

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEFONÍA IP BASADO EN SOFTWARE LIBRE ENTRE LA COOPERATIVA DE AHORRO Y CRÉDITO SAN ANTONIO LTDA Y SUS SUCURSALES

**Verónica del Carmen Collahuazo Santander**

*Facultad De Ingeniería En Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte*

*Ibarra, Ecuador*

[veritoale.11@gmail.com](mailto:veritoale.11@gmail.com)

**Tutor: Ing. Daniel Jaramillo**

[djaramillo@utn.edu.ec](mailto:djaramillo@utn.edu.ec)

Resumen- El presente proyecto, tiene como finalidad realizar el diseño de un sistema de telefonía IP basado en software libre, que permita la transmisión de paquetes de voz sobre el protocolo IP; a través de la red de datos de la Cooperativa de Ahorro y Crédito San Antonio LTDA., y sus sucursales, permitiendo el ahorro económico en las planillas telefónicas y optimizando los recursos de las redes.

## I. INTRODUCCIÓN

Las redes hoy en día soportan diferentes servicios y aplicaciones como son voz, video y datos sobre una infraestructura común, de esta manera se ahorran recursos, es por esta razón que se plantea con el diseño de un sistema de telefonía ip para la Cooperativa de Ahorro y Crédito San Antonio LTDA.

Actualmente en la Cooperativa no se están utilizando los recursos de red existentes ya que para la comunicación telefónica sus sucursales con la matriz se la realiza a través de la red telefónica pública conmutada CNT, lo cual genera gastos mensuales, además de que no se están utilizando los recursos de la red como es el ancho de banda de los enlaces contratados para la transmisión de las bases de datos.

Una solución en software libre para un sistema de telefonía IP, permite integrar paquetes de voz a la red IP, permitiendo tener todos los servicios de una central telefónica análoga.

## II. CONCEPTOS BÁSICOS

### A. Definición de VoIP

La voz sobre redes IP (a menudo denominada por la abreviación de Voice over IP "VoIP"), es una tecnología que permite comunicarse por voz a través de toda red que acepte el protocolo IP utilizado en Internet.

### B. Arquitectura de una red para VoIP

Principalmente en una red de VoIP se definen tres elementos fundamentales que se describen a continuación.

*Terminales:* son los usuarios finales quienes establecen la comunicación, a través de un equipo terminal sea este, software o hardware los cuales deben incluir el tratamiento de la señal, es decir la codificación decodificación, para envío a la red de datos.

*Servidor:* Es el centro de la arquitectura de VoIP, ya que maneja el control de llamadas, gestión del sistema de direccionamiento, soporta el enrutamiento de llamadas a través de la red, además de realizar la administración y control de servicios. El servidor de VoIP es llamado de acuerdo al protocolo de señalización que se utilice si fuese el caso del H323 se denominaría gatekeepers.

*Gateway:* Es la pasarela de comunicación entre la red telefónica tradicional también conocida como PSTN (Red de Telefonía Conmutada Pública), y la red de VoIP para

lo cual cuenta con puertos LAN y puertos FXO, actuando de forma transparente para el usuario.

### C. Ventajas de la VoIP.

La principal ventaja de la VoIP es la reducción de costos por el servicio telefónico, ya que las llamadas se realizan a través de la red, ya existente de datos, optimizando los recursos de esta para el transporte de voz y datos, por la misma infraestructura de red.

Gracias a la función que cumplen los Codecs en la VoIP, los paquetes de datos requieren anchos de banda reducidos, ya que los espacios de silencio son rellenos con datos permitiendo el uso más eficiente del ancho de banda.

La VoIP presenta un esquema de red flexible, ya que no necesita tener una topología de red específica, permitiendo la integración con las grandes redes IP. Las aplicaciones de VoIP permiten la monitorización y auditoría lo que facilita el control del uso de la aplicación por parte de los administradores de la empresa. Además permite tener movilidad a los usuarios solo con mover su teléfono a otro punto de red y escalabilidad facilitando la incorporación de nuevos usuarios.

### D. Desventajas de la VoIP.

En la VoIP la calidad de la llamada, es un poco inferior a la telefónica PSTN, ya que se pierden algunos paquetes, se pierden o pueden llegar a destiempo, esto sucede por el uso del protocolo IP que no garantiza que la información llegue al destino lo que disminuye la calidad de las llamadas.

Puede presentarse variaciones del retardo o un deterioro de la comunicación, producidos por la saturación de la red y la congestión por una baja velocidad de conexión.

La red debe contar necesariamente con un banco de baterías y un generador eléctrico, ya que si se produce un corte de energía se quedaría sin el servicio telefónico toda la empresa.

### E. CENTRALES IP PBX

Las IP PBX son centrales que tienen las mismas funcionalidades que una central PBX, pero tienen la capacidad de conectarse a la PSTN y a una red LAN sobre el protocolo IP, pudiendo integrar en una sola infraestructura de red el envío de voz y datos e integrando nuevos servicios.

Las centrales IP están compuestas por un software de VoIP, centralizándose las conexiones, las cuales se conectan directamente a la red de telefónica convencional por medio de líneas troncales y a la red de VoIP, permitiendo una comunicación transparente para los usuarios finales.

### F. Protocolos que se utilizan en VoIP

Los protocolos son reglas que se establecen para la comunicación de dos puntos en este caso dos teléfonos IP. Los protocolos que se analizarán son los que se utilizan o relacionan directamente con la VoIP, para empezar el protocolo IP que es el principal protocolo de internet de la capa de red, el protocolo UDP de la capa transporte, los protocolos de tiempo real de la capa aplicación, específicamente los protocolos de señalización de la VoIP y para finalizar los protocolos de calidad de servicio para la VoIP.

*Protocolo IP:* es un protocolo no orientado a conexión, no corrige errores dejando este proceso a capas superiores, este protocolo cumple tres funciones básicas las cuales son; direccionamiento, encaminamiento y fragmentación.

*Protocolo UDP:* es un protocolo no orientado a conexión que se utiliza, en aplicaciones de tiempo real, ya que permite tener una comunicación más fluida, para que el emisor sepa que el paquete ha llegado al destino, por esta principal característica es el protocolo de transporte ideal para transmisiones de multimedia de video y audio.

*Protocolo RTP:* forma parte del nivel de aplicación su función es multiplexar el flujo de datos en tiempo real en su solo flujo dentro del segmento UDP, en su cabecera tiene el campo time-stamping el cual permite al origen asociar una marca de tiempo reduciendo los efectos de la fluctuación. Este protocolo está diseñado para trabajar conjuntamente con el protocolo RTCP

*Protocolo de señalización H323:* es usado generalmente en transmisiones de voz sobre IP, ya que define claramente los componentes que son usados en un sistema completo de telefonía IP, como son desde los terminales, los gateways que son los encargados de conectar con las redes exteriores funciona como una pasarela, la unidad de control y el gatepeer que funcionan como una central, encargándose del establecimiento gestión y administración de las conexiones.

*Protocolo de señalización SIP:* se basa en una arquitectura cliente-servidor utilizado para la comunicación, el intercambio de mensajes, el cliente envía peticiones SIP al servidor, sus principales componentes son dos terminales y servidores.

### G. Problemas en una red de VoIP

En el caso de la telefonía tradicional, en una llamada telefónica se establece un circuito físico permanente por lo que está garantizada la calidad de la voz, por lo contrario que ocurre en el caso de telefonía IP, ya que por su naturaleza no son orientadas a conexión y no aseguran

q los paquetes llegan a su destino pueden perderse o llegar en desorden, todos estos inconvenientes degradan la señal de tiempo real, que son sensibles a retardos. En la tabla 1 se muestra los problemas de la VoIP de acuerdo a las capas del modelo TCP/IP.

**Tabla 1.** Fuentes de distorsión o ruido en las diversas capas de la red

Aplicación	Ruido de fondo	Saturación		
Transporte	Distorsión de la amplificación	Distorsión de la codificación		
Red		Pérdida de paquetes	Jitter	Retardos
Enlace de datos	Interferencias eléctricas (estáticas)			
Física	Atenuación de la señal			

**Fuente:** MORO, Infraestructura de redes y sistemas de telefonía, 2013

*El retraso:* o latencia son los intervalos de tiempo que se introducen desde el inicio de la conversación, pasando por cada una de las fases de la transmisión como son; la codificación, el procesamiento producido por los equipos de red en el proceso de encapsulación de los paquetes e intercambio de cabeceras, a esta suma de intervalos de tiempo generados por el sistema se los denomina retraso o latencia.

*El jitter:* es el efecto producido por la variación de retardos o latencia en el backbone de la red debido a la congestión de la misma, la pérdida de sincronización y los cambios de ruta de los paquetes, es decir los paquetes no llegan en el tiempo que se calculó que llegaría. Este efecto es percibido por los usuarios finales como un entrecortado de la voz de la comunicación.

*El eco:* es causado por los efectos del retardo, jitter y por los componentes electrónicos de las partes analógicas del sistema que reflejan una parte de la señal procesada. Este efecto es perceptible a los usuarios ya que comienzan a escucharse lo que habla, en una versión retardada.

*Pérdida de paquetes:* es el porcentaje de paquetes perdidos en la red, ya sea porque a los paquetes se les agoto el tiempo de vida TTL o por congestión en la red, estos paquetes no son retransmitidos porque en tiempo real causa distorsión vocal por lo que este no debe ser mayor al 1%,

## H. Calidad de servicio (QoS)

Calidad de servicio es la capacidad de proporcionar un mejor servicio a los usuarios finales, en el caso de la telefonía IP es la calidad de la voz que la red ofrece los usuarios finales. Establecer prioridades de tráfico de acuerdo a sus necesidades, sobre las diferentes tecnologías optimizando los recursos de la red.

Por la naturaleza de los datos de tiempo real como la voz, el video, son sensibles al retardo, pérdida de paquetes, variación de retardos (jitter), deben ser aplicadas calidad de servicio, la cual relaciona directamente el tamaño de colas con la congestión de la red y la velocidad de conmutación y el ancho de banda de los enlaces. Existen tres modelos de (QoS) calidad de servicio los cuales son:

*El modelo Best-Effort:* que no aplica ninguna política de calidad de servicio, utiliza su mejor esfuerzo para enviar los paquetes a su destino sin garantizar que exista retardo o que los paquetes se pierdan, utiliza el método de cola FIFO (First-in First-out), la cual es una técnica de almacenamiento y envío, cuando existe congestión almacena y la envía manteniendo el orden de llegada.

*El modelo de Servicios Integrados:* se basa en la reserva previa de recursos de la red y señalización de toda la trayectoria, cada router que atraviesa la red efectúa la reserva solicitada. Para realizar la reserva y señalización en los paquetes IP denominados flujos se utiliza el protocolo RSVP (Protocolo de Reserva de Recursos), El principal problema de este protocolo es la escalabilidad ya que tiene que mantener información de estado en cada router.

*El modelo de Servicios Diferenciados:* es un modelo de QoS más reciente, que está basado en el uso de múltiples clases de servicio, para lo cual utiliza diferentes métodos como IP Precedence, DSCP (Punto de Código de Servicios Diferenciados). En la arquitectura de servicios diferenciados existen dos tipos de routers; los routers de borde que son los encargados del proceso de marcaje y priorización del tráfico y los routers internos que evitan la congestión.

## I. Plataformas de Telefonía IP

Las principales plataformas de telefonía IP en software libre son:

*Asterix:* es un software de central telefónica, desarrollado por la empresa Digium para la implementación servidores VoIP Se distribuye bajo licencia de software libre, incluye características básicas de una central, como son: contestación automática de llamadas, transferencia y

parqueo de llamadas, voicemail, cola de llamadas, identificador de llamadas.

*TrixBos*: es una distribución del sistema operativo GNU/Linux, está basada en Centos y evolucionó del núcleo de Asterisk, fue desarrollado por Mark Spencer de Digium, el sistema es ideal para compañías pequeñas, de fácil administración debido a que tiene una plataforma gráfica denominada FreePBX, cuenta con un servidor Web Apache con soporte a PHP y Perl, administración de base de datos, Correo de voz e integración de este con el email, así como integración fax-a-email.

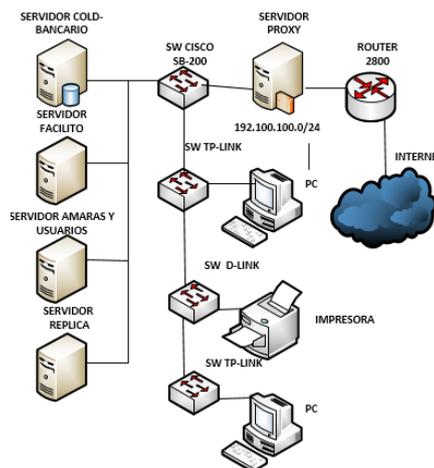
*Elastix*: es desarrollado y administrado por Palo Santo Solutions una compañía establecida en Ecuador, es una distribución de Software Libre de Comunicaciones Unificadas, integra cuatro software en un solo paquete distintas funcionalidades los cuales son: Asterik, Hylafax, Openfire y Postfix, brindando funciones de una central PBX como Fax, Mensajería Instantánea e Email, respectivamente.

### III. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE DATOS Y TOPOLOGÍA DE LA RED

La red de datos de la Cooperativa de Ahorro y Crédito San Antonio LTDA., cuenta con tres redes LANs, una para cada sucursal y matriz de la Cooperativa, para su conectividad tienen contratado dos enlaces de fibra óptica a la empresa Telconet.

La administración de la red LAN se encuentra centralizada en el cuarto de equipos de la matriz de la Cooperativa, en el departamento de sistemas. Posee una conexión a internet de 3Mbps provista por la empresa de Telconet, a través de un enlace de fibra óptica que llega a un tranceiver y a un router, estos equipos son de propiedad de los proveedores del servicio, el cual es compartido con las sucursales a través de enlaces de fibra óptica que igualmente son alquilados a la misma empresa.

La red de datos se encuentra independiente del sistema telefónico lo que implica que los costos de telefonía son elevados ya que para la comunicación de las sucursales con la matriz se utiliza los servicios de la telefonía convencional la PSTN, y no se aprovecha los recursos de la red existente, ya que la cooperativa tiene contratado enlaces de fibra óptica para la transmisión de las bases de datos de los sistemas financieros y para compartir el servicio de internet principalmente. En la Figura 1 se muestra la topología de red de la matriz.



**Figura 1:** Topología de la red de la matriz

**Fuente:** Departamento de sistemas de la Cooperativa

La red LAN de la Cooperativa tiene una topología de red estrella con un cableado estructurado categoría 5E en primera planta y 6ª en la segunda planta, utiliza un direccionamiento lógico clase C con un rango de direcciones 192.X.X.X /24, la cual no se encuentra segmentada por lo que se dificulta la administración.

#### A. Departamento de Sistemas Matriz San Antonio.

En la matriz de la Cooperativa de Ahorro y Crédito es donde se concentra la mayor parte de oficinas y de empleados debido a que se inició hace 54 años en la Parroquia de San Antonio, en esta entidad financiera trabajan 35 empleados en los diferentes departamentos, específicamente para el departamento de sistemas están a cargo dos ingenieros en sistemas, los cuales manejan los sistemas financieros, bases de datos, servidores, equipos de la red y dentro de este departamento está inmerso el cuarto de equipos.

Para determinar la situación actual del cuarto de equipos, se hace necesario realizar el inventario de la red, para determinar los equipos de telecomunicaciones existentes, que se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2** Inventario de los equipos del cuarto de equipos

CANTIDAD	DISPOSITIVO
4	Servidores
4	Switch
1	Firewall
1	Router
1	Tranceiber
1	Aire acondicionado
1	Extintor
2	Cámaras web
1	Central telefónica
1	Detector de humo
1	UPS. TRIPP-LITE 6Kva

Fuente. Departamento de Sistemas

### B. Equipos de Conectividad

En el cuarto de equipos de comunicaciones de la Cooperativa además de los equipos propios se tiene dos equipos, de propiedad de los proveedores del servicio de internet y del servicio de los enlaces de fibra óptica. A continuación se describen los equipos.

*Router HP A-MSR 900:* cumple la función de dividir en interfaces el servicio de internet y el servicio de enlace de datos, ya que a través de una sola fibra óptica llegan los dos servicios, en este router está configurado la subred de la matriz de la Cooperativa y las puertas de enlace de la misma.

*Tranceiver TP-LINK MC112CS:* el cual es el encargado de transformar la señal de luz; a una interfaz de este equipo llega la fibra óptica, y por otra interfaz sale el cable UTP categoría 6 el cual se conecta al router HP de mismo proveedor.

*Switch de acceso:* la función de estos equipos dentro de la red LAN es dar conexión a toda la red; a los servidores, a las cámaras web y a todos los empleados de la Cooperativa, permitiendo compartir archivos, compartir internet, compartir las impresoras IP y principalmente acceder a las bases de datos del sistema financiero. En la Tabla 3. se muestra el detalle de los switch, las marcas y modelos.

**Tabla 3.** Equipos de conectividad de la matriz

Cantidad	Modelo	Número de puertos
2	Switch Cisco SG200-26	2 Puertos Gbit 24 Puertos 10/100 Mbit
1	Switch TP-LINK TL-SF1024	24 Puertos 10/100 Mbit
1	Switch D-LINK DES-1024D	24 Puertos 10/100 Mbit

**Fuente.** Departamento de Sistemas.

### C. Servicios y Aplicaciones de la Red LAN

Las aplicaciones que se utilizan en la Cooperativa de Ahorro y Crédito San Antonio principalmente son los sistemas financieros como el sistema Facilito, sistemas Conexus milenium, sistema financiero pagó ágil; sistema de acceso remoto Ultra VNC, además de estos tienen aplicaciones de Microsoft Office, navegadores de internet, kaspersky antivirus, la página web está alojada en un hosting alquilado a la misma empresa que ofrece los servicios de internet, es decir, esta empresa les ofrece el

servicio del servidor web, servidor de correo electrónico y el servicio de sparck chats corporativo. En la Tabla 4 se muestra las principales aplicaciones que tienen en la Cooperativa.

**Tabla 4.** Descripción de las aplicaciones de los servidores

Servidor	Aplicativo
Servidor de Cold Bancario	Servidor de Base de datos del sistema financiero
Servidor Facilito	Servidor de cobros de la red facilito
Servidor de Cámaras web	Servidor de cámaras
Servidor de usuarios	Levanta el servicio contable

**Fuente:** Departamento de Sistemas

### D. Cableado de la Red de Voz y Datos

El cableado estructurado de las instalaciones de la matriz se ha realizado en dos etapas, de acuerdo a las necesidades ha ido avanzando el crecimiento a lo largo del tiempo de esta Cooperativa, debido también a los cambios en la infraestructura de la edificación ya que en sus inicios tenía una sola planta, y posteriormente renovaron todo el edificio hace diez años, además se han realizado la instalación de nuevos puntos de red de acuerdo a los requisitos de nuevo personal.

La primera parte del cableado estructurado, se ha realizado en el año de 2007, con cable utp categoría 5E, todos los puntos de red; de voz y datos, están certificados y etiquetados, el cable se dirige desde el cuarto de equipos a través de tubería PVC, hacia las a los face plates, de las diferentes oficinas de la planta baja de la Cooperativa.

La segunda etapa del cableado se lo realizó en el año 2011, con cable utp categoría 6 igualmente todos los puntos están certificados y etiquetados, estos son distribuidos a través tubo plástico corrugado, se distribuye a las tomas de usuarios de la primera planta de los diferentes departamentos.

### D. Situación Actual de la Telefonía

Actualmente en la matriz de la Cooperativa para la comunicación telefónica cuenta con una central analógica PANASONIC KX-TES 824, la cual proporciona comunicación interna entre las extensiones y permitiendo la interconexión con las sucursales, con la red telefónica conmutada y la salida a celulares, tiene capacidad de ocho líneas troncales y veinte y cuatro extensiones la cual provee los servicios básicos de una central como son: Contestadora automática de llamadas, cola de llamadas, desvío de llamadas, registro e impresión de llamadas.

Las veinte y cuatro extensiones telefónicas que son asignadas por la central telefónica están en su totalidad utilizadas por los empleados, ya que en estos últimos años

ha habido un crecimiento tanto de socios como de usuarios, y las extensiones están agotadas para nuevos empleados. En la Tabla 5 se detallan los números de las extensiones con las correspondientes oficinas que comunican.

**Tabla 5.** Lista de extensiones de la matriz.

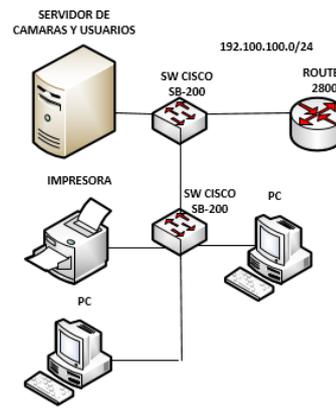
Departamento	Número de extensión
Información	101
Créditos 1	102
Créditos 2	103
Créditos 3	115
Créditos 4	116
Jefe de Crédito	118
Asistente Contable 1	105
Asistente Contable 2	113
Asistente General	106
Sistemas	107
Cajas	108
Jurídico	117
Riesgos	110
Captaciones 1	111
Captaciones 2	119
Auditoria	120
Gerencia General	121
Jefe de Cajas	124
Jefe de Talento	109
Humano	

**Fuente:** Departamento de Sistemas

#### E. Situación Actual de la Red de Datos de las sucursales

La red de datos tienen una topología estrella tipo Ethernet, tienen el segmento de red 192.X.X.X/24, no están segmentada, y todas las transacciones que se realizan a lo largo del día se almacenan en las bases de datos que se encuentran ubicadas en el cuarto de equipos de la matriz en San Antonio, estos datos atraviesan los enlaces de fibra óptica, también estas mismas bases de datos se almacenan en el servidor replica que está ubicada en la sucursal Ibarra.

La capacidad de los enlaces es de 1 Mbps, desde las sucursales hacia la matriz San Antonio dedicado a través de fibra óptica por donde cursa los datos e internet, no tienen contratado enlaces de backup en caso de la caída del proveedor de servicio de los enlaces. La topología de las sucursales se muestra en la figura



**Figura 2.** Topología de las sucursales

**Fuente:** Departamento de sistemas

#### F. Situación actual de Telefonía de las sucursales

Las sucursales cuentan con centrales telefónicas analógicas PANASONIC KX-TES824, la cual se conecta a dos líneas telefónicas o troncales tienen hasta 8 extensiones, las cuales se detallan en la Tabla 6, su número con el respectivo departamento.

**Tabla 6.** Lista de extensiones de la sucursales

Sucursal Ibarra	
Departamento	Número de extensión
Información	101
Créditos	102
Captaciones	103
Jefe de Crédito	105
Sucursal Atuntaqui	
Departamento	Número de extensión
Información	101
Créditos 1	102
Créditos 2	103
Créditos 3	104
Jefe de Crédito	105

**Fuente:** Departamento de Sistemas

#### G. Análisis del tráfico telefónico

Para el análisis es fundamental conocer cómo se comporta el tráfico telefónico aunque las llamadas telefónicas aparecen en cualquier instante de tiempo, por lo que se procedió a contar el número de llamadas salientes y entrantes que se realizan de las sucursales hacia la matriz y entre sucursales de la Cooperativa, esto se lo realizó en base al detalle de las llamadas provista por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

#### H. Determinación de la hora pico

La hora pico se define como el periodo de tiempo donde el tráfico alcanza los valores máximos, para determinar se contó manualmente el detalle de llamadas, obteniendo los siguientes resultados. La mayoría del tráfico telefónico se genera de los cinco números

telefónicos de las sucursales hacia la matriz. El tráfico generado de sucursal a sucursal es bajo. Además el promedio de la duración de llamadas es de dos a tres minutos. El análisis se realizó cada dos horas teniendo como resultado que existe una hora pico de un total de diez y ocho llamadas en el horario de 10:00 a 12:00.

### I. Análisis del tráfico de entrada y salida

El tráfico telefónico se define como la acumulación de llamadas telefónicas en un grupo de circuitos, se asocia a la ocupación; se dice que si está ocupado está cursando tráfico telefónico, Para encontrar la intensidad del tráfico (A), lo primero es calcular el tiempo promedio (T).

$$T = \frac{\text{duración total de llamadas}}{\text{total de ocupaciones}}$$

Ecuación 1 Tiempo promedio  
Fuente: (GERRERO Julio, 2002)

Para encontrar la intensidad del tráfico (A), que se define como el volumen de tráfico que cursa cierto número de circuitos y está definido por la ecuación. En la Tabla 20 se muestra el cálculo de la intensidad del tráfico.

$$A = C * T$$

Ecuación 2: Intensidad del tráfico  
Fuente: (GERRERO Julio, 2002)

Donde C es cantidad de llamadas por hora y T es el tiempo promedio, y la unidad será el Erlang que es una medida adimensional utilizada en telecomunicaciones. Por definición es la ocupación total durante una hora, equivale a 1 Erlang.

$$1(\text{Erlang}) = \frac{t \cdot n}{60}$$

Ecuación 3 Equivalencia de un Erlang  
Fuente (HUIDOBRO, 2008)

El día de mayor intensidad de tráfico telefónico es el día viernes en el horario de 8:00 a 10:00 de la mañana con un resultado de 0,027 Erlang. De igual manera se calculó el tráfico de salida obteniendo que el día miércoles en el horario de 10:00 a 12:00 que la suma de las intensidades de tráfico diera un resultado de 0,024 Erlang

### J. Determinación del ancho de banda

El ancho de banda necesario para los dos enlaces de la Cooperativa, que comunica a la matriz con las dos sucursales; es necesario conocer dos factores importantes como son el número de llamadas simultáneas y las opciones de compresión a ser utilizado es decir el códec.

Para el cálculo del ancho de banda necesario se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Voice Bandwidth} = (\text{payload} + L3 + L2) * 8 * \text{pps}$$

Ecuación 4: Ancho de Banda  
(MARCANO, 2012)

Dónde:

*Payload*: La carga en bytes generado por el CÓDEC.

*L3*: Cabeceras de capa 3 y de capas superiores en bytes.

*L2*: Cabecera de capa de enlace en bytes

8: número de bits que tiene 1 byte

*Pps*: Tasa de paquetes por segundo generado por el CÓDEC

Para el cálculo del ancho de banda requerido se debe tomar en cuenta el número de llamadas simultáneas la Voice Bandwidth (Ancho de Banda de la voz aplicado el codec). Entonces se tiene que:

$$\text{BW (requerido)} = \text{llamadas simultaneas} * 2 * \text{Voice Bandwidth}$$

Ecuación 5: Ancho de Banda full Duplex  
Fuente: (MARCANO, 2012)

Entonces el ancho de banda necesario para el enlace San Antonio – Ibarra con un número máximo de 18 llamadas se tiene que se necesita de 1,9 Mbps, y para el enlace San Antoni – Atuntaqui con número máximo de 20 llamadas se necesita 2.1Mbps.

También se determinó las estadísticas del porcentaje de utilización de los protocolos de capa transporte como son el protocolo TCP y el protocolo UDP. Los resultados se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Resumen del porcentaje de utilización de los protocolos.

Fecha	Tráfico UDP	Tráfico TCP	Otro tipo de tráfico
7-01-2014	10,77 %	89,09 %	0,15 %
12-01-2014	10,46 %	89,37 %	0,17 %
13-01-2014	11,18 %	88,65 %	0,17 %
14-01-2014	9,94 %	90,14 %	0,12 %
15-01-2014	9,14 %	90,75 %	0,11 %

**Fuente:** Basado en el programa wireshark

El tráfico TCP es el mayor porcentaje que circula por la red, ocupando hasta el 90% del tráfico ocupado, tal como se puede observar en la gráfica y las estadísticas de utilización de protocolos.

#### IV. DISEÑO DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP

Para el diseño de la red de telefonía es necesario proponer equipos propios los cuales sean configurables, compatibles y escalables, con el equipamiento ya existe, para este diseño se utilizó una simulación, la cual cuenta con políticas de calidad de servicio garantizando así un servicio de telefonía IP con calidad.

##### A. *Requerimientos de hardware*

En los requerimientos de hardware se toma en cuenta, los equipos que se necesita en el diseño del sistema de telefonía IP, para proponer un diseño que se adapte a los requerimientos de calidad como son: el servidor, los teléfonos IP, y los equipos de red necesarios.

##### B. *Especificaciones del servidor*

Para escoger el servidor es necesario revisar los requerimientos mínimos técnicos con los que debe contar el sistema de telefonía IP, según (MEGGELEN, 2007), el tamaño del sistema no está determinado por el número de usuarios, sino por el número de llamadas simultaneas o concurrentes que se espera que soporte el sistema. se escogerá el servidor para pequeñas empresas, dado que el número de llamadas simultáneas no supera las veinte cinco llamadas, ya que el número promedio de llamadas simultáneas generado por la Cooperativa es de cinco, de las sucursales de Ibarra y Atuntaqui, hacia la matriz de la Cooperativa en San Antonio.

##### C. *Elección y características del servidor*

Para la selección del servidor se analizó tres marcas que proveen de servidores IP, Elastix Xorcom Grandstream, Optando por el servidor Elastix EIX025 ya que se ajusta a las necesidades del diseño y se puede configurar todas las futuras aplicaciones que tiene.

##### D. *Especificaciones de los teléfonos IP*

Para la selección de teléfonos se tomarán en cuenta los tres principales fabricantes de teléfonos IP como son: Astra, Grandstream, Yearlink, debiendo estos cumplir con los requisitos principales como llamada en espera, transferencia de llamadas, soportar los codecs y protocolos de señalización necesarios para el presente diseño; de los cuales se ha escogido Grandstream GXP1450

##### E. *Elección y características de las tarjetas*

Las tarjetas de telefonía cumplen la función de Gateway permiten la comunicación, hacia la red PSTN, es decir hacia la red telefónica tradicional, para la elección de las tarjetas se han tomado cuenta cuantas interfaces, de los cuales se ha escogido la tarjeta Open Vox A1610P

##### F. *Elección y características del Switch de Capa 3.*

La Cooperativa no cuenta con ningún equipo de capa 3, que permita el ruteo de su red; esta es la razón por la cual la red no está subneteada, no tiene vlans, no tiene políticas de calidad de servicio esto dificulta la administración. Para el diseño de un sistema de telefonía IP es necesario contar con un switch de capa 3 en cada sucursal y en la matriz para sugerir calidad para la voz, para esto el switch de capa 3 debe contar con características de calidad de servicio.

Para el diseño se propone un Switch Cisco Catalyst WS 3560g 24 Pts, el cual provee además de las características de un switch, cumple las funciones el ruteo de capa 3, posee 24 puertos que pueden ser utilizados para los dispositivos de telefonía IP, o por cualquier dispositivo final.

##### G. *Plan de Marcado*

El plan de marcación determina el número de extensiones que se utiliza en la Cooperativa de Ahorro y Crédito San Antonio LTDA., para la matriz y sus sucursales. Para el plan de marcado se toma en cuenta el mismo número de dígitos que tenían antes, tres dígitos los cuales se organizan de acuerdo a las funciones que cumplen los usuarios y su ubicación.

El primer dígito identifica si es matriz o alguna sucursal, el segundo dígito identifica a los funcionarios de la Cooperativa de acuerdo al áreas de trabajo y por último el tercer dígito identifica el departamento que pertenece de acuerdo a las funciones que cumple dentro de la Cooperativa, estos números de extensiones se utilizan tanto para la comunicación interna entre departamentos, como para la comunicación externa.

##### H. *Plan de Direccionamiento IP*

Para el diseño del sistema de telefonía IP es necesario separar el tráfico de voz en una subred, que sea exclusivamente para el uso de la voz sobre IP. Es por esta razón que se propone tres subredes diferentes que se las ha separado de acuerdo a las funciones de los usuarios finales de la Cooperativa.

Se ha considerado utilizar los mismos dominios de red, solo se han subneteado en subredes, esto además de proporcionar calidad para la voz sobre IP, reduce el dominio de broadcast que es elevado por tener una red plana especialmente en la matriz donde se concentra la mayor cantidad de usuarios de la red.

Se han dividido en tres grupos uno gestión y finanzas el cual les contiene los departamentos de gerencia, contabilidad, información, cajas, crédito, cobranza,

riesgos, auditoria, información; otro sistemas que es en donde estarán todos los servidores, equipos de red, cámaras IP, impresoras IP, lectores biométricos y finalmente una subred para todos los usuarios de la telefonía IP, como se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8.** Plan de direccionamiento IP para la red Cooperativa de Ahorro y crédito San Antonio.

<b>Matriz San Antonio</b>		
Departamento	Direcciones de red	vlan
Telefonía	192.100.100.0/26	10
Gestión	192.100.101.0/26	20
Sistemas	192.100.101.128/27	30
<b>Sucursal Ibarra</b>		
Telefonía	192.100.100.0/26	10
Gestión	192.100.101.0/26	20
Sistemas	192.100.101.128/27	30
<b>Sucursal Atuntaqui</b>		
Telefonía	192.100.100.0/26	10
Gestión	192.100.101.0/26	20
Sistemas	192.100.101.128/27	30

**Fuente:** Elaborado por la Señorita Verónica Collahuazo

#### I. Planeamiento de políticas de QoS para el manejo de la voz en la telefonía IP.

El objetivo de aplicar políticas de calidad de servicio en la telefonía es dar prioridad al tráfico de la voz y así optimizar el ancho de banda, la telefonía IP utiliza protocolos de tiempo real como son UDP y RTP, el proceso para la aplicación es filtrar este tráfico por medio de Access List clasificando de esta manera el tráfico.

Una vez clasificado el tráfico se asigna niveles de prioridad con el modelo DiffServ para las aplicaciones de tiempo real, para delimitar las fronteras de confianza se configura la calidad de servicio lo más cerca al origen del tráfico de la red y finalmente se ha procedido a escoger los equipos de la capa física, aquellos que soportan calidad de servicio central PBX, la tarjeta análoga, y los teléfonos.

#### J. Elección del modelo de calidad de servicio QoS.

Se ha escogido utilizar el modelo Diffserv, porque es un modelo escalable y se basa en la clasificación de tráfico a través del uso de PHB (Per Hop Behavior), ya que los recursos de la red son limitados y no se tiene el ancho de banda necesario para ser reservado tal como lo sugiere el modelo.

En el modelo Diffserv primero se clasifica el tráfico, se marca usando los valores de DSCP el cual tiene 8 bits y se puede asignar 7 niveles de prioridad, a la voz se le asigna nivel 5, ya que el nivel 7 no está definido y el nivel 6 está reservado para futuras aplicaciones, pudiéndose tener hasta 64 combinaciones.

Para aplicar el modelo Diffserv, se configura en los equipos de borde de la Cooperativa, pero para garantizar, que al atravesar el tráfico de voz por los nodos de los proveedores de los enlaces TELCONET, estos equipos estén en la capacidad de leer las cabeceras de las tramas donde está asignada la prioridad a la voz en las políticas de calidad.

#### K. Elección del método de clasificación del tráfico

Para filtrar el tráfico se utiliza Listas de Control de Acceso las cuales pueden ser estándar o extendidas, se utilizarán las ACLs extendidas debido a que especifican además de permitir o negar se filtra de acuerdo al puerto. Las ACLs permiten clasificar, limitar, controlar el tráfico, de esta forma mejorar el rendimiento de la red y proporcionar un nivel básico de seguridad.

Las ACLs se van ejecutando de acuerdo al orden, va permitiendo de lo general a lo particular, debido a que al final se tiene una ACL implícita que niega todo el tráfico que no esté permitido, esta es la manera en que se filtra el tráfico. Las listas de acceso se realizan en base a la clasificación de puertos TCP o UDP.

#### L. Elección del método de marcaje de tráfico

Como se menciona anteriormente el proceso de marcaje de paquetes se lo realiza a través de DiffServ Code point, una vez filtrado el tráfico se procede a marcarlo a través de IP Precedents, en el cual se establece 7 niveles de prioridad

Para determinar los valores DSCP para cada una de las clases definidas se debe establecer políticas, en las cuales se especifica el tratamiento que recibe cada una de ellas. Este tratamiento realiza diversas funciones como son marcado, pollice, encolamiento o cualquier otra función de DiffServ. El marcado de paquetes se lo realizó en base a algunas consideraciones de la línea base, de configuración de calidad de servicio de CISCO.

Para la determinación de los valores de DSCP, se lo realiza en base a manuales de procedimientos y en base a las consideraciones de calidad de servicio de CISCO. En la Tabla 9 se muestra los valores de DSCP.

**Tabla 9** Valores para el marcaje para el tráfico

Prioridad	Aplicación	Valor DSCP
Crítica	Telefonía ip	EF
	Señalización	CS3
Alta	Bases de datos	AF31
	Aplicaciones web	AF33
Default	Cualquier otro	0

**Fuente:** (SEVILLA, 2010) pags: 812-813

Después de haber definido los valores de marcaje para los diferentes tipos de tráfico que conforman la red, se usa el mecanismo Class-Based, Packet Marking, con lo que se proporciona un marcado eficiente de paquetes.

## V. CONCLUSIONES

A través del análisis de la infraestructura de red, de la matriz y de las sucursales de la Cooperativa de Ahorro y Crédito San Antonio LTDA. Se determinó las necesidades de la telefonía, identificando el número de usuarios de la telefonía, la topología de red y utilización del ancho de banda para el correcto dimensionamiento de los recursos de la red. Además se enlistaron los equipos que cuentan, para determinar la utilización de los mismos en el nuevo diseño y proponer equipos que hagan falta y se ajusten a las necesidades del diseño.

En el análisis del tráfico de datos, se determinó que la utilización del ancho de banda es bajo en los enlaces, con promedios de 500 kbps, siendo la capacidad total de 1Mbps, se tiene picos que si llegan a utilizar toda la capacidad del canal, pero aplicando políticas de calidad de servicio, se los reduciría ya que el 90% del tráfico generado es TCP; por lo que los enlaces si están en capacidad de transmitir el tráfico de voz sobre IP y se podría decir que los enlaces están siendo subutilizados.

Se realizó una comparación de las tres principales plataformas de telefonía IP; Asterisk, Trixbox y Elastix en software de libre con el estándar IEEE 830, mediante el cual se concluyó que Elastix, es la plataforma que se utiliza para el diseño del sistema de telefonía IP, por sus características como escalabilidad, servicios adicionales y avanzados como mensajería instantánea, call center, fax, email, que ofrece y pueden ser implementado más adelante, además cuenta con planes oficiales de soporte en caso de ser necesario los cuales cuestan \$70.0 dólares la hora y en internet hay gran cantidad de documentación y los foros de apoyo.

Las plataformas de software libre actualmente, están en similar desarrollo que las soluciones de software pagados, ya que ofrecen los mismos servicios de una PBX como son Mensajería Unificada, Grabación de Llamadas, Centro de Llamadas (Call Center), correo de voz, fax; es así, el caso de Elastix que con pocos recursos de memoria, procesador y espacio en el disco de acuerdo a las necesidades de cada empresa se tiene una PBX y servicios adicionales sin tener que comprar equipos de determinada marca y pagar ningún licenciamiento, permitiendo el ahorro de recursos económicos en las industrias privadas y públicas.

La propuesta del diseño del sistema de telefonía IP integra la voz y los datos en una sola infraestructura de red; siendo esta una gran ventaja frente a la telefonía convencional que en estos momentos poseen; ya que se optimiza el ancho de banda de los enlaces de datos contratados y se ahorra recursos económicos, generados por llamadas telefónicas entre la matriz y sucursales.

Para el diseño del sistema de telefonía IP, se ha considerado mantener los equipos de red que posee la Cooperativa de la capa de acceso y se ha propuesto nuevos equipos de capa tres para el diseño de la red de VoIP, ya que son indispensables para la administración y para la configuración de políticas de calidad de servicio. Con los equipos planteados además de integrar la voip a la red; implícitamente con la configuración de vlans, políticas de calidad se mejora el rendimiento de la red, ya que se ha dividido en grupos lógicos de trabajo agrupado a los usuarios con requerimientos similares a la misma vlan, tanto de la matriz como de las sucursales; reduciendo el tráfico innecesario de broadcast, además se mejora la seguridad y se facilita la administración.

Mediante una simulación se procedió a probar el diseño del sistema de telefonía IP, el servidor Elastix se configuró en una máquina virtual, conteniendo la configuración de todos los usuarios de la telefonía de las sucursales y matriz, a través del programa GNS3 se simuló la red, priorizando el tráfico de la voz y se realizó una llamada telefónica entre dos extensiones para cursar tráfico RTP por la red; de donde se obtuvo que los parámetros de calidad están dentro de lo permitido por la UIT, como son la pérdida de paquetes es menor al 1% y el jitter es menor a 75ms.

El modelo de calidad de servicio Diffserv, divide al tráfico en diferentes clases y asigna prioridades de acuerdo a las aplicaciones, en su arquitectura se definen dos componentes los routers de frontera y los routers del núcleo de la red, en los routers de frontera; que en este caso serían los switch de capa tres de cada sucursal que están propuestos en el diseño se debe realizar la clasificación, marcaje y establecimiento de políticas, los routers del núcleo son de propiedad se los proveedores de los enlaces los cuales a través de un SLA (Service Level Agreement), o contrato deben garantizar y planificar el envío de cada paquete basándose en las marcas que pusieron los routers de frontera.

Para que el ingeniero que está a cargo de la administración de la red, tanto de las sucursales y matriz de la Cooperativa, pueda configurar el sistema de telefonía IP, se ha documentado las configuraciones de

los equipos y realizado los respectivos manuales de administrador.

Con el presupuesto referencial del sistema de telefonía IP se determinó la viabilidad financiera y técnica del proyecto, con el cálculo de parámetros como la tasa interna de retorno en donde se obtuvo que en siete años se recuperaría el valor de la inversión, y un valor de 1,56 el indicador costo beneficio, el cual indica que es factible y rentable implementar el proyecto del diseño del sistema de telefonía para su futura implementación.

## VII. RECOMENDACIONES

Para garantizar que las sucursales de la Cooperativa de Ahorro y Crédito San Antonio LTDA. puedan comunicarse hacia la matriz, se recomienda contratar un enlace redundante de otra empresa de comunicaciones debido a que en caso de caída del enlace se perdería la comunicación.

Se recomienda aumentar la capacidad del enlace a 2M, de ancho de banda a los proveedores del servicio, para satisfacer en la totalidad las necesidades de la telefonía IP y evitar una posible saturación.

Para tener una red de datos eficiente, se recomienda adquirir por lo menos un equipo de capa 3 en cada sucursal y matriz; para administrar de acuerdo a las necesidades de la Cooperativa y no depender de los proveedores de servicios, para cualquier modificación en la red, además no es conveniente tener una red plana ya que no se puede clasificar al personal de acuerdo a sus funciones.

El diseño completo de la red consta de la configuración de vlans de voz, de sistemas y de gestión, además de configuraciones de calidad, lo cual mejora el desempeño de la red, pero para que la administración de la red sea integral; se recomienda el uso de un software de administración para monitorear el estado, disponibilidad y tiempo de actividad de los servidores, ordenadores, equipos de red; revisar el uso del ancho de banda de la matriz y sus sucursales, lo cual brinda una visión general de la red y ayuda a solucionar problemas de rendimiento.

Para garantizar un sistema de telefonía IP con calidad de servicio es indispensable configurar las políticas de calidad en un switch de capa tres, y proceder a delimitar las fronteras de confianza, es decir configurar de igual manera en los switch de acceso y finalmente adquirir el servidor y teléfonos adecuados que soporten los protocolos necesarios de calidad.

Se recomienda capacitar al personal del departamento en sistemas de la Cooperativa, para el manejo del servidor, como funciona como modificar, crear extensiones y actualizar el software de Elastix en caso de ser necesario ya que puede presentar nuevas mejoras.

Para un correcto de funcionamiento de la red de Voz sobre IP, es necesario dividir el tráfico de la red, mediante el subneteo o atravez de VLANs, como medida de seguridad y evitar que posibles errores o fallas de la red de datos alteren el funcionamiento y la calidad de la voz.

El servidor de telefonía debe ubicarse el cuarto de equipos, en donde solo pueda ingresar el administrador de la red, además se debe usar claves robustas con más de 7 dígitos, que incluya letras mayúsculas y números mezclados para el acceso a los equipos de networking y para el acceso al servidor.

## REFERENCIAS

- [1] AMAYA, J. (2010). Sistemas de información gerencial. Bogota: ECOE.
- [2] ANDERRUTHY, J. (2009). Telefonía IP. Barcelona: ENI.
- [3] BARCELÓ, J. (2008). Protocolos y aplicaciones internet. Barcelona: UOC.
- [4] CARBALLAR, J. (2009). VoIP, La telefonía en internet. Mexico: Thompson.
- [5] ESPAÑA, M. (2008). Servicios avanzados de telecomunicación. Madrid: Diaz de Santos.
- [6] GARRISON, K. (2009). TriaXbox CE 2.6. Birmingham: Packt.
- [7] GERRERO Julio, R. M. (2002). Telefonistas. Sevilla: MAD, S.L.
- [8] LÁZARO, J. (2005). Fundamentos de Telemática. Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
- [9] MEGGELEN, J. (2007). ASTERISK. United States of America: Miki Loukides.
- [10] MORO, M. (2013). Infraestructuras de redes y sistemas de telefonía. Madrid: Paraninfo.
- [11] NAGIRREDI, S. (2008). VoIP voice and fax signal processing. New Jersey: WILEY.
- [12] SEVILLA, A. Y. (2010). Redes CISCO. Guía de estudio para certificación CCNP. Ra-Ma, 2010.
- [13] SIVANES, F. (2010). VoIP, Servicios en red. España: Paraninfo.

## **Autora**



### **Verónica C. Collahuazo S.**

Nació en Ibarra - Ecuador el 10 de octubre de 1988. Realizó sus estudios primarios en la escuela "9 de Octubre". En el año 2006 obtuvo el título de Bachiller en Físico Matemático en el Colegio Nacional "Ibarra". Actualmente, es egresado de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra.