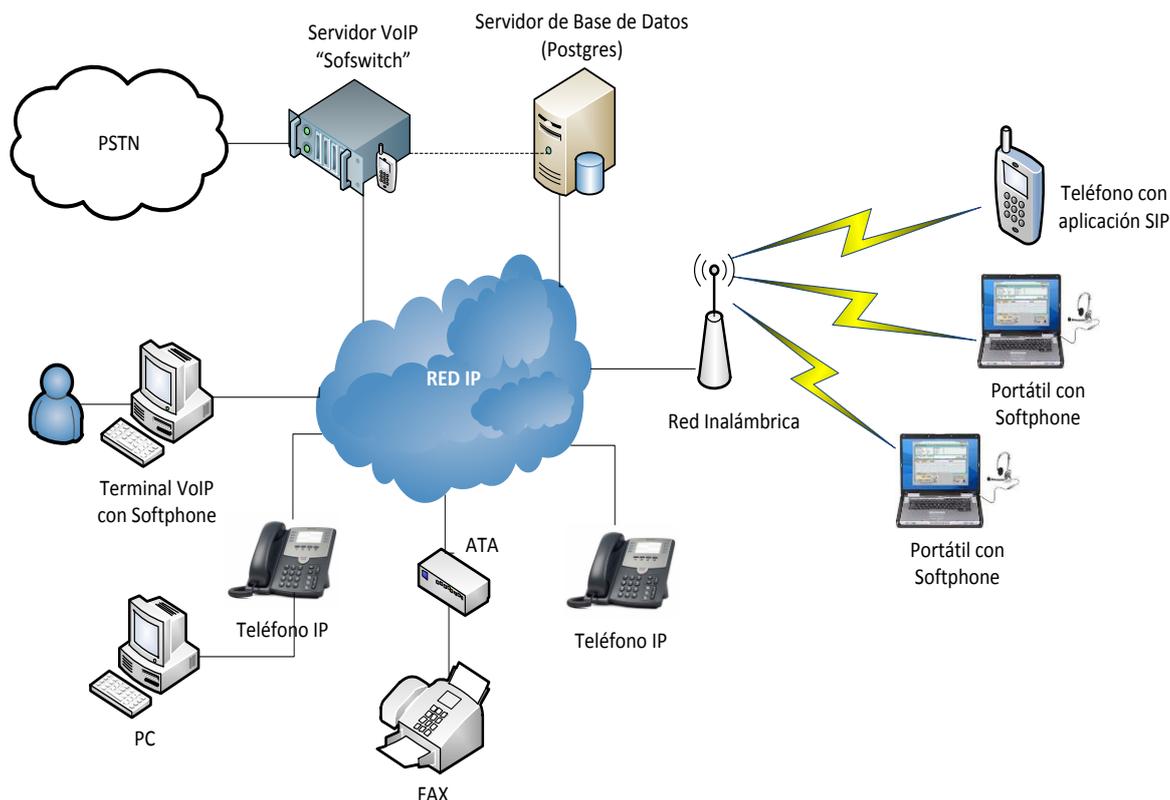


Figura 59. Diseño lógico del sistema de telefonía IP para el GAD-I
Fuente: Elaborado por Nataly Culqui

4.3.3 DIMENSIONAMIENTO DEL HARDWARE

Los requerimientos de hardware para el sistema de telefonía IP se basan en la red física y en la infraestructura existente de la entidad. Se considera utilizar adaptadores analógicos (ATA) para los 6 fax y algunos de los teléfonos analógicos que se van a conservar (ver Tabla 66) y de esta forma puedan integrarse sin dificultad al nuevo sistema VoIP.

Para el dimensionamiento del servidor VoIP va de acuerdo a los requerimientos y funcionalidades del software seleccionado. En el análisis realizado en el capítulo dos se puede determinar que FreeSWITCH resulta la mejor opción para la implementación de una Central Telefónica IP para el GAD-I, presenta características avanzadas de un Softswitch, siendo el comienzo para la migración a una plataforma de redes de próxima generación (NGN), adaptándose a las necesidades actuales y el crecimiento futuro de la entidad. Más adelante se detalla la selección de servidor VoIP.

De acuerdo a la Tabla 65 se muestra un total de 67 extensiones que equivale a 67 teléfonos analógicos; los cuales se considera necesario reemplazar con teléfonos IP en las distintas unidades, ya que estos presentan mejores características y funciones avanzadas. Además en la Tabla 66 se eliminarán 13 líneas telefónicas y 7 números de fax que equivale a 20 teléfonos analógicos que serán reemplazados por teléfonos IP, mientras los demás teléfonos se conservarán como respaldo de comunicación. En consecuencia se requiere un total de 87 teléfonos IP para las unidades, además de un teléfono operadora. De acuerdo a los requerimientos de los usuarios y el análisis de la situación actual de la red telefónica; se considera necesario suplir la falta de extensiones y teléfonos en cada unidad de la siguiente forma:

- Para las autoridades del GAD-I, en este caso el Alcalde y Administrador General, se requiere adquirir teléfonos ejecutivos con características avanzadas para video, salas de conferencia y entre otras funciones que permita agilizar la comunicación.
- Para los Directores y Responsables se requiere un total de 16 teléfonos ejecutivos con características menores que los teléfonos de las autoridades. Además para permitir la movilidad de los usuarios se considera necesario utilizar softphones en las portátiles o aplicaciones SIP en los celulares de los Directores y responsables.
- Para los empleados públicos de cada unidad, se considera 85 teléfonos IP con características y funcionalidades básicas que permitan agilizar los procesos internos.
- Para el operador de la central telefónica es necesario un teléfono tipo operadora con su respectiva consola de expansión.

El sistema de telefonía IP requiere de una base de datos para el almacenamiento de las cuentas de usuario por lo cual se utilizará el servidor de Base de datos (Postgres) existente en la entidad.

A continuación se muestra de forma resumida el requerimiento de hardware para la implementación del sistema de telefonía IP (ver Tabla 70):

Tabla 70. Componentes del sistema de telefonía IP propuesto para el GAD-I

Nro.	COMPONENTES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
A	Servidor VoIP	1	Servidor de comunicación VoIP
B	Servidor de Base de Datos (Postgres)	1	Servidor existente en la unidad TIC
C	Adaptador telefónico (ATAS)	12	Se requiere 12 para la reutilización de 12 FAX analógicos
D	Switch 24 puertos Ethernet POE 10/100 Mbps	2	Para la conexión de los teléfonos IP
E	Switch 48 puertos Ethernet POE 10/100 Mbps	1	Para la conexión de los teléfonos IP
F	Teléfono operadora/recepción	1	Para operador de central telefónica
G	Consola de asistente	1	Para operador de central telefónica
H	Teléfono estándar básico	85	Teléfonos para usuario de varias unidades
I	Teléfono ejecutivo tipo I	2	Teléfono para autoridades
J	Teléfono ejecutivo tipo II	16	Teléfonos para directores y responsables
K	Headset para teléfono operadora	1	Para operador de la central telefónica
L	Cable adaptador de conexión directa al teléfono operadora	1	Para el teléfono operadora
M	Headset para PC	4	Para usuarios que soliciten telefonía IP por medio de softphones

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en el análisis de los requerimientos

Para seleccionar de forma adecuada cada componente del sistema de telefonía IP, se realizará la comparación entre equipos reconocidos en el mercado como se detalla a continuación:

A. Servidor VoIP

Para seleccionar el servidor VoIP adecuado para el buen funcionamiento del sistema de telefonía IP se considera los siguientes aspectos (ver Tabla 71):

Tabla 71. Comparación de Servidores tipo Rack

COMPONENTE A: SERVIDOR VoIP TIPO RACK				
CARACTERÍSTICAS				
MARCA		HP Proliant	IBM	DELL
Modelo		DL380 G7	System X3650M3	Dell Poweredge R510
Tipo	Servidor	√	√	√
Factor de forma	Montable en Rack 19"	√	√	√
Unidades de Rack	2U	√	√	√
PROCESADOR				
Procesadores instalados por servidor	1	√	√	√
Tecnología Quad INTEL XEON	Intel® Xeon® Processor E5640 (2.66 GHz)	√	√	√
Arquitectura soportada de 32 Y 64 BITS	SI	√	√	√
Velocidad mínima (GHz)	2,66 GHz	√	√	√
Velocidad mínima del bus principal del sistema (MHz)	1066 MHz	√	√	√
Memoria cache compartida en el procesador Quad Core	SI	√	√	No especifica
Memoria cache cantidad (MB)	12 MB	√	up 12MB L3 cache leveraging Quick Path Interconnect (QPI) technology	No especifica
Marca homologada por el fabricante del servidor	SI	√	√	√
MEMORIA				
Memoria RAM instalada por equipo en (GB), DDR3 Registered (RDIMM) 12GB (6 x 2GB), RDIMM, PC3- 10600R o PC3-10600E	12 GB	√	√	√
Máxima memoria instalable (GB).	192 GB	√	L3192 GB DDR-3 RDIMMs1 via 18 DIMM slots o 48GB DDR3 UDIMMs1 via 12 DIMM slots4Up	√
Marca homologada por el fabricante del servidor	SI	√	√	√

Número de slots de memoria DIMM	18	√	8	8
ALMACENAMIENTO INTERNO				
Discos duros instalados por servidor	2	√	√	1
Capacidad de cada disco duro (GB)	HP 300GB 10K 6G 2.5 SAS DP HDD	√	IBM 300GB 3.5 IN SL HS 15K 6Gbps SAS HDD	300 GB
Velocidad del disco (RPM)	10 K	√	√	No especifica
Interfaz, DUAL PORT	SAS	√	√	√
Tipo hot plug	SI	√	√	No especifica
Controladora interna para arreglo de discos SAS	HP Smart Array P410i/256MB (RAID 0/1/1+0/5/5+0)	√	√	No especifica
Tipo de arreglo RAID 5	SI	√	√	No especifica
Expansión de slots	6 PCIe x 8 Gen 2 Mezzanine	√	4 PCIe (4X8) Gen 2 slots: 2x8 full	Una ranura x8 Dos ranuras x4
Puertos PCI	2	√	√	√
CONTROLADORAS DE RED				
Número de tarjetas instaladas, Dual Port	1	√	√	√
Número de puertos RJ45 instalados	2	√	√	√
Tecnología	GIGABIT ETHERNET	√	√	√
Velocidad de cada puerto (Gbps)	10/100/1000	√	√	√
Marca homologada por el fabricante del servidor	SI	√	√	√
COMPATIBILIDAD				
Compatibilidad con WINDOWS 2003, WINDOWS 2008, Red Hat Linux, VMWARE	SI	√	√	√
COMPLEMENTOS				
Unidad óptica SATA DVD RW	1	√	IBM UltraSium Redundant 675W Power Supply	√
Software de administración física por servidor (iLO)	HP Insight Control featuring Integrated Lights-Out Advanced	√	√	No especifica
Fuente de Poder tipo hot plug	2	√	2 IBM 675w	No especifica

Fuente de Poder Redundante	2	√	√	√
Cable de Energía	2	√	√	√
GARANTÍA				
Garantía mínima de la solución en partes, mano de obra y atención en sitio (AÑOS)	3 años	√	√	√

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui. Basado en los datasheets de cada equipo.

Luego de las comparaciones de los equipos servidores más conocidos en el mercado ecuatoriano y sobre todo siendo de precios muy asequibles; se determina que estos servidores cumplen con la mayoría de los requisitos expuestos en la tabla anterior. Por lo tanto la selección del servidor se basa en la preferencia y confiabilidad, siendo el equipo HP Proliant, por parte del personal técnico de la Unidad TIC. Además por el precio del servidor muy asequible. Para obtener mayor detalle del equipo seleccionado ver Anexo K.

B. Servidor de Base de Datos (Postgresql)

En este caso la Unidad TIC cuenta con un servidor de Base de Datos Postgresql; por lo tanto no es necesaria la adquisición de este equipo. El servidor de postgresql cuenta con las siguientes características:

- Servidor Virtual de Base de datos POSTGRES versión 8.4
- PostgreSQL es un Sistema de Gestión de Base de Datos orientado a objetos y libre, publicado bajo la licencia de software permisiva BSD.
- Sistema Operativo base Debian 5.0
- Memoria 512 MB
- Aplicaciones web basadas en PHP con base de datos Postgresql

C. Adaptador telefónico (ATAS)

Existen una gran variedad de marcas en equipos ATA (ver Figura 60); de los cuales se comparará dos de los más utilizados para la conexión de FAX analógicos (ver Tabla 72):



Figura 60. ATA marca Cisco

Fuente: Recuperado de <http://www.cisco.com/en/US/products/ps10027/index.html>

Tabla 72. Componente C: ATAS

COMPONENTE C: ATAS		
Cantidad	12	12
Marca	CISCO	Grandstream
Modelo	SPA3102	HT-502
CARACTERÍSTICAS GENERALES		
Interfaces Telefónicas	1 puerto FXS (RJ11), 1 puerto FXO PSTN (RJ11) con soporte lifeline	2 puertos FXS
Interfaces de Red	Dos puertos Ethernet 10/100 Mbps (RJ45), LAN, WAN	Dos puertos Ethernet 10/100 Mbps (RJ45) c/ router incorporado
Cuentas SIP	2 cuentas SIP	2 cuentas SIP
Soporte FAX over IP	Soporte para fax T.38	Soporte para fax T.38
Método DTMF	Método de transmisión DTMF flexible, RFC2833	Dial plan flexible para salida de llamadas
Dial Plan / UPnP (Universal Plug and Play)	Yes	Yes
Indicadores de Led	Power, WAN, LAN, PHONE, and LINE	Power, WAN, LAN, PHONE, and LINE
Protocolos soportados	TCP/UDP/IP, RTP/RTCP, HTTP/HTTPS, ARP/RARP, ICMP, DNS, DHCP, NTP, TFTP, PPPoE, STUN & TELNET	TFTP, HTTP, HTTPS, Control TLS/SIPS, SIP over TCP/TLS, SIP, RTP, RTCP
Servicios Soportados	NAT, DHCP, Auto-provisionamiento HTTP/HTTPS /Telnet/TFTP	NAT, DHCP, Auto-provisionamiento HTTP/HTTPS (pendiente)/Telnet/TFTP
Seguridad	Autenticación MD5	No

Cancelación de eco	G.168 Echo Cancellation	G.168 Echo Cancellation
Soporte QoS	Soporta Capa 2 (802.1Q, VLAN, 802.1p) y Capa 3 QoS (ToS, DiffServ, MPLS)	Diffserve, TOS, 802.1 P/Q VLAN tagging
Soporte para VLANs	SI	SI
Códec Soportados	G.711(a/u law), iLBC, G.723, G.729A/B/E, G.726	G711(a/μ, Annex I & II), G723.1A, G726 (ADPCM with 16/24/32/40 bit rates), G729 A/B/E, iLBC
Call Handling Features	Caller ID display or block, Call waiting caller ID, Call waiting/flash, Call transfer, hold, call forward, do not disturb, 3-way conferencing	Caller ID display, Call waiting caller ID, Call waiting/flash, Call transfer, hold, call forward, do not disturb, 3-way conferencing
Administración	Administración vía web	Administración vía web
Incluye en el paquete	Manual de Instalación, adaptador de corriente, Cable Ethernet RJ-45	Manual de Instalación, adaptador de corriente, Cable Ethernet RJ-45
Garantía (Años)	1 año	1 año

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, adaptado del datasheet del equipo.

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/vpndevc/ps6918/ps9692/ps9944/ps9946/data_sheet_c78-502105.pdf

La entidad requiere de un equipo ATA con puerto FXO para que cada FAX analógico pueda conectarse a la PSTN, por lo tanto el equipo SPA3102 es el mejor ya que permite esta funcionalidad en relación al ATA Grandstream.

D. Switch 24 puertos Ethernet POE 10/100 Mbps

Tabla 73. Componente D: Switch de 24 puertos Ethernet PoE 10/100 Mbps

COMPONENTE D: SWITCH 24 PUERTOS ETHERNET PoE 10/100 Mbps			
Cantidad		1	1
Marca		Cisco	HP
Modelo		Cisco SFE2000P	HP E3500-24-PoE
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Puertos Ethernet 10/100 Mbps PoE, IEEE 802.3af	24 puertos	√	20 puertos
Puertos Auxiliares de Red	2x1000Base-T/SFP (mini-GBIC)(uplink),2x1000Base-T(uplink)	√	4 dual-personality ports, 10/100/1000 port, slot mini-GBIC ; 1 RS-232C DB-9 console port
Factor de Forma	Montable en Rack 10"	√	√
Modo de Comunicación	Full-duplex , Half-duplex	√	√

Estándares Compilados	IEEE 802.1D , IEEE 802.1p , IEEE 802.1Q , IEEE 802.1s , IEEE 802.1w , IEEE 802.1x , IEEE 802.3 , IEEE 802.3ab , IEEE 802.3ad (LACP) , IEEE 802.3af , IEEE 802.3u , IEEE 802.3x , IEEE 802.3z	√	IEEE 802.1p QoS IEEE 802.1q VLAN IEEE 802.1ad, IEEE 802.1v, GARP VLAN Spanning Tree (RPVST+) SNMP v1, v2c, v3 RMON 1, 2, 3, 9
Características	Access Control List (ACL) support , Auto-negotiation , Auto-sensing per device , Auto-uplink (auto MDI/MDI-X) , BOOTP support , Broadcast Storm Control , DHCP support , DiffServ support , DoS attack prevention , Firmware upgradable , IGMP snooping , MAC address filtering , Port mirroring , Store and forward , Syslog support , Traffic shaping , VLAN support	√	HP PCM+; HP PCM (included); command-line interface; Web browser; configuration menu; out-of-band management (serial RS-232C)
Tipo de Cableado	Cable UTP Categoría 5 o superior para 10BASE-T/100BASE-TX	√	√
Indicadores LED	PWR, Fan, Link/Act, PoE, Speed, RPS, Master, Stack ID de 1 a 8	√	√
Funciones Capa 2	Tamaño de tabla MAC: 8000 Número de VLAN: 256 VLAN activas (rango 4096) VLAN: basadas en puertos y en etiquetas 802.1Q VLAN basada en protocolo VLAN de gestión PVE GVRP Bloqueo de cabecera de línea (HOL): Prevención de bloqueo de cabecera de línea	√	√
Funciones Capa 3	Enrutamiento estático Enrutamiento entre dominios sin clases (CIDR) 128 rutas estáticas IPv4 Transferencia de tráfico de capa 3 a velocidad de cable de silicio	√	UDP, DHCP, (RIP) (OSPF), Static IP routing IPv4 and IPv6 networks RIPv1 and RIPv2 routing Border Gateway Routing Protocol
Gestión de Interfaz de usuario	Interfaz de usuario para Internet incorporada para una fácil configuración con el navegador (HTTP/HTTPS)	√	√
Agente de Software RMON	SI	√	√
Seguridad	802.1X: Autenticación RADIUS, cifrado MD5 VLAN de invitados Modo host único/múltiple	√	√

Controlo de Acceso	ACLs	√	√
Redundancia de Alimentación	SI	√	√
QoS	Niveles de prioridad: 4 colas de hardware Programación: Asignación de prioridades de colas y turno rotativo ponderado (WRR) Clase de servicio: Basada en puerto, Basada en prioridad VLAN 802.1p, Basada en precedencia/ToS/DSCP IP IPv4/v6, DiffServ y ACL de clasificación y remarcado Limitación de velocidad de transmisión: Políticas de entrada Control de velocidad de salida	√	√
Incluye	Cable para consola Cable de alimentación CA Kit de montaje en rack Guía rápida de instalación	√	√
Software / Requerimientos del Sistema:	Software incluido: Cisco LAN Base software	√	No especifica
Garantía (Años)	Cisco Small Business con una garantía de hardware limitada de 5 años con devolución para sustitución en fábrica y una garantía de software limitada de 90 días.	√	No especifica

Fuente: Adaptado de los datasheets de los equipos.

Luego de las comparaciones de los switches más conocidos en el mercado ecuatoriano se determina que cualquiera de estos equipos cumple con las especificaciones indicadas en la tabla anterior. Por lo tanto la selección del servidor se basa en la preferencia y confiabilidad del personal técnico de la Unidad TIC, en el equipo Cisco; ya que es de precio muy asequible y de excelentes características y funcionalidades. Para obtener mayor detalle del equipo seleccionado ver Anexo K.

E. Switch 48 puertos Ethernet POE 10/100 Mbps

La entidad requiere de un switch de 48 PoE para la conexión de los teléfonos IP que se colocarán en el edificio principal

Tabla 74. Componente E: Switch de 48 puertos Ethernet PoE 10/100 Mbps

COMPONENTE E: SWITCH 48 PUERTOS ETHERNET PoE 10/100 Mbps			
Cantidad		1	1
Marca		Cisco	HP
Modelo		Cisco SFE2010P	HP 3500-48-PoE
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Puertos Ethernet 10/100 Mbps PoE, IEEE 802.3af	48 puertos	√	44 puertos 10/100 4 puertos RJ-45 10/100/1000 port
Puertos de apilamiento	Dos puertos Ethernet 10/100/1000	√	No especifica
Puertos mini GBIC	Dos puertos mini Gigabit Interface Converter (mini-GBIC) para expansión Gigabit Ethernet de fibra	√	1 puerto mini-GBIC
Factor de Forma	Montable en Rack 10"	√	√
Modo de Comunicación	Full-duplex , Half-duplex	√	√
Estándares Compilados	IEEE 802.1D , IEEE 802.1p , IEEE 802.1Q , IEEE 802.1s , IEEE 802.1w , IEEE 802.1x , IEEE 802.3 , IEEE 802.3ab , IEEE 802.3ad (LACP) , IEEE 802.3af , IEEE 802.3u , IEEE 802.3x , IEEE 802.3z	√	√
Tipo de Cableado	Par trenzado no apantallado (UTP) Categoría 5 o superior para 10BASE-T/100BASE-TX, UTP Categoría 5e o superior para 1000BASE-T	√	√
Indicadores LED	PWR, Fan, Link/Act, PoE, Speed, RPS, Master, Stack ID de 1 a 8	√	√
Funciones Capa 2	Tamaño de tabla MAC: 8000 Número de VLAN: 256 VLAN activas (rango 4096) VLAN: VLAN basadas en puertos y en etiquetas 802.1Q; VLAN basada en protocolo, VLAN de gestión, VLAN TV multidifusión, PVE, GVRP Bloqueo de cabecera de línea (HOL): Prevención de bloqueo de cabecera de línea	√	IEEE 802. VLAN IEEE 802.1Q VLANs GARP VLAN Spanning Tree (RPVST+)
Funciones Capa 3	Opciones de capa 3: Enrutamiento estático; enrutamiento entre dominios sin clases (CIDR); 60 rutas estáticas; IPv4 e IPv6; transferencia de tráfico de capa 3 a velocidad de cable de silicio. IPv6 over Ethernet	√	UDP, Loopback, Route maps, static IP routing, RIP, OSPF, Border Gateway Routing Protocol
GESTIÓN			
Gestión de Interfaz de usuario	Interfaz de usuario para Internet incorporada para una fácil configuración con el navegador (HTTP/HTTPS)	√	√
SNMP	SNMP versiones 1, 2c y 3 con soporte de traps	√	√

Agente de Software RMON	SI	√	√
Seguridad	Seguridad a nivel de puerto de usuario / red mediante autenticación 802.1X y filtrado basado en MAC.	√	√
Controlo de Acceso	ACL para ofrecer seguridad granular e implementación de QoS. Gestión remota segura del switch mediante cifrado Secure Shell (SSH) y Secure Sockets Layer (SSL)	√	√
Gestión de QoS	Gestión de QoS simplificada mediante técnicas de gestión de cola, utilizando especificaciones de prioridad del tráfico basadas en servicios diferenciados (DiffServ) o tipo de servicio (ToS) compatibles con 802.1p.	√	√
HARDWARE Y SOFTWARE			
Redundancia de Alimentación	SI	√	√
Incluye	Adaptador de alimentación CA con cable de alimentación 2 kits de montaje en rack CD-ROM con documentación del usuario (PDF) Tarjeta de registro Cable para consola	√	√
Software Incluido		Software incluido: Cisco LAN Base software	No especifica
Garantía (Años)	Cisco Small Business con una garantía de hardware limitada de 3 años con devolución para sustitución en fábrica	√	No especifica

Fuente: Adaptado de los datasheets de los equipos.

De acuerdo a la comparación realizada entre los dos equipos se puede determinar que tienen similares características, con la diferencia que el equipo Cisco SFE2010P presenta más funcionalidades de capa 2 y capa 3. Además la selección del equipo también se basa en la preferencia y la confiabilidad del personal técnico de la Unidad TIC en esta línea de switches, ya que es de precio muy asequible y de excelentes características y funcionalidades. Para obtener mayor detalle del equipo seleccionado ver Anexo K.

F. Teléfono operadora/recepción

Tabla 75. Componente F: Comparación de Teléfonos Operadora/Recepción

COMPONENTE F: TELÉFONO OPERADORA/RECEPCIÓN				
Cantidad		1	1	1
Marca		CISCO	Yealink	ATCOM
Modelo		SPA508G	Yealink T28P	AT-620P
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
Pantalla LCD monocromática y resolución		128 x 64 monochrome LCD graphical display with backlight	Panel LCD 320x160 graphic	Panel LCD
Líneas telefónicas o Cuentas de usuario	8	√	6	2
Administración	Web y desde el teclado del teléfono	√	√	√
CARACTERÍSTICAS DEL TELÉFONO				
Gestión de llamadas	3 vias de call conference, Intercom, caller ID, Automatic redial, voice mail capability, call waiting, call forwarding, call transfer, call hold,etc	√	No Intercom	No Intercom
Teclas programables:	12	√	16	4
Indicator lights/LEDs	Voice message waiting indicator, speakerphone indicator, headset	√	Indicadores de estado del telefono BLF/BLA	No especifica
Altavoz full duplex		√	√	X
Aprovisionamiento		√	√	√
Wideband Audio		√	X	X
Directorio	Registros de llamadas (60 entradas cada uno): llamadas realizadas, contestadas y perdidas Directorio personal con marcado automático (100 entradas)	√	No especifica	No especifica
TELEFONÍA IP				
Protocolos VoIP	SIP, SIP v2	√	√	√

Protocolo de control para teléfonos inteligentes		SPCP con el sistema Cisco® Unified Communications	X	X
Códec soportados	G.711 (A-law and μ -law) G.726 (16/24/32/40 kbps), G.729 A, G.722	√	√	√
Soporte para VLANS		√	√	√
Calidad de Servicio	IEEE 802.1Q (VLAN) tagging, Differentiated Services (DiffServ), IEEE 802.1p, Type of Service (ToS)	√	No especifica	No especifica
Protocolos de Red Soportados	IP, TCP, TFTP, UDP, ICMP, ARP, HTTP, DNS, HTTPS, NAT	√	DHCP, SRTP/HTTPS/TLS	√
Asignación de Direcciones IP	DHCP, static	√	√	√
Seguridad	256 bits AES	√	X	X
Puertos Ethernet RJ45	2 puertos ethernet 10/100BASE-T RJ-45	√	√	√
Soporte PoE		√	√	√
Características de voz	Comfort noise generation (CNG), voice activity detection (VAD), HD Voice	√	√	√
CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE				
Incluye Puertos PoE /Headset		√	√	√
Puerto headset de 2.5 mm		√	√	√
Incluye Cable de Red Cat 6		√	√	√
Soporta Módulo de Expansión (consola)		√	√	No especifica
GARANTÍA				
Garantía	Garantía limitada de hardware de un año	√	√	√

Fuente: Adaptado de los datasheets de los equipos.

El teléfono operadora/recepción seleccionado para el sistema VoIP es el equipo Cisco SPA508G; el cual cumple con todas las características expuestas en la

tabla anterior. Además este equipo tiene mayor número de cuentas de usuarios que los demás teléfonos y mejores características y funcionalidades. Además cabe recalcar que este teléfono es reconocido a nivel mundial frente a otras marcas ya que es compatible con varios códecs de voz y plataformas de servidores VoIP.

G. Consola de asistente

La consola de asistente, se ha seleccionada en relación al teléfono operadora seleccionado, ya que deben ser compatibles. Por lo tanto la consola de asistente presenta las siguientes características:

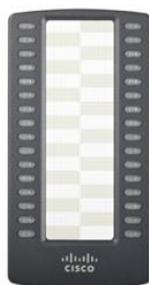


Figura 61. Consola de asistente Cisco SPA500S

Fuente: Recuperado de

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6788/phones/ps10499/data_sheet_c78-548281.html

Tabla 76. Componente G: Consola de Asistente

COMPONENTE G: CONSOLA DE ASISTENTE	
Cantidad	1
Marca	CISCO
Modelo	Consola SPA500S
Cantidad de botones	32 botones
Compatible con el teléfono operadora / recepción	SI
Debe soportar las siguientes características:	Marcación de un toque y transferencias de llamadas para sistemas de telefonía IP Los LED de varios colores supervisan el estado de la línea mediante el campo indicador de ocupado (BLF)
Garantía (Años)	1 año

Fuente: Adaptado de los datasheets de los equipos.

H. Teléfono estándar básico

Tabla 77. Componente H: Comparación de teléfonos básicos IP

COMPONENTE H: TELÉFONO ESTÁNDAR BÁSICO				
Cantidad	20			
Marca		CISCO	Yealink	ATCOM
Modelo		SPA303	SIP-T22P	AT530
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
Pantalla LCD monocromática y resolución		(LCD) monocromática de 128 x 64	132x64 graphic	(LCD)
Líneas telefónicas o cuentas de usuario	3	√	√	2
Administración	Web y desde el teclado del teléfono	√	√	√
CARACTERÍSTICAS DEL TELÉFONO				
Gestión de llamadas	3 vías de call Conference Speakerphone, Caller ID, Automatic Redial, Capacidad de Voice Mail, Intercom, Call Waiting, Call Forwarding Call Transfer, Call Hold	√	√	√
Indicadores lights/LEDs	Voice message waiting indicator, speakerphone indicator, headset	√	No especifica	No especifica
Altavoz	SI	√	√	No especifica
Aprovisionamiento	SI	√	√	√
Directorio	Registros de llamadas (60 entradas cada uno): llamadas realizadas, contestadas y perdidas Directorio personal con marcado automático (100 entradas)	√	No especifica	No especifica
TELEFONÍA IP				
Protocolos VoIP	SIP, SIP v2	√	√	√

Protocolo de control para teléfonos inteligentes		SPCP con el sistema Cisco® Unified Communications	X	X
Códec soportados	G.722, G.729ab, G.711u, G.711a, G.726	√	√	√
Calidad de Servicio	IEEE 802.1Q (VLAN) tagging, Differentiated Services (DiffServ), IEEE 802.1p, Type of Service (ToS)	√	VLAN/QoS	√
Protocolos de Red Soportados	IP, TCP, TFTP, UDP, ICMP, ARP, HTTP, DNS, HTTPS, NAT	√	√	√
Asignación de Direcciones IP	DHCP, static	√	√	√
Seguridad	256 bit AES	√	X	X
Puertos ethernet RJ45	2 x Ethernet 10Base-T/100Base-TX	√	√	√
Características de voz	Voice activity detection (VAD)	√	X	Enable/disable Voice Activity Detection, but G.711 not supports VAD
CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE				
Incluye Fuente de alimentación externa	SI	√	√	√
Incluye Cable de Red Cat 6	SI	√	√	√
GARANTÍA				
Garantía	Garantía limitada de hardware de un año	√	√	√

Fuente: Adaptado de los datasheets de los equipos.

El teléfono IP básico seleccionado para el sistema VoIP es el equipo Cisco SPA303; el cual cumple con todas las características expuestas en la tabla anterior. El teléfono cumple con características de QoS y la funcionalidad de VAD, mientras los demás teléfonos no presentan esta característica. Además cabe recalcar que este teléfono es reconocido a nivel mundial frente a otras marcas ya que es compatible con varios códecs de voz y plataformas de servidores VoIP.

I. Teléfono ejecutivo tipo I

Tabla 78. Componente I: Comparación de Teléfonos Ejecutivos Tipo I

COMPONENTE I: TELÉFONO EJECUTIVO TIPO I				
Cantidad	2			
Marca		CISCO	Yealink	ATCOM
Modelo		SPA525G	T32G	AT840P
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
Pantalla LCD gráfica y resolución		Alta Resolución 3.2-inch QVGA 320 x 240 color screen	3" TFT- LCD, 400 x 240 pixel, 262K colors	LCD: 128x64 dot matrix
Líneas telefónicas o cuentas de usuario	5	√	3	4
Administración	Vía web y en el menú del teléfono	√	√	√
CARACTERÍSTICAS DEL TELÉFONO				
Gestión de llamadas	Conference Call Capability 3-way, Intercom, Speakerphone, Caller ID, Voice Mail Capability, Call Waiting, Call Forwarding, Call Transfer, Call Hold	√	√	√
Teclas programables	4	√	3	4
Indicadores lights/LEDs	Speakerphone on/off button with LED, Headset on/off button with LED, Mute button with LED, Message waiting LED	√	5 LEDs: 1 x power, 3 x line, 1 x message	√
Altavoz fullduplex	SI	√	√	X
Aprovisionamiento	SI	√	√	√
Wideband Audio	SI	√	X	X
Directorio	LDAP (Lightweight Directory Access Protocol), Directorio soporta XML	√	√	X
Soporte de funciones multimedia	Reproducción de MP3, visualización de fotos digitales, ver canales RSS y visualizar secuencias de vídeo de cámaras de	√	X	X

		vigilancia			
TELEFONÍA IP					
Protocolos VoIP	SIP, SIP v2		√	√	√
Protocolo de control para teléfonos inteligentes		SPCP con el sistema Cisco® Unified Communications		X	X
Códec soportados	G.729ab, G.711u, G.711a, G.726, G722 Wideband		√	√	√
Soporte para VLANS	SI		√	√	√
Calidad de Servicio	IEEE 802.1Q (VLAN) tagging, Differentiated Services (DiffServ), IEEE 802.1p, Type of Service (ToS)		√	√	√
Protocolos de Red Soportados	IP, TCP, UDP, ICMP, HTTP, DNS, HTTPS		√	√	√
Soporte de cliente VPN	SI		√	√	√
Asignación de Direcciones IP	DHCP, static		√	√	√
Seguridad	128 bit WEP, 64 bit WEP, WPA, WPA2, 256 bit AES		√	X	X
Wifi	802.11b/g, Wi-Fi Multimedia (WMM) (802.11e)		√	X	X
Wi-Fi security	Wired Equivalent Privacy (WEP), 64 or 128 bit Wi-Fi Protected Access (WPA), Personal and Enterprise WPA2, Personal and Enterprise Wi-Fi Protected Setup (WPS)		√	X	X
Puertos Ethernet RJ45	2 x Ethernet 100Base-TX ,802.3af PoE WAN port.		√	√	√
Características de voz	voice activity detection (VAD) con supresion de silencios, High Definition de voz		√	√	√
CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE					
Incluye Puertos PoE /Headset bluetooth	SI		√	Solo puerto PoE	Solo puerto PoE
Incluye Cable de Red Cat 6	SI		√	√	√

GARANTÍA

Garantía	Garantía limitada de hardware de un año	√	√	√
-----------------	---	---	---	---

Fuente: Adaptado de los datasheets de los equipos.

El teléfono ejecutivo tipo I seleccionado para el sistema VoIP es el equipo Cisco SPA525G; el cual cumple con todas las características expuestas en la tabla anterior. El teléfono presenta varias características que los demás teléfonos no tienen como son wifi, bluetooth y reproducción de música .mp3. Además cabe recalcar que este teléfono es reconocido a nivel mundial frente a otras marcas ya que es compatible con varios códecs de voz y plataformas de servidores VoIP.

J. Teléfono ejecutivo tipo II

Tabla 79. Componente J: Comparación de Teléfonos Ejecutivos tipo II

COMPONENTE H: TELÉFONO EJECUTIVO TIPO II				
Cantidad	16			
Marca		CISCO	Yealink	ATCOM
Modelo		SPA504G	T26P	AT-610P
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
Pantalla LCD monocromática y resolución		Pantalla gráfica LCD 128 x 64 con backlight	132x64 graphic LCD	graphic LCD
Líneas telefónicas o cuentas de usuario	4	√	3	2
Administración	Vía web y en el menú del teléfono	√	√	√
CARACTERÍSTICAS DEL TELÉFONO				
Gestión de llamadas	Conference Call Capability 3-way, Intercom, Speakerphone, Caller ID, Automatic Redial, Voice Mail Capability, Call Waiting, Call Forwarding, Call Transfer, Call Hold	√	√	√
Teclas programables	4	√	13	No específica
Indicadores lights/LEDs	Voice message waiting indicator, speakerphone indicator, headset	√	√	No específica
Alta Calidad de Altavoz		√	√	X
Aprovisionamiento		√	√	√
Wideband Audio		√	√	X

Directorio	Capacidad de Directorio telefónico (100 nombres y 100 números), Registro de llamadas (60 números)	√	No específica	No específica
TELEFONÍA IP				
Protocolos VoIP	SIP, SIP v2	√	√	√
Protocolo de control para teléfonos inteligentes		SPCP con el sistema Cisco® Unified Communications	X	X
Codes soportados	G.722, G.729a, G.711u, G.711a, G.726	√	√	√
Soporte para VLANs		√	√	√
Calidad de Servicio	IEEE 802.1Q (VLAN) tagging, Differentiated Services (DiffServ), IEEE 802.1p, Type of Service (ToS)	√	X	X
Protocolos de Red Soportados	IP, TCP, TFTP, UDP, ICMP, ARP, HTTP, DNS, HTTPS	√	√	√
Asignación de Direcciones IP	DHCP, static	√	√	√
Seguridad	256 bit AES	√	√	X
Puertos Ethernet RJ45	2 x Ethernet 10Base-T/100Base-TX	√	√	√
Características de voz	Comfort noise generation (CNG), voice activity detection (VAD), HD Voice	√	√	√
CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE				
Incluye Puertos PoE /Headset 2.5mm		√	√	√
Incluye Cable de Red Cat 6		√	√	√
GARANTÍA				
Garantía	Garantía limitada de hardware de un año	√	√	√

Fuente: Adaptado de los datasheets de los equipos.

De acuerdo a la comparación realizada en la tabla anterior se puede determinar que el teléfono ejecutivo tipo II seleccionado para el grupo de los Directores y Responsables de área, es el equipo Cisco SPA504G; el cual cumple con todas las características y tiene más cuentas de usuario en comparación con los otros teléfonos. Además el teléfono Cisco SPA504G es reconocido a nivel mundial frente a otras marcas ya que es compatible con varios códecs de voz y plataformas de servidores VoIP.

K. Headset para teléfono operadora

Para la selección del headset se tomó en cuenta las recomendaciones que establece cisco para el modelo del teléfono Operadora/Recepción, para evitar problemas de incompatibilidad entre marcas (ver Figura 62)



Figura 62. Headset para teléfono operadora

Fuente: Recuperado de <http://en-de.sennheiser.com/office-headset-call-center-sh-230>

Tabla 80. Componente K: Headset para teléfono operadora

COMPONENTE K: HEADSET PARA TELEFONO OPERADORA	
Cantidad	1
Marca	Sennheiser
Modelo	SH 230
Referencia	Catálogo Pág. Num
CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Características	Diadema ajustable en ambos lados de las posiciones preferidas de forma individual. Auto-ajustable la cápsula del altavoz que permite un ajuste perfecto y flexible. Sistema ActiveGard: protección del oído en caso de subida brusca del nivel sonoro.
Diseño	Soporte para la cabeza, monoaural (de un solo lado)
Micrófono	Omnidireccional, Ultra-aislamiento de ruidos
Tipo de conexión	Easy Disconnect (QD)
Datos Técnicos	SH230 Datos de transmisión: 1) Respuesta de frecuencia: 100 Hz – 3400 Hz 2) Sensibilidad: -34 dB 3) Distorsión: Menor al 1% 4) Datos de recepción: 5) Impedancia: 300 Ω 6) Respuesta de frecuencia: 300 Hz – 3400 Hz 7) Presión máx de sonido: 104 dB SPL limitado por ActiveGard™ 8) Distorsión: Menor al 1%

Accesorios	<ul style="list-style-type: none"> • Almohadilla acústica de espuma • Protección para el micrófono • Bolsa • Clip para la ropa
Garantía (Años)	1 año

Fuente: Adaptado de los datasheets de los equipos.

L. Cable adaptador de conexión directa al teléfono operadora

Tabla 81. Componente L: Cable Adaptador de conexión directa al teléfono operadora

COMPONENTE L: CABLE ADAPTADOR DE CONEXIÓN DIRECTA AL TELÉFONO OPERADORA	
Cantidad	1
Marca	Snnheiser
Modelo	CCEL 191-2
CARACTERISTICAS GENERALES	
Compatibilidad	Compatible con el headset de operadora y con el teléfono operadora
Tipo de Conexión	Conector Easy Conect del headset al jack del teléfono de 2.5 mm
Longitud	1m

Fuente: Adaptado de los datasheets de los equipos.

M. Headset para pc

Se considera la compra de 4 headsets inicialmente para las respectivas pruebas de softphones para los usuarios.



Figura 63. Headset para PC

Fuente: Recuperado de <http://klipxtreme.com/dpg/kxProductDetail.aspx?pdt=196&ctg=10#>

Tabla 82. Componente M: headset para PC

COMPONENTE M: HEADSET PARA PC	
Cantidad	4
Marca	Klip Xtreme
Modelo	830
CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Diseño	Soporte para la cabeza, monoaural (de un solo lado)
Datos Técnicos	<p>Entrada de Audio:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Impedancia: 680 Ohm 2) Factor de forma del Micrófono: Built-in 3) Modo de Operación del micrófono: Mono 4) Respuesta Ancho de Banda: 100 – 16000 Hz 5) Sensibilidad: -47 dBV/Pascal 6) Tipo: Micrófono <p>Salida de Audio</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tecnología de Conectividad: Cableado 2. Headphones Ear Pads: Incluido 3. Headphones Form Factor: Semi-open 4. Headphones Technology: Dynamic 5. Impedancia: 32 Ohm 6. Respuesta Ancho de Banda: 20 – 20000 Hz 7. Modo de Salida de Audio: Mono
Aplicaciones	Ideales para voz, videoconferencias, videojuegos y escuchar música.
Tipo de conector	Mini-phone 3.5 mm
Garantía	1 año

Fuente: Adaptado del datasheet del equipo.

Los datasheets de los equipos seleccionados para el sistema VoIP se encuentran detallados en el Anexo K y los pliegos correspondientes para la adquisición de los equipos a través de compras públicas en el Anexo L.

4.4 DIMENSIONAMIENTO DE LAS APLICACIONES DE FREESWITCH

De acuerdo a las necesidades, características y limitaciones económicas y técnicas de la entidad se considera utilizar plataformas open source ya que brindan ahorro económico en licencias de software y ofrecen una amplia gama de funcionalidades que pueden adaptarse a la situación actual y crecimiento futuro de la entidad con proyección a grandes proyectos que beneficien a la comunidad.

Para el manejo y administración eficiente de FreeSWITCH se considera utilizar la interfaz gráfica FusionPBX que se integra a la mayoría de funcionalidades y características de la plataforma.

Por motivos de ahorro y agilidad en la comunicación interna del GAD-I se recomienda utilizar Softphones gratuitos como es el paquete X-lite para Windows y Twinkle para sistemas operativos Linux.

4.4.1 APLICACIONES DE FREESWITCH

De acuerdo a los requerimientos de los usuarios y del equipo técnico del GAD-I, el nuevo sistema de telefonía IP debe agregar nuevos servicios y aplicaciones. A continuación se muestra las aplicaciones y servicios que se requiere instalar en FreeSWITCH:

4.4.1.1 Salas de conferencia

- Sala de Conferencia simple
- Conferencia instantánea
- Mínimo 1 sala de conferencia, con capacidad de expansión futura a 50 usuarios bajo demanda de la entidad.
- Manejo mínimo de 10 usuarios por sala de conferencia con capacidad de expansión a 25 bajo demanda de la institución

4.4.1.2 Correo de voz del sistema

- Todos los correos de voz de cada extensión son diseccionados al correo de la empresa.
- Buzón de mensajería privada y compartida
- Correo de voz de notificación por correo electrónico
- Indicación de mensaje en espera (MWI)
- Correo de voz compartida

4.4.1.3 Tratamiento y redirección de llamadas

- Interceptar llamadas anónimas y desconocidas
- DID, Identificación de llamadas
- Redirección simple si la línea está ocupada
- Múltiples registros por extensión
- Parqueo de llamadas, recogida de llamadas
- Call back
- Bloqueo de llamada por Caller-ID
- Transferencia de llamadas automático, las llamadas se direcciona a una extensión sin necesidad de transferirla.
- Mientras se espera se puede escuchar música sea .WAV o .MP3
- Colas de Atención o ACDs
- Limitación de tiempo de llamadas y niveles de servicio
- Múltiples paging (salida de audio, multidifusión RTP),
- Intercom a través de código. Interceptar llamada (** + Extensión)

4.4.1.4 Libreta de direcciones

- Caller ID.- Identificador de llamadas.
- Persona /Dominio, Libreta de direcciones
- Soporta importación de libreta de direcciones
- Soporte PNP para descarga de libreta de direcciones
- Monitoreo de rendimiento On-line
- Agente SNMP
- Exportación CDR a través de SOAP

4.4.1.5 Idiomas

- Soporte mínimo 2 idiomas interfaz web de administración, con capacidad de crecimiento bajo demanda
- Soporte de mensajes de audio pregrabado mínimo 2 idiomas

4.4.1.6 Fax a e-mail

- FAX T.38
- Los faxes que ingresan se direcciona al correo electrónico.

4.4.1.7 Video llamadas para autoridades

FreeSWITCH soporta una serie de códecs de video de los cuales los más importantes son H.264 y H.263 que permiten una buena calidad de video llamadas.

4.4.1.8 Administración

- Administración vía web por medio de la interfaz gráfica fusionPBX.
- Manejo de Rutas del Menor Costo (Less Cost Routing)
- Reportes e Indicadores de Uso
- Monitoreo de llamadas.- Se puede escuchar las conversaciones de las extensiones sin que el agente se dé cuenta.
- Reporte de llamadas.- Detalle de llamadas salientes, entrantes y perdidas.
- Grabación de llamadas.- Las llamadas se pueden grabar siempre o por demanda.
- Utiliza un mecanismo de control de llamada a través de etiquetas que permiten la conmutación por error (failover) a un conjunto alternativo de acciones en caso de una condición de falla.

4.4.1.9 Servicio SMS, Contact Center y Call Center

- Debe soportar servicio de SMS (mensajería celular), Contact Center y Call Center, con capacidad multiusuario, ya que la entidad tiene proyectos de mejora en el área de Alarmas comunitarias y servicios al ciudadano.

Para conocer de forma más detallada las funcionalidades y características de FreeSwitch y de FusionPBX, se realizó la instalación y configuración en un equipo

de la entidad, permitiendo verificar su correcto funcionamiento y fácil gestión (ver Anexo M).

4.4.2 SOFTPHONES PARA LOS USUARIOS

4.4.2.1 Softphone para windows: X-lite



Figura 64. Softphone X-lite

Fuente: Recuperado de <http://www.counterpath.com/x-lite.html>

- **Características:**

- Última versión X-lite 5.0
- Estándares Abiertos y Señalización de llamadas basado en el Protocolo de Inicio de Sesión (SIP) el cual permite trabajar con un amplio número de redes.
- Gestión de lista de contactos integrada, incluyendo las listas de llamadas detalladas y el historial.
- Configuración de headset USB y otros dispositivos de audio / vídeo
- Mensajería instantánea
- Video llamadas
- Llamadas en modo conferencia de tres vías
- Correo de Voz

- **Requerimientos:**

Para que X-lite pueda funcionar eficientemente se debe considerar los siguientes requerimientos (ver Tabla 83):

Tabla 83. Requerimientos de X-lite

	Mínimo	Óptimo
Procesador	Pentium 4@ 2.4 GHz o equivalente	Intel Core Duo o equivalente, Tarjeta de Video con soporte DirectX 9.0c
Memoria	1 GB RAM	2 GB RAM
Espacio en Disco duro	50 MB	50 MB
Sistema Operativo	Microsoft Windows XP Service Pack 2 Microsoft Windows Vista, 32-bits y 64-bits arch Microsoft Windows 7 Mac OS 10.5 o superior	Microsoft Windows XP Service Pack 2 Microsoft Windows Vista, 32-bits y 64-bits arch Microsoft Windows 7 Mac OS 10.5 o superior
Conexión	Conexión Red IP (broadband, LAN, wireless); Constante conexión a Internet.	Conexión Red IP (broadband, LAN, wireless); Constante conexión a Internet.
Adaptador de Sonido	Full-duplex, 16-bit o usar un headset USB	Full-duplex, 16-bit o usar un headset USB

Fuente: Recuperado de <http://www.counterpath.com/x-lite.html>

Además para la instalación de X-lite requiere de los siguientes paquetes:

- Paquete de Windows: Microsoft .NET Framework 4
- Microsoft Visual C++ 2010 SP1

4.4.2.2 Softphone para Linux: Twinkle

Twinkle es un software de telefonía IP basado en SIP, el cual ya viene incluido en las distribuciones de UBUNTU, a través del cual podemos registrarnos en cualquier servidor VoIP basado en SIP.

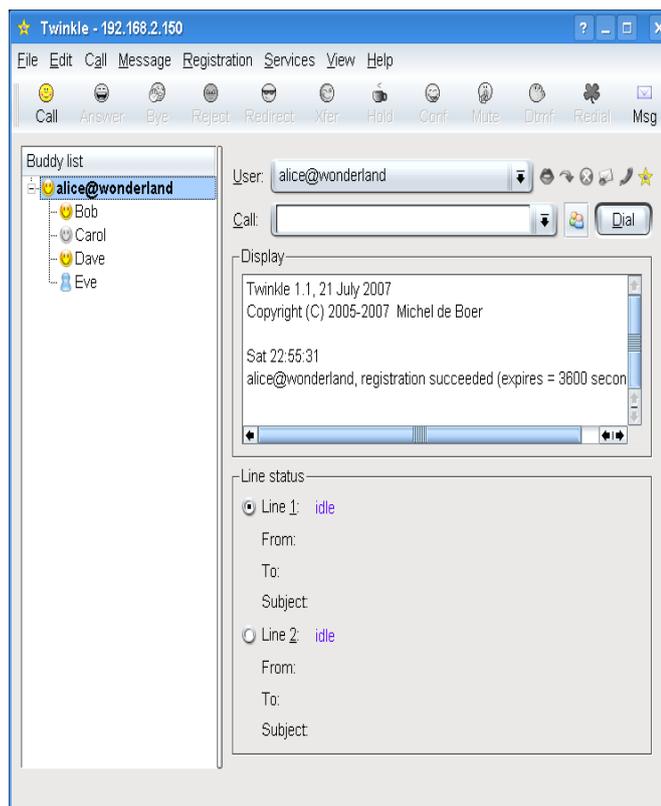


Figura 65. Softphone Twinkle
Fuente: Recuperado de <http://www.twinklephone.com/>

- **Características:**

- Última versión 1.4.2
- Licencia GPL para Linux
- Utiliza el protocolo SIP
- Soporta códec G711u, G711a, GSM, iLBC, G726, Speex
- Soporta cancelación de eco, ajuste automático de volumen de dispositivos.
- Presenta 2 líneas
- Identificación múltiple de llamadas activas.
- Llamadas en modo conferencia de tres vías.
- Correo de voz
- Soporta STUN para un recorrido NAT
- Historial de llamadas
- Mensajería instantánea

- **Pre requisitos:**

Twinkle requiere la instalación de algunos paquetes necesarios en Linux para el correcto funcionamiento del mismo:

- commoncpp2-1.6.1.tar.gz [GNU Common CPP framework]
- ccrtp-1.6.0.tar.gz [GNU ccRTP]
- libzrtcpp-1.3.0.tar.gz [ZRTP extension for GNU ccRTP] (optional)
- Qt for open source (3.3.0 or later, but not Qt4)
- libsndfile [WAV file handling]
- Speex (optional)
- ilbc library (opcional). For Suse you can get the ilbc package with apt. You can build the library yourself from ilbc-rfc3951.tar.gz provided by linphone
- Boost [C++ libraries]

Se puede concluir que las computadoras pertenecientes a la entidad si cumplen con los requerimientos establecidos para la instalación de este tipo de softphones.

Además se realizó las pruebas pertinentes de estos softphones en algunos computadores de los usuarios; mostrando un funcionamiento adecuado del mismo. La instalación y configuración del softphone X-lite y Twinkle se muestra en el Anexo N.

4.4 PLAN DE NUMERACIÓN

El plan de numeración tiene la función de establecer las normas necesarias para asignar los números y extensiones de identificación de forma óptima y confiable a cada usuario y unidad del GAD-I. A continuación se muestra el plan de numeración:

4.4.1 MATRIZ DE DÍGITOS PARA EXTENSIONES SIP

Tabla 84. Matriz de dígitos de extensiones SIP para el GAD-I

1er dígito		2do dígito		3er dígito	4to dígito
De acuerdo al edificio y unidades externas		De acuerdo al organigrama funcional de los departamentos		De acuerdo a la cantidad de empleados con cierto crecimiento	
Entidad	Dígito	Departamento	Dígito	Denominación del funcionario	Rango de Dígitos
Edificio Principal, Edificio Antiguo y Cuartel	1	Concejo Municipal	2	Directores	01, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 dependiendo de la cantidad de empleados
		Alcaldía	2	Responsables de área	02, 11, 21, etc números continuos a los directores
		Auditoria	2	Cantidad de empleados	Números sobrantes
		Secretaria General	2		
		Procuraduría Síndica	2		
		Dirección de Gestión Administrativa	3		
		Dirección de TIC's	3		
		Dirección Financiera	4		
		Dirección de Comunicación Social	4		
		Radio	4		
		Dirección de Planificación	5		
		Dirección de Avalúos y Catastros	6		
		Dirección de Higiene	6		
		Dirección de Obras Públicas	7		
		SISMERT	7		
		Dirección de Gestión y Participación Ciudadana	7		
DISPONIBLE	1	Numeración disponible	8	0 al 9	0 al 9
		Numeración disponible	9	0 al 9	0 al 9
Unidades Externas	2	Dirección de Cultura	0	0 al 9	0 al 9

		Programación Educativa y Biblioteca	0	0 al 9	0 al 9
		Banda Municipal	0	0 al 9	0 al 9
		Dirección de Turismo	0	0 al 9	0 al 9
		Centro Infantil Municipal	0	0 al 9	0 al 9
Unidades Externas independientes del GAD-I	3	Patronato Municipal	0	0 al 9	0 al 9

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui

4.4.2 RANGO DE EXTENSIONES SIP

Tabla 85. Rango de extensiones SIP

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE EXTENSIONES SIP		
DEPARTAMENTO	RANGO	RANGO DISPONIBLE
Concejo Municipal	1200 - 1216	1201-1203, 1217 - 1219
Alcaldía	1220 - 1225	1226 - 1229
Auditoría	1230 - 1232	1233 - 1239
Secretaría General	1240 - 1252	1253 - 1259
Procuraduría Síndica	1260 - 1269	1270 - 1299
DIRECCIÓN DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA	1300 - 1334	--
Transportes y Movilización	1335 - 1336	1337 - 1339
Desarrollo Institucional	1340 - 1342	--
Control y Gestión	1343 - 1344	1345 - 1349
Control de Bienes y Activos Fijos	1350 - 1357	1358 - 1369
DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN	1370 - 1382	1383 - 1399
DIRECCIÓN DE GESTIÓN FINANCIERA	1400 - 1402	1403 - 1409
Presupuesto	1410 - 1414	1415 - 1419
Servicio Municipal de Rentas	1420 - 1428	1429
Contabilidad	1430 - 1436	1437 - 1439
Tesorería	1440 - 1457	1458 - 1459
Coactivas	1460 - 1466	1467 - 1469
DIRECCIÓN DE COMUNICACIÓN	1470 - 1476	1477 - 1479

SOCIAL		
RADIO	1480 - 1487	1488 - 1499
DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN	1500 - 1507	1508 - 1509
Administración Urbana	1510 - 1518	1519
Diseños y Proyectos, Patrimonio Cultural	1520 - 1527	1528- 1529
Yahuarcocha	1530 - 1535	1536 - 1539
Comisaria de Construcciones	1540 - 1547	1548 - 1549
Unidad de vivienda y plan de desarrollo	1550 - 1569	1570 - 1599
DIRECCIÓN DE AVALÚOS Y CATASTROS	1600 - 1607	1608 - 1609
Catastros	1610 - 1633	1634 - 1639
DIRECCIÓN DE SALUD E HIGIENE	1640 - 1646	1647 - 1649
Administración de Mercados y Comisaria	1650 - 1659	
DIRECCIÓN DE GESTIÓN Y CONTROL AMBIENTAL	1660 - 1668	1669
Varios	1670 - 1684	1685 - 1699
DIRECCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS	1700 - 1726	1727 - 1729
TRÁNSITO Y TRANSPORTE	1730 - 1738	1739
SISMERT	1740 - 1749	1750 - 1759
DIRECCIÓN DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA	1760 - 1791	1792 - 1799
Numeración disponible	1800 - 1899	--
Numeración disponible	1900 - 1999	--
Dirección de Cultura	2100 - 2118	2119
Programación Educativa y Biblioteca	2120 - 2126	--
Banda Municipal	2127 -2128	2129 - 2149
Dirección de Turismo	2150 - 2158	2159 - 2189
Centro Infantil Municipal	2190 - 2193	2194 - 2199
Patronato Municipal San Miguel de Ibarra	3001 - 3007	
EMAPA	3008 - 3012	
EMELNORTE	3013 - 3017	
Bomberos	3018 - 3019	3019 - 30XX

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui

4.4.3 PLAN DE MERCADO

Tabla 86. Plan de Mercado

LLAMADAS / APLICACIONES	GRUPOS						
	ALCALDÍA	DIRECTORES	RESPONSABLES	TIC	SECRETARIAS	ATENCIÓN AL CLIENTE	FUNCIONARIOS
Internas	√	√	√	√	√	√	√
Emergencias (103, 101, 911)	√	√	√	√	√	√	√
Servicios CNT (100)	√	√	√	√	√	√	√
Llamadas por cobrar (118)	√	√	√	√		√	
Llamadas gratuitas (1800)	√	√	√	√	√	√	√
Llamadas por cobrar (1700)	√						
Llamadas al Estado (140, 100, 164 IESS)	√	√	√	√	√	√	√
Unidades externas (GAD-I)	√	√	√	√	√	√	√
Locales	√	√	√	√	√	√	
Nacionales	√	√	√	√		√	
Internacionales	√						
Celulares	√	√				√	
APLICACIONES							
Interceptar llamada (** + Extensión)	√	√	√	√	√	√	√
Soporte (2001)	√	√	√	√	√	√	√
Salas de Conferencias (3000 - 3399)	√	√	√	√	√		
Voice Mail (4000 o *98)	√	√	√	√			
IVR (5000)	√	√	√	√	√	√	√
Servicio de FAX	√	√	√	√	√		

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui

4.5 DISTRIBUCIÓN DE EXTENSIONES SIP

4.5.1 DISTRIBUCIÓN DE EXTENSIONES SIP POR TELÉFONO

Tabla 87. Distribución de extensiones SIP por teléfono

UNIDADES	EXTENSIÓN SIP	EJECUTIVO TIPO I	EJECUTIVO TIPO II	BÁSICOS	TELÉFONO OPERADORA
EDIFICIO PRINCIPAL					
Planta Baja					
Servicio Municipal de Rentas	1420			2	
Tesorería	1440			3	
Coactivas	1460			1	
Dirección de Comunicación Social	1470		1	1	
Recursos Humanos y capacitación	1310			2	
Atención al Cliente	1245			2	
Auditorio				1	
Primera Planta					
Alcaldía	1220	1		1	
Auditoria	1230		1		
Procuraduría	1260		1	1	
Secretaría General	1240		1	1	
Gestión Administrativa	1300	1	1	2	
Contratación Pública	1330			2	
Desarrollo Institucional	1340			1	
Gestión Financiera	1400		1	2	
Presupuesto	1410			1	
Contabilidad	1430			2	
Copiadora				1	
Segunda Planta					
Dirección de TIC	1370		2	1	
Dirección de Planificación	1500		1	2	
Unidad de Vivienda (Planificación)	1550			1	
Administración Urbana	1510			1	
Avalúos y Catastros	1600		1	1	
Obras Públicas	1700		1	2	
Mantenimiento de Vías	1720			1	

Archivo Histórico	1250		1
Tercera Planta			
Catastros Rural	1610		2
EDIFICIO ANTIGUO			
Planta Baja			
Comisaria de Construcciones	1540		1
Dirección de Higiene	1640	1	1
Higiene			1
Comisaria de Higiene			1
Archivo Institucional			1
Recaudación			1
Salud y Medio Ambiente	1660		1
Plan de Ordenamiento Territorial			1
Programación Educativa y Biblioteca	2120		1
Diseño y Proyectos y Patrimonio Cultural	1520		1
Central de Operadora Telefónica			1
Servicios Generales	1320		1
Primera Planta			
Secretaria de Comisiones y Concejo Municipal	1200		1
Radio	1480		1
SISMERT	1740		1
Tránsito y Transporte	1730	1	
ANTIGUO CUARTEL			
Primera Planta			
Bodega cuartel Control de Bienes	1350		1
Activos Fijos			
Suministros			1
Transporte			2
Dispensario Medico			1
Primera Planta			
Dirección de Participación Ciudadana	1760	1	3
Seguridad ciudadana			1
CNH			1
Junta de Protección de Derechos Infantil - Juvenil			1

UNIDADES EXTERNAS				
Desechos solidos	1670		1	
Bodega Municipal			1	
Dirección de Cultura	2100	1	1	
Unidad de Plan de Vivienda			1	
Unidad Céntrica Parque Bulevar			1	
Administración de Mercados	1650		1	
Dirección de Turismo	2150	1	1	
Consejo para la Salud y la vida (torreón)			1	
Yahuarcocha	1530		1	
Parque Guayabillas	1680		1	
Centro Infantil Municipal	2190		1	
Seguridad del trabajo			1	
Laboratorio Medico			1	
Imprenta			1	
Mecánica			1	
CECAMI			1	
ENTIDADES INDEPENDIENTES				
Patronato Municipal	3100		1	
Teléfonos disponibles			5	
TOTAL		2	16	85
				1

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui

4.5.2 DISTRIBUCIÓN DE EXTENSIONES SIP POR USUARIO

Cada usuario y oficina tendrá una extensión SIP; y se configurará como se muestra en el siguiente ejemplo de la Dirección Administrativa:

Tabla 88. Distribución de extensiones SIP a cada usuario

DIRECCION DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA				
NOMBRE	DENOMINACIÓN	CUENTA SIP	Effective Caller ID Name	Contraseña
Dirección Administrativa	Oficina	1300	Administración	XXX
López Jaya Carlos Raúl	Administrador General	1301	CarlosL	XXX
Hernández Terán Lilian Lorena	Directora Administrativa	1302	LilianH	XXX
Tobar Reina Edison Roberto	Analista Administrativo	1303	EdisonT	XXX
Chacón Ortega Germania Amparito	Secretaria	1304	GermaniaCh	XXX
Cárdenas Meza Ana Lucia	Servidor Público 1 (Auxiliar de Oficina)	1305	AnaC	XXX
Blanco Vilañez Julio Eduardo	Asistente Administrativo A	1306	JulioB	XXX
Lara Tirado Marío Octavio	Ayudante de Mecánica	1307	MarioL	XXX
Navarro Calderón Vinicio Ernesto	Administrador de Contratos	1308	VinicioN	XXX
Disponible	Disponible	1309		

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui

4.6 DISTRIBUCIÓN GENERAL DE EQUIPOS VoIP

Tabla 89. Distribución general de equipos VoIP

Edificio	Cantidad de usuarios	Softphones	Teléfonos Ejecutivo Tipo I	Teléfonos Ejecutivo Tipo II	Teléfonos Básicos	FAX / líneas telefónicas analógicas (ATAs)	IP Conferencia	Operadora	TOTAL
Edificio principal									
• Planta baja	47	5		1	12	2			20
• Primera planta	42	5	2	5	14	2			28
• Segunda planta	128	5		5	10				20
• Tercera Planta	8	5		0	2				7
Edificio Antiguo									
• Planta baja	39	5		1	11	0			17
• Primera planta	32	5		1	3	2			11
Antiguo Cuartel									
• Planta baja	15	5		0	5	2		1	13
• Primera planta	33	5		1	6	2			14
Unidades externas	56	5		2	16	1			24
Entidades independientes	0-n				1	0			1
Equipos disponibles					5	1			6
TOTAL	400	45	2	16	85	12	20	1	
TOTAL DE EXTENSIONES QUE DEBE MANEJAR EL SISTEMA VoIP									161

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui

4.7 SEGMENTACIÓN DE LA RED

La segmentación de la red se lo realiza a través de VLAN's (Virtual LAN, Red de Área Local Virtual), las cuales permiten crear redes lógicamente independientes dentro de una misma red física. Son de gran importancia ya que permiten reducir el tamaño de difusión y ayudan a la administración de la red por departamentos, secciones, MAC o direcciones IP. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de como en un solo Switch se puede establecer varias vlan's de computadoras que se encuentran en distintos lugares (ver Figura 66).

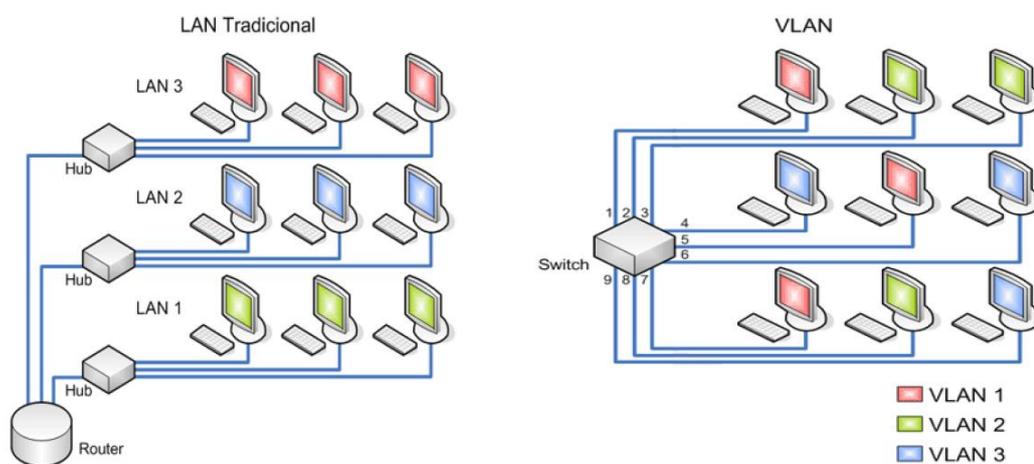


Figura 66. Comparación de LAN tradicional y VLAN
 Fuente: Recuperado de <http://www.textoscientificos.com/redes/redes-virtuales>

4.7.1 CARACTERÍSTICAS

- Definido en el estándar IEEE 802.1Q
- Permite aumentar el ancho de banda para cada usuario.
- La comunicación que se hace entre switches para interconectar VLANs utiliza un proceso llamado Trunking.

4.7.2 VENTAJAS

- Reducción en el tráfico de la red ya que solo se transmiten los paquetes a los dispositivos que estén incluidos dentro del dominio de cada VLAN

- Mejor utilización del ancho de banda
- Confidencialidad respecto a personas ajenas a la VLAN
- Alta performance
- Reducción de latencia
- Facilidad para armar grupos de trabajo.
- Permite con facilidad el cambio de estaciones de trabajo de un lugar a otro sin necesidad de volver a configurar la dirección en el Switch.

4.7.3 RECOMENDACIONES DE SEGMENTACIÓN

Existe una gran variedad de configuración de VLAN, por lo tanto depende de la administración de la entidad, en este caso se requiere VLAN's estáticas por direcciones IP.

La configuración de VLAN's estáticas por direcciones está basada en el encabezado de la capa 3 del modelo OSI. No actúa como router, sino para hacer un mapeo de que direcciones IP están autorizadas a entrar en la red VLAN. No realiza otros procesos con la dirección IP.

Se sugiere configurar VLAN's estáticas de la siguiente manera (ver Tabla 90):

Tabla 90. Distribución de VLAN's

ÁREA	NRO. VLAN	NOMBRE VLAN	CANTIDAD DE USUARIOS
Edificio principal			
• Planta Baja	1	Planta Baja	34
• Primer Piso	2	Primer Piso	51
• Segundo Piso	3	Segundo Piso	68
• Tercer Piso	4	Avalúos Rural	8
Unidad TIC	5	Informática	10
Servidores	6	Servidores	32 servidores
Administración	7	Administración	
Servicios			
• Internet	8	Internet	

• Video	9	Video	
• Voz&IP	10	VozIP	
Edificio Antiguo	11	Edificio antiguo	42
Unidades externas			
• Mercado	12	Mercado-bodega	4
• Bodega	12	Mercado-bodega	3
• Cultura	13	Cultura	10
• Cuartel	14	Cuartel	23
• Turismo	15	Turismo	20
Backbone de Fibra óptica	16	BFO	
Entidades externas	17	Entex	
TOTAL			273

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui

CAPÍTULO 5

PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS TARIFAS DE LLAMADAS

5.1 INTRODUCCIÓN

Los proyectos del sector público tienen como objetivo principal proveer servicios de calidad a la ciudadanía buscando el bienestar común. Además este tipo de entidades son controladas por el organismo gubernamental actual, el cual financia proyectos junto con los impuestos de los ciudadanos. Sin embargo, los proyectos del sector público a menudo generan consecuencias indeseables en sectores de la población tanto económicamente como socialmente, por lo tanto es necesario realizar un análisis económico de los proyectos a implementarse para evitar gastos innecesarios o recursos mal invertidos.

En este capítulo se realizará el análisis económico del proyecto de telefonía IP que permita establecer el costo beneficio y determinar si la inversión del nuevo sistema es viable, conveniente y sobre todo que contribuya con el logro de objetivos de la entidad.

5.2 MODELO PROPUESTO

Para establecer el modelo propuesto para el GAD-I, se utiliza un análisis beneficio/costo de un solo proyecto para el sector público, para lo cual es necesario realizar lo siguiente:

- Inversión propuesta del nuevo diseño del sistema de telefonía IP
- Análisis de gastos telefónicos
- Comparación de la situación actual con la situación propuesta para conocer la recuperación de la inversión en un período de tiempo.

- Cálculo de la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) para conocer si el proyecto es rentable económicamente.
- Por último obtener el Beneficio/Costo del proyecto en general.

5.2.1 INVERSIÓN PROPUESTA

La inversión propuesta o presupuesto referencial se basa en el análisis realizado en los capítulos anteriores de los equipos y tecnología adecuada para establecer el nuevo diseño del sistema de telefonía IP. A continuación se muestra el presupuesto referencial para la implementación del sistema (ver Tabla 91):

Tabla 91. Presupuesto referencial de equipos para el sistema de telefonía IP propuesto

EQUIPOS	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Servidor VoIP	1	4500	4500
Adaptador Telefónico ATAs	12	100	1200
Teléfono operadora + consola SPA508G	1	315	315
Teléfonos básicos SPA303G (incluye adaptador)	20	115	2300
Teléfono Ejecutivo tipo I SPA525G	2	395	790
Teléfono Ejecutivo tipo II SPA504G	16	170	2720
Teléfono Ejecutivo tipo II SPA504G (básicos)	65	170	11050
Headset para teléfono operadora SH230 Snneisher	1	80	80
Headset para PC	4	20	80
Cable adaptador de conexión directa al teléfono operadora	1	10	10
Switch PoE 24 puertos Cisco SFE2000p	3	700	2100
Switch PoE 48 puertos Cisco SFE2010p	1	1700	1700
Costo de instalación y Troncales SIP (20)			
Instalación, configuración y enrutamiento de canales SIP	1	1800	1800
TOTAL			28645

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en cotizaciones de empresas de telecomunicaciones (ver Anexo O)

5.2.2 ANÁLISIS DE GASTOS TELEFÓNICOS

5.2.2.1 Gasto telefónico actual

De acuerdo a los datos facilitados por la unidad de Contabilidad del GAD-I se obtuvo los gastos del servicio telefónico de forma aleatoria de siete meses, desde el mes de Septiembre 2011 a Marzo 2012. Además para mayor precisión del análisis del gasto telefónico mensual se obtuvo los valores del mes de Enero del año 2013 en la página de CNT E.P. en la sección de facturación y pagos. (Ver Tabla 92)

Tabla 92. Gasto Telefónico mensual de un muestreo de 8 meses

MES	GASTO TELEFÓNICO
AÑO 2011	
Septiembre	2586,65
Octubre	3189,47
Noviembre	2739,75
Diciembre	2604,21
AÑO 2012	
Enero	2421,13
Febrero	2495,97
Marzo	2665,41
AÑO 2013	
Enero	2489,98
Promedio de Gasto telefónico mensual	2649,07

Fuente: Recuperado de los reportes de pagos de Contabilidad del GAD-I

De acuerdo los datos de la Tabla 92 se pueden obtener una media aritmética de 2649,07 dólares al mes.

5.2.2.2 Gasto telefónico propuesto

De acuerdo a un análisis previo en el capítulo 4 acerca de los números telefónicos a eliminarse y conservarse se puede deducir lo siguiente:

- 32 líneas telefónicas que representa un total entre números de FAX, troncales y números independientes se van a eliminar, ya que pueden ser reemplazadas por extensiones SIP que la nueva central VoIP asignará; ya que la mayoría de tráfico de acuerdo a las encuestas realizadas refleja que las llamadas son en su gran mayoría entre servidores públicos del GAD-I resultando un incremento en el abono telefónico ya que las llamadas salen a la PSTN.
- 14 líneas se conservarán por motivos de respaldo de comunicación; además porque son usados con fines internos de la entidad.

Luego de conocer el número de líneas a eliminarse y líneas a conservarse, se hizo un análisis de cuanto se paga mensualmente por cada uno de estos números en el mes de Enero del 2013, donde se obtuvo los valores individuales en la página de CNT en la sección de facturación y pagos. Por lo tanto los datos arrojados por este sistema muestran los siguientes gastos (ver Tabla 93):

Tabla 93. Gasto telefónico del mes de Enero

Cantidad de Líneas telefónicas	Gasto del mes de Enero
Gasto mensual de las 32 líneas a eliminarse	1181,81 \$
Gasto mensual de las 14 líneas a conservarse	1308,17 \$

Fuente: Recuperado de la página <https://www.cnt.gob.ec/>, en la sección de Facturación y pagos.

Si consideramos un ahorro mensual de 1181,81 dólares y el gasto promedio telefónico mensual es de 2649,07 (ver Tabla 92), por lo tanto con la implementación de la nueva central VoIP se tiene un gasto estimado de:

$$2649.07 - 1181,81 = 1467,26$$

Cabe recalcar que este resultado es un valor estimado, fundamentando que este valor de las líneas se va a eliminar pero tendrán extensiones SIP con nuevas políticas y plan de marcado, permitiendo reducir aquellas llamadas extraoficiales e innecesarias que ocupan la red telefónica y generan gastos para la entidad.

5.2.3 COMPARACIÓN DE LA SITUACIÓN PROPUESTA CON LA SITUACIÓN ACTUAL

5.2.3.1 Situación propuesta

Para calcular la rentabilidad del proyecto se utilizara el Valor futuro en diferentes periodos con la siguiente fórmula:

$$VF_N = P_N(F/p, (i), n) + A(F/A, (i), n)$$

Ecuación 6. Fórmula del valor Futuro

Fuente: Adaptado de Leland Blank, Anthony T. (2006). Ingeniería Económica. McGrawHill. México.

Dónde:

- VF_N = Valor Futuro de la situación propuesta
- P_N = Valor Presente de la inversión
- A = Valor en el período
- F/p = Valor Futuro del presente
- F/A = Valor Futuro en el período
- TMAR = Tasa mínima atractiva de retorno; valor mínimo de la tasa de retorno para que una alternativa sea financieramente viable. Se escogió el 12% que establece el Banco Central del Ecuador. Como los períodos son mensuales se dividido el 12% para 12 meses del año resultando el 1% de TMAR.
- TMAR = i (tasa de interés)

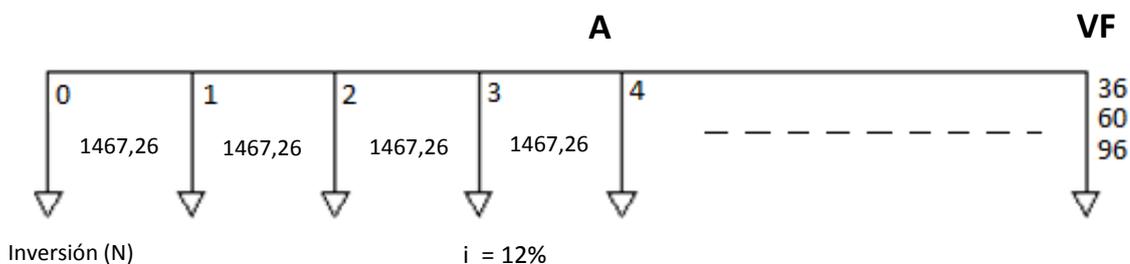


Figura 67. Diagrama de series de inversión y gastos a un interés del 12%

Fuente Elaborado por Nataly Culqui, basado en Leland Blank, Anthony T. (2006). Ingeniería Económica. McGrawHill. México

Se debe calcular:

$$F/P = (1 + i)^n$$

Ecuación 7. Fórmula del Valor Futuro del presente

Fuente: Leland Blank, Anthony T. (2006). Ingeniería Económica. McGrawHill. México.

$$F/A = \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

Ecuación 8. Fórmula del valor Futuro en el período

Fuente: Leland Blank, Anthony T. (2006). Ingeniería Económica. McGrawHill. México.

En una hoja de cálculo de Excel se realizó las formulas anteriores para 36 meses, 60 meses y 96 meses que equivale a 3, 5 y 7 años respectivamente; lo cual se estima que es la vida útil de los equipos de comunicación del sistema de telefonía IP.

Además se realizó el cálculo para un interés de $i = (2, 3, 4, 5, 6, 7) \%$; para mejor comprensión del valor futuro del proyecto. Con los datos de inversión y gasto propuesto se obtiene los siguientes resultados (ver Tabla 94):

- Inversión (N): 28645
- Gasto propuesto: 1467,26

Tabla 94. Cálculo del valor futuro del proyecto con la Ecuación 6.

i	n (meses)	(1+i) ⁿ	F / P	F/A	Inversión	Gasto propuesto	Valor Futuro
0,01	36	1,0	1,43	43,08	40984,37	63204,98	104189,35
0,01	60	1,0	1,82	81,67	52039,28	119830,64	171869,92
0,01	96	1,0	2,60	159,93	74456,17	234654,92	309111,09
0,02	96	1,0	6,69	284,65	191719,07	417650,66	609369,73
0,03	96	1,0	17,08	535,85	489127,86	786231,54	1275359,40
0,04	96	1,0	43,17	1054,30	1236657,40	1546926,40	2783583,80
0,05	96	1,1	108,19	2143,73	3098999,72	3145406,65	6244406,37
0,06	96	1,1	268,76	4462,65	7698602,42	6547868,58	14246471,00
0,07	96	1,1	661,98	9442,52	18962320,57	13854636,72	32816957,29

Fuente: elaborado por Nataly Culqui, basado en Leland Blank, Anthony T. (2006). Ingeniería Económica. McGrawHill. México. (Ver Anexo P, Tablas de valores de interés compuesto)

5.2.3.2 Situación actual

Para calcular la rentabilidad del proyecto se utilizara el Valor futuro en diferentes periodos con la siguiente fórmula:

$$VF_A = P_A(F/P, (i), n) + A(F/A, (i), n)$$

Ecuación 9. Fórmula del valor Futuro

Fuente: Adaptado de Leland Blank, Anthony T. (2006). Ingeniería Económica. McGrawHill. México.

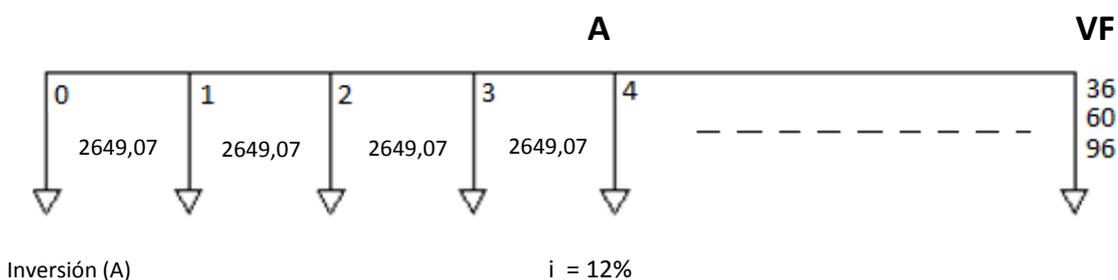


Figura 68. Diagrama de series de inversión y gastos a un interés del 12%

Fuente Elaborado por Nataly Culqui, basado en Leland Blank, Anthony T. (2006). Ingeniería Económica. McGrawHill. México

De igual forma se calcula:

$$F/P = (1 + i)^n$$

$$F/A = \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

En una hoja de cálculo de Excel se realizó las formulas anteriores para 36 meses, 60 meses y 96 meses que equivale a 3, 5 y 7 años respectivamente; lo cual se estima que es la vida útil de los equipos de comunicación del sistema de telefonía IP.

Además se realizó el cálculo para un interés de $i = (2, 3, 4, 5, 6, 7) \%$; para mejor comprensión del valor futuro del proyecto. Con los datos de inversión y gasto propuesto se obtiene los siguientes resultados (ver Tabla 95)

- **Inversión (A):** 2649,07 (se considerar el mismo valor del gasto telefónico como inversión ya que la actual central telefónica tiene más de 20 años, por lo tanto el tiempo de vida útil del equipo expiró)
- **Gasto actual:** 2649,07

Tabla 95. Cálculo del valor futuro del proyecto con la Ecuación 7.

i	n	(1+i) ⁿ	F / P	F/A	Inversión	Gasto propuesto	Valor Futuro
0,01	36	1,01	1,43	43,08	3790,21	114113,67	117903,87
0,01	60	1,01	1,82	81,67	4812,56	216348,67	221161,23
0,01	96	1,01	2,60	159,93	6885,66	423658,59	430544,25
0,02	96	1,02	6,69	284,65	17730,05	754048,92	771778,97
0,03	96	1,03	17,08	535,85	45234,21	1419504,65	1464738,86
0,04	96	1,04	43,17	1054,30	114365,23	2792904,00	2907269,23
0,05	96	1,05	108,19	2143,73	286593,37	5678886,08	5965479,45
0,06	96	1,06	268,76	4462,65	711961,48	11821873,57	12533835,06
0,07	96	1,07	661,98	9442,52	1753622,43	25013905,17	26767527,60

Fuente: elaborado por Nataly Culqui, basado en Leland Blank, Anthony T. (2006). Ingeniería Económica. McGrawHill. México. (Anexo P, Tablas de valores de interés compuesto)

5.2.3.3 Diferencia del valor futuro

Con los datos de las tablas 94 y 95 del Valor Futuro de la situación propuesta y la situación actual, se realizó la diferencia entre estos valores obteniendo los siguientes datos (ver Tabla 96):

Tabla 96. Diferencia de los valores futuros de la situación propuesta y de la situación actual

i	n	Valor Futuro	Valor Futuro	Diferencia V/F
0,01	36	104189,35	117903,87	13714,52
0,01	60	171869,92	221161,23	49291,31
0,01	96	309111,09	430544,25	<u>121433,16</u>
0,02	96	609369,73	771778,97	162409,25
0,03	96	1275359,40	1464738,86	189379,46
0,04	96	2783583,80	2907269,23	123685,43
0,05	96	6244406,37	5965479,45	-278926,92
0,06	96	14246471,00	12533835,06	-1712635,95
0,07	96	32816957,29	26767527,60	-6049429,69

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui, basado en las Tablas 94 y 95

Se puede observar en la tabla anterior que hasta el 5% de interés durante 96 meses el proyecto es rentable económicamente. Si supera el 5% empieza a decaer ya que supera el punto de equilibrio; para explicar de mejor forma estos datos es necesario conocer el TIR.

5.2.4 CÁLCULO DEL TIR

Pese a no ser necesario el cálculo del TIR (Tasa interna de Retorno) ya que se trata de un proyecto para el sector público; se procede a realizar el mismo para apreciar que el proyecto es rentable de forma económica. Para lo cual se utilizó los valores de los gastos de la situación actual y de la situación propuesta durante 96 meses donde el mes 0 representa a la inversión por lo que es un valor negativo (ver Tabla 97).

Tabla 97. Valores de los gastos telefónicos de la situación actual y situación propuesta

n	Valores de la situación actual	Valores de la situación propuesta	Diferencia
0	-2649,07	-28645	-25995,93
1	2649,07	1467,26	1181,81
2	2649,07	1467,26	1181,81
3	2649,07	1467,26	1181,81
4	2649,07	1467,26	1181,81
5	2649,07	1467,26	1181,81
.	2649,07	1467,26	1181,81
.	2649,07	1467,26	1181,81
.	2649,07	1467,26	1181,81
96	2649,07	1467,26	1181,81

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui

Para calcular el TIR con los valores anteriores (ver Tabla 97) se utilizó la fórmula del TIR en una hoja de Excel, arrojando los siguientes resultados (ver Tabla 98):

Tabla 98. TIR y tasa anual del proyecto

TIR	Tasa Anual
4,478%	54%

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui

El valor TIR de la Tabla 98 indica que el proyecto es económicamente rentable, ya que es mayor que 1.

El TIR es el punto de equilibrio del proyecto, cuando el TMAR supera al TIR se pierde el beneficio, esto se puede apreciar en la Tabla 96 donde el TIR pasa el 4% de interés (i), la diferencia empieza a ser negativa; lo cual significa que el proyecto ya no es rentable y no tiene beneficio económico. TIR equilibra los ingresos con los egresos como se muestra en la siguiente gráfica:

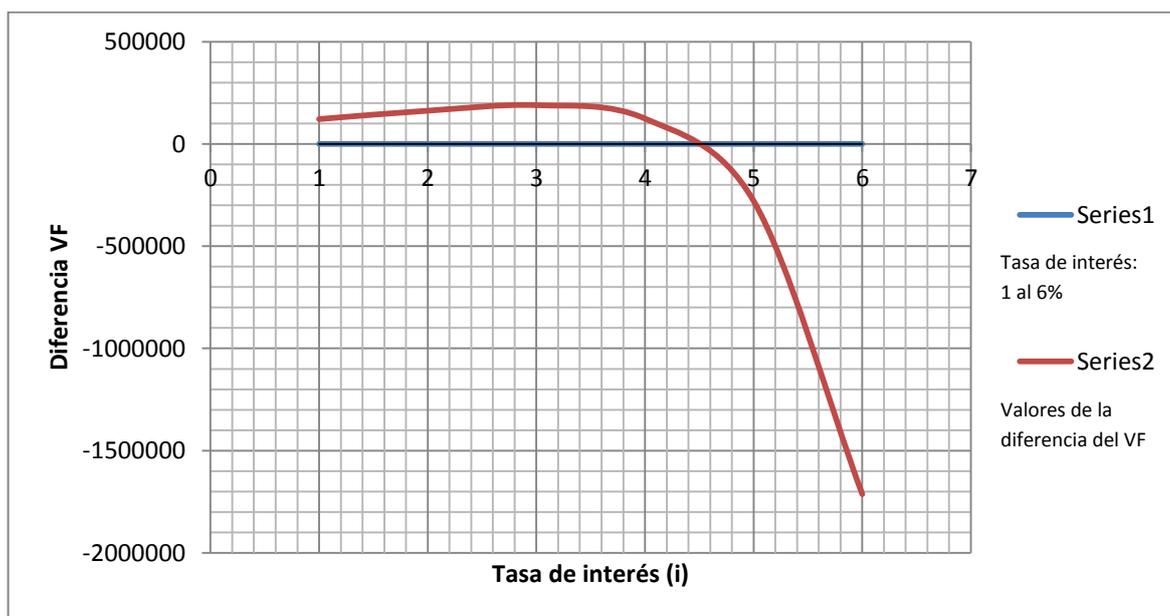


Figura 69. Diagrama de rentabilidad económica del proyecto

Fuente: Elaborado por Nataly Culqui en una hoja de Excel con los valores de la Tabla 96

5.2.5 BENEFICIO / COSTO

La relación beneficio/costo es un indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar a una comunidad. Con la siguiente ecuación se realiza el análisis beneficio/costo para el sector público (ver Ecuación 10)

$$B/C = \frac{(\text{beneficios} - \text{contrabeneficios})}{\text{costos}}$$

Ecuación 10. Fórmula de Beneficio / Costo

Fuente: Leland Blank, Anthony T. (2006). Ingeniería Económica. McGrawHill. México.

$$B/C = \frac{B - CB}{C}$$

Dónde:

- **Beneficios:** son las ventajas que experimentará el propietario, el público.
- **Contra beneficios:** desventajas para el propietario cuando se lleva a cabo el proyecto bajo consideración. Los contra beneficios pueden consistir en desventajas económicas indirectas de la alternativa. [pág.329 Ingeniería Económica Leland Blank; McGrawHill]
- Si **B/C es ≥ 1.0** se determina que el proyecto es económicamente aceptable.
- Si **B/C es < 1.0** se determina que el proyecto no es económicamente aceptable.

Considerando el tiempo de vida útil de los equipos del sistema de telefonía IP de 7 años que equivale a 96 meses, el TIR se calculó en base a este período. De acuerdo a la Tabla 96 el valor para 96 meses a un interés (TMAR) del 1% es de 121433,16.

Entonces B/C resulta:

$$B/C = \frac{B - CB}{C}$$

$$B/C = \frac{121433,16 - 0}{28645}$$

$$B/C = 4,23924$$

De acuerdo al valor dado el proyecto es económicamente aceptable ya que el B/C es mayor que 1. El proyecto no presenta contra beneficios ya que el mantenimiento y demás configuraciones de los equipos del sistema de telefonía IP lo realizará el personal técnico del GAD-I; por lo cual ya existe un presupuesto asignado cada año.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El GAD-I con el propósito de mejorar el desempeño institucional y los procesos internos de cada unidad; considera necesario utilizar nuevas tecnologías de comunicación; por lo cual el diseño del sistema de telefonía IP propuesto se adapta a las necesidades de la entidad, permitiéndole ampliar nuevos servicios, reducir los abonos telefónicos mensuales y sobre todo brindar mayor flexibilidad en el crecimiento de la red telefónica.

- Para la implementación del nuevo sistema de telefonía IP se utilizará la actual infraestructura de red; lo que permite una gestión centralizada de los servicios de voz y datos de la entidad. Además facilitará el mantenimiento del sistema de voz y datos para el personal técnico de la unidad TIC.

- Los puntos de red que están certificados cumplen con las normativas de longitud, impedancia, pérdida de retorno y NEXT por lo tanto se concluye que están aptos y pueden ser utilizados en la implementación del sistema de telefonía IP; pero es necesario considerar la revisión de los demás puntos de voz y datos para evitar posibles problemas de interferencias u otros factores que afecten la calidad de la comunicación de voz.

- De acuerdo al análisis realizado de la red telefónica; esta no permite ampliar nuevos servicios y el equipamiento actual ya cumplió su tiempo de vida útil. Por lo tanto se requiere una total migración de la tecnología y equipamiento a VoIP.
- Las redes VoIP permiten llamadas gratuitas entre unidades internas y externas que usan la misma red LAN y WLAN de la entidad, sin necesidad de usar la PSTN; reduciendo los gastos telefónicos mensuales.
- La entidad requiere de nuevos servicios como FAX a email para evitar demasiado papeleo, de esta forma contribuir con el medio ambiente.
- La implementación de un sistema de telefonía IP en la entidad permite tener mayor cantidad de servicios entre los más importantes están: salas de conferencia, redirección de llamadas, intercom, bloqueo de llamadas, libreta de direcciones y monitoreo vía web de llamadas, que permitirán mejorar los procesos de cada unidad del GAD-I.
- El códec seleccionado para el sistema de telefonía IP propuesto, es el códec G.711 A-law debido a su alta calidad de voz que este proporciona de acuerdo al valor MOS, y sobre todo porque no tiene costo de licencia.
- De acuerdo a las encuestas realizadas a los usuarios de la entidad se pudo resaltar lo siguiente:
 - El día de mayor afluencia de llamadas es el día lunes.
 - La duración promedio de cada llamada es de 0 a 3 minutos.

- Los horarios que existe gran tráfico de llamadas están entre 10:00am a 12:30 pm y de 14:00 a 15:30 en la mayoría de las unidades del GAD-I.
- La mayoría de llamadas recibidas son realizadas por el personal interno de la entidad tanto por unidades ubicadas en la misma infraestructura como unidades externas.
- Las unidades que reciben mayor cantidad de llamadas son Gestión Administrativa, Alcaldía, Recursos Humanos, Planificación y la unidad TIC.
- Es necesaria la comunicación IP con entidades externas como EMAPA, EMELNORTE, Patronato Municipal y Bomberos, ya que de acuerdo a las encuestas existe cierto tráfico de llamadas a estas entidades.
- Los problemas más frecuentes en la red telefónica son: líneas siempre ocupadas, falta de soporte técnico en los puntos telefónicos y muy pocas extensiones para cada unidad.
- Los equipos planteados para el diseño como son switches, teléfonos IP y ATA's cuentan con características de QoS lo que permite mejorar el servicio de voz sobre una red IP.
- El sistema de telefonía IP requiere un ancho de banda de 8,2Mbps para un tráfico de llamadas promedio en la hora pico, de acuerdo al test de llamadas y los cálculos realizados en el capítulo 4.
- El sistema VoIP requiere contratar 8 troncales SIP para el tráfico entrante y 4 troncales para el tráfico saliente.

- La interfaz FusionPBX permite al administrador realizar toda la gestión de usuarios de voz IP, asignando nombres, claves, permisos y restricciones de acuerdo al plan de marcado establecido.
- La plataforma FreeSwitch tiene la capacidad de crecer cuando lo requiera ya que la plataforma fue creado con el propósito de procesar gran cantidad de llamadas. Puede tener un crecimiento mayor a 30 troncales SIP y más de 1000 usuarios, de manera que las proyecciones consideradas están cubiertas y superadas.
- FreeSwitch es una plataforma totalmente flexible que permite implementar nuevos módulos de servicios de acuerdo a la necesidad de la entidad.
- El GAD-I a través de este sistema de telefonía IP puede implementar nuevos servicios a través de un Call Center y brindar mayor información a la ciudadanía a través de un IVR.
- El sistema de telefonía IP propuesto, permitirá reducir aproximadamente un 44% de los gastos telefónicos mensuales, este es un porcentaje estimado ya que en reemplazo de las líneas telefónicas independientes se darán extensiones SIP y se deberá realizar una mejor gestión de las llamadas por grupos de usuarios.
- De acuerdo al análisis económico se pudo determinar que el proyecto es económicamente viable, conveniente y sobre todo va a contribuir con el desarrollo institucional del GAD-I.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se debe emplear políticas de QoS en la red para priorizar el tráfico de voz sobre el de datos, de esta forma el tráfico de voz no se vería afectado por aplicaciones internas o retardos y de esta forma no sobrecargar el uso de ancho de banda de la red.
- Se recomienda colocar un equipo Firewall que permita el tráfico de voz sobre el protocolo SIP para evitar posibles infiltraciones y accesos no autorizados al servidor VoIP. Cabe recalcar que no es estrictamente necesaria la compra de este equipo ya que a través de configuraciones de seguridad en el servidor VoIP o sistemas de gestión internos se puede evitar la infiltración de intrusos u otros factores que afecten el servicio de telefonía IP.
- Considerar utilizar mecanismos de seguridad en el protocolo SIP como son autenticación, IPsec, TLS, entre otros, que permiten aumentar los niveles de seguridad de la red ante escucha de llamadas o suplantación identidad.
- Los puntos de red que no están certificados no se pudieron obtener un detalle de la longitud, impedancia, pérdida de retorno y NEXT por lo cual se recomienda realizar la comprobación de cada uno de estos puntos para garantizar la transmisión de voz en la implementación del sistema de telefonía IP.
- Se recomienda la certificación o verificación de los puntos de red faltantes tanto de las unidades internas como externas y el rediseño del cableado de red del

antiguo cuartel y del edificio antiguo ya que no cumplen con los estándares internacionales de cableado estructurado.

- Se recomienda migrar a una arquitectura NGN para mejorar los niveles de servicio en la entidad en relación al actual diagrama de topología lógica de la red de datos.
- Es necesario realizar un análisis profundo de la red inalámbrica para determinar la correcta funcionalidad del sistema de telefonía IP.
- Todos los equipos que se adquieran deben contar con garantía mínima de 1 año.
- Es necesario seguir adelante con el plan de migración, procurando llegar a concebir un modelo de telefonía totalmente IP en todas las dependencias internas y externas para conseguir una administración integral y estar acorde al desarrollo tecnológico.
- Para un buen manejo del sistema los administradores del servicio deben gestionar el 'logging' en cuanto a su habilitación, respaldo, reportes de actividad, etc. A su vez deben implementar herramientas de monitoreo del servicio (ejemplo: Nagios) tanto para servidores como para clientes.
- De acuerdo a los equipos especificados para el diseño; estos presentan puertos PoE por lo que se recomienda disponer de una fuente de alimentación eléctrica ininterrumpible (UPS) y estos deben ser revisados periódicamente en su

funcionamiento y estado, de esta forma tener disponibilidad del servicio de telefonía IP sin interrupciones por razones de cortes de energía eléctrica.

- El equipo servidor debe ubicarse en el Data Center donde esté adecuadamente refrigerado y climatizado, mientras los teléfonos y ATA,s deben estar en lugares seguros y que faciliten la movilidad de los usuarios.
- Se recomienda la adquisición de un sistema puesta a tierra para evitar cualquier riesgo en los equipos de telefonía IP.
- Se requiere la configuración de VLAN's para una correcta administración de la telefonía IP, ya que las VLAN's permiten aislar el tráfico de voz del tráfico de datos; lo cual evita que inestabilidades en la red de datos afecten la voz y su calidad, debido principalmente a que el dominio de broadcast es más pequeño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEC. Glosario de términos de telefonía. Recuperado de:
http://www.acec.cl/?page_id=805
- Alvear Sadoval, Méndez Diana. (2009). *Análisis de Tráfico y Diseño de una Solución Telefónica IP para la empresa pinturas cóndor S.A.* (Tesis de Ingeniería en electrónica y Telecomunicaciones). EPN, Quito.
- Álvaro Jesam. (2009). *Implementación de una plataforma sobre IP utilizando FreeSwitch como testbed para tecnología por voz.* (Tesis de Ingeniería civil electricista). Universidad de Chile.
- Anthony Minessale. (2008). Comparación entre FreeSWITCH y Asterisk. Recuperado de <http://www.freeswitch.org/node/117>
- Anthony M, Michael S, Darren S. (2010). *FreeSWITCH 1.0.6*. Reino Unido: Editorial: PACKT publishing.
- Augusto Reyes, Fernando C. (2010). *Implementación de un prototipo para telefonía IP utilizando software libre, para el distrito Metropolitano de Quito.* (Tesis de Ingeniería) Escuela Politécnica Nacional. Quito.
- Borja Merino F. INTECO-CERT. (2011). Análisis de tráfico con wireshark. Recuperado de www.cert.inteco.es/.../cert_inf_seguridad_analisis_trafico_wireshark.pdf
- Carlos Méndez. (2005). *Inbound para enlaces PSTN con VoIP.* (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas Puebla. Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mendez_e_c/capitulo2.pdf
- Common VoIP Service Quality Thresholds. (s.f). Niveles promedio de jitter y paquetes perdidos. *MINIACOM*. Recuperado de: www.minacom.com
- Códec de voz. (2011). *Comparación de códecs de voz de VoIP Foro.* Recuperado de <http://www.voipforo.com/codec/codecs.php>.
- Conectividad de acceso remoto. (s.f). *Conceptos de RTC y RDSI de Wikibooks.* Recuperado de http://es.wikibooks.org/wiki/Mejores_pr%C3%A1cticas_para_redes_de_datos/Conectividad_de_Acceso_Remoto

- CounterPath Corporation. (2002). Requerimiento y recursos: Softphone X-lite. Recuperado de <http://www.counterpath.com/x-lite.html>
- Debian. (1997-2013). *Sistema operativo: Debian*. Recuperado de <http://www.debian.org/releases/stable/>
- Documentación de curso VoIP (2011) basado en e-book/Cisco, *Voice over IP - Per Call Bandwidth Consumption*. Recuperado de http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_tech_note09186a0080094ae2.shtml
- Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación del GAD-I. (2011). *Datos técnicos de equipos e información de la infraestructura de red*. Recuperado de: Información de documentos técnicos de proyectos tecnológicos e inventarios de equipos.
- Edgar Landívar. (2011). *Comunicaciones Unificadas con Elastix*. California: Editorial Creatives Common (Segunda edición)
- Fabiola Garduño A. (2007). *Software para dimensionamiento de troncales para redes*. (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas Puebla. Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/garduno_a_f/indice.html
- FreeSWITCH. (2012). *Introducción y características de FreeSWITCH*. Recuperado de http://wiki.freeswitch.org/wiki/Main_Page
- FusionPBX. (2011). *Introducción y Características de FusionPBX*. Recuperado de <http://www.fusionpbx.com/>
- Graciela Marker. (s.f). Ventajas y Desventajas de VoIP. Recuperado de: <http://www.informatica-hoy.com.ar/voz-ip-voip/Ventajas-y-desventajas-de-la-tecnologia-VoIP.php>
- José Carballar, José A. (2007). *VoIP: La telefonía de Internet*. España: Editorial Paraninfo. S.A
- José Huidobro, Roldan M. (2006). *Tecnología VoIP y Telefonía IP*. Priale: Editorial Creaciones Copyright.
- Leland Blank, Anthony Tarquin. (Ed.) (2006). *Ingeniería Económica*. Ciudad de México: Ediciones McGrawHill
- Manuel Flores, “Análisis de los protocolos de tiempo real (RTP; RTCP)”, Universidad de Málaga, Málaga, 2006/2007.

- Marco A. Vasco. (2010). *Métodos de Análisis de tráfico de la red*. (Tesis de Ingeniería en electrónica y redes de Información). EPN, Quito.
- Michel de Boer. (2009). Softphone: Descarga y Especificaciones de Twinkle. *PhoneTwinkle*. Recuperado de <http://www.twinklephone.com/>
- Oscar G. (2009). *Método simplificado para el cálculo de ancho de banda para VoIP*. Mis Libros de Networking. Recuperado de <http://librosnetworking.blogspot.com/2009/04/metodo-simplificado-para-el-calculo-de.html>
- Plataforma Asterisk. (s.f). *Introducción y Características de AsteriskNow*. Recuperado de <http://www.asterisk.org/asterisknow/>
- Portal del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra. (2012). *Organigrama estructural e información general del GAD-I*. Recuperado de <http://www.ibarra.gob.ec/>
- Protocolos de señalización VoIP. (2011). *Análisis de comparación entre protocolos de señalización H.323, SIP e IAX, VoIP*. VoIPForo. Recuperado de <http://www.voipforo.com/>
- Reyes Augusto, F.C. (2010). *Análisis e implementación de un prototipo para telefonía IP utilizando software libre, seleccionado en base al estándar IEEE 830* (Tesis de pregrado). EPN, Quito.
- Rodolfo Castañeda. (2005). Protocolo SIP. Dirección de Telemática CICESE. Recuperado de http://www.cudi.mx/primavera_2005/presentaciones/rodolfo_castaneda.pdf
- Stuff Software Inc. (s.f). Modelo de Tráfico de Erlang B. Recuperado de <http://www.stuffsoftware.com/trafficerlangb.html>
- Servicios Integrados Virtuales de Comunicación VoIP. (s.f). Troncales SIP: Descripción de elementos de una troncal SIP. *IPCOM NETWORK*. Recuperado de: <http://www.ipcomnetwork.com/Troncales-SIP.htm>
- Telefonía voz ip. (s.f). Fundamentos de Telefonía Voz IP. Recuperado de: <http://www.telefoniavozip.com/voip/que-es-la-telefonía-ip.htm>
- Uptime Institute, INC. (2009). *Tier Classification Defines Site Infrastructure Performance*. New York: Uptime institute.

Westbay Engineers Limited. Calculadora de Erlang B: Cálculo de troncales para el sistema de telefonía IP. Recuperado de <http://www.erlang.com/calculator/erlc/>

Wikipedia. (2011). *Información técnica de FusionPBX*. Recuperado de http://wiki.fusionpbx.com/index.php/Main_Page

Wikipedia. (2012). *Introducción y características de Trixbox*. Recuperado de <http://es.wikipedia.org/wiki/Trixbox>