

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN

INVESTIGACIÓN PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MASTER EN REDES DE COMUNICACIÓN

TEMA:

**DISEÑO DE UNA RED DE TELEFONÍA IP PARA EL INSTITUTO
TECNOLÓGICO SUPERIOR “17 DE JULIO” SEDE YACHAY**

AUTOR: ING. WILSON HERNAN ANRANGO COTACACHI

DIRECTOR: PhD. GUSTAVO CHAFLA

Quito – 2016

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas aquellas personas que han intervenido en mi vida diaria y que han sido un apoyo durante el tiempo que ha tomado cursar mis estudios de maestría y durante a realización del presente trabajo.

Agradezco especialmente a mis padres Segundo Pedro Anrango y María Mercedes Cotacachi que me han sabido guiar en un buen camino desde mi niñez hasta que pude tomar en mis manos la dirección de mi vida.

Agradezco también a mi compañera de vida diaria Karina Elizabeth Revelo Maldonado por haber tenido mucha paciencia durante el tiempo que llevó realizar los estudios de cuarto nivel. Quiero agradecerle por haberse esforzado junto a mí, y haberme brindado su valioso tiempo para poder culminar con éxito el presente trabajo.

DEDICATORIA

Dedico el resultado de mis esfuerzos a mi compañera de vida Karina Elizabeth Revelo Maldonado porque ella es ahora mi familia junto con mi hijo Dylan Sammael Anrango Revelo, para ellos son todos mis esfuerzos de superación y como pilar fundamental quiero ser en ellos un referente a quien quieran imitar, a quien quieran seguir sus pasos y que sepan que el amor y el cariño que les tengo se los entrego reflejado en estos resultados que continúen adelante.

Quiero, además dedicar este trabajo a toda mi familia de origen, especialmente a mis hermanas menores para que sepan que el camino de la ciencia y el conocimiento no tienen límites, los límites están en cada uno de nosotros.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS E ILUSTRACIONES	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
PRESENTACIÓN	x
Capítulo 1.- Fundamentos teóricos	
1.1.- Aspectos relevantes de la VoIP	12
1.1.1.- Códec y ancho de banda	16
1.1.2.- Cálculo de ancho de banda para una llamada VoIP	19
1.1.3.- Dimensionamiento telefónico	22
1.2.- Soluciones propietarias en telefonía IP	25
1.2.1.- Panasonic	26
1.2.2.- Cisco	31
1.2.3.- Alcatel	33
1.3.- Soluciones libres en telefonía IP	34
1.3.1.- Asterisk	34
1.3.2.- Elastix	39
1.4.- Seguridad en sistemas VoIP	43
1.4.1.- Protección a nivel de señalización	45
1.4.2.- Protección a nivel de multimedia	47
1.5.- Evolución y estado de arte	53
Capítulo 2.- Análisis comparativo de soluciones VoIP	
2.1.- Prestaciones	58
2.1.1.- Soluciones propietarias y soluciones libres	58

2.1.2.- Comparación entre soluciones libres	62
2.2.- Costos	67
Capítulo 3.- Infraestructura del ITS 17 de Julio – Sede Yachay	
3.1.- Descripción de requerimientos y necesidades	73
3.2.- Tecnología disponible y rendimiento actual	76
Capítulo 4.- Diseño de la propuesta de red de telefonía IP	
4.1.- Requerimientos técnicos	80
4.1.1.- Cálculo de ancho de banda para una llamada VoIP	80
4.1.2.- Dimensionamiento telefónico	83
4.1.3.- Dimensionamiento de la centralita VoIP-PBX	85
4.1.4.- Dimensionamiento de servicios	89
4.3.- Arquitectura de red de telefonía IP	90
4.4.- Equipos y Hardware	92
4.5.- Presupuesto de la propuesta	93
Capítulo 5.- Conclusiones y Recomendaciones	
5.1.- Conclusiones	96
5.2.- Recomendaciones	97
Bibliografía	99
Anexos	
Anexo A.- Centrales y PBX Panasonic	102
Anexo B.- Centrales y PBX Cisco	109
Anexo C.- Centrales y PBX Alcatel	110

ÍNDICE DE FIGURAS, GRAFICOS E ILUSTRACIONES

Gráfico N° 1.- Pila de protocolos de la VoIP	11
Gráfico N° 2.- Área geográfica del ITS 17 de Julio.....	72
Gráfico N° 3.- Vista Superior 2° piso Edificio Administrativo	74
Gráfico N° 4.- Vista Superior 1° piso Edificio Administrativo	75
Gráfico N° 5.- Vista Superior 1° piso Edificio Biblioteca	75
Gráfico N° 6.- Propuesta de la Topología de Red.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Códec de banda estrecha.....	15
Tabla 2.- Códec de Banda Ancha	16
Tabla 3.- Códec de Banda Súper Ancha	16
Tabla 4.- Códec de Banda Completa	17
Tabla 5.- Comparación de Códec	17
Tabla 6.- Criterios de GoS	23
Tabla 7.- Ataques y Vulnerabilidades por capa	42
Tabla 8.- Comparación de prestaciones	59
Tabla 9.- Comparación entre Soluciones libres	64
Tabla 10.-Comparación de costos por prestaciones.....	68
Tabla 11.- Comparación de costos totales	71
Tabla 12.- Datos de Códec.....	79
Tabla 13.- Muestra de trafico ITS 17 de Julio	82
Tabla 14.- Grado de Servicio recomendado	84
Tabla 15.- Presupuesto General	93
Tabla 16.- Presupuesto Neto	93

RESUMEN

Este trabajo pretende una propuesta de diseño de un sistema de telefonía IP para el Instituto Tecnológico Superior “17 de Julio” sede Yachay.

La realización de este tema de tesis permitirá obtener un mayor grado de dominio y profundización de los temas que se abordarán en el cuerpo del trabajo. El estudio y resumen del estado de arte de los sistemas de telefonía IP constituye un aporte significativo para el área técnica como parte principal de una actualización de conocimientos en el área.

La red de telefonía estará enfocada a cubrir las necesidades de comunicaciones en las instalaciones del personal administrativo y docente de la institución que actualmente se encuentra en construcción, por lo que primero se estudiará todos los aspectos teóricos que conciernen a las bases fundamentales de las comunicaciones y la VoIP, posteriormente se buscará información y con ella se conformará una base de datos de los costos actuales, prestaciones y desarrollo de los equipos y sistemas de comunicaciones.

Utilizando la base de datos se podrá realizar comparaciones entre elementos y sistemas para cimentar en bases sólidas la propuesta de red del último capítulo.

ABSTRACT

This paper intends a proposal of design of an IP telephony system for the Superior Technological Institute "17 de Julio" Yachay headquarters.

The completion of this thesis topic will allow a greater degree of mastery and deepening of the topics to be addressed in the body of work. The study and summary of the state of the art of IP telephony systems constitutes a significant contribution to the technical area as a main part of an updating of knowledge in the area.

The telephony network will be focused on covering the communication needs of the administrative and teaching staff of the institution that currently under construction, so that first all theoretical aspects concerning the fundamental bases of communications and the VoIP will be studied, later will be looked for information and with it will be formed a database of the current costs, benefits and development of the equipment and systems of communications.

Using the database, it will be possible to make comparisons between elements and systems in order to solidify the network proposal of the last chapter

PRESENTACIÓN

La infraestructura para la comunicación en las organizaciones es una prioridad y de significativa importancia. Actualmente las telecomunicaciones proporcionan grandes beneficios apoyados en las crecientes tecnologías informáticas, por lo que una central telefónica digital brinda grandes oportunidades, disminuyendo los costos de implementación y el consumo de recursos de infraestructura respecto a una central de telefonía tradicional.

Una centralita digital institucional, se encarga de las comunicaciones internas sin tener que enviar la información fuera de la misma, esto aumenta la velocidad de las comunicaciones y disminuye el costo de conexión a internet o enlace telefónico. Esto trae también una mejoría en las comunicaciones ya que no permite la saturación de las líneas telefónicas hacia afuera de la red LAN del instituto.

El servicio que se implementará en el instituto es de gran importancia frente a las grandes necesidades de comunicaciones que todas las instituciones poseen, más aun siendo una institución emblemática del sistema educativo ecuatoriano.

Así como en ésta institución, la demanda de la implementación de sistemas de telefonía IP, crece con el avance de la tecnología y con el crecimiento de las organizaciones industriales en el país, es por ello que el abordaje del estudio del arte permitirá identificar las vulnerabilidades y fortalezas que presentan las diferentes soluciones actuales en sistemas de telefonía IP y de esta manera poder generar la mejor estrategia para solucionar y cubrir la mayor cantidad de necesidades de comunicaciones propias de la institución.

Entre las principales ventajas que se presentan para la institución, se encuentra la capacidad de cubrir una necesidad imperante de comunicación mediante la implementación de un sistema de telefonía que satisfaga las necesidades actuales y futuras del Instituto.

Anteriormente el instituto se encontraba alojado en las instalaciones de la unidad educativa 17 de Julio sede Ibarra, de la que formaba parte. En estas condiciones se poseía una red de telefonía IP que acogía todas las oficinas administrativas, observándose excelentes resultados en la red de telefonía respecto a la red de telefonía analógica a la cuál reemplazó. Se observaron grandes cambios en mejoras, tales como: disminución del número de enlaces telefónicos analógicos, disminución del costo que conlleva la manutención de dichas líneas telefónicas y aumentó la calidad de las comunicaciones internas de la institución.

El instituto superior “17 de Julio” sede Yachay, es una institución en construcción y en crecimiento por la gran demanda de estudiantes para las carreras que en ella se ofertan; se encuentra a dos kilómetros del centro poblado del cantón Urcuqui, y al ser una institución educativa emblemática reconstituida, hace que sean razones suficientes para no dejar de lado las comunicaciones del personal institucional.

Este sistema de telefonía IP se extenderá en todas las instalaciones del instituto, el mismo que se encuentra dotado de salas de reuniones, de salones administrativos, salas de docentes y coordinadores, de aquí la necesidad de la recolección de datos importantes y todas las necesidades presentes en el instituto.

Este proyecto además pretende proporcionar un servicio de valor agregado a esta red de telefonía IP, involucrando una comunicación IP inalámbrica para todos los docentes del instituto que posean un Smartphone a su disposición.

Capítulo 1.- Fundamentos teóricos

1.1.- Aspectos relevantes de la VoIP

La telefonía IP consta de un conjunto amplio de conocimientos por lo que en este trabajo solamente se tomarán en cuenta aquellos aspectos que determinen el camino hacia el objetivo planteado. En éste apartado se describen algunos aspectos generales y procedimientos que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar una red de telefonía IP (VoIP).

Para iniciar es necesario citar la pila de protocolos que intervienen en la telefonía IP, la misma que contiene protocolos de señalización y de transporte de datos.

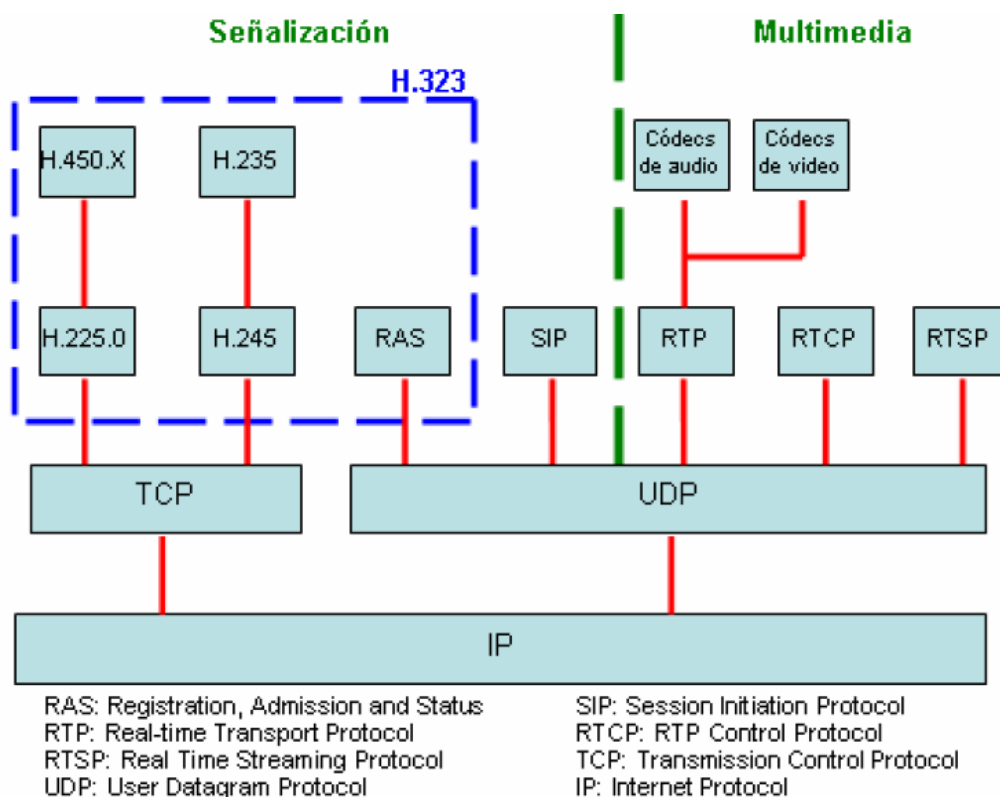


Gráfico N° 1.- Pila de protocolos de la VoIP

Fuente: (Diego, 2007)

La telefonía IP presenta varios protocolos, unos trabajando independientemente y otros trabajando sobre los protocolos ya establecidos por las redes de datos. En el gráfico 1 se puede observar que no se toma en cuenta las dos primeras capas de comunicaciones, ya que puede estar soportado por cualquier tecnología.

Se puede observar además que implementan protocolos de señalización y de transporte tanto sobre TCP como UDP aprovechando las características intrínsecas con las que fueron creadas. Los protocolos de transporte RTP, RTCP y RTSP son comunes para todos los protocolos de señalización.

Los protocolos de señalización son los encargados de establecer, mantener y finalizar una llamada, mientras que los protocolos de transporte son quienes se encargan de llevar la carga útil de una conversación de un usuario a otro.

El protocolo H.323 fue el primero en aparecer para la telefonía IP, estuvo pensado para que sea un protocolo seguro de comunicaciones y a la vez rápido, es por ello que los protocolos de señalización son transmitidos a través de TCP, ya que brinda seguridad y confiabilidad a la hora de intercambiar los datos del establecimiento de una llamada mientras que se envían los datos de la comunicación a través de UDP, asegurando la velocidad en la comunicación.

El problema surgió debido a que demoraba demasiado tiempo en el establecimiento de la llamada.

Posteriormente, el protocolo IAX resuelve el problema de H.323, enviando los datos de señalización a través de UDP con características propias adicionales de seguridad que hacen que este protocolo sea mayormente usado en enlaces troncales. Aumenta la velocidad de las comunicaciones, pero se vuelve muy complejo de implementar.

Finalmente, el protocolo SIP reúne las mejores características de los protocolos anteriores tales como: velocidad, confiabilidad, seguridad y facilidad de implementación para constituirse como el protocolo más usado en la actualidad y con proyección al futuro de las comunicaciones VoIP.

Para el diseño de una red de telefonía IP es necesario primero tomar en cuenta los aspectos técnicos y las funciones que cumple cada una de las capas de la pila de protocolos, es por ello que a continuación se describe cada una con referencia a la pila de protocolos del modelo ISO/OSI.

- 1. Capa Física:** Definir la red interna necesaria que soporte las características de la telefonía IP en caso de no existir, de lo contrario enlistar las características técnicas de la red interna de la institución (cableado estructurado, tipo de categoría de par trenzado, conexión WI-FI) y el tipo de acceso telefónico con la que se comunica a la PSTN
- 2. Capa Enlace de Datos:** Definir la arquitectura a nivel de enlace (por lo general Ethernet). Esta capa está distribuida lógicamente con equipos de networking (switches) que están conectados en cada edificio o departamento de la institución.
- 3. Capa de Red:** Se utiliza el protocolo IP. Determinar la distribución de cada una de las direcciones en el área física de la institución y enlistar las que se encuentran libres y ocupadas, así como sus subdivisiones por VLAN's que se encuentran configuradas en el switch de capa tres o en el router. Además, para el diseño del nuevo sistema de telefonía IP, es necesario saber la cantidad de ancho de banda que se debe asignar para brindar un servicio con calidad.
- 4. Capa Transporte:** Para que la red interna de datos, brinde el servicio de telefonía IP se debe utilizar un protocolo de transporte que no esté orientado a conexión (UDP), puesto que

no hace un control de flujo ni de errores y no permite retransmisiones, cambiando la confiabilidad por una ganancia de velocidad, propia de aplicaciones VoIP. Además del protocolo UDP, se trabaja con el protocolo RTP, su función es multiplexar varios flujos de datos en tiempo real en un solo paquete UDP.

5. **Capa Sesión:** Esta capa es la encargada de establecer y finalizar el enlace de comunicación entre dispositivos emisores y receptores y de gestionar la sesión. Se utiliza el protocolo SIP, H.323 o IAX para la señalización que establece, configura, modifica y finaliza sesiones multimedia, trabajando entre la central de voz y los terminales.
6. **Capa Presentación:** Se encarga de cifrar los datos, también los comprime para reducir su tamaño. Por lo que en esta capa se determinará el códec apropiado para la telefonía IP. Para las redes telefónicas, el MOS ayuda a considerar la calidad de servicio.
7. **Capa Aplicación:** Proporciona la interfaz y servicios que soportan las aplicaciones. Es lo que se encuentra a la vista del usuario. Es el software que se elige, de acuerdo a las normas y recomendaciones que se ajuste a los requerimientos (Asterisk, Elastix, Trixbox, etc).

Varias de estas capas no presentan problemas a la hora de establecer sus valores, ya que la experiencia permite determinar las mejores características y prestaciones de los elementos involucrados.

El estudio a continuación, nos permitirá resolver muchos problemas en los que hay que poner cierto grado de atención, de manera que se tenga una comunicación con un buen grado de servicio, dichos problemas se encuentran en las tres últimas capas del modelo ISO/OSI.

1.1.1.- Códec y ancho de banda

Para el cálculo del ancho de banda total para el servicio de comunicaciones, es necesario tomar en cuenta que los códec utilizados para la compresión del audio, y en otros casos del video, son aquellos que determinan la capacidad que deben tener los sistemas de transmisión (ancho de banda total); es así que, los protocolos de señalización, transporte y seguridad no constituyen uso significativo del ancho de banda de la red de datos. A continuación, se hace un resumen de los códec utilizados para la compresión de audio.

Tabla 1: Códec de banda estrecha

Códec	Nombre	Tasa de bit (Kbps)	Tarado (ms)	Comentarios
G.711	PCM: Pulse Code Modulation	64 / 56	0,125	Utiliza dos posibles leyes de compresión: μ -law y A-law
G.723.1	Hybrid MPC-MLQ and ACELP	6,3 / 5,3	37,5	Desarrollado inicialmente para videoconferencias en la PSTN. Se utiliza actualmente en VoIP
G.728	LD-CELP: Low-Delay Code Excited Linear Prediction	40 / 16 / 12,8 / 9,6	1,25	Diseñado para aplicaciones DCME (Digital Circuit Multiplex Encoding)
G.729	CS-ACELP: Conjugate Structure Algebraic Codebook Excited Linear Prediction	11,8 / 8 / 6,4	15	Ampliamente utilizado en aplicaciones de VoIP, a 8 KHz
AMR	Adaptative Multi Rate	12,2 a 4,75	20	Utilizado en redes celulares GSM
iLBC	internet Low Bitrate Códec	15,2 / 13,33	20 / 30	Utilizado en VoIP por su robustez ante pérdida de paquetes

Fuente: Voz sobre IP: Protocolos y Códec's. 2012

Tabla 2.- Códec de Banda Ancha

Códec	Nombre	Tasa de bit (Kbps)	Retardo (ms)	Comentarios
G.722	Sub-band ADPCM	64 / 56 / 48	3	Originalmente creado para audio y videoconferencias. Actualmente utilizado en servicios de telefonía de banda ancha en VoIP
G.722.1	Transform Coder	32 / 24	40	Usado en audio y videoconferencias
G.711.1	WideBand G.711	96 / 80 / 64	11,875	Amplía el ancho de banda del códec G.711, optimizando su uso para VoIP
G.729.1	WideBand G.729	8 a 32	49	Amplía el ancho de banda del códec G.729, optimizando su uso para VoIP con audio de alta calidad
G.722.2	AMR-WB	23,85 a 6,6	25,9375	Estándar en común con 3GPP

Fuente: Voz sobre IP: Protocolos y Códec's. 2012

Tabla 3.- Códec de Banda Súper Ancha

Códec	Nombre	Tasa de bit	Retardo (ms)	Comentarios
G.711.1 SWB	G.711.1 Superwideband	128 a 96	12,8125	Extensión interoperable con G711 y G711.1
G.722 SWB	G.722 Superwideband	96 / 80 / 64	12,3125	Extensión interoperable con G.722
G.722.1C	Anexo C de G.722.1	48 / 32 / 24	40	Optimizado para su uso en tiempo real
SILK	SILK	8 a 24	25	Utilizado por <i>Skype</i>

Fuente: Voz sobre IP: Protocolos y Códec's. 2012

Tabla 4.- Códec de Banda Completa

Códec	Nombre	Tasa de bit	Retardo (ms)	Comentarios
G.719	Low-complexity, full-band	32 a 128	40	Primer códec <i>fullband</i> estandarizado por la ITU-T [26]

Fuente: Voz sobre IP: Protocolos y Códec's. 2012

1.1.2.- Cálculo de ancho de banda para una llamada VoIP

El procedimiento para calcular el ancho de banda necesario para una llamada VoIP se resume en los siguientes pasos:

Paso 1: Seleccionar el códec de audio (y/o video en caso de requerirlo) que se utilizará en las comunicaciones. Es necesario tomar en cuenta sus especificaciones técnicas como el período de empaquetamiento del códec y el ancho de banda del códec (bit rate) los mismos que permitirán calcular la carga útil (payload o tamaño de empaquetamiento). En su defecto, se puede encontrar directamente la carga útil que genera el códec.

Tabla 5.- Comparación de Códec

Nombre Códec	Bit Rate o Ancho de Banda del códec	Sampling Rate	Período de Empaquetamiento	MOS (Mean Opinion Score)	Licencia
	(Kb/s)	(KHz)	(ms)		
G.711	64	8	20-30	4.1 a 4.4	No
G.722	64	16	20-30	3 a 4	No

G.726	32	8	20-30	3.85	No
G.729	8	8	20	4	Si
GSM	13	8	20	3.7	No
Speex	8/16 /32	8/16/32	30	3	No
iLBC	8	13,3	20-30	2	No

Fuente: Adaptado de (Taboada, 2014)

Paso 2: Calcular el tamaño de empaquetamiento (payload o carga útil) en Bytes del códec seleccionado de la siguiente manera:

Tamaño de empaquet. = Período de Empaquet × Ancho de Banda Códec

$$\text{Tamaño de empaquetamiento} = PE [ms] \times AB \left[\frac{Kb}{s} \right]$$

Al simplificar las unidades de medida tendremos el resultado en bites, por lo que hay que dividir para 8 para obtenerlo en Bytes:

$$\text{Tamaño de empaquetamiento} = \frac{\# \text{ bites}}{8}$$

$$\text{Tamaño de empaquetamiento} = \# \text{ Bytes}$$

Paso 3: Determinar el tamaño de la cabecera de protocolo de cada capa de Networking que formen parte de la red de telefonía IP, ya sea del modelo OSI, TCP/IP, Frame Relay, etc., los mismos que añadirán datos adicionales a los ya obtenidos de la codificación de voz.

En el caso de una red TCP/IP se tomarán en cuenta los encabezados de los protocolos: ethernet, capa de Enlace, IP, UDP y RTP

Es necesario obtener la información necesaria del enlace de comunicaciones, es decir, se tomará en cuenta todas las cabeceras de los protocolos con los que cuenta como cRTP, IPSec o MPLS para determinar el tamaño de la cabecera de protocolo de la capa enlace, de la misma manera en caso de tener en la red (capa de red) configurado un protocolo tipo túnel o usar control del protocolo de transporte (capa de transporte). (Taboada, 2014)

Para los fines consiguientes se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones técnicas:

- 40 bytes para encabezados: IP (20 bytes), Protocolo de datagrama de usuario (UDP = 8 bytes), Protocolo de transporte en tiempo real (RTP = 12 bytes).
- El Protocolo de tiempo real comprimido (cRTP) reduce los encabezados IP/UDP/RTP a 2 ó 4 bytes (cRTP no está disponible en Ethernet).
- 6 bytes para el Protocolo punto a punto de enlaces múltiples (MP) o para el encabezado de capa 2 (L2) del Foro de Frame Relay (FRF).
- 1 byte para el indicador de fin de trama en las tramas MP y Frame Relay.
- 18 bytes para los encabezados Ethernet L2, incluidos 4 bytes de Secuencia de verificación de tramas (FCS) o Verificación por redundancia cíclica (CRC).
(Cisco Systems Inc, 2014)

Paso 4: Obtener el tamaño total del paquete de datos que cursará en la red de telefonía IP, para ello se debe sumar el tamaño de empaquetamiento con el tamaño de todas las cabeceras.

Además, se calcula el tamaño del paquete utilizando la cabecera 802.1Q en caso de tener configuradas VLAN's. Overhead Ethernet Trunk 802.1Q = 22 bytes.

Paso 5: Determinar la velocidad del paquete en PPS (paquetes por segundo)

para ello usamos la siguiente fórmula:

$$\text{Velocidad del paquete [pps]} = \frac{1}{\text{Período de Empaquetamiento}}$$

Se utiliza el periodo de empaquetamiento del códec utilizado para la compresión de datos.

O en su defecto se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$PPS = \frac{\text{Velocidad de bits del códec}}{\text{tamaño de la carga útil de voz}}$$

Paso 6: Calcular el ancho de banda total usando los datos calculados anteriormente, el valor del ancho de banda será:

$$\frac{\text{Tamaño total del paquete}}{\text{Tamaño del Payload}} = \frac{\text{Ancho de banda total}}{\text{Ancho de banda teórico}}$$

O en su defecto, al despejar el Ancho de Banda Total de la ecuación se tiene:

$$\text{Ancho de Banda total} = \text{Tamaño total del paquete} * PPS$$

El ancho de banda teórico es el ancho de banda del códec o velocidad de bits también llamado ancho de banda nominal.

Paso 7: Aplicar VAD (Detección de Actividad de Voz) para la detección de silencios. Se estima que un promedio de un tercio de las llamadas de voz permanece en silencio; por este motivo se debe aplicar el método VAD para eliminar patrones de silencio; el cual reduce el AB un 35% de lo que realmente requiere.

Para dimensionar canales para VoIP, el VAD no se toma en cuenta, especialmente en canales que transporten menos de 24 canales de forma simultánea.

Ahora, es necesario también calcular el número de troncales (Dimensionamiento telefónico) requeridas para un mínimo GoS. Puesto que este cálculo es complejo para realizarlo matemáticamente se hace uso de las tablas de Erlang B y Erlang C. Este cálculo se realiza con los valores del flujo de tráfico y el GoS. (Taboada, 2014)

1.1.3.- Dimensionamiento telefónico

Para el dimensionamiento telefónico se puede ayudar de las técnicas de Ingeniería de Tráfico y Teoría de Colas, estas importantes técnicas permitirán dimensionar cuántas líneas telefónicas se necesitan en una instalación de telefonía.

Para calcular el tráfico en Erlang se puede proceder de la siguiente manera:

1. **Encontrar el tráfico total en un lapso de tiempo (hora pico):** Es decir, sumar el tiempo de todas las llamadas durante un lapso de tiempo cualquiera y convertir este valor a horas.
2. **Encontrar el tráfico por unidad de tiempo:** Es decir, dividir el total anterior para el lapso de tiempo en el que se tomó la muestra, en horas.

Existen dos modelos, B y C, en las teorías de Erlang que se utilizan en telefonía. El modelo C se utiliza para calcular probabilidades en llamadas que entran a colas, usado generalmente en la administración de *CALL CENTER*.

El modelo Erlang B es utilizado para determinar el número de líneas necesarias (líneas telefónicas analógicas o también canales digitales) en aquellos escenarios en los que las llamadas no entran en colas y son boqueadas cuando las líneas están ocupadas.

Este modelo propone una fórmula matemática que relaciona el tráfico pico (el tráfico en la hora de mayor actividad) y el Grado de Servicio (GOS por sus siglas en inglés) como parámetros que influyen directamente en el número de líneas necesarias para el enlace telefónico. (Landivar, 2009)

$$GOS = \frac{\frac{E^N}{N!}}{\sum_{i=0}^N \frac{E^i}{i!}}$$

La fórmula Erlang B asume que una llamada bloqueada es realmente bloqueada, es decir que no entra a una cola. O sea que si todas las líneas se encuentran ocupadas el llamante obtendrá tono de ocupado en lugar de ingresar a una cola. Esto es verdad para la mayoría de PBX.

Donde:

E: es el valor del tráfico pico (en Erlang)

N: es el número de líneas telefónicas

La hora de tráfico Pico son los 60 minutos de un día, en el que el tráfico de telefonía registra un aumento considerable, es decir, es la hora en el cual las llamadas telefónicas tienen un máximo tráfico.

Para calcular la hora de tráfico pico de manera rápida, se debe tomar en cuenta 1 día de los días laborables del mes y a ese tráfico multiplicarlo por el 15% o 17%, pues se considera como regla general del mayor tráfico que ocurre durante un día.

El flujo de tráfico (cantidad de tráfico) o tráfico ofrecido, medido en Erlang, puede ser calculado usando:

$$A = C * T$$

Dónde:

- A: tráfico ofrecido (cantidad de tráfico que cursa la red)
- C: número de llamadas originadas en una hora
- T: tiempo promedio de duración de una llamada

Mediante la tabla de Erlang B y C, conociendo el número de canales y el tiempo promedio de una llamada, también se puede encontrar la cantidad de tráfico que cursa la red.

El grado de servicio (GoS) se define como la probabilidad de bloqueo de una llamada al primer intento en la hora pico. Para que el GoS sea aceptable, el valor de la probabilidad debe ser menor a 1% de bloqueo en la hora pico. La fórmula simplificada es: (Taboada, 2014)

$$GoS = \frac{\# \text{ llamadas rechazadas}}{\# \text{ llamadas realizadas}}$$

Tabla 6.- Criterios de GoS

GoS	Percepción del servicio por parte del llamante
De 0 a 0.02	De excelente a muy bueno, casi no se rechazan llamadas. El valor 0 no es posible.
De 0.03 a 0.06	De normal a aceptable. Un valor de 0.03 a 0.04 es el más comúnmente usado.
De 0.07 a 0.10	Malo
De 0.10 en adelante	Pésimo, Terrible. Quiere decir que el 10% de llamadas obtendrán ocupado.

Fuente:
Comunicaciones
unificadas con
Elastix.

Volumen 2. 2009

Estos criterios de grado de servicio dependerán de la importancia que tenga para la empresa, perder una llamada, la misma que puede ser diferente para diferentes negocios o áreas del mismo negocio. (Landivar, 2009)

1.2.- Soluciones propietarias en telefonía IP

Las operadoras telefónicas, como Vodafone en Europa, intentan adentrarse en el ámbito de la telefonía IP ofreciendo varios servicios como la implantación de centralitas virtuales, bonos, llamadas IP a teléfonos fijos utilizando la red de telefonía celular y llamadas gratuitas entre teléfonos de la misma operadora, sin embargo, aún existe un largo trecho para que puedan llegar a ofrecer un servicio de cimientos sólidos.

Si bien, la telefonía IP no constituye un servicio que puedan ofrecer las grandes empresas de telecomunicaciones, sin embargo, es un ámbito empresarial que genera buenos beneficios para grupos de redes y comunicaciones de alcances menores, así es que, empresas medianas se han

centrado en desarrollar y brindar estas prestaciones. Existen grandes proveedores que han hecho negocio de la telefonía IP, ofreciendo hardware y software dedicados para estos fines; algunos de ellos serán descritos en este capítulo con el fin de observar las ventajas y desventajas entre soluciones propietarias y libres.

La principal desventaja de utilizar una solución de telefonía IP propietaria es que el acreedor se encuentra atado a un solo proveedor o marca comercial, sin embargo, esta misma característica hace que todo el conjunto de profesionales que se encuentran de tras de dicha tecnología puedan ofrecer asesoramiento profesional para la solución de problemas.

1.2.1.- Panasonic

En el 2007, Panasonic lanzó al mercado los PBX para VoIP modelo KX-TDE100 y KX-TDE200 que permitirán construir un completo sistema de telecomunicaciones, eficiente y que permita disminuir los costos de operación.

Su capacidad brinda la posibilidad de conexión con hasta 128 troncales y 256 extensiones, con la posibilidad de mezclar troncales y extensiones físicas y virtuales, incluyendo las opciones de teléfonos virtuales Softphones.

Estos equipos PBX ofrecen la posibilidad de trabajar simultáneamente con líneas convencionales, analógicas o ISDN, en combinación con VoIP, para facilitar la migración de las empresas a este sistema de telecomunicación.

Los PBX Panasonic cuentan con características como la operación inalámbrica, la opción de correo de voz y la función de CTI (Computer Telephony Integration).

Estos nuevos conmutadores IP PBX trabajan con cualquier tipo de equipo telefónico: digital, DECT, inalámbrico o los nuevos teléfonos para VoIP. Además de ser compatibles con la oferta de teléfonos VoIP actuales, sean analógicos, digitales o Softphones IP.

Algunas características que incluyen estos conmutadores IP PBX son: compatibilidad total con IP, que facilitan la construcción de un sistema de VoIP de bajo costo, aprovechando la capacidad y flexibilidad de la red de Internet; Versatilidad, pues ambos equipos, KX-TDE100 y KX-TDE200, son compatibles con la infraestructura telefónica existente, ya sean líneas análogas, ISDN o cualquier otra; Sistema de Correo de Voz integrado, ya que ofrecen un sencillo sistema de Correo de Voz preinstalado compatible con los servicios de mensajería existentes; Extensiones móviles mejoradas, ya que al tener una extensión asignada, es posible utilizar la programación y ajustes de la misma en cualquier sitio, sin importar que se trabaje desde otra oficina de la empresa o que no se cuente con un espacio de trabajo fijo.

Cabe mencionar que los diferentes modelos de terminales ofrecen pantallas de gran tamaño con despliegue de información alfanumérico, teclas electrónicas de programables, modulo Bluetooth compatible con auriculares inalámbricos, teclas de navegación y un segundo puerto IP. (Vásquez, 2007)

Panasonic presenta diferentes plataformas de red para telefonía IP con integración de su tecnología OneNet en toda su familia de plataformas. La tecnología One Net es la evolución de las comunicaciones unificadas de Panasonic con características y funcionalidades como:

- ✓ Funciones comunes, disponibles en toda la gama de plataformas de comunicación.
- ✓ Amplia transparencia de funciones, con diferentes usuarios y en varios lugares.
- ✓ Soluciones ampliables.
- ✓ Aplicaciones optimizadas como las soluciones intuitivas de colaboración y multi-conferencia, y mejoras en la integración CTI (Computer Telephony Integration).

La tecnología One Net permite a las empresas crear equipos virtuales y compartir recursos más eficientemente mediante mejoras en la distribución de llamadas, buzón de voz centralizado, multi-conferencias y la integración móvil. Permite además escalabilidad mediante la utilización de funciones de forma transparente en varias ubicaciones y con diferentes usuarios, hasta un máximo de 8 sistemas PBX integradas en una única red o hasta 100 sitios con enlaces QSIG. También es posible incorporar empleados en un mismo grupo de búsqueda, aunque estén en diferentes oficinas.

One Net además mejora el uso de los sistemas de procesamiento de voz, ya que ofrece un uso ampliado de los sistemas centralizados de buzón de voz. El redireccionamiento de llamadas, la transferencia ciega y el acceso a equipos informáticos permiten a los usuarios centralizar los sistemas de procesamiento de voz, con lo que se consigue aumentar la productividad y eficiencia.

Panasonic ofrece diferentes tipos de tecnologías para centrales de telefonía IP, analógicas e híbridas, las mismas son:

- Centrales IP serie NCP
- Centrales Puras IP
- Centrales Digitales e Híbridas
- Centrales SIP DECT
- Centrales Analógicas

Centrales IP serie NCP

Una central con los requerimientos necesarios para una pequeña o mediana empresa de este tipo es la *CENTRAL IP KX-NCP500* con tecnología OneNet ofreciendo una solución de comunicación empresarial avanzada para un máximo de 64 usuarios, equipada con mensajería de voz y funcionalidad DISA integradas, capacidad para conexión de terminales digitales e IP y Líneas SIP, Digitales y analógicas.

Posee, una aplicación de movilidad que adapta a los teléfonos móviles como extensiones de oficina, soporte de extensión IP para ordenador de sobremesa y soporta gestión centralizada y mejorada.

Centrales Puras IP

Las centrales puras IP serie KX-TDE de Panasonic son plataformas de comunicación que están destinadas a empresas con una o varias sedes y de cualquier tamaño (pequeña, mediana o gran empresa) y ofrecen soluciones de

comunicación avanzadas que aportarán las herramientas necesarias para lograr ventajas competitivas sobre la competencia.

Las centrales puras IP serie TDE de Panasonic cuentan ahora con la tecnología Onenet, lo que les permite incluir funciones y aplicaciones. Las centrales puras IP potencian las posibilidades de la empresa con una solución SIP integrada que satisface todas las necesidades actuales y de futuro: movilidad inalámbrica, aplicaciones de productividad, soluciones de red y una infraestructura común dirigida a las empresas con oficinas en distintas ubicaciones y para que todos los usuarios estén conectados con los clientes, estén donde estén.

De la misma manera, una central con los requerimientos necesarios para una pequeña o mediana empresa de este tipo es la *CENTRAL PURA IP KX-TDE100* siendo la más pequeña de la serie TDE de Panasonic, y al igual como sus hermanas mayores, *CENTRAL PURA IP KX-TDE200* y *CENTRAL PURA IP KX-TDE600*, es compatible con una gran variedad de avanzados teléfonos IP, así como con extensiones analógicas y digitales y líneas externas digitales y RDSI. Esta central está diseñada para empresas de hasta 256 usuarios.

La central pura IP KX-TDE200 es un sistema avanzado que permite hasta 256 usuarios con capacidad multi-sede y la central IP KX-TDE600 OneNet está diseñada para empresas de hasta 1100 usuarios. (GRUPO ATTI, s.f.)

Centralitas Digitales

Dos modelos de Centralita Digital, Ideal para empresas de 5 a 22 empleados con comunicación flexible y eficiente (Analógica, RDSI, VoIP) son las Centralitas

híbridas Serie TDA15 y TDA30 de Panasonic, pensadas para cubrir las necesidades de los clientes de hoy y del futuro.

Estas Centralitas combinan la fiabilidad de una PBX con la tecnología IP, ofreciendo de esta manera comunicaciones flexibles y eficientes. La eficiencia de costes supera la barrera entre las necesidades actuales en telecomunicaciones y la futura demanda de soluciones integradas. Las aplicaciones incluyen: Buzón de voz, Software de gestión de llamadas, Telefonía inalámbrica (DECT), Auriculares integrados, Integración de tecnología informática (CTI), Sucursales remotas y Soluciones de trabajo local. (Electrónica Villbar, s.f.). Por otro lado, están las centralitas *CENTRAL KX-TES824 AL* y la *CENTRAL KX-TEM824*

Centrales SIP DECT

La serie TGP de centralitas telefónicas SIP Dect - sistemas telefónicos inalámbricos de Panasonic aportan una sorprendente calidad de voz de alta definición, así como una amplia gama de opciones y características. (GRUPO ATTI, s.f.)

1.2.2.- Cisco

La telefonía IP de Cisco comprende dos categorías: Procesamiento de llamadas y Teléfonos IP como fijos, inalámbricos y Softphones (Software emulador de teléfonos).

Las soluciones de procesamiento de llamadas abarcan desde el Sistema de Comunicaciones Inteligentes de Cisco (Cisco Smart Business Communications

System - SBCS) hasta el Cisco Unified Communications Manager Express apropiado para la pequeña-mediana empresa (PYME).

Estos sistemas de procesamiento de llamadas proveen servicios de voz, vídeo, movilidad y presencia a los teléfonos IP, dispositivos de procesamiento multimedia, gateways de VoIP, dispositivos móviles, y aplicaciones multimedia.

Los teléfonos IP de Cisco están disponibles tanto en versión inalámbrica como en teléfonos fijos y funcionan como terminales para Cisco Unified Communications Manager, y en sus versiones Business Edition, Express, SBCS, y aplicaciones XML. Los Softphones como Cisco IP Communicator y Cisco Unified Personal Communicator están también disponibles para extender la funcionalidad de voz y multimedia a clientes que utilizan ordenadores basados en Windows o Mac.

Los productos de telefonía IP soportan un amplio abanico de capacidades basadas en el Protocolo de Inicio de Sesión SIP, incluyendo:

- ✓ Aplicaciones de presencia
- ✓ Teléfonos IP de Cisco con soporte para SIP avanzado
- ✓ Soporte para teléfonos de terceros basados en SIP
- ✓ SIP trunking
- ✓ Session Border Control
- ✓ Administración y mantenimiento simplificados, incluyendo la introducción de un modelo de implementación de dispositivo para Cisco Unified Communications Manager

Esta red provee de una infraestructura optimizada para las comunicaciones alámbricas e inalámbricas basadas en IP, además soportan Cisco Unified Border Element, un robusto y escalable Session Border Controller (SBC) para la interconectividad sencilla y económicamente productiva entre redes VoIP y teléfonos analógicos que utilicen su equipamiento actual. (CISCO, 2016)

1.2.3.- Alcatel

La gama de productos *OmniPCX Office* ofrece las mejores funciones del mercado y ha ganado premios del sector en muchos países.

OmniPCX Office Compact Edition

VoIP Alcatel OmniPCX Office es un servidor de aplicaciones, lo que significa que el software está precargado y, en consecuencia, las operaciones de instalación y mantenimiento son muy sencillas por lo que la rentabilidad aumenta.

(ALCATEL-LUCENT, 2008) La centralita Alcatel OmniPCX Office Compact Edition es una solución ideal para PYMES o de reciente creación, ya que gracias a su flexibilidad, admite tantas ampliaciones en el futuro como su negocio requiera. (ALCATEL-LUCENT, s.f.)

1.3.- Soluciones libres en telefonía IP

1.3.1.- Asterisk

Asterisk es un sistema operativo dedicado a las telecomunicaciones, es de código abierto con licencia GPL que significa que puede ser copiado y transferido de una persona a otra y que puede ser editado a consideración del usuario siempre que se facilite el código fuente. Contiene un conjunto de aplicaciones que permite constituir una centralita telefónica robusta con características adicionales como correo electrónico, fax entre otros, todas estas encontradas y ofrecidas por empresas propietarias a costos muy elevados.

Asterisk se desarrolla en base al sistema operativo Linux como kernel, aunque actualmente se encuentra soportado sobre otras plataformas operativas con menos soporte que el primero. Además, es un sistema que proporciona soporte y compatibilidad con varios protocolos de comunicación VoIP, los mismos que pueden ser configurados de acuerdo a los requerimientos del usuario.

Asterisk Puede funcionar como cualquier central tradicional, e incorpora todas sus funcionalidades, compuesto por una serie de elementos básicos y avanzados descritos a continuación:

Funciones básicas:

- Compatibilidad para conexión con líneas de telefonía tradicional, mediante interfaces de tipo analógico (FXO) para líneas de teléfono fijo o móvil y RDSI (BRI o PRI).
- Soporte para extensiones analógicas bien para terminales telefónicos analógicos, terminales DECT o bien equipos de Fax.

- Soporte de líneas IP (Trunks): SIP, H.323 o IAX.
- Soporte para extensiones IP: SIP, SCCP, MGCP, H.323 o IAX.
- Música en espera basada en archivos MP3 y otros.

Funciones básicas de Usuario:

- Transferencias (Directa o Consultiva)
- Desvíos
- Capturas (de grupo o extensión)
- Conferencia múltiple
- Aparcamiento de llamadas (call parking)
- Llamada directa a extensión
- Retro-llamada (Callback) - Llamada automática cuando esté disponible
- Paging – Megafonía a través del altavoz del teléfono
- DND (Do Not Disturb: No molestar)

Funciones avanzadas (las más importantes)

- Buzón de voz
- Sistema de audio conferencias
- Operadora automática (IVR)
- Informes detallados de llamadas (CRD)
- Sistema automático de distribución de llamadas entrantes (ACD)
- Integración con sistemas de gestión comercial (CTI) o de atención al cliente (CRM)

- Centro de contacto IP (IPCC), integración con sistemas avanzados de gestión de centros. (Pablo Rivera Calero, 2014)

REQUISITOS DE HARDWARE

Debido a que el funcionamiento de Asterisk requiere un alto trabajo matemático, es esencial elegir un procesador con FPU poderoso. La eficacia de estos cálculos no está dada tan solo por el Clockspeed del procesador si no que por el poder del FPU del interior.

Para elegir una placa base acorde con el sistema debemos tener en cuenta las siguientes directrices:

1. Con el fin de generar la mejor latencia posible para la tarjeta que conecta el servidor con la PSTN, como las tarjetas Zaptel que genera alrededor de 1000 interrupciones por segundo, es recomendable usar una placa base con chipset Intel para CPU Intel y una nVidia nforce para CPUs AMD.
2. Para el manejo de tarjetas Zaptel es recomendable el manejo de IRQ por BIOS para tener mejor control sobre las IRQ. Para este caso es recomendable una placa madre con APIC-PERMITIDAS para el control de IRQs.
3. Si va a trabajar con tarjetas Zaptel es recomendable trabajar con placas madres destinadas a servidores ya que estas poseen un slot PCI de 3.3V (32 bits 33Mhz) slot del cual las placas madres orientadas a Desktop carecen, las placas madres de desktop solo traen slot PCI de 5V 64 bits.
4. Es recomendable evitar las placas madres que contengan componentes integrados como audio o video, ya que en un sistema Asterisk nunca se

necesitan todos los componentes, esto además ayuda a mantener en línea los costos.

Teniendo en cuenta estas directrices podemos decir que Asterisk es posible de instalar y trabajar sobre casi cualquier computador de escritorio de forma de prueba, pero si necesitamos instalarlo en un ambiente de producción debemos tener en cuenta más opciones de hardware.

Para determinar el Hardware adecuado a utilizar se debe entender cómo trabaja el sistema Asterisk y además tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. **Número máximo de conexiones simultáneas:** Se refiere a la cantidad de llamadas simultáneas que puede manejar la máquina.
2. **Porcentaje de tráfico que requerirá Digital Signal Processing (DSP):**
Asterisk trabaja con DSP para trabajar con las señales analógicas y digitales, lo que implica un alto impacto en el funcionamiento de éste, básicamente con el número de llamadas que puede manejar en forma simultánea, por ejemplo: Transmitiendo 50 llamadas G711 en una conferencia de 10 canales G729 comprimidos.
3. **¿Transmitirá conferencias sobre su sistema Asterisk?:** Transmitir conferencias de streammig de audio y video en tiempo real puede sobrecargar de sobremanera de la CPU.
4. **Cancelación de Echo:** La cancelación de Echo sobre las llamadas hacia la PSTN es una función matemática la cual sobrecarga el uso de la CPU.

5. **Dialplan scripting logic:** Los scripts de configuración del sistema y dialplan, deberán estar incluidos en el sistema Asterisk, de lo contrario puede provocar una pérdida considerable de rendimiento.

Otras opciones de consideración son:

- a. **Codecs and transcoding:** Los códec se definen como funciones matemáticas que definen la forma en que la onda análoga será digitalizada, la diferencia entre los codecs es la forma en la que varía la calidad y la compresión que ofrecen. Por lo general más compresión significa más trabajo del Digital Signal Processing (DSP) para cifrar o descifrar la señal por ende más trabajo del CPU por su contraparte menos compresión significa mayor utilización del ancho de banda por ende se recomienda encontrar el justo equilibrio entre uso de CPU y ancho de banda a utilizar.
- b. **Unidad Central de Procesos (CPU) y Punto Flotante (FPU):** Una de las variables dentro de un CPU es la velocidad y la eficiencia de la FPU, esta tiene directa relación con la cantidad de usuarios que puede albergar un sistema Asterisk.
- c. **Otros procesos corriendo simultáneamente con Asterisk:** Los sistemas basados en Linux son multitarea esto significa que pueden correr distintos servicios o aplicaciones de forma simultánea. Por esto se recomienda si va a instalar Asterisk en conjunto con otras aplicaciones o servicios se optimice el sistema ya que todos los programas o servicios requieren tiempo de CPU y el software de Asterisk requiere de este tiempo de forma frecuente y prioritaria.

- d. **Optimización del Kernel:** Un kernel optimizado para una tarea es algo que puede ayudar mucho a mejorar su sistema Asterisk. Por lo que se recomienda bajar el último kernel disponible desde <http://www.kernel.org>, la cual debería ser compilada e instalada. Como además sus respectivos parches.
- e. **Latencias en las IRQ:** La petición de Interrupción (IRQ) es una petición desde un dispositivo para utilizar la CPU (como de la tarjeta que conecta la PSTN con el servidor), la latencia de la IRQ es el tiempo desde que un dispositivo pide utilizar la CPU y la CPU responde y está lista para realizar esta tarea.
- Las tarjetas zaptel son sumamente sensibles a esta latencia por esto se recomienda utilizar solo una tarjeta controlada en el sistema, si necesita ampliar la conectividad conviene cambiar la tarjeta por una de mayores prestaciones.
- f. **Versión del Kernel:** Última versión actualmente soportada (ERICES, 2006)

1.3.2.- Elastix

Elastix es una distribución de “Software Libre” de Servidor de Comunicaciones Unificadas que integra en un solo paquete algunas tecnologías claves como:

- VoIP PBX
- Fax
- Mensajería Instantánea
- Email

- Colaboración

Elastix implementa gran parte de su funcionalidad sobre 4 programas de software muy importantes como son Asterisk, Hylafax, Openfire y Postfix. Estos brindan las funciones de PBX, Fax, Mensajería Instantánea e Email, respectivamente. La parte de sistema operativo se basa en CentOS, una popular distribución Linux orientada a servidores. Cada uno de estos programas son desarrollados y mantenidos por diferentes compañías y comunidades. Donde está la grandeza de Elastix es en la creación de una interface Web común para la administración de estos servicios y la integración de los mismos de forma sumamente fácil y sencilla.

Las características principales de Elastix son:

- Asterisk
- Tiger CRMR and Sugar CRMR, Sistemas de CRM
- A2Billing – Plataforma de tarjetas de llamadas y facturación para Asterisk.
- Flash Operator Panel, Consola de Operadora vía Web
- Hylafax un software bastante depurado y estable para sistemas de faxes
- Openfire - Servidor de mensajería instantánea y algo más.
- FreePBX Interface de administración Web de Asterisk y componente esencial en Elastix.
- Sistemas de Reportes – Este se encarga de brindar información detallada de las operaciones de la PBX.

- OSLEC - Cancelador de Eco basado en Software
- Postfix, servidor de correos sumamente estable y ampliamente difundido.

La ventaja que tiene Elastix es que todos estos componentes vienen instalados o preinstalados de por sí al momento de realizarse una instalación. Elastix viene en un CD autoinstalable con todos los componentes en un mismo lugar, por lo que no tenemos que ser unos expertos para echarlos a andar.

Las características proveídas por Elastix son muchas y variadas, como ya se explicó, incluye varios paquetes de software, cada uno incluye su propio conjunto de características. Además, Elastix añade nuevas interfaces para el control y reportes de sí mismo, lo cual lo hace un paquete completo. Algunas de las características proveídas por Elastix son:

- Soporte para VIDEO: se puede usar video-llamadas con Elastix.
- Soporte para Virtualización: es posible correr múltiples máquinas virtuales de Elastix sobre un mismo equipo.
- Interfaz Web para el usuario: realmente amigable.
- “Fax a email” para faxes entrantes: también se puede enviar documentos digitales a un número de fax a través de una impresora virtual.
- Interfaz para tarifas.
- Configuración grafica de parámetros de red.
- Reportes de uso de recursos.
- Opciones para reiniciar/apagar remotamente.
- Reportes de llamadas entrantes/salientes y uso de canales.

- Módulo de correo de voz integrado.
- Interfaz Web para correo de voz.
- Módulo de panel operador integrado.
- Módulos extras Sugar CRM y Calling Card incluidos (Ast2billing).
- Sección de descargas con accesorios comúnmente usados.

REQUISITOS DE HARDWARE

No existe una ciencia exacta o un método infalible para dimensionar el hardware para una instalación en Elastix, ya que intervienen múltiples factores a la hora de tomar esa decisión. Para que tenga una idea sobre cual sistema es necesario, debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Cuantas extensiones (terminales) va a tener conectadas y de qué tipo:
analógicas, SIP, IAX, MGCP, SCCP, etc...
2. Cuantas llamadas simultaneas piensa ofrecer y que tipo de línea piensa tener:
primarios, RDSI básicas, analógicas, VoIP SIP, IAX, h323, etc...
3. Cuál es la concurrencia de llamadas (4 llamadas por cada 10 usuarios, 5 de 20, 10 de 10, etc.)
4. Qué códec va a utilizar (aLaw, g729, GSM, iLBC, etc.)
5. Qué tipo de red tiene en esa infraestructura: red-local, internet, framerelay, atm, ADSL, etc...

Es bueno tener siempre en cuenta que mientras menos forcemos nuestro procesador con decodificación es mucho mejor. Es decir, trabajar con archivos de

audios no codificados como son WAV para los Playbacks de grabaciones entrantes y música en espera, uLaw para las grabaciones internas del sistema, etc. (Muñoz, 2010)

1.4.- Seguridad en sistemas VoIP

La seguridad y por lo tanto los ataques, se pueden clasificar de acuerdo a diferentes puntos de vista, así tenemos la clasificación por capa del modelo de comunicaciones y por tipo de ataque.

De acuerdo al tipo de ataque, las amenazas de las redes de telefonía IP las podemos clasificar en las siguientes categorías:

- Accesos desautorizados y fraudes.
- Ataques de denegación de servicio
- Ataques a los dispositivos
- Vulnerabilidades de la red subyacente.
- Enumeración y descubrimiento.
- Ataques a nivel de aplicación.

De acuerdo al modelo de capas de comunicaciones podemos tener la siguiente clasificación de vulnerabilidades, unas afectando directamente a las comunicaciones VoIP y otras de manera indirecta ya que son problemas comunes a cualquier red de comunicaciones. (Gil, 2013)

Tabla 7.- Ataques y Vulnerabilidades por capa

CAPA	ATAQUES Y VULNERABILIDADES
Políticas y Procedimientos	Contraseñas débiles. Ej: Contraseña del VoiceMail Mala política de privilegios Accesos permisivos a datos comprometidos
Física	Acceso físico a dispositivos sensibles. Ej: Acceso físico a un gatekeeper. Reinicio de máquinas. Denegaciones de servicio.
Red	DDoS ICMP unreachable SYN floods Gran variedad de floods
Servicios	SQL injections Denegación en DHCP DoS
Sistema Operativo	Buffer overflows Gusanos y virus Malas configuraciones.
Aplicaciones y Protocolos de VoIP	Fraudes SPIT (SPAM) Vishing (Phising) Fuzzing Floods (INVITE,REGISTER,etc..) Secuestro de sesiones (Hijacking)

	Interceptación (Eavesdropping)
	Redirección de llamadas (CALL redirection)
	Reproducción de llamadas (CALL replay)

Fuente: Seguridad en VoIP: Ataques, Amenazas y Riesgos.

En dependencia del uso de las falencias en los protocolos o en los procesos de comunicación, se pueden evidenciar un conjunto de posibles ataques a la seguridad tales como el espionaje y análisis de tráfico VoIP, Suplantación e Interrupción del servicio de telefonía, entre otros, es por esto que varios autores proporcionan ciertas recomendaciones para mitigar por completo o minimizar en cierto grado los riesgos observados

1.4.1.- Protección a nivel de señalización

En el momento en que se empieza a pensar sobre la seguridad en redes VoIP, uno de los temas principales a tener en cuenta es la protección de la señalización de los mensajes o paquetes que se intercambian entre los equipos terminales VoIP y los demás elementos de la red VoIP; esto se debe a la gran cantidad de información sensible a nivel de protocolo VoIP que contienen dichos mensajes, como por ejemplo los datos del manejo criptográfico de las llamadas telefónicas, o los mensajes de petición de conexión entre dos terminales VoIP, y junto con la posibilidad de que estos mensajes pueden estar transitando por zonas de la infraestructura de red de soporte de la solución VoIP que son inseguras o con políticas de seguridad cuestionables, pueden darle a un atacante suficiente información para que pueda identificar cual es la estructura, a nivel de protocolo, de la red VoIP que desea comprometer para luego perfilar su estrategia de ataque.

Protección de la señalización en el protocolo SIP

El protocolo SIP propone en su RFC 3261, el uso de varios protocolos de seguridad de señalización, que son ampliamente reconocidos para asegurar la señalización de sus mensajes; entre los cuales se encuentran el IPSec (Internet Protocol Security) donde este protocolo genera un «túnel» de seguridad entre dos entes de la red VoIP, para que así los mensajes que transiten estén protegidos de cualquier ataque. Otra recomendación de seguridad a nivel de señalización en el protocolo SIP es el uso de TLS (Transport Layer Security), que es definido en el RFC 4346, donde se implementa una autenticación mutua entre un par de elementos de la red VoIP (terminal y servidor VoIP), este protocolo de seguridad se compone de dos capas, la primera es la llamada TLS Record Protocol o protocolo de registro TLS donde se encarga de mantener la conexión segura entre los dos puntos VoIP asegurados y la segunda capa es el TLS Handshake Protocol o protocolo de negociación TLS donde se gestionan las propiedades de criptografía utilizada en la comunicación entre los entes VoIP, para así poder generar un puente seguro entre ellos para su intercambio de mensajes VoIP. Y por último, otro de los protocolos destacados al momento de aplicar seguridad a nivel de señalización del protocolo SIP es el S/MIME (Secure / Multipurpose Internet Mail Extensions) que es especificado en el RFC 3851, el cual provee mecanismos que garantizan la integridad, autenticación y confidencialidad de diferentes mensajes, entre ellos los mensajes utilizados por el protocolo SIP, su funcionamiento a grandes rasgos es que S/MIME firma digitalmente de manera parcial o total al mensaje SIP, logrando así que el receptor del mensaje pueda

verificar si el mensaje ha sido manipulado y/o modificado en su tránsito por la red VoIP.

Seguridad a nivel de señalización en el protocolo H.323

El protocolo H.323 maneja un protocolo exclusivo de seguridad, que es el protocolo H.235; este es el que define los procesos de autenticación y de encriptación utilizados al momento de manejo de mensajes entre elementos VoIP que utilizan el protocolo H.225 para establecer la comunicación de mensajes VoIP entre dos elementos de la red VoIP. Una de las grandes ventajas de implementar la seguridad de señalización bajo el protocolo H.235 aparte de la perfecta simbiosis con el protocolo H.323, es el hecho de poder incorporar material criptográfico para la protección de la señalización de mensajes directamente a los mensajes de establecimiento de llamadas.

1.4.2.- Protección a nivel de multimedia

La principal preocupación al momento de pensar en la seguridad de soluciones VoIP, es el proteger las conversaciones telefónicas realizadas entre los usuarios de cualquier solución VoIP; ya que si por más que se aseguren los procesos de señalización de mensajes VoIP pero no se protege la información de los servicios de telefonía y/o de videoconferencia soportados, estaremos perdiendo directamente la información sensible (contraseñas, nombres de usuario, datos vitales de clientes, entre otra información) contenida en las llamadas telefónicas y/o sesiones de videoconferencia que transitan en la red VoIP.

Al generar una solución VoIP segura, se debe pensar en utilizar protocolos de seguridad que protejan tanto a nivel de señalización como a nivel multimedia de manera conjunta, para así generar un único canal de flujo de información VoIP protegido; pero lograr este nivel de protección puede llegar a ser muy complejo de diseñar e implementar, respecto a la implementación por separado; y además se debe garantizar que no se vea comprometida la red en su buen funcionamiento y/o pierda calidad en el servicio, sin agregar tiempos de latencia que comprometan la interacción en tiempo real entre el emisor y el receptor de la llamada telefónica, o sin congestionar a la red VoIP al utilizar ancho de banda extra al momento de ejecutar los servicios de seguridad, ya que lo óptimo es que estos se ejecuten de manera transparente al usuario final.

Así que es por estas complejidades que se descuida tanto el concepto de la seguridad en las redes VoIP y pasan estas a ser un campo fértil para ataques. Pero existen varios protocolos y mecanismos de seguridad que son implementados de manera separada lo cual permite una menor complejidad en la implementación.

Entre los protocolos de seguridad VoIP, el más ampliamente utilizado y de mayor integración con el ambiente VoIP, en lo referente a la protección de datos multimedia, es el protocolo SRTP (Secure Real Time Protocol) debido a que cualquier implementación VoIP utiliza al protocolo RTP (Real Time Protocol o Protocolo de Transporte en Tiempo Real) como mecanismo para la transmisión de datos multimedia, esto es debido a que el protocolo RTP realiza comunicaciones multimedia de manera muy superficial, ya que únicamente define de manera básica las características mínimas de la sesión multimedia, para así poder generar

una transmisión rápida y sin interrupciones, SRTP fue diseñado para poder realizar la transmisión de datos multimedia de manera fluida con componentes de seguridad para garantizar la integridad, autenticación y confidencialidad de las sesiones RTP, como lo son el poder agregar componentes criptográficos y la independencia del transporte de la señal multimedia para así controlar la pérdida de paquetes VoIP que puedan ser utilizados de manera no apropiada por terceros mal intencionados. (FRANCO, 2013)

A continuación, se detallan algunos consejos que la empresa (3CX, 2016) hace en su página web oficial para que un sistema de telefonía IP tenga cierto nivel de seguridad:

a. Proteja su interfaz administrativa utilizando una buena contraseña.

La mayoría de los servidores SIP modernos pueden ser configurados a través de una interfaz web. Esto es sumamente práctico, pero por lo mismo es muy importante elegir una contraseña fuerte. Algunas centralitas telefónicas VOIP vienen con una contraseña de fábrica y dejar esta contraseña en operación puede causar problemas de seguridad. Por lo tanto, es muy importante cambiarla durante el proceso de instalación. Si su servidor PBX opera en equipo no propietario, lo más probable es que esté operando en Windows o Linux OS. Este tipo de sistemas normalmente tienen una interfaz administrativa remota como RDP o SSH que permite a los administradores llevar a cabo el mantenimiento del sistema. Los atacantes usualmente atacan indiscriminadamente estos servicios por medio de ataques de ‘fuerza bruta’ sobre nombres de usuario comunes del sistema. Por esto, es de suma

importancia poner en marcha fuertes contraseñas para estos sistemas de acceso privilegiados.

b. Escoja fuertes y originales contraseñas para sus teléfonos SIP.

Otro lugar en donde las contraseñas son usuales en los IP PBX es los teléfonos SIP / VoIP. Aun cuando el servidor PBX le permita no usar contraseñas o dejarlas en blanco, no lo haga. Proporcione una única y fuerte contraseña a cada uno de los teléfonos de la central telefónica. Un error común que afecta la seguridad VoIP es nombrar la contraseña con el número de extensión del teléfono. Por ejemplo, la extensión 100 es dada la contraseña “100”, etc. Los atacantes conocen bien esta tendencia y es una de las primeras debilidades que explotan.

c. Implemente seguridad VoIP desde la fase de diseño.

Si considera la seguridad VoIP una de sus prioridades desde el principio, será más fácil que esta sea implementada adecuadamente. La planeación es fundamental para evitar problemas de seguridad en el futuro. La seguridad VoIP se refiere a reducir riesgos a un nivel aceptable.

d. Simplifique lo más posible.

Es importante notar que cuando se trata de diseñar una red, no hay una formula única que resuelva todos los problemas de seguridad en VoIP. Cada requerimiento lleva consigo diferentes limitaciones y por lo tanto necesita diferentes soluciones. Por ejemplo, un hotel tiene diferentes preocupaciones de seguridad que una empresa. En el caso de una centralita telefónica en un hotel,

esta puede no tener ninguna necesidad de estar conectada con el resto del sistema y por lo tanto puede estar físicamente separada del resto de la red interna del hotel. Por otro lado, una central telefónica para empresas puede requerir estar conectado al sistema de datos interno del negocio.

e. Evite exponerse a redes no confiables.

La mayoría de las veces no es necesario poner los teléfonos VoIP en la red de internet. De esta manera, los teléfonos VoIP pueden ser colocados tras un cortafuego con acceso restringido. Esto puede prevenir ataques dirigidos directamente a los teléfonos VoIP. De la misma manera, si el PBX no necesita acceso a internet, el colocarlo en una red protegida puede reducir riesgos. Cuando el sistema telefónico necesita tener acceso al internet, es una buena idea el permitir acceso a ésta solo a los servicios que la requieren.

f. Utilice IDS (Sistema de Detección de Intrusos).

En seguridad VoIP, implementar medidas preventivas es la mitad del trabajo. El papel del sistema de detección de intrusos es ayudar a los administradores de sistemas y analistas de seguridad a identificar posibles ataques de seguridad antes de que sea demasiado tarde. Un sistema de detección de intrusos huésped puede ser muy útil para identificar ataques al sistema por medio del análisis de archivos, modificación de documentos, etc. A diferencia, un sistema de detección de intrusos de red o NIDS, identifica ataques al monitorear la red. Un ejemplo clásico de NIDS es Snort, el cual es disponible gratuitamente y puede ser configurado para monitorear la red

contra ataques VoIP, y alerta al administrador de sistemas cuando estos incidentes llegan a ocurrir.

g. Monitoree el uso de la red.

Otra forma de detectar ataques a una central telefónica basada en software es por medio de monitoreo del uso de la red. Cisco tiene a Netflow, el cual provee información sobre los usuarios de la red, aplicaciones y horas pico de uso. MRTG es una herramienta de código abierto que también permite monitorear el uso de la red con gráficas que ayudan a identificar visualmente actividades no usuales de la red. La persona responsable debe entonces investigar si el tráfico es legítimo o no. Algunos ataques sobre centralitas telefónicas VoIP, como son los ataques de fuerza bruta a las contraseñas generan una gran cantidad de tráfico, el cual puede ser fácilmente detectado con estas herramientas.

h. Fortalezca su sistema operativo.

Una forma de fortalecer el sistema operativo de su sistema telefónico VoIP es cancelando servicios innecesarios. Algunos de estos servicios pueden ser IIS en Windows o Sendmail en Linux. Adicionalmente, es también recomendable deshabilitar LM y NTLM v1 en Windows, a menos que haya alguna necesidad de compatibilidad regresiva.

i. Use un servidor dedicado.

Cuando el IP PBX tiene varios servicios no relacionados operando en él, se aumenta el riesgo de intrusión al sistema. Por ejemplo, si el servidor SIP

también funciona como servidor de internet, el atacante tendrá acceso a ambos sistemas.

j. Mantenga el sistema operativo actualizado

Los sistemas operativos modernos son actualizados regularmente con parches para incrementar su seguridad. Asegúrese de recibir estas actualizaciones regularmente para mantener su sistema al día. Los teléfonos SIP también son actualizados de vez en cuando, y es recomendable mantener estos también al día.

1.5.- Evolución y estado del arte

En 2007, A pesar de existir cierto número de estándares abiertos en el ámbito de los protocolos, también es una realidad que la aproximación que está realizando la industria a los mismos tiene como factor común el **enfoque propietario** al uso de los mismos, o incluso optando en algunos casos por el uso de **protocolos propietarios** directamente en alguna de las capas para evitar la influencia de la libre competencia a la hora de actualizar/ampliar una solución de un fabricante dado.

En cualquier caso, uno de los factores más limitantes a la hora de implementar cualquier solución VoIP de fabricantes tradicionales de centralitas (Nortel, Avaya, Siemens, Ericsson, etc..) es el **modelo de pago de licencia por extensión** ya sea implementando dicha licencia sobre el teléfono o sobre los propios canales

disponibles en la centralita, en el caso de uso de teléfonos estándar (no propietarios). (Guerrero, 2007)

En 2008, IP es la principal opción para telefonía digital y es implementada junto a otros protocolos de comunicaciones en Asterisk quien presenta capacidades de escalamiento a servicios para grandes empresas (mayores de 20 usuarios) junto a infraestructura de red física necesaria para la implementación de call center; además se necesita configurar, a través de programación en CLI, cada una de las funcionalidades adicionales a las básicas pre configuradas en el sistema operativo.

(Rodríguez, 2008) indica que Los precios de las llamadas ya son competitivos al máximo, existiendo operadores que ofrecen llamadas a teléfonos fijos nacionales completamente gratis y sin límite de tiempo. Empresas veteranas de VoIP empiezan a ver como clientes se pasan a Asterisk por cuestiones económicas (Cisco, Nortel, Avaya y otros). Proveedores de VoIP que utilizaban H.323 cambian sus equipos para ofrecer compatibilidad con SIP e IAX. Se puede apreciar las estimaciones de esta evolución, en la que se puede apreciar que en 2006 había 17 millones de usuarios y en 2011 se suponen 207 millones de usuarios de VoIP.

La telefonía GSM/GPRS/UMTS dará un paso hacia las redes IP (Wireless, Wimax, etc..) para ofrecer servicios de voz y videoconferencia por IP.

En 2014, IP se ha convertido en la tecnología dominante en la telefonía digital trabajando conjuntamente con los protocolos y recomendaciones H.323 y SIP para

generar un sin número de posibilidades en prestaciones y servicios. Por otro lado, para la interconexión entre equipos de distintos fabricantes se desarrolla un estándar denominado QSIG ayudando de esta manera a la convergencia de las redes digitales. (Taboada, 2014)

En la actualidad, las soluciones propietarias han desarrollado significativos avances en cuanto a recomendaciones en protocolos de señalización, comunicación y seguridad, enfocándose en la venta segregada de dichas prestaciones, es decir, las licencias son personales y no empresariales. Sin embargo, empresas de software libre han realizado un arduo trabajo implementando grandes soluciones libres para las comunicaciones y han mejorado los estándares libres existentes. El trabajo mayor es la implementación de protocolos compatibles con estándares propietarios gracias a la ingeniería inversa.

Todas estas posibilidades se presentan como un paquete de comunicaciones en un sistema operativo dedicado basado en LINUX, de los cuales se conoce como Asterisk, Elastix, Trixbox, Open SER, 3CX, Open H323 y además de varios sistemas operativos como UBUNTU y sus variantes, CENTOS y sus variantes entre otros.

Nuevas tendencias en seguridad VoIP

A continuación, se presentarán algunos de las propuestas más interesantes y que implican un aumento sustancial en el nivel de seguridad de una solución VoIP.

El investigador Eric Chen, en su paper llamado “Detecting DoS Attacks on SIP Systems”, presenta un mecanismo de detección de ataques de denegación de servicio (DoS) en ambientes VoIP SIP, que se basa en la medición de las transacciones VoIP realizadas en cada nodo de la solución VoIP, de la cantidad de errores generados en la plataforma VoIP y el nivel de tráfico VoIP, para así tener un valor esperado y óptimo en cada una de estas variables; y al momento de presentarse anomalías en dichos valores se generaran alertas de un posible ataque de denegación de servicio al administrador de la red VoIP.

Los profesores Vijay Balasubramaniyan, M. Ahamad y Haesun Park, en el documento “CallRank: Combating SPIT Using Call Duration, Social Networks and Global Reputation”, proponen el uso de un mecanismo que se base en los tiempos de duración de las llamadas y en un modelo gráfico que represente como es la red social de los consumidores de una solución VoIP; para así lograr determinar cuál es nivel de reputación de cada uno de dichos usuarios; y basándose en estos datos se lograría determinar cuáles son llamadas legítimas y cuales son simplemente intentos de ataque por parte de un usuario mal intencionado, ya que si se evidencian llamadas de muy corta duración o llamadas de larga duración entre usuarios con una relación social baja puede ser que estas llamadas no sean generadas por las personas dueñas de las extensiones VoIP implicadas.

Los investigadores Alex Talevski, Elizabeth Chang y Tharam Dillon presentaron en formato de paper, el documento “Secure Mobile VoIP”; que es una propuesta de integración de mecanismos de seguridad criptográficos en protocolos

VoIP ligeros, para ser implementados en soluciones VoIP en terminales celulares.

Este proyecto es un gran avance en búsqueda de generar mecanismos de seguridad que garanticen la confidencialidad en llamadas VoIP generando un canal seguro en un ambiente tan inseguro y amplio como lo es las redes de telefonía celular.

(FRANCO, 2013)

Capítulo 2.- Análisis comparativo de soluciones VoIP

2.1.- Prestaciones

2.1.1.- Soluciones propietarias y soluciones libres

Existen una gran cantidad de empresas dedicadas a las telecomunicaciones que desarrollan hardware y software dedicados a esta finalidad, por lo que un análisis comparativo con el menor detalle se tornaría demasiado extenso. Después de una revisión exhaustiva, a través de páginas oficiales, para este análisis se toman como referencia algunos fabricantes reconocidos a escala media y grande, así como también las empresas desarrolladoras de aplicaciones y software más destacados en el mercado de las telecomunicaciones con énfasis en el sector de la telefonía.

En la tabla siguiente se realiza una comparación de prestaciones que presentan varias soluciones de telecomunicaciones respecto a VoIP. Para esta comparación se tomarán en cuenta las soluciones para pequeñas y medianas empresas, las mismas que se ajustan a las características requeridas por el instituto al que van dirigidos los estudios.

Se pueden evidenciar ciertas características tanto dentro de las soluciones propietarias como de las soluciones libres entre sí, la misma que se basa en especializarse en una rama específica que pueda brindar la mayor eficiencia en el servicio; esta característica comparada entre los dos tipos de soluciones, sobresale con ventaja la solución libre ya que, al estar basada en software, no necesita de cambios significativos sino más bien en mejoras paulatinas del sistema operativo y de las aplicaciones.

Resalta a la vista que, al comparar entre todas las soluciones resumidas en la tabla, las columnas correspondientes a las soluciones libres se encuentran marcadas todas por la

disposición de aplicaciones y prestaciones, a diferencia de las demás que tienen espacios en blanco, lo cual significa que carecen de dicha prestación, sin embargo, es necesario resaltar que la comparación se realiza en tres instancias denominadas: capacidad, soporte y características específicas.

La capacidad se refiere a todas las cualidades que permiten dimensionar las necesidades que tiene una empresa partiendo desde las PBX más pequeñas hasta aquellas destinadas a medianas empresas. En este apartado, las soluciones libres tienen una gran desventaja, pues a diferencia de las soluciones propietarias que ya traen hardware integrado, la capacidad es directamente dependiente del costo de los accesorios que se deba adquirir.

Si bien el término soporte tiene un amplio significado, en este apartado se refiere solamente al soporte que tienen las centralitas para utilizar teléfonos analógicos, digitales o softphones. En este apartado las ventajas y desventajas entre propietario y libre son casi las mismas, puesto que por un lado están las centralitas propietarias que no todas tienen el soporte para los tres tipos de dispositivos y, si lo poseen, tienen un número limitado de posibilidades, siendo esa su deficiencia.

Tabla 8.- Comparación de prestaciones

		SOLUCIONES PROPIETARIAS								SOLUCIONES LIBRES	
		PANASONIC					CISCO	ALCATEL	ASTERISK	ELASTIX	
		CENTRAL IP SERIE NCP	CENTRAL PURA IP		CENTRALITA DIGITAL		SIP DECT	CENTRALITA SERIE UC320W			OmniPCX Office
		PBX NCP 500	KX-TDE 100	KX-TDE 600	KX-TDA 15/30	KX-TES/TEM 824	KX-TGP 600	PBX UC320W	Compact Edition	Asterisk Now	Elastix 4.0.74
Capacidad	Denominación										
	Costo de propiedad	x	x	x	x	x	x	x	x		
	Gestión y actualización	centralizada	centralizada	centralizada				centralizada basada en web		Automática basada en web	basada en web
	Compatibilidad						Broadsoft, Asterisk	Basados en SIP	linux	x	x
	Ampliable	x	x	x	x	x	x	x		x	x
	PBX integradas (max)	8	4	8	8	8	6	4		Dependiente	x
	Seguridad				integrada	integrada				x	x
	APN 802.11n							voz y datos		x	x
	Integración móvil	x	x	x	x	x	x			x	x
Líneas PSTN	128	128	128	12	3	8	12	4	x	x	
Soporte para Teléfonos	Análogos	x	32	x	24			9	8	x	x
	Digitales (IP)	x	96	x	8	8			55	x	x
	Digitales (SIP)	x	128	x	4		6	15		x	x
	Softphones (VoIP)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Características Específicas	Usuarios (max) inicial	64	256	1100	80	24	6	licenciado para 24	63	Dependiente	x
	Tarificación								x	x	x
	Operadora		x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Llamada emergencia					x					
	Agenda				x	x	x		x	x	x
	Fax				x	x		x		x	x
	Buzón de voz	x	x	x	opcional	x	x	x	x	x	x
	Multiconferencia	x	x	x	x	5	3	12	3	x	x
	redireccionamiento	x	x	x	x	x	x		x	x	x
	Cancelación de eco										
	Transferencia ciega	x	x					x		x	x
	Función DISA	x			opcional	x				x	x
	Mensajería instantánea	opcional	opcional	opcional							x
	Proveedor SIP	x	x	x	x	opcional	x	x	x	x	x
	Restricción de llamadas					x				x	x
	Sistema de reportes									x	x
Correo electrónico										x	

Fuente: Ing. Wilson Anrango

Por otro lado, están los sistemas operativos que, al tratarse de software, no tienen ningún problema para soportar cualquier dispositivo siempre y cuando se tengan las interfaces necesarias que lo permitan, lo cual significa costo adicional.

En cuanto a características específicas se sobreponen los sistemas operativos sobre propietario, ya que la mayoría de prestaciones son implementadas utilizando software, de esta manera se constituye en un sistema más robusto y completo. Sin embargo, a mayor cantidad de características implementadas, mayor requerimiento en el procesador de datos, lo que conlleva aumento de costo.

Por otro lado, similares problemas poseen los sistemas propietarios ya que la mayor cantidad de prestaciones y servicios son basados en hardware y por cada prestación que se implemente, mayor será el tamaño del aparato de comunicaciones, así mismo mayor la cantidad de procesamiento de datos. Por ejemplo, se puede observar que la mayoría de prestaciones ofrecen multi-conferencia, pero a diferentes escalas con diferentes capacidades; cada una tienen pre establecido el número máximo de operadores a diferencia del software libre, en el que no tiene límite teórico que puede soportar. Si bien el software puede soportar un número ilimitado de usuarios multi-conferencias, el soporte hardware no es así, ya que necesita de tarjetas dedicadas a esta finalidad y por lo tanto aumentar la potencia del procesador de datos para que la comunicación sea fluida.

Algunas características tienen la denominación de opcional lo cual significa que el fabricante o propietario ofrece como un módulo externo adicional la posibilidad de adquisición e implementación cuando lo necesite el usuario del sistema, esto trae consigo el costo de licencia de uso y de la implementación adicional.

El problema de cada sistema se basa en la centralización o descentralización del procesamiento de datos. Muchas de las características ofrecidas en los sistemas propietarios se implementan de forma descentralizada, por ejemplo, se puede citar la cancelación de eco, si lo poseen, lo tienen basados en hardware depositados en los teléfonos físicos, por lo que se le resta trabajo a la centralita. Los sistemas libres en cambio poseen procesamiento de datos centralizado poniendo todo el procesamiento en un solo lugar y a un solo procesador de datos. Este inconveniente puede solventarse con el aumento de la capacidad del procesador hasta cierto límite. Actualmente se puede descentralizar la carga de procesamiento de datos alojando ciertas características en una computadora y las restantes en otras, todo dependerá de la capacidad de comunicaciones que se requiera soportar y de la cantidad de prestaciones que se requieran brindar.

Tomando en cuenta que el aumento de prestaciones conlleva el aumento de hardware tanto en soluciones libres como propietarias, de la misma manera conlleva el aumento de costos de implementación; sin embargo, el costo adicional en las soluciones libres, siempre es mucho más bajo que en las soluciones propietarias.

2.1.2.- Comparación entre soluciones libres

En la actualidad se puede encontrar un gran número de sistemas operativos dedicados a la telefonía IP, cada uno con características importantes dedicadas a cierto aspecto de las comunicaciones.

Para realizar una comparación de prestaciones entre soluciones libres es necesario tener en cuenta los aspectos más importantes y representativos, por lo que se tomará como referencia los aspectos comparativos que propone la norma IEEE 830 SRS.

La norma IEEE 830 SRS salió a la luz en 1998 como revisión de la versión de 1993 en la que se describe una recomendación práctica para la determinación y especificación del contenido y las cualidades de un software a ser desarrollado, pero también puede ser usada para seleccionar el software adecuado para la implementación práctica. Si bien el documento es solamente para la descripción del contenido y cualidades, es suficiente hacerlo para dos o más sistemas operativos y relacionarlos unos con otros para tener una buena comparación entre ellos.

La comparación recoge, en cinco aspectos diferentes, la mayor cantidad de variables comparativas que ayudan a ampliar el punto de vista de los aspectos necesarios para el escogitamiento de un software adecuado para las necesidades individuales de cada caso de implementación.

En este caso se utilizaron tres sistemas operativos dedicados a la telefonía IP, Asterisk, Asterisk Now y Elastix debido a que son quienes reúnen la mayor cantidad de ventajas respecto a otros, por ejemplo TrixBox tiene una limitante en cuanto a su número de usuarios máximos que pueden soportar con licencia de libre uso, a partir de dicho número se deberá pagar por una versión profesional; así mismo, FreePBX en la actualidad no solo es una interfaz gráfica de administración de comunicaciones, sino que también constituye un sistema operativo dedicado a la telefonía IP y entre sus limitantes se pueden citar el poco personal de soporte dedicado, respecto a otros, ya que es relativamente nuevo en el mercado por lo que trabaja con un número pequeño de protocolos de señalización, además que ya está contenido en las nuevas versiones de

asterisk y elastix como parte interna. Muchos otros sistemas operativos presentan mayores desventajas.

Definitivamente Asterisk, Asterisk Now y Elastix son las mejores opciones como software de telefonía IP en la actualidad. Si tomamos en cuenta que el segundo y el tercero constituyen como desarrollo del primero, podemos decir que prácticamente son el mismo. Asterisk, Open Fire e HylaFax son los componentes básicos que le proveen de recursos robustos en telefonía IP, correo, mensajería y fax a elastix, y es ahí que radica la mejoría respecto a asterisk. Sin embargo, la carga de servicios hace necesario mayor cantidad de recursos físicos del servidor como ejemplo que las ventajas que tiene uno respecto a otros pero que se convierten en desventajas dependiendo de las necesidades, requerimientos y entorno donde se vaya a implementar el sistema.

Tabla 9.- Comparación entre Soluciones libres

CAMPO	VARIABLES	ASTERISK	ASTERISK NOW	ELASTIX	
Perspectiva de Producto	Interfaces del sistema	PRI, FXO, FXS, E1, T1	PRI, FXO, FXS, E1, T1	PRI, FXO, FXS, E1, T1	
	Interfaces de usuario	CLI	Gráfica Web y CLI	Gráfica Web y CLI	
	Interfaces de Hardware	analógicos, digitales y softphones, Cancelación de eco	analógicos, digitales y softphones, Cancelación de eco	analógicos, digitales y softphones, Cancelación de eco, Fax	
	Interfaces de software	Elastix	Elastix	Asterisk, SCCP	
	Interfaces de comunicaciones	Protocolos	SIP, IAX, IAX2, MGCP, H.323, SCCP	SIP, IAX, IAX2, MGCP, H.323, SCCP	SIP/IAX2/H.323/MGCP/SCCP/Skinny/FXS/FXO/DTMF/PRI
		Codec	G.711, G.723.1, G.726, G.729, iLBC	G.711, G.723.1, G.726, G.729, iLBC	G.711, G.722, G.723.1, G.726, G.729, GSM, iLBC
	Memoria (mínima)	ROM: 20GB RAM: 512MB	ROM: 20GB RAM: 512MB	ROM: 40 GB, RAM: 512 MB	
	Operaciones	minimo tiempo de refresco	problemas entre CLI y Gráfica	Relación mejorada entre CLI y Gráfica	
Adaptación de sitio	Inalación por módulos	Inalación completa	Inalación completa		
	compilación necesaria	Sin compilación	Sin compilación		
Funciones del Producto	Capacidad Máxima	500 usuarios	500 usuarios	1000 usuarios	
	Escalabilidad	si	si	si	
	Seguridad	RTP criptográfico	RTP criptográfico	RTP criptográfico, Firewall por soft	
	Multiconferencia	hasta 1000 simultáneos	hasta 1000 simultáneos	mayor a 1000 simultáneos	
	Cancelación de eco	no posee	no posee	posee	
	Mensajería Instantánea	no posee	no posee	posee	
	Correo Electrónico	no posee	no posee	posee	
Fax	no posee	no posee	posee		
Características de Usuario	Nivel Educativo Mínimo	Técnico-Tecnológico, Ingeniería	Técnico-Tecnológico	Técnico-Tecnológico	
	Conocimientos Técnicos Básicos	Redes, cableado estructurado, codificación	Redes, cableado estructurado, codificación	Redes, cableado estructurado, codificación	
		Sistemas operativos, manejo CLI	Sistemas operativos	Sistemas operativos	
Limitaciones	Políticas de Regulación	libre	libre	libre	
	Limitaciones de hardware	Procesador básico	Procesador básico	procesador para servidor	
	Interfaces para otras aplicaciones	ninguna	ninguna	ningna	
	Operaciones paralelas	VoIP, tarificación, Reportes	VoIP, tarificación, Reportes	VoIP, Correo, Mensajería instantánea, Fax, Tarificación, Repostes	
	Requerimientos de lenguaje de nivel	Linea de comandos, Alto nivel	Linea de comandos, Alto nivel	ninguna	
	Requerimiento de Confiabilidad	Estable	Estable	Estable	
	Aceptación de la aplicación	medio	medio alto	alto	
	Consideraciones de seguridad	por implementar	por implementar	por implementar	
Soporte y mantenimiento	medio alto	medio	alto		
Suposiciones y Dependencias	Actualización	recurrente	recurrente medio	recurrente	
	Versiones	Tipo general	Tipo general	Version PYMES, Version Cloud, Tipo General	
	Gestión	centralizada	centralizada	centralizada y descentralizada	

Fuente: Ing. Wilson Anrango

Los datos plasmados en la tabla comparativa corresponden a aquellos aspectos donde se encontraban la mayor diferencia posible entre sí, si bien las diferencias no son tan sustanciales, son suficientes para poder tomar una decisión respecto al más adecuado para el caso de estudio.

En términos generales se describirán las cualidades en la que destaca cada uno respecto a los demás:

Asterisk también llamado Asterisk puro es el sistema operativo que necesita menos espacio de almacenamiento y memoria de procesamiento por lo que necesita un procesador de características mínimas y menos tiempo de procesamiento de datos, lo que significa que se refrescará más rápidamente. Su ventaja principal está en que el usuario-administrador podrá instalar solamente aquellos módulos que necesite y los demás serán desechados para que no ocupen espacio innecesario en almacenamiento y en procesamiento. En la actualidad existe una gran comunidad de colaboradores dedicados a dar soporte, resolver problemas y mejorar día a día las prestaciones de Asterisk las mismas que se presentan en actualizaciones constantes.

Asterisk Now en esencia es Asterisk puro con una interfaz gráfica de administración por lo que las buenas y malas cualidades de su progenitor las lleva consigo. Las ventajas que se adhieren con la interfaz gráfica de administración empieza con su instalación, es un paquete de prestaciones previamente compilado e instalable en pocos pasos y sin el uso de la interfaz de líneas de comando CLI. Su administración deja de ser complicado y pasa a una administración de un clic. El administrador del sistema no necesita de conocimientos avanzados en compilación, configuración y administración. Varios usuarios alrededor del mundo lo prefieren por la

disminución en su complejidad por lo que cada vez hay más personas sumándose al desarrollo de esta plataforma.

Elastix también lleva en su interior a Asterisk, pero además reúne más herramientas que le permiten constituirse un paquete más completo que sus anteriores. Elastix suma las bondades, ventajas y desventajas de Asterisk, mejora las de Asterisk Now y adhiere más beneficios con las nuevas herramientas que reúne, tales como soporte para mensajería, chat y fax. Trae consigo el soporte para una mayor cantidad de protocolos de comunicaciones y codificadores de audio y video. Debido a que lleva mucho tiempo en el mercado, es uno de los sistemas operativos con mayor número de desarrolladores, disminuyendo así los errores recurrentes y mejorando las prestaciones anteriores, es así que presenta el soporte para el mayor número de usuarios, y de conversaciones simultáneas, su interfaz gráfica es mucho más intuitiva y sencilla de administrar, tiene tarificación y reporte de eventos. Una cualidad de destacar es que Elastix tiene tres tipos de presentaciones de su sistema operativo: Single Tenant, Multi Tenant y General, cada uno con cualidades específicas para diferentes grados de prestación de servicios.

2.2.- Costos

En la tabla siguiente, claramente se puede ver que los costos iniciales para la implementación de una pequeña y mediana red de telefonía IP son muy diferentes entre propietarios y libres.

Desde un punto de vista, al costo inicial se le puede añadir prestaciones que incorporan costos adicionales, por lo que el costo final de la red de telefonía IP dependerá de la capacidad, la cobertura y de las prestaciones que necesite la empresa.

En este trabajo se realiza un estudio de implementación para una institución educativa Técnica Superior en desarrollo por lo que la red a implementarse inicialmente será como una red de pequeña empresa con proyección de crecimiento no más allá de una media empresa. Esta razón permite simplificar al máximo las necesidades técnicas de red necesarias para una red acorde al caso de estudio.

En la tabla comparativa se puede visualizar los costes de las prestaciones por unidad de adquisición tomando en cuenta que la implementación necesaria se asemeja a una mediana empresa con necesidades mínimas y de la misma manera buscando el coste mínimo entre diferentes proveedores para dicha prestación, por ejemplo, se tomó en cuenta el costo mínimo entre diferentes proveedores de software dedicados a seguridad, de la misma manera se tomó el hardware de menor costo que proveía el servicio de fax.

Tabla 10.-Comparación de costos por prestaciones

	SOLUCIONES PROPIETARIAS							SOLUCIONES LIBRES		
	PANASONIC					CISCO	ALCATEL	ASTERISK	ELASTIX	
	CENTRAL IP SERIE NCP	CENTRAL PURA IP		CENTRALITA DIGITAL		SIP DECT	CENTRALITA SERIE UC320W			OmniPCX Office
Denominación	PBX NCP 500	KX-TDE 100	KX-TDE 600	KX-TDA 15/30	KX-TES/TEM 824	KX-TGP 600	PBX UC320W	Compact Edition	Asterisk Now	Elastix 4.0.74
Costo de propiedad	868.398	1326	2787,56	669	700	150	770	1000	0	0
Compatibilidad						Broadsoft, Asterisk	Basados en SIP	linux	x	x
Seguridad (appliances)	1300	1300	1300	integrada	integrada	1300	1300	1300	software	software
Integración móvil	integrada	integrada	integrada	integrada	integrada	integrada			500	500
Líneas PSTN	128	128	128	12	3/8	1	12	4	4	4
Analógicos	x	x	x	x	x	x	x	x	120	120
Digitales (IP)	x	x	x	x		x	x	x		
Digitales (SIP)	x	x	x	x						
Usuarios (max)	64	256	1100	80	24	6	licenciado para 24	63	120	120
Tarificación	500	500	500	500	500		Billing Manager	x	x	x
Fax	100	100	100	x	x	100	x	100	50	50
Cancelación de eco	756	756	756	756	756	756	756	756	basada en soft	basada en soft
Mensajería instantánea	opcional	opcional	opcional	500	500	500	500	500	215	x

Fuente: Ing. Wilson Anrango

Un análisis comparativo diferente puede darnos una perspectiva mucho más sencilla y clara de visualizar tratando de equiparar las prestaciones entre una solución y otra, utilizando módulos comerciales y libres tanto software como hardware mientras lo soporte la centralita inicial, y sumando finalmente esos costes para tener un referente económico a la hora de implementar una solución de telefonía IP, esto lo podemos ver en la tabla siguiente.

La tabla a continuación permite visualizar finalmente un costo de implementación con las prestaciones comunes que lo soportan. Esta tabla refleja el costo inicial de inversión para una red de telefonía IP para una pequeña y mediana empresa.

Salta a la vista que las soluciones libres basados en software son mucho más convenientes en una pequeña y mediana empresa ya que se puede observar que la inversión inicial sería alrededor de \$ 290 dólares con capacidades de ampliación en caso de requerirlo. Las soluciones libres son promediamente 15 veces menos costosas que las prestaciones propietarias que requieren de grandes inversiones, por lo que se ajustan a los requerimientos y necesidades del Instituto Tecnológico Superior 17 de Julio que es una institución pública y no cuenta con recursos mayores para su implementación.

Es necesario tomar en cuenta que las soluciones libres pueden aumentar su costo de inversión debido a que se necesitan implementar tarjetas que soporten la conexión a las líneas PSTN y tarjetas de soporte para teléfonos analógicos. Con este antecedente podemos doblar su costo a \$580 dólares incluyendo la adquisición de una computadora que funcione como servidor.

La solución VoIP KX-TDE 600 presenta un costo total de \$5944 dólares y sería 10 veces mayor a las prestaciones libres incluyendo la última consideración. Sin embargo, esta solución está destinada a grandes empresas que requieran de 1100 usuarios VoIP que se encuentra muy

arriba a la capacidad que puede ofrecer una solución libre, es decir, casi no es real dicha comparación.

Una comparación apegada a la realidad se podría realizar con la solución KX-TDE 100 que tiene similares características de prestaciones con las soluciones libres en cuanto al número de usuarios participantes de la red VoIP. Dicha prestación presenta un costo aproximado de implementación de \$4482 dólares, siendo aproximadamente 7,7 veces mayor que el costo de una solución libre.

Una consideración muy importante de tomar en cuenta es que las soluciones propietarias tienen un costo inicial por licencia de uso que tiene una fecha de vencimiento, por lo tanto, al finalizar este período se deberá volver a pagar el costo de licencia.

Tabla 11.- Comparación de costos totales

	SOLUCIONES PROPIETARIAS							SOLUCIONES LIBRES		
	PANASONIC					CISCO	ALCATEL	ASTERISK	ELASTIX	
	CENTRAL IP SERIE NCP	CENTRAL PURA IP		CENTRALITA DIGITAL	SIP DECT	CENTRALITA SERIE UC320W	OmniPCX Office			
Denominación	PBX NCP 500	KX-TDE 100	KX-TDE 600	KX-TDA 15/30	KX-TES/TEM 824	KX-TGP 600	PBX UC320W	Compact Edition	Asterisk Now	Elastix 4.0.74
Líneas PSTN	128	128	128	12	3/8	1	12	4	4 (\$ 231)	4 (\$ 231)
Usuarios (max)	64	256	1100	80	24	6	licenciado para 24	63	120	120
Costo de propiedad	869	1326	2787,56	669	700	150	770	1000	0	0
Seguridad (appliances)	1300	1300	1300	0	0	1300	1300	1300	0	0
Tarificación	500	500	500	500	500	0	0	0	0	0
Fax	100	100	100	0	0	100	0	100	50	50
Cancelación de eco	756	756	756	756	756	756	756	756	0	0
Mensajería instantánea	500	500	500	500	500	500	500	500	215	0
Total	4.025	4.482	5.944	2.425	2.456	2.806	3.326	3.656	496	281

Fuente: Ing. Wilson Anrango

Capítulo 3.- Infraestructura del IST 17 de Julio – sede Yachay.

El Instituto Tecnológico Superior 17 de Julio se encuentra ubicado en el cantón San Miguel de Urcuqui en la provincia de Imbabura. Su ubicación se encuentra aproximadamente a 2,5 Km del centro de la ciudad en dirección a la ciudad del conocimiento Yachay.



Gráfico N° 2.- Área geográfica del ITS 17 de Julio.

Fuente: Google Maps

El área resaltada en verde consiste en el edificio administrativo y es donde se ubica el estudio de implementación de la red de telefonía IP. En el segundo piso se encuentran ubicados los escritorios del Rectorado, Vicerrectorado, Secretaría, Tesorería y Administradores

colaboradores de Yachay Tech y Yachay EP. En el primer piso se encuentran los cubículos docentes.

El área resaltada en azul corresponde al edificio docente dedicado a recibir a los estudiantes. Lo importante de este edificio es que contiene, resaltado en rojo, al cuarto de máquinas donde se encuentran actualmente los Routers y Gateways que proveen de conexión a internet a toda el área del ITS 17 de Julio.

El área en amarillo corresponde a la biblioteca de la institución en la que se encuentra un funcionario dedicado a la gestión correspondiente.

El área lila corresponde a la ubicación de los laboratorios de tics y de electricidad industrial.

3.1.- Descripción de requerimientos y necesidades

En la actualidad el Instituto Tecnológico Superior 17 de Julio tiene la necesidad de intercomunicar a catorce funcionarios representantes del mismo; once de ellos se encuentran ubicados en el segundo piso del edificio administrativo, dos en la planta baja del mismo edificio y uno se encuentra en el edificio de Biblioteca.

En la siguiente vista superior se muestra un esquema del segundo piso del edificio administrativo donde se necesita implantar el sistema de telefonía IP.

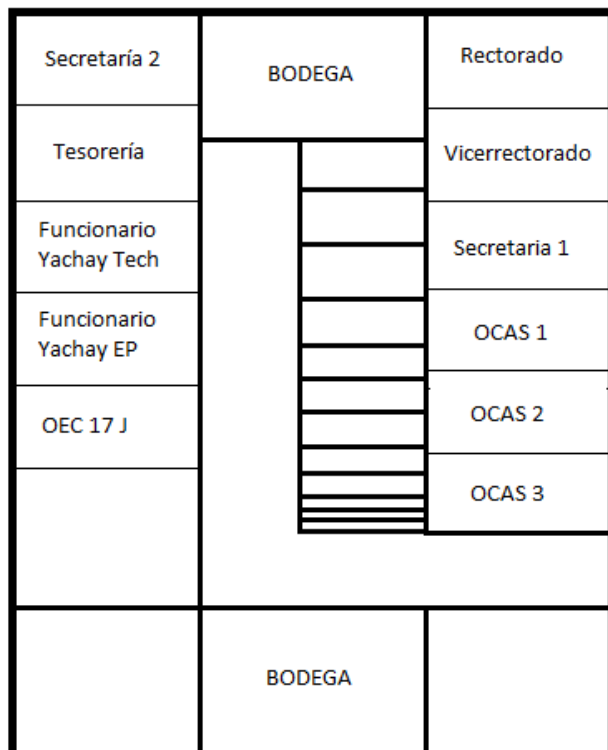


Gráfico N° 3.- Vista Superior 2° piso Edificio Administrativo

Fuente: Ing. Wilson Anrango

Las únicas personas que necesitan tener salida a la red PSTN son el Rector, Vicerrector, Secretaria 2 y OEC 17 J, por las funciones que desempeñan en el instituto. El resto de funcionarios solamente necesitan intercomunicarse entre sí.

La planta baja del edificio administrativo solamente aloja a la planta docente del instituto, el mismo que puede ser tomado como referencia para futuras ampliaciones en las prestaciones de la red de telefonía IP.

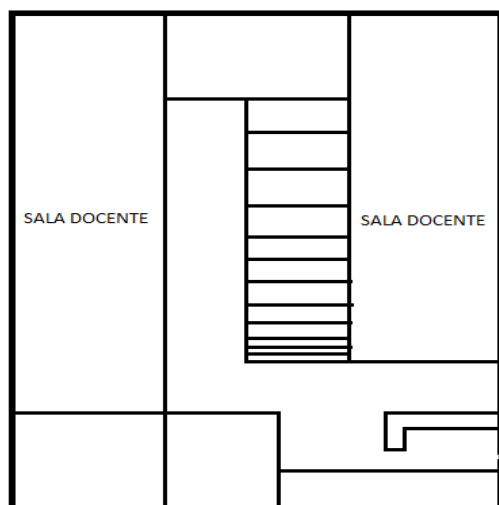


Gráfico N° 4.- Vista Superior 1° piso Edificio Administrativo

Fuente: Ing. Wilson Anrango

En el edificio de Biblioteca se encuentra el bibliotecario que tiene la necesidad de participar en la der de telefonía IP por lo que se presenta a continuación un esquema de vista superior de dicho edificio.



Gráfico N° 5.- Vista Superior 1° piso Edificio Biblioteca

Fuente: Ing. Wilson Anrango

3.2.- Tecnología disponible y rendimiento actual

Como se mostró anteriormente, en el Instituto Tecnológico Superior 17 de Julio se cuenta con una conexión a internet de banda ancha, la misma que proporciona de conectividad a todo el personal administrativo, docente y estudiantes.

La tecnología disponible proporciona cobertura inalámbrica para aproximadamente 400 estudiantes, 20 docentes, 15 administrativos, dos laboratorios de computo de 20 computadoras cada uno y 22 proyectores que se encuentran ubicados en cada una de las aulas de clase, los mismos que también se conectan inalámbricamente. Si se toma en cuenta que todos los estudiantes tienen al menos un dispositivo electrónico de conexión a internet ya sea laptop, celular o tablet, además que los docentes poseen dos dispositivos de acceso a la red, entonces la red de datos tiene la capacidad de proveer de conexión a internet para 517 usuarios.

Se tiene configurado tres redes inalámbricas, a saber: Administrativos, Docentes y Estudiantes con repetidores de la marca cisco que toman la señal de datos que provienen de los servidores locales, los mismos que se conectan inalámbricamente con los servidores centrales de la ciudad del conocimiento Yachay.

De acuerdo al gráfico de la geografía del instituto mostrado anteriormente, el cuarto de equipos informáticos y de comunicaciones se encuentra ubicado en el área docente donde se imparten clases y un repetidor respectivamente en los edificios administrativo, biblioteca y Laboratorio de TIC's.

La perspectiva que se tiene como usuario actual de dicha red, es que se cumplen las siguientes condiciones:

- La red de administrativos, si bien tiene pocos usuarios, es lenta en la conexión a internet

- La rapidez de conexión a internet de la red Docentes se ve afectada cuando hay una masiva afluencia de conexiones en la red Estudiantes.
- No existe una política administrativa clara de la red de datos, solamente se tiene restricciones causadas por la contraseña de acceso.
- No existe política de Calidad de Servicio
- No existe Firewall de ningún tipo

Todos los usuarios tienen acceso total a la red de datos en la que simultáneamente se puede encontrar a personas que navegan por redes sociales, descargan videos de youtube y otras páginas similares mientras que otros descargando documentos y archivos de grandes tamaños desde páginas web, libros o hasta archivos P2P. No existe actualmente ninguna restricción en ese aspecto.

Existe un fenómeno de ralentización en la conexión a internet en las horas donde se encuentran todos los estudiantes, docentes y administrativos en la institución y todos ellos conectados simultáneamente a internet con la mayor cantidad de dispositivos, esta hora pico se encuentra a los 30 minutos antes de que inicien las clases, pues los docentes preparan clases y los estudiantes esperan sin nada más que hacer. En este escenario la red se vuelve lo suficientemente lenta como para no poder observar un video de forma continua y estable.

El comportamiento de la red, específicamente el hecho de que la carga de usuarios de una red repercuta significativamente en otra significa que no existe una política adecuada de configuración de la calidad de servicio en las VLAN de los dispositivos de red, al parecer solamente cumple la función de separar segmentos de red por la capacidad que se requiere en cada una de ellas.

Es notorio que la distribución física de los componentes repetidores de señal no es la adecuada para cubrir todo el espacio físico de la institución, pues existen puntos ciegos de conexión en la que la velocidad es nula y donde se tiene mayor captación de señal se nota el aumento en la velocidad. Las distancias entre puntos ciegos y picos de señal son muy pequeñas. De la misma manera existen puntos donde la conexión es buena, con la potencia de la señal excelente, pero que no tiene una conexión fluida a internet.

Capítulo 4: Diseño de la propuesta de red de Telefonía IP

4.1.- Requerimientos técnicos

En lo que sigue del apartado 4.1 se procederá conforme al procedimiento descrito en el capítulo número 1 en el apartado 1.1, esto permitirá facilitar la construcción de la propuesta basada en sólidos fundamentos teóricos.

4.1.1.- Cálculo del ancho de banda para una llamada VoIP

Paso 1: Seleccionar el códec a usarse.

Se utilizará el códec G.711 que aunque presenta gran ancho de banda, lo compensa con la confiabilidad respecto a otros códec sin licencia, con baja latencia, jitter y pérdida de datos.

Tabla 12.- Datos de Códec

Nombre Códec	Bit Rate o Ancho de Banda del códec	Sampling Rate	Período de Enpaquetamiento	MOS (Mean Opinion Score)	Ancho de Bnada Real sobre Ethernet	Licencia
	(Kb/s)	(KHz)	(ms)		(Kb/s)	
G.711	64	8	20	4.1	87,2	No

Fuente: Editado por Ing. Wilson Anrango

Paso 2: Determinar el payload del códec seleccionado. El payload corresponde a la carga útil de voz que genera el códec.

$$\text{Tamaño de empaquetamiento} = \text{Período de Empaquet} \times \text{Ancho de Banda Códec}$$

$$\text{Tamaño de empaquetamiento} = 20 \text{ ms} \times 64 \text{ Kb/s}$$

$$\text{Tamaño de empaquetamiento} = 1280 \text{ bites}$$

$$\text{Tamaño de empaquetamiento (payload)} = 160 \text{ Bytes}$$

Paso 3: Determinar el tamaño de las cabeceras de protocolo de cada capa.

- Cabecera Ethernet: 18 Bytes
- Cabecera capa de enlace: 6 Bytes
- Cabecera capa Red IP: 20 Bytes
- Cabecera UDP: 8 Bytes
- Cabecera RTP: 12 Bytes

Paso 4: Obtener el tamaño total del paquete de datos que cursará en la red de telefonía IP.

Para ofrecer una buena calidad de servicio es necesario que se configuren VLANs en el dispositivo de comunicaciones de capa 2 para que los enlaces a internet de los docentes y estudiantes no interfieran con las comunicaciones que pueden suscitarse al mismo instante, por lo tanto, se tomará en cuenta la Cabecera Ethernet Trunk 802.1Q de 22 bytes.

$$\text{Tamaño Total del Paquete} = \text{Cabeceras Protocolos} + \text{Cabecera 802.1Q} + \text{Payload}$$

Tam Total Paq

$$= (\text{Ethernet} + \text{Enlace} + \text{IP} + \text{UDP} + \text{RTP}) + \text{Cabecera 802.1Q} + \text{Payload}$$

$$\text{Tamaño Total del Paquete[Bytes]} = 18 + 6 + 20 + 8 + 12 + 22 + 160$$

$$\text{Tamaño Total del Paquete[Bytes]} = 18 + 6 + 20 + 8 + 12 + 22 + 160$$

$$\text{Tamaño Total del Paquete[Bytes]} = 246 \text{ Bytes} = 1968 \text{ bits}$$

Paso 5: Determinar la velocidad a la que se generan los paquetes en PPS (paquetes por segundo):

$$\text{Velocidad del paquete [pps]} = \frac{1}{\text{Período de Empaquetamiento}}$$

$$\text{Velocidad del paquete [pps]} = \frac{1}{20 \text{ ms}}$$

$$\text{Velocidad del paquete [pps]} = \frac{1000}{20 \text{ s}}$$

$$\text{Velocidad del paquete [PPS]} = 50 \text{ pps}$$

Paso 6: Calcular el ancho de banda total requerido por los paquetes de datos de tamaño final en una llamada telefónica IP.

$$\text{Ancho de Banda total} = \text{Tamaño total del paquete} * \text{PPS}$$

$$\text{Ancho de Banda total} = 1968 \text{ bits} * 50 \text{ pps}$$

$$\text{Ancho de Banda total} = 98,4 \text{ Kbps}$$

Ya que la recomendación para aplicar VAD dice que se usará en caso de tener mayor o igual a 24 canales de comunicación simultáneas, por lo tanto, no se utilizará ya que con 14 integrantes de la red estableciendo una comunicación dos a dos como máximo podrán realizarse 7 llamadas simultáneas y en caso de aumentar a futuro, no llegará al límite mínimo para aplicar VAD.

Con el ancho de banda de una llamada telefónica se puede calcular el ancho de banda para el caso extremo de 7 llamadas simultáneas que se pueden realizar, por lo tanto:

$$\text{Ancho de Banda M\u00e1ximo} = 98,4 \text{ Kbps} * 7$$

$$\text{Ancho de Banda M\u00e1ximo} = 688,8 \text{ Kbps}$$

4.1.2.- Dimensionamiento Telef\u00f3nico

El objetivo de este apartado es determinar el n\u00famero de l\u00edneas telef\u00f3nicas anal\u00f3gicas o digitales que se necesitar\u00e1 para ofrecer el servicio de telefon\u00eda IP en la instituci\u00f3n.

Siguiendo el procedimiento descrito en el cap\u00edtulo 1 para calcular el tr\u00e1fico en Erlang se procede de la siguiente manera:

La toma de la muestra se realiza en durante los cinco d\u00edas de la semana y en los lapsos de tiempo de una hora entre las 10:30 a 11:30, de 11:30 a 12:30 y de 13:30 a 14:30 pm para todos aquellos que actualmente tienen acceso telef\u00f3nico. De todas estas muestras se tom\u00f3 aquella que proporcion\u00f3 una mayor sumatoria total de duraci\u00f3n de llamadas, de esta manera se garantiza el peor escenario.

1. Encontrar el tr\u00e1fico total en un lapso de tiempo pico

Tabla 13.- Muestra de trafico ITS 17 de Julio

N\u00b0 Llamada	Rectorado	Tesorera	Secretaria 2
	Duraci\u00f3n (s)	Duraci\u00f3n (s)	Duraci\u00f3n (s)
1	101	18	22
2			31
3			18

4			19
5			21
Número Llamadas			7
Duración total llamadas			230 s
Promedio duración una llamada			32,85 s

Fuente: Ing. Wilson Anrango

2. Encontrar el tráfico por unidad de tiempo:

Debido a que la muestra fue tomada en una hora como unidad de tiempo, solamente queda transformar el tiempo de segundos a horas:

Duración Total de Llamadas = 230 segundos = 0,0638 horas

Promedio Duración de una Llamada = 32,85 segundos = 0,00912 horas

3. Cálculo del Tráfico Ofrecido o Flujo de tráfico que cursa la red

$$A = C * T$$

- A: tráfico ofrecido (cantidad de tráfico que cursa la red)
- C: número de llamadas originadas en una hora
- T: tiempo promedio de duración de una llamada

$$A = 7 * 0,00912$$

$$A = 0,0638 \text{ Erlangs}$$

4. Determinación del Grado de Servicio (GoS).

El GoS es la probabilidad de bloqueo de una llamada al primer intento en la hora pico.

Tabla 14.- Grado de Servicio recomendado

GoS	Percepción del servicio por parte del llamante
De 0.03 a 0.06	De normal a aceptable. Un valor de 0.03 a 0.04 es el más comúnmente usado.

Fuente: Comunicaciones unificadas con Elastix. Volumen 2. 2009

5. Determinación del número de canales analógicos o digitales.

Utilizando la tabla de Erlang B se puede encontrar el número de canales necesarios para una red de telefonía ubicando el Grado de servicio y la cantidad de tráfico que cursa la red. Por lo tanto:

Número de canales necesarios = 3

4.1.3.-Dimensionamiento de la centralita VoIP PBX

A continuación, se hace una descripción de los requerimientos necesarios para propuesta de la centralita VoIP PBX, conforme al procedimiento del capítulo 1, apartado 1.1. en el que se recomienda realizar el dimensionamiento de la centralita VoIP por cada una de las capas del modelo ISO/OSI de referencia.

1. Capa Física

Si bien lo ideal es que la red de telefonía IP se soporte sobre una red alambrada, por la estabilidad en la transmisión de los datos, su despliegue supone un costo de inversión que no lo posee el instituto. Por otro lado, actualmente se posee una red inalámbrica que, con los cambios

necesarios, puede soportar fácilmente la telefonía IP. Debido a problemas legales no es posible obtener las características técnicas de la red inalámbrica actual, sin embargo se puede realizar una aproximación, de acuerdo al cálculo de ancho de banda, es necesario garantizar un mínimo de 688,8 Kbps como máximo en el peor escenario.

Después de realizar una prueba de velocidad del enlace, se puede evidenciar que el instituto cuenta con 20 Mbps, distribuidos en las tres subredes funcionales.

En caso de optar por el despliegue de una red cableada, una red de 10 Mbps es suficiente para prestar este servicio.

Para la comunicación con la PSTN es necesario implementar en el servidor, una placa que soporte mínimo tres líneas telefónicas analógicas.

2. Capa Enlace de Datos

Las redes ampliamente aceptadas en redes locales es Ethernet y como se dijo anteriormente, el instituto ya cuenta con una red inalámbrica WI-FI 802,11 a/b/g/n lo bastante robusta como para soportar la transmisión de voz y datos.

3. Capa de Red

Un ancho de banda de 1 Mbps es suficiente para la VLAN dedicada a la telefonía IP para la salida a la red de datos o internet, incluso con perspectiva de crecimiento de la red de telefonía IP. Es necesario que el dispositivo de capa tres que utiliza el protocolo IP pueda soportar el número de usuarios que se describió anteriormente.

Se puede evitar que la red de datos actual se sature con la configuración de VLAN y la implementación adecuada de políticas de administración de ancho de banda y acceso a los diferentes servicios.

De los 487 usuarios efectivos de la red actual de datos, 400 son estudiantes que pueden agruparse en una subred de tipo B la misma que puede sub dividirse en segmentos destinados incluso a los dos laboratorios de 20 estaciones cada uno y los 22 proyectores que se encuentran en las aulas estudiantiles. El privilegio de esta subred debe restringir el máximo de posibilidades. La mejor estrategia para limitar y controlar el ancho de banda de esta subred es que se configure un Firewall por dirección web y tipo de archivo además de asignar una cuota mensual de uso de la red a cada estudiante.

Para la subred de docentes que agrupa a 20 personas es posible asignarle una subred de tipo C con direcciones suficientes como para cubrir el doble del requerimiento y aun así tener direcciones IP sobrantes.

Los privilegios de esta subred son mayores a la de estudiantes y las restricciones que deberían implementarse son por tipo de archivo y parte por dirección web. Los docentes tienen mayores necesidades que los estudiantes, por lo tanto, menos restricciones.

La subred de administrativos solamente necesita alojar a 15 usuarios que pueden agruparse en una subred de tipo C. Los privilegios de esta subred son mayores que las anteriores, por lo que se puede implementar aquí la telefonía IP en caso de soportarse en la misma red inalámbrica, de esta manera incluso se evitaría la configuración de nuevas sur redes.

4. Capa Transporte

Se utiliza el protocolo UDP que no es orientado a conexión y adecuado para el flujo de la VoIP en tiempo real por su rapidez y disminución de retardo y jitter a causa de no realizar control de flujo ni de errores y no permite retransmisiones. Además del protocolo UDP, se trabaja con el protocolo RTP y RTCP para encriptación de los protocolos de señalización, implementando así un nivel de seguridad básico.

5. Capa Sesión:

De los tres principales protocolos encargados del establecimiento de una llamada y de señalización SIP, H.323 o IAX 2 se recomienda utilizar SIP debido a que mantiene un equilibrio en uso recursos y estabilidad en el proceso de establecimiento de una llamada respecto a las otras; además varias recomendaciones de otras implementaciones sugieren que H.323 es un protocolo que casi está dejando de usarse y además por funcionar en TCP supone grandes retardos desde que se realiza la petición de establecimiento de una llamada hasta que se establece. Por otro lado, la sugerencia expresa que IAX posee mayor estabilidad como para usarse en enlaces troncales, consume mayores recursos.

6. Capa Presentación

Para las redes de telefonía IP, el MOS es el mejor parámetro para considerar la calidad de servicio, es por ello que es mejor utilizar el códec G.711. que tiene un MOS de 4.1 a 4.4 de acuerdo a diferentes autores, sin embargo, es el que presenta el mayor valor en este parámetro.

Se utilizará este códec tanto en el servidor como en los terminales para poder evitar la transcodificación que puede consumir recursos innecesarios.

7. Capa Aplicación

De las comparaciones anteriores se ha determinado que se utilizará Elastix como la mejor opción de interfaz de administración de los servicios que soportan las aplicaciones y como la aplicación que soporta la mayor cantidad de protocolos, códec, tarjetas de interfaz y compatibilidad con otras tecnologías. De las tres presentaciones que tiene Elastix se utilizará la de tipo general que es la que reúne el soporte de todos los requerimientos determinados anteriormente.

4.1.4- Dimensionamiento de servicios

El instituto tecnológico superior 17 de Julio se encuentra en implementación y construcción, por lo que las necesidades actuales no serán las mismas que en la posteridad. Las características actuales en infraestructura, número de estudiantes, planta docente y administrativa son mínimas por lo que en principio es necesario la implementación de la red de telefonía IP para las comunicaciones internas reduciendo costos que esto pueda traer.

La aplicación Elastix es un paquete completo con varias prestaciones adicionales como se describió anteriormente, sin embargo, no se necesita que todas ellas se encuentren funcionando actualmente, ayudando a ahorrar recursos. Por lo pronto, la institución requiere del servicio de comunicaciones y mensajería, las mismas que vienen activas por defecto en el paquete en cuestión.

Si bien ya se mencionó los privilegios de cada usuario de la red de telefonía IP, en un futuro las necesidades y cambio de privilegios cambiarán a la par, en dichas circunstancias será necesario la monitorización activa de la red y se activarán las aplicaciones necesarias para estos fines, por ahora no será necesario y se deberá desactivar dichas prestaciones. También se

desactivarán los servicios de facturación y correo de voz entre las principales aplicaciones que pueden consumir recursos necesarios para las comunicaciones

4.3.- Arquitectura de red de telefonía IP

Una característica importante a tomar en cuenta para la propuesta de la red de telefonía IP es que ésta no debería interferir con el resto de comunicaciones, la transmisión de datos no debería ser afectada con la telefonía. Por otro lado, para imprimir un cierto grado de seguridad, es mejor que los datos de la telefonía IP no pueda ser interceptado por los usuarios de las demás redes, por ejemplo, la red de estudiantes es abierta y cualquier persona puede ingresar a ella, de esta manera se evita que un intruso pueda vulnerar la seguridad del servicio de telefonía.

Para poder solucionar estos problemas, es necesario que en los dispositivos de red puedan configurarse VLAN diferentes para cada sub red, bien en un switch de capa tres o en router, en este caso de estudio, la propuesta es un switch de capa tres cuya función lo realiza en este ámbito y la velocidad de procesamiento aumenta para salir a la red exterior.

Un enrutador es el equipo más indicado para que pueda re direccionar las llamadas IP mucho más rápido que cualquier otro dispositivo, por lo que es el más indicado para que gestione esta sub red.

Es conocido que la sub red Administrativos aloja pocos usuarios, incluso es una sub red lo suficientemente restringida como para que no se pueda acceder el resto del personal; aunque fuera una sub red de tipo C su capacidad máxima es 255, lo cual indica que existen direcciones sobrantes que pueden ser utilizadas en la telefonía IP.

Por restricción no se pudo averiguar los dispositivos que existen actualmente en el instituto, tampoco el tipo de enlace que se tiene al exterior, sin embargo, tomando en cuenta que la ciudad del conocimiento es un proyecto muy grande y alejado del centro de la ciudad, lo más probable es que se tengan acceso a través de fibra óptica o a través de un enlace inalámbrico ya sea terrestre o satelital.

Se propone que la subred de Estudiantes trabaje de tras de un firewall, limitando el acceso privilegiado que tienen actualmente a la red de datos como se describió anteriormente.

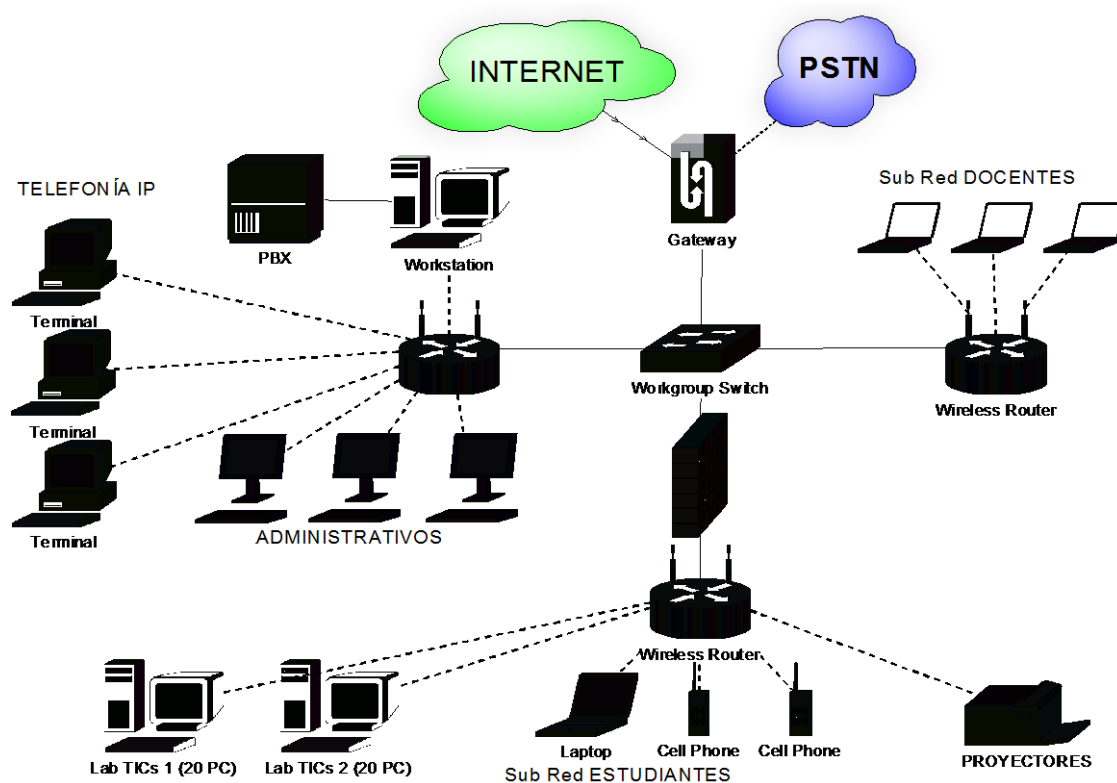


Gráfico N° 6.- Propuesta de la Topología de Red

Fuente: Ing. Wilson Anrango

4.4.- Equipos y Hardware

Una vez que se determinó los equipos de red necesarios para brindar el servicio de telefonía IP se procede a describir los equipos que deberán soportar el servidor del servicio.

En el marco teórico se propuso un listado de características que deberán soportar los servidores de la red de telefonía IP y, por lo tanto, de manera general, las características que éstos deben poseer.

En la página web de Elastix se recomienda que para menos de 20 usuarios se puede utilizar cualquier hardware para la tarea de servidor como una computadora Pentium con 10 GB de almacenamiento en disco duro y 512 MB de memoria RAM, como actualmente las computadoras presentan otras características superiores a las especificadas, significa que el servidor puede ser alojado en cualquier computadora ya existente en la institución sin importar si presta otro servicio paralelamente; incluso Elastix puede ser soportado de manera virtualizada sin ningún problema. Con características mayores de hardware al especificado, se pueden soportar más de una máquina virtual corriendo paralelamente en una sola computadora.

Si bien el número de usuarios es menor a 20, se propondrá a continuación las características del hardware que se necesita para un servidor dedicado, de manera que se pueda adaptar a las nuevas necesidades que se generen posteriormente.

El principal fabricante de tarjetas de red que tengan compatibilidad con los sistemas operativos Elastix y por lo tanto con Asterisk es Digium, el mismo que encabeza el desarrollo de este software. Digium ofrece tarjetas de bajo costo en comparación con otros fabricantes. Se propone que se utilice una sola tarjeta de red en la que agrupe todos los puertos físicos necesarios

y descritos en este trabajo, el uso de una sola tarjeta disminuye la latencia en las peticiones de interrupciones IRQ.

En la actualidad existen varios fabricantes de tarjetas madre dedicadas a servidores entre las cuales se encuentran: Yan, Supermicro, Intel, Asus y Asrock y otros mientras se trabaje con chipsets AMD, Intel, VIA, NVidia entre otras, presentando compatibilidad con Digium y demostrando estabilidad y confiabilidad en el proceso de comunicaciones. La principal ventaja de Digium es que se soporta en la mayoría de fabricantes de servidores y chipset del mercado. De la misma manera Digium presenta un trabajo impecable en muchos de los sistemas operativos de la distribución Linux.

Se propone que el sistema de comunicaciones utilice el mismo códec en todas sus extensiones y en armonía con el servidor para poder evitar la transcodificación y disminuir el trabajo del procesador.

4.5.- Presupuesto de la Propuesta

Para la implementación de la red de telefonía IP, es necesario tomar en cuenta que se necesitan ciertos elementos, sin embargo, en la institución ya existen algunos de ellos. Como una propuesta de tipo general son necesarias los siguientes elementos y sus costos aproximados nos pueden proporcionar el costo total de una implementación desde cero. Este costo no toma en cuenta el costo de licencia de los aparatos hardware, es por ello que se describe la siguiente tabla:

Tabla 15.- Presupuesto General

Elemento	cantidad	costo unitario	Costo Total
Switch	1	400	400
Router	3	300	900
PC	1	400	400
Tarjeta FXO-FXS	1	231	231
Teléfono IP	6	120	720
TOTAL	6	1451	2651

Fuente: Ing. Wilson Anrango

Si se toma en cuenta que en el instituto ya existen muchos de estos elementos, queda por determinar el costo que implica la implementación real sin el costo de éstos elementos, además tomando en cuenta que las computadoras de cada funcionario se pueden utilizar como softphones entonces tampoco se debe invertir en teléfonos físicos, de esta manera queda la siguiente tabla:

Tabla 16.- Presupuesto Neto

Elemento	cantidad	costo unitario	Costo Total
PC	1	400	400
Auriculares	6	2	12
Tarjeta FXO-FXS	1	231	231

TOTAL			643
-------	--	--	-----

Fuente: Ing. Wilson Anrango

Capítulo 5.- Conclusiones y recomendaciones

5.1.- Conclusiones

La tendencia futura en cuanto a las soluciones propietarias se enfoca en segregar los servicios, hardware o software, en pequeñas partes destinadas a los usuarios, de manera que los costos de implementación de una red de telefonía también recaigan y se distribuyan a ellos en costos accesibles.

Varios trabajos de tesis de diferentes universidades han realizado una comparación entre soluciones libres y propietarias de sistemas de telefonía IP y se puede observar que alrededor del 2005, las soluciones propietarias superaban en prestaciones y en calidad de servicios a las soluciones libres, aproximadamente en el 2009 la tendencia se balanceaba entre los dos tipos de soluciones, muchos de ellos utilizando parte de uno y de otro para la implementación de un servicio de telefonía IP. A partir del 2011, las soluciones libres toman fuerza y se sobreponen por sobre las soluciones propietarias debido a que se implementan mejoras en los servicios y además prestan una gran cantidad de posibilidades a costos muy reducidos. Es así que se estima, que en el futuro las soluciones libres, no solo lideren el mercado, sino que además lleven a que los fabricantes propietarios mantengan compatibilidad obligatoria con las soluciones libres y a reducir costos para poder mantenerse en el mercado.

Con la captura del tráfico de la red y el respectivo análisis es posible abstraer la configuración de la red actual del instituto y además es posible especular respecto a los elementos que lo conforman. La técnica que permite recolectar información necesaria de la red es el uso de sniffers y la síntesis de la información obtenida.

El establecimiento de una política administrativa adecuada del ancho de banda y de los recursos de la red con niveles de privilegio acordes a cada tipo de usuario es suficiente como para que se disminuya el tráfico actual en un 60% o más, ya que no existe ninguna restricción de acceso web (esto incluye páginas prohibidas) en ninguna de las subredes funcionales.

El presente caso de estudio se basa en el procedimiento de investigación científica, por lo que el análisis minucioso de los procesos y de los aspectos técnicos de todos aquellos temas que forman parte del diseño de una red de telefonía IP aportan significativamente a la comprensión del tema y a la síntesis de la propuesta incluyendo la topología, elementos de red, seguridad, privilegios, y otros aspectos importantes. La propuesta de red se ajusta a las necesidades actuales de la institución y además permite un rango considerable de expansión tanto de nuevos servicios como de nuevos usuarios.

5.2.- Recomendaciones

Si bien las redes de telefonía IP han crecido de una manera vertiginosa desde hace pocos años atrás, en la actualidad no existe un sistema de gestión dedicado y específico para este tipo de redes. Al tratarse de una red IP, lo mejor es utilizar un sistema de gestión de redes de datos, pero sin olvidar que es necesario implementar una arquitectura específica para este tipo de redes.

Se recomienda descentralizar el servidor para futuros requerimientos, Elastix soporta la descentralización por servicio, de manera que la capacidad de procesamiento se reparta en cada uno de ellos, es necesario además, que se solventen las dificultades de movimiento de los usuarios desde una red a otra mediante el uso de nuevas tecnologías implementadas en los nuevos aparatos de red de última generación como roaming, para que de esta manera no existan puntos ciegos en las comunicaciones inalámbricas.

Es necesario que cada vez que se desee diseñar e implementar una red de telefonía IP, se realice un estudio del estado de arte en cuanto a prestaciones, costos y nuevos cambios en los elementos de red y en los equipos servidores debido a que la innovación tecnológica crece de forma exponencial tanto en hardware como en software.

Se recomienda que, a la hora de implementar esta propuesta, se utilicen diferentes códec de audio para determinar el que mejor se ajuste a las necesidades y a las capacidades de la red ya que los cálculos muchas veces se alejan de la realidad, incluso puede mejorarse las prestaciones si la red lo permite.

Bibliografía

- 3CX. (01 de 08 de 2016). *Diez Consejos Para Que Su Central Telefónica Sea Mas Segura*. Obtenido de www.3cx.es: <http://www.3cx.es/articulos-sobre-voip/seguridad-voip/>
- ALCATEL. (2004). PEQUEÑAS EMPRESAS. *Alcatel OmniPCX Office Compact Edition: Telecomunicaciones profesionales fundamentales*. París, Francia. Recuperado el 02 de mayo de 2016
- ALCATEL-LUCENT. (28 de mayo de 2008). *Central Telefónica de Comunicaciones OmniPCX Office de Alcatel Lucent*. (O. I. SA, Editor) Recuperado el 02 de mayo de 2016, de <http://www.alcatelproducts.com.ar>: <http://www.alcatelproducts.com.ar/content/view/6/30/>
- ALCATEL-LUCENT. (s.f.). *Centralita OmniPCX Office Compact Edition - Ideal para pequeñas empresas*. (O. I. SA, Editor) Recuperado el 02 de mayo de 2016, de <http://www.alcatelproducts.com.ar>: <http://www.alcatelproducts.com.ar/content/view/30/2/>
- Ardita, L. J. (2008). *Seguridad en Voz sobre IP*. Quito.
- Baz, G. G.–I. (Abril de 2010). *IRONTEC*. Obtenido de <http://www.irontec.com>.
- Black, U. (2000). *Voice over IP*. United States of America: Prentice Hall.
- CISCO. (11 de abril de 2016). *Telefonía IP*. Recuperado el 11 de abril de 2016, de www.cisco.com: <http://www.cisco.com/web/ES/products/telefonía-IP.html>
- Cisco Systems Inc. (07 de 02 de 2014). *Voz sobre IP - Consumo de ancho de banda por llamada. Bandwidth_consume*. Recuperado el 15 de 10 de 2016, de http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/73/73295_bwidth_consume.html

COMPRAWIFI. (12 de abril de 2016). *Cisco UC320W Centralita PBX con 4 FXO*. Obtenido de www.comprawifi.com: http://www.comprawifi.com/herramientas-voip/telefonía-voip/varios/cisco-uc320w-centralita-pbx-con-4-fxo/prod_2800.html

Diego, Q. (2007). *Diseño de una red de telefonía IP*. Lima, Lima, Perú.

Electrónica Villbar. (s.f.). *Centralitas Digitales*. Recuperado el 6 de abril de 2016, de www.panacom.es: http://www.panacom.es/Centralitas_Panasonic.html

ERICES, E. A. (2006). *ASTERISK Y TELEFONIA TRADICIONAL*. Santiago, Chile: Fundación Instituto DuocUC.

FRANCO, J. A. (2013). ESTADO DEL ARTE DE LA (IN) SEGURIDAD VOIP. *Rev. Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 77-98.

Gil, R. G. (2013). *Seguridad en VoIP: Ataques, Amenazas y Riesgos*. Valencia: Universitat de Valencia.

GRUPO ATTI. (s.f.). *Grupo Atti - Telefonía*. Recuperado el 6 de abril de 2016, de www.telecomunicacionesalicante.com: www.telecomunicacionesalicante.com

Guerrero, D. (Diciembre de 2007). *PROYECTO DE MIGRACION A UN SISTEMA DE TELEFONÍA IP (VOIP) BASADO EN SOFTWARE LIBRE*. Catalunya, España: Universitat Oberta de Catalunya.

Henning Schulzrinne, J. R. (1999). *Internet Telephony: architecture and protocols – an IETF*. *Elsevier Science B.V*, 238-255.

Landivar, E. (2009). *Comunicaciones Unificadas con Elastix. Comunicaciones Unificadas con Elastix Volumen 2, 2, 78-79*. Obtenido de http://www.elastix.org/index.php?option=com_content&task=view&id=128&Itemid=54

Moya, J. M. (2008). *Tecnología VoIP y Telefonía IP - La telefonía por Internet*. Creaciones COPYRIGHT.

Muñoz, A. (2010). *Elastix a ritmo de merengue*.

Pablo Rivera Calero, B. P. (2014). *Diseño e implementación de centrales telefónicas de VoIP para prácticas de análisis de tráfico y señalización...* Facultad de Ingenierías. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

Paula, F. S. (Junio de 2013). Rediseño de la red del grupo KFC en la ciudad de Quito para soportar telefonía IP. Quito, Pichincha, Ecuador.

Robles, M. R. (Junio de 2001). Voz sobre IP. Colima, Colombia.

Robles, M. R. (Junio de 2001). Voz sobre IP: Análisis de servicio instalado en la facultad de Telemática. Colima, Colombia: Universidad de Colima.

Rodríguez, A. S. (Septiembre de 2008). Instalación de un sistema VoIP corporativo basado en Asterisk. Cartagena, Murcia, España: Escuela Politecnica de Cartagena.

Rodriguez, A. S. (s.f.). Sistemas de telefonía IP corporativos basados en virtualización. Cartagena, Colombia.

Taboada, K. G. (24 de Julio de 2014). MIGRACIÓN DE TELEFONÍA IP DE UNA PLATAFORMA PROPIETARIA A UNA PLATAFORMA BAJO SOFTWARE LIBRE GNU/LINUX PARA LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE. Ibarra, Imbabura, Ecuador: UTN.

Tori, C. (2008). *Hacking Ético*. Buenos Aires-Argentina: Mastroianni Impresiones.

Vásquez, N. G. (26 de octubre de 2007). *Info World*. Recuperado el 6 de abril de 2016, de www.iworld.com.mx:

http://www.iworld.com.mx/iw_SpecialReport_read.asp?iwid=5347&back=2&HistoryParam=T

Anexos

Anexo A.- Centrales y PBX Panasonic

Centrales IP serie NCP

Entre sus principales ventajas se tiene:

- ✓ **Plataformas de red convergente** que permiten a las empresas implementar las comunicaciones unificadas
- ✓ **Telefonía SIP** integrada mediante proveedores de líneas SIP
- ✓ Compatibilidad integrada para extensiones IP avanzadas.
- ✓ **Softphones y teléfonos IP** para trabajadores a distancia y oficinas remotas
- ✓ **Integración de las aplicaciones** de escritorio, red y comerciales
- ✓ **Mensajería vocal integrada y funcionalidad DISA**
- ✓ **Mensajería unificada** avanzada utilizando los sistemas de procesamiento vocal TVM50 y TVM200 opcionales
- ✓ **Aplicación de movilidad** que acepta teléfonos móviles como extensiones de oficina
- ✓ **Reducción del coste** total de propiedad
- ✓ **Gestión y actualizaciones centralizadas**

Centrales Puras IP

Principales ventajas:

- ✓ Telefonía SIP integrada mediante proveedores de servicios de telefonía por internet y otros proveedores de líneas externas SIP.
- ✓ Compatibilidad integrada para extensiones IP avanzadas y teléfonos SIP estándar.
- ✓ Softphones y teléfonos IP para trabajadores a distancia e itinerantes.
- ✓ Integración de las aplicaciones de escritorio, red y comerciales
- ✓ Productividad empresarial con soluciones de movilidad inalámbricas
- ✓ Migración fácil (actualización de la central TDA híbrida a la central TDE pura IP).
- ✓ Correo vocal integrado, con posibilidad de actualización utilizando el KX-TVM50, KX-TVM200.
- ✓ Reducción del coste total de propiedad (reducción de los costes de instalación y de las llamadas en red).
- ✓ Gestión y actualizaciones centralizadas

Central pura IP KX-TDE100, Central pura IP KX-TDE200 y Central pura IP KX-TDE600

Ofrece las siguientes características:

- ✓ Misma central que la TDA100 + capacidad IP de la MPR
- ✓ Capacidad de 24 a 256 usuarios

- ✓ Hasta 64 teléfonos IP y 32 canales IP
- ✓ Hasta 128 teléfonos SIP (Estándar RFC3261)
- ✓ Equipada con todas las funciones TDA
- ✓ Mantenimiento a través de LAN
- ✓ Programación multi-sede (hasta 4 sedes)
- ✓ Sistema de buzón de voz integrado (SVM) (GRUPO ATTI, s.f.)

Centralitas Digitales

Sus principales características se pueden agrupar en dos grupos.

- ✓ Capacidad de líneas:
 - De 2 a 16 puertos
 - De 2 a 12 líneas analógicas
 - De 1 a 8 enlaces RDSI
 - 4 enlaces troncales VoIP. H323 o SIP
- ✓ Capacidad de extensiones:
 - De 4 a 28 puertos máximo
 - De 12 a 24 extensiones digitales
 - De 12 a 24 extensiones analógicas
 - 8 extensiones VoIP
 - De 2 a 8 antenas DECT. Fuente: (Electrónica Villbar, s.f.)

Estas Centralitas combina la fiabilidad de una PBX con la tecnología IP. Las aplicaciones incluyen: Buzón de voz, Software de gestión de llamadas, Telefonía inalámbrica (DECT),

Auriculares integrados, Integración de tecnología informática (CTI), Sucursales remotas y Soluciones de trabajo local. Sus principales características son:

- ✓ Agenda con 100 nombres
- ✓ Enrutamiento de llamadas Automático.
- ✓ Transferencia de fax automática.
- ✓ Inserción de pausa automática.
- ✓ Llamada en espera.
- ✓ Llamada de conferencia.
- ✓ Línea de datos segura.
- ✓ Instalación DISA opcional.
- ✓ Correo Vocal opcional.
- ✓ Re-llamada a último número.
- ✓ Portero Automático opcional.
- ✓ Timbres de llamada diferenciados.
- ✓ Intercomunicador.
- ✓ MOH, Bloqueo de llamada.
- ✓ Marcación de Velocidad de 80 números.
- ✓ Marcado por Pulso/Tono intercambiable. (Electrónica Villbar, s.f.)

Por otro lado, están las centralitas *CENTRAL KX-TE824 AL - CENTRAL KX-TEM824* con las siguientes características:

- ✓ Capacidad Inicial: 3 líneas y 8 extensiones telefónicas.
- ✓ Capacidad Máxima: 8 líneas y 24 extensiones telefónicas. *
- ✓ Sistema híbrido.
- ✓ Operadora virtual
- ✓ Restricción de llamadas de larga distancia
- ✓ Restricción de llamadas locales
- ✓ Acceso Directo al Sistema Interno (DISA) con OGM.
- ✓ Transferencia automática de fax.
- ✓ Distribución de Llamada Uniforme (UCD) con OGM.
- ✓ Transferencia de llamadas. (Todas/Ocupado/No contesta/externa/seguimiento).
- ✓ Modo de día/noche/almuerzo.
- ✓ Interface de batería incluida.
- ✓ Interface incorporada para teléfonos y abridor de puerta. *
- ✓ Conferencia entre 5 personas.
- ✓ Llamada de emergencia.
- ✓ Código de cuenta, Desvío de Llamadas (Ocupado, No Contesta, Sígueme a Línea Exterior, movistar, Movilnet, Digital)

- ✓ Modulo para extensión VoIP *

*Requiere equipo opcional

Centrales SIP DECT

La serie TGP de centralitas telefónicas SIP Dect, sistemas telefónicos inalámbricos de Panasonic aportan una sorprendente calidad de voz de alta definición, así como una amplia gama de opciones y características como:

- ✓ Las centralitas telefónicas SIP Dect ofrecen un sistema de comunicaciones basado en VOZ IP para entornos de pequeña oficina y el hogar, introduciendo SIP en el mercado de la pequeña empresa.
- ✓ La tecnología inalámbrica DECT y el acertado diseño eliminan la necesidad de instalar cableado de red a cada puesto de trabajo.
- ✓ Su configuración es fluida y transparente, así como un mantenimiento diseñado para permitir una máxima recuperación de la inversión.

Las funciones comunes de las centralitas telefónicas SIP Dect Panasonic KX-TGP550 y KX-TGP-500 son:

- ✓ Ampliables a 6 portátiles inalámbricos, y soportan hasta 8 líneas telefónicas y 3 llamadas simultaneas.
- ✓ Amplia pantalla LCD retro-iluminada blanca en el portátil para una mayor facilidad de uso, altavoz en el supletorio, Jack de 2,5mm para auriculares, clip para cinturón.
- ✓ Intercomunicación local y en Red

- ✓ Certificado Broadsoft y Asterisk
- ✓ Audio Wide Band (G.722), 5 horas de conversación, 10 días en reposo.
- ✓ Botón localizador del portátil en la unidad base
- ✓ Agenda para 100 números, se pueden compartir contactos entre supletorios e importar/exportar con Microsoft Office
- ✓ CODEC: G.711 u/a-law, G.729A, G.726(32K), G.722
- ✓ Servicios de contestador automático y música en espera de gran calidad
- ✓ Pueden trabajar como extensiones remotas de una central IP serie NCP de Panasonic.
(GRUPO ATTI, s.f.)

Anexo B.- Centrales y PBX Cisco

Cisco UC320W Centralita PBX

Entre sus principales ventajas se tiene:

- ✓ Soporte hasta para 24 teléfonos (máximo de 9 líneas analógicas de teléfono o fax)
 - ✓ Licencia para 24 usuarios
 - ✓ Buzón de voz y contestador automático
 - ✓ Notificaciones del buzón de voz al correo electrónico
 - ✓ Punto de acceso inalámbrico 802.11n para voz y datos integrado
 - ✓ Telefonía IP
 - ✓ Interoperabilidad con hasta 12 líneas analógicas (FXO) de la red telefónica pública conmutada (PSTN)
 - ✓ Compatibilidad con enlaces troncales del protocolo de inicio de sesión (SIP), máximo de 12 llamadas activas de enlace troncal SIP (línea y SIP)
 - ✓ Switch Gigabit Ethernet (1000 Mbps) de 4 puertos con soporte para VLAN, para conectar dispositivos o expandirse
 - ✓ Puerto WAN Gigabit Ethernet, que se puede designar como perímetro de la red
 - ✓ Utilidad de configuración sencilla basada en Web para una fácil implementación
 - ✓ Música de fondo para llamadas en espera y puertos de localizador externos.
- (COMPRAWIFI, 2016)

Anexo C.- Centrales y PBX Alcatel

OmniPCX Office Compact Edition

Entre sus principales ventajas se tiene:

- **Arquitectura**
 - ✓ Sistema operativo Linux
 - ✓ Armario montado en pared 65x360x345mm
 - ✓ Batería auxiliar externa 4/8 horas (opcional)
- **Teléfonos y lugar de trabajo**
 - ✓ Usuarios de voz (analógicos, digitales, DECT) 37
 - ✓ Puertos de voz (Reflexes™ + analógicos) 12
 - ✓ Hub Multi-Reflexes™ (división de 1 a 3 canales) 4
 - ✓ Terminales Reflexes™ (con hub Reflexes) 16
 - ✓ Teléfonos analógicos 8
 - ✓ Usuarios IP* (e-Reflexes™ + IP PIMphony) Hasta 55
 - ✓ Terminales Mobile Reflexes™ (DECT) 20
 - ✓ Módulos adicionales (máximo 2 por terminal) 10
 - ✓ S0, V24, Adaptador analógico 4
 - ✓ Adaptador V24 de tarificación 1
 - ✓ Estación base de radio IBS 3
- **Puertos de comunicación**
 - ✓ Enlaces analógicos* Hasta 4
 - ✓ Accesos básicos Hasta 4 TO
 - ✓ ISDN RAS Hasta 128 Kbps

- ✓ (2 canales B)
- ✓ Enlaces IP (placas VoIP 4/8) 4/8 canales
- ✓ Puerto Ethernet LAN 10/100 Base T con detección automática

- **Servidor de llamadas**

- ✓ Mensajería vocal (integrada) 2 puertos/20 minutos
- ✓ Capacidad de almacenamiento de mensajería vocal (con Xmem64) Hasta 80 minutos
- ✓ Operadora automática 2 niveles/10 opciones por nivel y subnivel
- ✓ Grupos (búsqueda/ 50 (hasta 32 difusión/captura) abonados en cada uno)
- ✓ Mensajes de bienvenida De 4 a 8
- ✓ Música de espera 2 minutos
- ✓ Idiomas Entre 2 y 4
- ✓ Entradas de directorio 3.000
- ✓ Selección automática de ruta (ARS) 500 entradas
- ✓ Tickets de tarificación Hasta 1.000 tickets
- ✓ Grupos de operadoras 8 (máximo de 8 operadoras por grupo)
- ✓ Conferencia 3 conferencias simultáneas

- **Servidor CTI**

- ✓ Servidor CTI integrado CSTA/TAPI
- ✓ Clientes PIMphony con servidor CTI integrado 25 Sesiones/supervisión
CSTA 25/50 *Disponible pronto.* (ALCATEL, 2004)