

UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO  
ÁREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA



Proyecto de Grado para optar al grado de Licenciado en Ingeniería Informática  
IMPLEMENTACIÓN DE TELEFONÍA IP PARA LA DIRECCIÓN  
DEPARTAMENTAL DEL INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA AGRARIA  
PANDO (INRA – PANDO)

Postulante: Edimar Saucedo Somy

Tutor: Ing. Juan Carlos Gallardo Jiménez

Asesor: Ing. Alex Argandoña Crispin

**COBIJA – PANDO – BOLIVIA**

**2018**

## **AGRADECIMIENTO**

### ***A Dios.***

*Por su constante presencia llenándome de dicha y bendiciones y demostrarme que cada vez su amor y su poder está por encima de toda dificultad, sosteniéndome en mis momentos más difíciles y permitiéndome tener a mis padres, hermanos, esposa e hijo.*

### ***A mis padres.***

*Angelica y Raúl a quienes amo mucho por su constante apoyo en el objetivo de culminar con éxitos mis estudios.*

### ***A mi esposa e hijo.***

*Rosa y Raúl Roberto, por su apoyo, comprensión y amor en los momentos más difíciles.*

### ***A mis tíos.***

*Ángel Corrales y Teresa Franco (Q.E.P.D.) que en vida me brindaron consejos y su ayuda incondicional.*

### ***A mi familia, docentes y otras personas.***

*A toda mi familia, porque me han brindado su apoyo y por compartir conmigo buenos y malos momentos.*

*Finalmente, a mis docentes y compañeros que marcaron cada etapa del camino universitario y contribuyeron en mi formación, además por la ayuda brindada en la asesoría y dudas presentadas en la elaboración del presente proyecto de grado.*

## DEDICATORIA

### ***A Dios.***

*Por su infinita bondad, amor y ser la luz que me guío en este largo camino, y por haberme brindado salud para culminar esta meta tan anhelada.*

### ***A mis Padres***

*A mi madre Angélica que gracias a sus enseñanzas y ejemplo me permitió seguir adelante venciendo todas las dificultades que se han presentado, pero más que nada, por su amor incondicional.*

*A mi padre Raúl por sus consejos y motivación constante para estudiar y culminar esta carrera universitaria.*

### ***A mi esposa e hijo***

*A mí querido hijo por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.*

*A mi esposa quien amo y admiro mucho, gracias por creer en mi capacidad, aunque hemos pasados momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño y amor.*

### ***A mis tíos***

*A mis tíos Ángel Corrales y Teresa Franco (Q.E.P.D.), por su ayuda incondicional y apoyarme siempre, esto también se lo debo también a ustedes.*

## **Resumen**

El presente proyecto se realizó con el objetivo de mejorar la comunicación e iteración entre el Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA) de Bolivia con su dirección Departamental y Nacional implementando telefonía IP en la dirección departamental de Pando utilizando software libre, luego de haber realizado el respectivo levantamiento de información, establecer sus requerimientos de comunicación telefónica, se procedió al estudio y selección de la herramienta más óptima, siendo elegido Elastix en su versión de código libre la cual posee un sin número de características adicionales que la diferencia de otras herramientas.

Con la implementación de esta herramienta se podrán integrar todas las unidades en una central telefónica IP, también permite la comunicación telefónica VoIP fija y móvil utilizando la red de datos para las llamadas telefónicas dentro del INRA, llevar un control detallado de llamadas y lo más importante reducir costos por el servicio de telefonía fija.

El desarrollo del proyecto proporcionó a la institución una infraestructura tecnológica de punta que le permite expandirse de acuerdo a los requerimientos de la institución, además de reducir los costos altos de telefonía fija y permitir la comunicación en entre las diferentes instancias institucionales del INRA.

## **Abstract**

The present project was carried out with the objective of improving communication and iteration between the Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA) of Bolivia with its departmental and national directorate Implementing IP telephony in the departmental direction of Pando and using free software, after having made the respective information survey, establish their telephone communication requirements, proceeded to the study and selection of the most optimal tool, being Elastix chosen in its free code version which has a number of additional features that differentiates it from other tools.

With the implementation of this tool it will be possible to integrate all the units in an IP telephone exchange, it also allows fixed and mobile VoIP telephone communication using the data network for telephone calls within the INRA, to take a detailed control of calls and most importantly reduce costs for the fixed telephone service.

The development of the project provided the institution with a state-of-the-art technological infrastructure that allows it to expand according to the institution's requirements, in addition to reducing the high fixed telephony costs and allowing communication among the different institutional instances of INRA.

# Índice

## 1. MARCO INTRODUCTORIO

1.1	<b>ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN.</b>	1
1.2	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.</b>	2
1.3	<b>OBJETIVOS.</b>	2
1.3.1	Objetivo general.	2
1.3.2	Objetivos específicos.	3
1.4	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	3
1.4.1	Justificación económica.	3
1.4.2	Justificación social.	3
1.4.3	Justificación técnica.	4
1.5	<b>METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS.</b>	4
1.5.1	Descripción de los procesos de la metodología	4
1.5.2	Herramientas utilizadas	5
1.6	<b>ALCANCES.</b>	6
	<b>ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO</b>	7
2	<b>MARCO INSTITUCIONAL</b>	9
2.1	<b>ANTECEDENTES</b>	9
2.2	<b>MARCO LEGAL</b>	10
2.2.1	Ley del Servicio Nacional de Reforma Agraria.	10
2.2.2	Ley N° 3501	10
2.2.3	Ley Nro. 3545 ley de Reconducción Comunitaria de la Reforma Agraria.	10
2.2.4	Normativas vigentes relacionadas a la telefonía IP	11
2.3	<b>MARCO TEORICO</b>	13

2.3.1	Fundamentos de la Telefonía.....	13
2.3.2	Voz sobre IP (VoIP) .....	17
2.3.3	Funcionamiento de la Voz sobre una red IP .....	18
2.3.4	Protocolos y estándares de Voz sobre IP .....	20
2.3.5	Calidad de Servicio (QOS) en VoIP.....	32
2.3.6	Códec .....	36
2.3.7	Dispositivos de Telefonía IP.....	38
2.3.8	Asterisk.....	39
2.3.9	Desarrollo de la metodología.....	41
2.3.10	Descripción de las herramientas utilizadas.....	56
<b>3</b>	<b>MARCO APLICATIVO .....</b>	<b>62</b>
<b>3.1</b>	<b>ADMINISTRACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN.....</b>	<b>62</b>
3.1.1	Análisis de requerimientos .....	62
3.1.2	Planeación y diseño de la red VoIP .....	78
3.1.3	Instalación y administración del hardware y software. ....	90
<b>3.2</b>	<b>ADMINISTRACIÓN DEL RENDIMIENTO .....</b>	<b>108</b>
3.2.1	Evaluación de los enlaces de comunicación.....	108
<b>3.3</b>	<b>ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD.....</b>	<b>112</b>
3.3.1	Identificación de los protocolos utilizados. ....	112
3.3.2	Identificación de las tecnologías utilizadas .....	113
3.3.3	Establecimientos de medidas de seguridad.....	114
<b>3.4</b>	<b>ADMINISTRACIÓN DE FALLAS.....</b>	<b>118</b>
3.4.1	Prueba de llamadas telefónicas por Voz IP .....	118
3.4.2	Prueba de conectividad lógica de la red de datos .....	119

3.4.3	Resultados de la implementación de la telefonía IP .....	120
3.4.4	Aporte con la implementación de telefonía IP bajo software Elastix.....	125
4	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	127
4.1	Conclusiones .....	127
4.2	Recomendaciones .....	128
5	<b>REFERENCIAS</b> .....	111

## Índice de figuras

Figura 2.1 Flujo en un circuito de voz comprimido .....	18
Figura 2.2 Flujo en un circuito de voz comprimido utilizando Router .....	19
<i>Figura 2.3</i> Flujo en un circuito de voz comprimido utilizando PBX y router .....	19
Figura 3.1 Importancia de la comunicación telefónica en las diferentes unidades. ....	63
Figura 3.2 Importancia de la comunicación telefónica para realizar las actividades .....	63
Figura 3.3 Necesidad realizar llamadas telefónicas a la dirección Nacional.....	64
Figura 3.4 Insuficientes derivados de telefónica fija .....	64
Figura 3.5 Necesidad de extensiones telefónicas en el INRA Pando .....	65
Figura 3.6 Diagrama actual de le telefonía fija.....	68
Figura 3.7 Tipo de cable de red utilizado .....	69
Figura 3.8 Equipos para la conexión a Internet .....	69
Figura 3.9 Conexiones del cableado de red de datos.....	70
Figura 3.10 Path Panel cat6 .....	71
Figura 3.11 Rosetas de superficie.....	72
Figura 3.12 Servidor de control y distribución de Internet.....	73
Figura 3.14 Servidor POWER EDGE T710.....	74
Figura 3.13 Servidor dedicado ProLiant ML350 G4.....	74
Figura 3.15 Ancho de banda de la Red LAN .....	75
Figura 3.16 test del ancho de banda del enlace de internet .....	76
Figura 3.17 Esquema inicial de la red de datos .....	77
Figura 3.18 Planos con la ubicación de las estaciones de trabajo planta baja .....	83
Figura 3.19 Planos con la ubicación de las estaciones de trabajo planta alta.....	84
Figura 3.20 Diseño Físico planta baja .....	85
Figura 3.21 Diseño Físico planta alta .....	86
Figura 3.22 Diagrama lógico de red propuesto .....	89
Figura 3.23 Cable utilizado para el cableado horizontal .....	90
Figura 3.24 Radio mínimo de curvatura en el cableado .....	91
Figura 3.25 Cableado de distribución horizontalf .....	92
Figura 3.26 Cableado horizontal con espacio para un futuro crecimiento de la red .....	92

Figura 3.27 Amarre de los cables en la Sala de Telecomunicaciones .....	93
Figura 3.28 Sala de Telecomunicaciones .....	94
Figura 3.29 Reparación las vías del cableado mediante canaleta ranuradas .....	94
Figura 3.30 Parcheo del panel de conexión .....	95
Figura 3.31 Organización del cableado .....	95
Figura 3.32 Armado del conector RJ45 hembra.....	95
Figura 3.33 Tomas de red instalada en la sala de telecomunicación .....	96
Figura 3.34 Instalación final del equipo de entrada del servicio de internet .....	96
Figura 3.35 Instalación final del rack de distribución .....	96
Figura 3.36 Interfaz del administrador de Elastix .....	97
Figura 3.37 Primer inicio de la interfaz del servidor Elastix.....	98
Figura 3.38 Crear una extensión IAX2 genérico .....	98
Figura 3.39 Campos de extensiones IAX2 .....	99
Figura 3.40 Menú de grabación de Elastix .....	102
Figura 3.41 Creación de la troncal IAX2.....	103
Figura 3.42 Cambio de idioma a español Zoiper.....	104
Figura 3.43 Crear una nueva cuenta .....	105
Figura 3.44 Sección de tipo de terminal VoIP.....	105
Figura 3.45 Datos de configuración de la extensión 4821.....	106
Figura 3.46 datos de configuración en Zoiper para celulares .....	107
Figura 3.47 Finalizando la configuración de Zoiper .....	107
Figura 3.48 Prueba del comando PING a un equipo del enlace LAN.....	108
Figura 3.49 Prueba del comando PING a Google mediante el enlace de Internet .....	109
Figura 3.50 Prueba del comando PING a un equipo conectado a la VPN MPLS de la dirección Nacional.....	109
Figura 3.51Modulo de Analizador de Tráfico activado.....	110
Figura 3.52Gráfica de monitoreo en el módulo de Endian Firewall .....	111
Figura 3.53Tráfico de la interfaz verde de la red LAN .....	111
Figura 3.54Tráfico de la interfaz roja acceso a Internet .....	111
Figura 3.55 Configuración de las zonas de red.....	117
Figura 3.56 Llamada Telefónica desde la extensión 4802 a la 4144.....	119

## Índice de tablas

Tabla 2.1 Requerimientos de calidad de servicios en aplicaciones .....	36
Tabla 2.2 Características y funcionalidades de Elastix .....	57
Tabla 3.1 Puntos de acceso de la red de datos .....	70
Tabla 3.2 Equipos activos de la red de datos del INRA Pando .....	71
Tabla 3.3 Servidores existente en el INRA Pando .....	72
Tabla 3.4 Velocidades del servicio VPN MPLS .....	75
Tabla 3.5 Direccionamiento IP actual .....	76
Tabla 3.6 Puntos de red del cableado estructurado.....	79
Tabla 3.7 Característica del servidor con plataforma virtualizada .....	80
Tabla 3.8 Servidor de protección, control y distribución del internet .....	81
Tabla 3.9 Características de las estaciones de trabaja de la red de datos .....	82
Tabla 3.10 Resumen del direccionamiento IP .....	88
Tabla 3.11 Descripción de los campos para creación de una extensión.....	99
Tabla 3.12 Extensiones de SoftPhone en ordenadores .....	100
Tabla 3.13 Extensiones creadas para celulares de funcionarios .....	101
Tabla 3.14 Opciones del IVR configurado .....	103
Tabla 3.15 Protocolos utilizados.....	113
Tabla 3.16 Tecnología utilizada .....	113
Tabla 3.17 Actualizando la tecnología utilizada.....	114
Tabla 3.18 Protocolos utilizados por dispositivos VoIP.....	116
Tabla 3.19 Aplicación de protocolos de seguridad.....	116
Tabla 3.20 Resumen de prueba de conectividad lógica.....	120

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO INTRODUCTORIO**

## **1.1 ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN.**

Los sistemas de comunicación de voz y en especial la red de telefonía convencional, han jugado un papel muy importante en el desarrollo de cualquier institución, desde hace mucho tiempo las entidades operaban en dos transmisiones separadas para el transporte de voz y datos, cuya dificultad de gestión y mantenimiento va creciendo progresivamente.

En la actualidad, los avances científicos permiten a las instituciones comunicarse a través de una gran diversidad de opciones. Las innovaciones en este campo han logrado trazar una verdadera convergencia de tecnologías, desde las comunicaciones tradicionales, móviles, internet entre otros. Es así como el avance de la tecnología permite integrar un nuevo sistema de comunicación telefónica basadas en el protocolo de internet, donde se permiten la transmisión de voz y datos por una sola red. Este cambio total y drástico se presta con el surgimiento de las telecomunicaciones, gracias a la incorporación de la telefonía IP en redes de datos.

Considerando estos avances tecnológicos y tomando en cuenta esta disposición el Instituto Nacional de Reforma Agraria de Pando (INRA – PANDO), realizó un diagnóstico interno sobre los medios de comunicación usados, pudiendo observarse el uso de un sistema de comunicación limitado, obsoleto y deficiente, ocasionado la inadecuada coordinación entre la dirección Nacional y la departamental, afectando en la toma de decisiones inoportunas y desfasadas en el tiempo.

La elaboración del presente proyecto de grado se realizó tomando como referencia la propuesta e implementación de servicios VOIP gestionado por Asterisk realizada en el hospital Roberto Galindo Terán de la ciudad de Cobija. Otro ejemplo tomado como referencia fue la propuesta de diseño e implementación de una red de telefonía IP con software libre en la Red Académica Peruana (RAAP) en Lima Perú 2007 convirtiéndose en una importante experiencia para tomar la decisión de adquirir este tipo de sistema telefónico, que con algunas mejoras se convirtió en la opción más adecuada con respecto a otras posibilidades existentes actualmente.

Por tal motivo el presente proyecto de grado realizó la implementación de telefonía IP

utilizando como marco de referencia la metodología de Administración de Redes basada en Modelos Funcionales, para mejorar la comunicación e interacción entre el Instituto Nacional de Reforma Agraria de Bolivia con su dirección Departamental y Nacional.

### **1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.**

Luego de realizar un análisis del tipo de comunicación que se tiene dentro de la Dirección Departamental del Instituto Nacional de Reforma Agraria en Pando(anexo A), se ha identificado que el sistema de comunicación no es el adecuado ni está acorde a las necesidades de la institución, ya que la telefonía es centralizada porque son insuficientes las extensiones telefónicas internas, haciendo que la red telefónica no sea la apropiada, además del inadecuado uso de la infraestructura de red y datos, siendo la transmisión por separado, por lo antes mencionado se determina que el problema principal es:

**“Sistema de comunicación telefónica limitado e ineficiente en la coordinación institucional de la dirección departamental del INRA Pando.”**

Por tanto, la deficiente comunicación telefónica en la institución ocasiona que la misma sea poco accesible, esto debido a diversos factores como: saturación de llamadas en la línea telefónica, abandono del lugar de trabajo por los empleados y costos elevados de las llamadas telefónicas de larga distancia.

### **1.3 OBJETIVOS.**

#### **1.3.1 Objetivo general.**

- Implementar telefonía IP en la dirección departamental del Instituto Nacional de Reforma Agraria Pando (INRA – PANDO), utilizando la metodología de Administración de Redes basada en Modelos Funcionales, para mejorar la comunicación institucional en el Instituto Nacional de Reforma Agraria de Pando.

## 1.3.2 Objetivos específicos.

- Analizar la situación actual de la red de datos, para conocer el estado inicial de la topología de la red sobre IP (protocolo internet) y definir las principales necesidades de la institución.
- Diseñar la red de datos del cableado estructurado con calidad de servicio, para el óptimo funcionamiento de la telefonía IP.
- Implementar los servicios de telefonía bajo tecnología VOZ IP.
- Diseñar políticas y soluciones de seguridad que garantice la disponibilidad, calidad e integración de los datos.
- Realizar pruebas del servicio de telefonía implementada, para verificar y certificar la funcionalidad y calidad.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

### 1.4.1 Justificación económica

El presente proyecto es de mucha importancia dentro de la institución, porque apoyará el mejoramiento, la eficiencia y la efectividad de los procesos que se realizan en su entorno. De la misma manera, está enfocado a un mejor aprovechamiento de los recursos porque para su implementación se utilizará servicio de red privada virtual, equipos y otros con que cuenta la institución, evitando que se realicen nuevos gastos para la implementación.

### 1.4.2 Justificación social

Con la telefonía IP se beneficia directamente a todo el personal administrativo y autoridades del Instituto Nacional de Reforma Agraria que tengan acceso a dicho servicio, ya que una vez implementado los usuarios serán capaces de comunicarse a cualquier oficina de la dirección Nacional simplemente marcando la extensión de la misma.

Así mismo la implementación de la comunicación telefónica mediante red IP beneficiara a los usuarios quienes tendrán un mejor servicio ya que se reducirá tiempos de atención y respuesta de sus trámites sobre su propiedad agraria.

De la misma manera, se constituye académicamente a la generación de un modelo de conceptos y aplicaciones de normas y protocolos de comunicación que servirá como marco de referencia, así como el desarrollo de la investigación sistematizada cuyos resultados pueden convertirse en antecedentes para la intervención a instituciones sobre este tipo de áreas de conocimiento.

### **1.4.3 Justificación técnica**

Se utilizará aplicaciones de software libres para diseñar e implementar una central telefónica con tecnología VoIP que incluya las ventajas y características de una solución de comunicación unificada haciendo uso de herramientas como ser:

- ✓ Sistema Operativos de software libre.
- ✓ Asterisk en su versión opensource.
- ✓ Software de telefonía IP para Windows y Android.

## **1.5 METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS.**

El desarrollo del presente proyecto se ha constituido por la asignación de tareas de administración de redes por medio de modelos funcionales, donde se crearon cuatro áreas funcionales (Administración de la Configuración, Administración del Rendimiento, Administración de Fallas y Administración de la Seguridad), en los cuales se tomó como referencia la metodología de **ADMINISTRACIÓN DE REDES BASADA EN MODELOS FUNCIONALES**, definiendo de esta forma una estructura organizacional con funciones bien definidas.

### **1.5.1 Descripción de los procesos de la metodología**

A continuación, se describe las actividades que se realizaron en cada proceso de las áreas funcionales.

### 1.5.1.1 Administración de la configuración.

Dentro del proceso de Administración de la Configuración se realizaron las siguientes actividades:

1. Análisis de requerimiento.
2. Planeación y diseño de la red
3. Instalación y administración del software Administración del hardware
4. Aprovisionamiento

### 1.5.1.2 Administración del rendimiento

Tiene como objetivo recolectar y analizar el tráfico que circula por la red para determinar su comportamiento en diversos aspectos, ya sea en un momento en particular (tiempo real) o en un intervalo de tiempo. Esto permitirá tomar las decisiones pertinentes de acuerdo al comportamiento encontrado.

### 1.5.1.3 Administración de fallas

Tiene como objetivo la detección y resolución oportuna de situaciones anormales en la red. Consiste de varias etapas. Primero, una falla debe ser detectada y reportada de manera inmediata. Una vez que la falla ha sido notificada se debe determinar el origen de la misma para así considerar las decisiones a tomar. Las pruebas de diagnóstico son algunas veces la manera de localizar el origen de una falla. Una vez que el origen ha sido detectado, se deben tomar las medidas correctivas para reestablecer la situación o minimizar el impacto de la falla.

### 1.5.1.4 Administración de la seguridad

Su objetivo es ofrecer servicios de seguridad a cada uno de los elementos de la red, así como a la red en su conjunto, creando estrategias para la prevención y detección de ataque, así como para la respuesta ante incidentes de seguridad.

## **1.5.2 Herramientas utilizadas**

A continuación, se presentan las herramientas utilizadas para la implementación de la telefonía

IP en el INRA Pando. En el Capítulo II se describen cada una en detalle.

## **Herramienta para medir el rendimiento de la Red**

- ✓ Ping

## **Herramienta de telefonía IP**

- ✓ Elastix versión Open Source
- ✓ Softphone Zoiper

## **Herramienta de seguridad de red**

- ✓ Endian Firewall

## **Sistemas operativos.**

- ✓ CentOS
- ✓ Windows 7 Pro.

## **Herramientas de red**

- ✓ Cable de red Cat. 6
- ✓ Conectores RJ45
- ✓ Switch Gigabit 24
- ✓ Patch Panel Categoría 6
- ✓ Alicates de Mantenimiento de Red RJ45
- ✓ Racks (armarios)
- ✓ Ponchadora Impacto
- ✓ Instrumento de Medición de Red
- ✓ Roseta de Superficie Cat6 Conector Red Hembra RJ45

## **1.6 ALCANCES**

El presente proyecto de grado implementará una solución de Telefonía IP en la dirección departamental del Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA - PANDO), el cual será adecuado a los requerimientos y necesidades de comunicación en la institución. Para este objetivo se pretende los siguientes alcances.

- ✓ Determinar el estado de la red de datos y la forma que se encuentra dispuesta para adicionar un nuevo servicio.

- ✓ Realizar el diseño físico y lógico de la nueva red de comunicación telefónica IP en la dirección departamental.
- ✓ Instalar y configurará un servidor interno con tecnología Asterisk.
- ✓ Configuración de extensiones de usuarios con acceso al servidor interno.
- ✓ Configuración troncal del canal de comunicación IP para enlazar el servidor interno con el de la dirección Nacional a través del servicio de red privada virtual.
- ✓ Control total y seguridad sobre el flujo de llamadas telefónicas aun estando fuera de su oficina.
- ✓ Asistencia técnica a usuarios de la telefonía IP.
- ✓ Administrar el detalle de llamadas realizadas y recibidas bajo tecnología Asterisk.
- ✓ Direccionamiento IP mediante NAT para el intercambio de paquetes entre los servidores VOIP.
- ✓ Realizar pruebas de interconectividad a nivel de telefonía.
- ✓ Analizar las distintas tecnologías de voz IP de acuerdo a los requerimientos de la institución.

La central telefónica IP (IP-PBX) no realizará una comunicación telefónica con la red pública conmutada (PSTN) o telefonía analógica convencional.

### **ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO**

El presente trabajo está dividido en cuatro capítulos:

El **CAPÍTULO I**, introduce una visión clara y precedente del trabajo desarrollado, de acuerdo a los siguientes puntos: antecedente y motivación del tema, planteamiento del problema, solución propuesta, objetivos y alcances del proyecto, así como la metodología utilizada para su desarrollo de la solución.

En el **CAPÍTULO II** se menciona los conceptos necesarios para una mejor comprensión del

funcionamiento de la telefonía IP, sus protocolos, estándares y aplicaciones a utilizar. Se explica los estándares abierto y software libre que se obtienen con mayor facilidad, de la misma manera se profundiza la metodología, herramientas y técnicas aplicada para el desarrollo del presente proyecto.

En el **CAPÍTULO III** se describe el marco aplicativo del proyecto de acuerdo a la metodología adoptada.

Para finalizar en el **CAPÍTULO IV** se detalla las conclusiones obtenidas tras la realización del proyecto.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO INSTITUCIONAL**  
**MARCO LEGAL**  
**MARCO TEÓRICO**

## 2 MARCO INSTITUCIONAL

### 2.1 ANTECEDENTES

El Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA) es una entidad pública descentralizada del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, con jurisdicción nacional, personalidad jurídica y patrimonio propio. Se crea de acuerdo al Art. 17 de la Ley No. 1715 del 18 de octubre de 1996, como el órgano técnico - ejecutivo encargado de dirigir, coordinar y ejecutar las políticas establecidas por el Servicio Nacional de Reforma Agraria, es un organismo responsable de planificar, ejecutar y consolidar el proceso de reforma agraria en el país.

La Dirección Departamental del Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA - PANDO) es una institución dependiente de la dirección Nacional del INRA, cuenta con siete unidades, una secretaria y el despacho de la dirección, haciendo un total de 17 funcionarios. El tipo de comunicación telefónica que utiliza la institución es la convencional o analógica, la cual se comparte entre todos los funcionarios el dispositivo de comunicación que está ubicado en la recepción. Además, que se tiene que realizar el registro de llamadas manualmente en una planilla con el objetivo de llevar un control de llamadas saliente que realiza cada funcionario, esto dificulta el acceso a este servicio porque depende del uso en el tiempo que el mismo no esté siendo utilizado por otra persona y aún más abandonando su lugar de trabajo para poder comunicarse. En el anexo B se puede observar la forma en que la dirección departamental de Pando está organizada y la relación de coordinación que existe con la dirección Nacional.

La institución se encuentra en un proceso de mejoramiento y optimización de los recursos, ya que la telefonía utilizada en la institución de manera interna como externa, no es la adecuada. La comunicación telefónica dentro de la INRA Pando es limitada ya que existe una sola línea con tres derivados para la comunicación interna esto por no contar con una central telefónica que permita la creación de extensiones para cada unidad y/u oficina, dichos derivados se encuentran ubicados en la secretaría, el despacho de la dirección y en la administración. Por otra parte, el costo de la comunicación telefónica con la dirección Nacional ubicada en la ciudad de La Paz hace que el cobro de las llamadas nacionales se incremente. Actualmente la

dirección Nacional del INRA dispone de la comunicación por telefonía IP, por tanto, se hace necesaria la implementación de este tipo de telefonía para tener una comunicación óptima y eficiente en la departamental de Pando.

### **2.2 MARCO LEGAL**

Antes de analizar las normativas vigentes en Bolivia, resulta necesario conocer el marco regulatorio de la estructura orgánica y atribuciones del Instituto Nacional de Reforma Agraria.

#### **2.2.1 Ley del Servicio Nacional de Reforma Agraria.**

Emitida el 18 de octubre de 1996, en su artículo 17° (Instituto Nacional de Reforma Agraria) crea el Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA), como órgano técnico – ejecutivo, encargado de dirigir, coordinar y ejecutar las políticas establecidas por el Servicio Nacional de Reforma Agraria.

La citada ley asigna al INRA la misión de realizar el proceso de saneamiento de la propiedad agraria, entendido como el “procedimiento técnico – jurídico transitorio destinado a regularizar y perfeccionar el derecho de la propiedad agraria”, de acuerdo a su artículo 65 de la Ley No. 1715 de 18 de octubre de 1996, establece 10 años como plazo de ejecución de la misión del INRA. A la conclusión del plazo establecido ha sido cumplido parcialmente. Por lo que se crea la Ley No. 3501 donde se establece la ampliación del periodo de ejecución del proceso de saneamiento.

#### **2.2.2 Ley N° 3501**

Creada el 19 de octubre de 2006, en su Artículo Único. - (Ampliación del Plazo de Saneamiento) Se amplía el plazo para la ejecución del proceso de saneamiento de la propiedad agraria en siete (7) años, a partir de la vigencia de la presente Ley.

#### **2.2.3 Ley Nro. 3545 ley de Reconducción Comunitaria de la Reforma Agraria.**

El 28 de noviembre de 2006 se modificada la Ley 1715 por la Ley Nro. 3545 ley de Reconducción Comunitaria de la Reforma Agraria mediante decreto supremo nro. 292015 de

02 de agosto de 2007, se aprueba el nuevo reglamento de la Ley nro. 1715, modificada por Ley Nro. 3545 del Servicio Nacional de Reforma Agraria, en cuya disposición se establecieron las atribuciones siendo las principales: coadyuvar en la integración y funcionamiento de Comisión Agraria Nacional y Departamentales, confirmar o modificar la superficie de los Títulos Ejecutoriales de las Tierras comunitarias de origen y ejercer auto tutela administrativa en la protección de tierras fiscales, elaborar informes y estudios concernientes a planes y programas de distribución, reagrupamiento y redistribución de tierras y otras determinadas en las normas jurídicas.

De acuerdo al decreto supremo nro. 29897 de fecha de 7 de febrero de 2009 se establece la nueva estructura organizativa del órgano ejecutivo de estado plurinacional determinándose en su Artículo 109 inc. d) como atribuciones de Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras supervisar el trabajo del Instituto Nacional de Reforma Agraria en Bolivia.

### **2.2.4 Normativas vigentes relacionadas a la telefonía IP**

La telecomunicación en general se rige por la normativa legal vigente relacionadas a diversas áreas temáticas como las tecnologías de la información y comunicación, simplificación de trámites, administración pública, planificación, gobierno electrónico y seguridad de la información.

La telecomunicación en general está regulada en la Constitución Política del Estado, el párrafo I del Artículo 20 señala que toda persona tiene derecho al acceso universal y equitativo a los servicios básicos de agua potable, alcantarillado, electricidad, gas domiciliario, postal y telecomunicaciones.

#### **2.2.4.1 Ley General de Telecomunicaciones, Tecnologías de la Información y Comunicación (Ley 164)**

Emitida el 8 de agosto del 2011, en su artículo 1 señala que la presente ley tiene por objeto establecer el régimen general de telecomunicaciones y tecnologías de información y comunicación, del servicio postal y el sistema de regulación, en procura de vivir bien, garantizando el derecho humano individual y colectivo a la comunicación, con respeto a la

pluralidad económica, social, jurídica, política y cultural de la totalidad de las bolivianas y los bolivianos, naciones y pueblos indígena originario campesinos y las comunidades interculturales y afro-bolivianas del Estado Plurinacional de Bolivia.

Según sus numerales 2 y 5 del Artículo 2 de dicha Ley, disponen como objetivos asegurar el ejercicio del derecho al acceso universal y equitativo a los servicios de telecomunicaciones, tecnologías de información y comunicación; y promover el uso de las tecnologías de información y comunicación para mejorar las condiciones de vida de las bolivianas y bolivianos.

En el artículo 71 de la citada ley, declara de prioridad nacional la promoción del uso de las tecnologías de información y comunicación para procurar el vivir bien de todas las bolivianas y bolivianos.

### 2.2.4.2 Reglamento General a la Ley 164,

El 24 de octubre de 2012 se aprueba el reglamento general de la ley 164 mediante el decreto supremo 1391, en su artículo 1 señala que tiene por objetivo reglamentar las actividades del sector telecomunicaciones en aplicación a la ley 164.

En el título IV (acceso a internet y servicios públicos sobre Internet) Capítulo II (servicios de Voz sobre internet) artículo 89 párrafo I del reglamento general de la ley 164, declara que: el servicio de Voz sobre Internet permite la prestación de comunicaciones de voz sobre la red internet desde o hacia la red pública telefónica o de otro servicio público de telecomunicaciones, no incluye aquellos servicios que se provean íntegramente sobre la red internet y que no permitan recibir comunicaciones desde las redes públicas o efectuar llamadas hacia las mismas.

### 2.2.4.3 Instituciones que tienen competencia de regular la telecomunicación

En Bolivia la institución que tiene atribuciones para aplicar las normas, en leyes que rigen el sector general de telecomunicaciones y tecnología de información y comunicación, así como el servicio postal es la Autoridad de Regulación y Fiscalización de Telecomunicaciones y Transporte (ATT). De acuerdo con la disposición Transitoria Novena de la Ley 164, dispone

que la Autoridad de Regulación y Fiscalización de Telecomunicaciones y Transportes (ATT) asumirá las atribuciones, competencias, derechos y obligaciones en materia de telecomunicaciones y tecnologías de la información y comunicación, transportes y del servicio postal, bajo tuición del Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda.

En el reglamento general de ley 164 en su Título IV Capítulo II Artículo 90 (Condiciones del servicio) párrafo III dispone que la ATT establecerá los estándares de calidad para el Servicio de Voz Sobre Internet, así como la obligatoriedad de comunicar a sus usuarias y usuarios la calidad ofertada a los mismos y las condiciones necesarias de su acceso a internet para alcanzar la misma desde las redes públicas o efectuar llamadas hacia las mismas.

En Bolivia se tiene un modelo regulatorio para el sector telecomunicaciones en base a la ley general de Telecomunicaciones, Tecnologías de la Información y Comunicación número 164, sus reglamentos, decretos y resoluciones que los norman específicamente a los servicios sean estos de servicios públicos sobre Internet, telefonía fija, móvil y servicios de Vos sobre Internet.

Sin embargo, la telefonía IP, no se encuentra regulada aún, ya que la legislación que trata las telecomunicaciones en el país tiene deficiencia, que si bien la norma establece el servicio de Voz sobre Internet pero presenta vacíos legales ya que va dirigido especialmente a comunicaciones de voz sobre internet desde o hacia la red pública telefónica o telefonía móvil y otros pero no incluye aquellos servicios que se provean íntegramente sobre una red internet y que no permitan recibir comunicaciones desde las redes telefónicas públicas o efectuar llamadas hacia las mismas.

### **2.3 MARCO TEORICO**

#### **2.3.1 Fundamentos de la Telefonía.**

La telefonía es una técnica de construcción, instalación y uso de los teléfonos por la cual es considerada un sistema de comunicación.

Según Carballar (2008, p. 2), indica que la telefonía es la comunicación hablada entre dos o más participantes distantes utilizando una red pública que facilita el intercambio de voz.

A su vez la telefonía se divide en:

### 2.3.1.1 Telefonía Convencional

La Telefonía convencional funciona sobre redes conmutadas dedicadas para los servicios de voz, utilizando circuitos previamente establecidos para garantizar la asignación del canal y la velocidad. Este tipo de comunicación es conocido como conmutación de circuitos, inicialmente orientada para la voz, pero que sirve también para transmitir datos. (Nieto Uribe y Pérez Espinosa).

La misma que cuenta con tres sistemas:

- ✓ Sistemas analógicos
- ✓ Sistemas digitales
- ✓ Redes móviles

### 2.3.1.2 Telefonía IP

Al referirse a este aspecto, Martínez (1999) puntualiza que, la Telefonía sobre Internet o Telefonía IP, es un servicio de telecomunicaciones que posibilita a cualquier usuario efectuar llamadas telefónicas sobre redes que utilizan el protocolo de comunicación IP, es decir el protocolo por el cual la red Internet conecta las computadoras entre sí.

Del mismo modo Nieto y Pérez, (2010), explican que para poder definir la telefonía IP hay que diferenciarla con la VoIP, ya que la VoIP es la que permite encapsular la voz en paquetes para enviarlos por la red de datos sin necesidad de utilizar los circuitos tradicionales, mientras que la telefonía IP utiliza la VoIP con el fin de proporcionar de forma similar los servicios que se presta con la telefonía convencional.

Por otro lado, Huidrovo (2007), citado por Chávez (2014, pág. 21) nos describe que el desarrollo de la telefonía IP ha tenido mucho que ver el espectacular auge que ha sufrido Internet en los últimos años, puesto que para transmitir la voz en forma de datos nos apoyamos de forma directa en el protocolo IP, pilar básico de Internet. La tecnología IP es una tecnología inmediata a la de VoIP, de forma que permita la realización de llamadas telefónicas ordinarias

sobre redes IP u otras redes de paquetes utilizando un PC, Gateways y teléfonos estándares en general, servicios de comunicación (voz, fax, aplicaciones de mensajes de voz).

### 2.3.1.3 Clases de telefonía IP

#### 2.3.1.3.1 *Telefonía IP por Internet*

Es la que se emplea el Internet como medio de transmisión para realizar las llamadas telefónicas entre dispositivos IP.

#### 2.3.1.3.2 *Telefonía IP Privada*

Se emplea sobre la red interna de cada empresa para realizar una comunicación extendida, logrando comunicación entre oficinas de una misma área o a nivel nacional.

#### 2.3.1.3.3 *Telefonía IP Pública*

Se emplea como medio de transmisión al Internet mediante una IP Pública<sup>1</sup> brindada por un ISP<sup>2</sup> y de esta manera realizar llamadas como emisor o receptor desde cualquier número regular.

### 2.3.1.4 Ventaja y desventaja de la telefonía IP.

Amán y Ardila (2012), expresan las diferentes ventajas y desventajas que tiene la utilización de la telefonía IP.

#### 2.3.1.4.1 *Ventajas de la Telefonía IP*

- ✓ Telefonía IP ayuda a reducir costos.
  - Inversión de capital reducida en viajes al realizar conferencias en línea, video llamadas fáciles de usar.
  - Facilita creación de extensiones telefónicas adicionales.
- ✓ Telefonía IP ayuda a mejorar la comunicación

---

<sup>1</sup> Dirección IP entregada por un proveedor de Internet

<sup>2</sup> ISP Proveedor Servicio de Internet

- Se disponen más formas de estar en contacto.
- La comunicación unificada permite trabajar de forma remota desde cualquier lugar con una conexión a Internet.
- ✓ Telefonía IP permite disfrutar de muchas funciones sin pagar tarifas adicionales.
  - El servicio de buzón de voz
  - El servicio de ID de llamada
  - Mantener conferencias
  - Reenvío

### 2.3.1.4.2 *Desventajas de la Telefonía IP*

Existen problemas en la utilización de Telefonía IP, queda claro que estos problemas son producto de limitaciones tecnológicas, se puede mencionar algunas desventajas:

- ✓ La Telefonía IP requiere de una infraestructura de cableado estructurado fiable ya que la comunicación se establece por red.
- ✓ La telefonía IP requiere de una conexión eléctrica regulada, en caso de un corte de energía, a diferencia de los teléfonos IP los teléfonos convencionales tradicionales siguen funcionando (con excepción de los teléfonos convencionales inalámbricos). Su funcionalidad con cable telefónico trabaja de esta manera ya que es todo lo que un teléfono convencional necesita para funcionar.
- ✓ Puesto que la Telefonía IP utiliza una conexión de red, la calidad del servicio se ve afectado por la calidad de esta línea de datos, esto quiere decir que la calidad de una conexión IP se puede ver afectada por problemas como la alta latencia (tiempo de respuesta) o la pérdida de paquetes, las conversaciones telefónicas se pueden ver distorsionadas o incluso cortadas por este tipo de problemas. Es indispensable para establecer conversaciones satisfactorias contar con una cierta estabilidad y calidad en la línea de datos.

- ✓ En el caso de trabajar con Softphone<sup>3</sup> la calidad de la comunicación IP se puede ver afectada por el computador, puesto el caso que se realice una llamada y en un determinado momento se abre un programa que utiliza el 100% de la capacidad del procesador, en este caso crítico la calidad de la comunicación IP se puede ver comprometida porque el procesador se encuentra trabajando a tiempo completo, por eso, es recomendable utilizar un buen equipo junto con su configuración IP.

### 2.3.2 Voz sobre IP (VoIP)

Para Anderruthy (2007) citado por Portillo y Daguilh, (2013, p. 19) sostiene que:

La VoIP es una tecnología que permite comunicarse por voz a través de cualquier red que acepte el protocolo IP. El funcionamiento consiste en una emisión sonora la cual se digitaliza por medio de un códec de audio, para luego ser enviado hacia su destinatario en paquetes IP. Una vez realizado el recorrido, un códec de audio restituye y, en caso de estar comprimida, descomprime, la señal de voz de la mejor forma posible a su estado original.

Al referirse a este aspecto, Verenzuela (2006) puntualiza, que VoIP es un término general que refiere a todas aquellas comunicaciones de voz que se realizan utilizando la tecnología del protocolo de Internet (IP) en lugar de la utilización de la tecnología de conmutación de circuitos. Esto incluye la utilización de tecnología de paquetes por instituciones o empresas de telecomunicación para transportar la voz hacia el núcleo de su red.

Por otro lado, Toscano (2012), define a la VoIP (Protocolo de Voz Sobre Internet) o VoIP (*Voice Over Internet Protocol*) como una tecnología que reúne un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP (*Internet Protocol*).

A partir de estos conceptos y destacando los aportes que realizan diversos autores, es posible definir a la VoIP como una tecnología que permite transmitir la voz en forma digital sobre redes IP en lugar de una línea telefónica convencional o tradicionales.

---

<sup>3</sup> Programas que permiten realizar una llamada telefónica desde el ordenador utilizando tecnologías IP

Al momento de realizar una llamada, tanto el emisor como el receptor necesitan usar una serie de normas o reglas las cuales se van a encargar de diferentes temas como la señalización y detección de errores entre otros, los cuales son esenciales, para que tanto el envío como la recepción de datos se efectúe de manera eficiente, este conjunto de normas es lo que se conoce en el campo de las telecomunicaciones como protocolos. A continuación, se presenta una explicación detallada del funcionamiento de cada uno de los protocolos que usa la tecnología VoIP para establecer una comunicación.

### 2.3.3 Funcionamiento de la Voz sobre una red IP

Solís (2012, p.16), Sostiene que:

La VoIP funciona digitalizando la voz en paquetes de datos, que se envían a través de la red y se reconvierten en voz en el lugar de destino. Básicamente el proceso comienza con la señal analógica del teléfono que es digitalizada en señales PCM<sup>4</sup> por medio del codificador/decodificador de voz llamado *Códec*.

Las muestras PCM son pasadas al algoritmo de compresión, el cual comprime la voz y la fracciona en paquetes (encapsulamiento) que pueden ser transmitidos a través de una red privada WAN. En el otro extremo de la nube se realizan exactamente las mismas funciones en un orden inverso. El flujo de un circuito de voz comprimido se muestra en la figura 2.1.

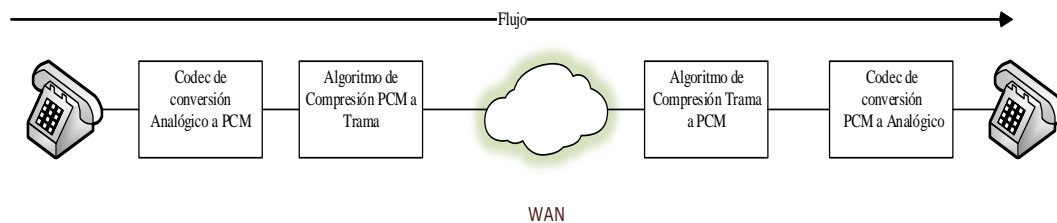


Figura 2.1 Flujo en un circuito de voz comprimido  
Fuente: elaboración propia

Dependiendo de la forma en la que la red este configurada, el *Router* o el *Gateway* puede realizar la labor de codificación, decodificación y/o compresión. Por ejemplo, si el sistema

<sup>4</sup> **PCM:** por las siglas en inglés de *Pulse Code Modulation* modulación por impulsos codificados.

utiliza un sistema análogo de voz, entonces el *Router* o el *Gateway* realizan todas las funciones mencionadas anteriormente como se muestra en la figura 2.2.

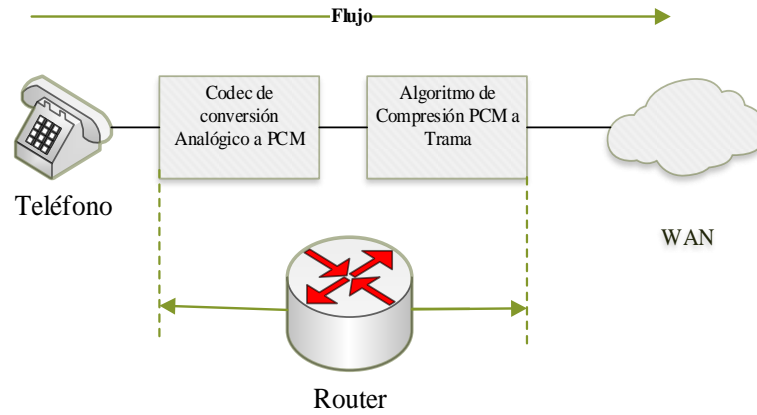


Figura 2.2 Flujo en un circuito de voz comprimido utilizando Router  
Fuente: elaboración propia

En cambio, como se muestra en la figura 2.3, si el dispositivo utilizado es un PBX (Central Secundaria Privada) digital, entonces es este el que realiza la función de codificación y decodificación, y el *Router* solo se dedica a procesar y a encapsular las muestras PCM de los paquetes de voz que le ha enviado el PBX.

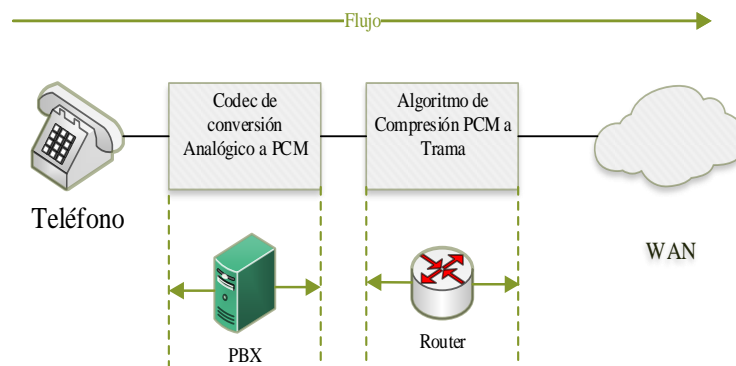


Figura 2.3 Flujo en un circuito de voz comprimido utilizando PBX y router  
Fuente: elaboración propia

Para el caso de transportar voz sobre la red pública Internet, se necesita una interfaz entre la red telefónica y la red IP, el cual se denomina *Gateway* y es el encargado en el lado del emisor de convertir la señal analógica de voz en paquetes comprimidos IP que se transportan a través

de la red. Del lado del receptor su labor es inversa, dado que se descomprimen los paquetes IP que recibe de la red de datos, y recompone el mensaje a su forma análoga original conduciéndolo de nuevo a la red telefónica convencional en el sector de la última milla para ser transportado al destinatario final y ser reproducido por el parlante del receptor. Solís (2012, p.17)

Es importante tener en cuenta también que todas las redes deben tener de alguna forma las características de direccionamiento, enrutamiento y señalización.

El direccionamiento es requerido para identificar el origen y destino de las llamadas, también es usado para asociar las clases de servicio a cada una de las llamadas dependiendo de la prioridad. El enrutamiento por su parte encuentra el mejor camino a seguir por el paquete desde la fuente hasta el destino y transporta la información a través de la red de la manera más eficiente, la cual ha sido determinada por el diseñador. La señalización alerta a las estaciones terminales y a los elementos de la red su estado y la responsabilidad inmediata que tienen al establecer una conexión. Solís (2012, p.18).

### **2.3.4 Protocolos y estándares de Voz sobre IP**

Pérez (2014, p.40) puntualiza que las redes IP no garantizan la calidad de servicio, por esta razón los protocolos empleados en las comunicaciones VoIP deben ser tolerables a las posibles pérdidas o retrasos de información que surjan. Actualmente hay varios protocolos que se podemos clasificar en dos tipos: señalización y transporte que hacen posible el correcto funcionamiento de la tecnología VoIP.

- ✓ Transporte: estos protocolos trabajan en el cuarto nivel del modelo OSI, son los encargados de la transferencia de datos libre de errores entre un emisor y un receptor, estos protocolos UDP y TCP.
- ✓ Señalización: estos protocolos tienen un mecanismo de conexión que abarca una serie de transacciones de señalización entre terminales que cargan dos flujos de audio para cada dirección de la conversación, estos protocolos son:
  - H.323

- SIP
- IAX (usado por Asterisk)

### 2.3.4.1 Protocolo H.323.

H.323 es un estándar creado por el grupo de estudio 16 de la ITU-T<sup>5</sup> para la transmisión de voz, vídeo y datos multimedia a través de redes basadas en conmutación de paquetes sin calidad de servicio (QoS) garantizada, como las redes IP. Inicialmente, H.323 fue diseñado para transportar voz y vídeo en redes de área local, aunque posteriores revisiones del estándar habilitaron su expansión a redes de área amplia como Internet y mejoraron ciertas deficiencias del diseño inicial. H.323 es el estándar que cuenta actualmente con más difusión en el ámbito de la telefonía IP.

Portillo y Daguilh (2013, pág. 20) mencionan algunas características más importantes del estándar H. 323:

- ✓ Soporte para multi conferencias: A pesar de que H.323 permite mantener multi conferencias sin el uso de unidades especializadas, las MCUs (*Multipoint Control Units*), proporcionan una arquitectura más robusta y flexible para el mantenimiento de multi conferencias.
- ✓ Gestión del ancho de banda: El tráfico de audio y de vídeo resulta costoso en cuanto a recursos de ancho de banda, y podría colapsar la red. H.323 permite la gestión del ancho de banda, pudiendo limitar el número de conexiones H.323 simultáneas, así como especificarles el ancho de banda disponible a aplicaciones y terminales H.323.
- ✓ Establecimiento de llamada rápida (*Fast Call* – Llamada Rápida). H.323 también establece mecanismos para que la llamada quede establecida con un mínimo de dos paquetes.
- ✓ Capacidades para la redundancia de la red. Mediante servidores de direccionamiento

---

<sup>5</sup> International Telecommunication Union

alternativos (*Alternate Gatekeepers*) la red podrá soportar la caída de estos equipos críticos, sin pérdida de comunicación.

### 2.3.4.1.1 Arquitectura de H.323

H.323 define cuatro elementos fundamentales en la arquitectura para un sistema de comunicaciones en Red:

✓ Terminales.

De acuerdo a lo que nos expresa Pérez, (2014, p.44), el funcionamiento principal de las terminales es:

Realizar el tratamiento necesario (captación, digitalización y comprensión) de la señal para su correcto envío por la red de datos, proporcionando una comunicación bidireccional con otra terminal H.323, cabe mencionar que cada una de estas terminales debe soportar al menos transmisión de voz, voz y datos, voz y video o voz datos y video”.

✓ Gateways (GW).

Es el encargado de establecer un enlace de una red VoIP con otras redes como la red telefónica pública conmutada (PSTN) realizando la función de traductor. El GW se encarga de la traducción de diversos formatos de la transmisión, los Gateways H.323 se usan en entornos en los que se necesita salida a la telefonía convencional o para comunicar diferentes redes con otros Gateways usando los protocolos H.245<sup>6</sup> y Q.931.<sup>7</sup>

✓ Gatekeepers (GK).

El Gatekeepers realiza dos funciones principalmente. La primera es el direccionamiento de los terminales de la LAN a sus correspondientes IP o IPX. La segunda es la gestión del ancho de banda, fijando el número de conferencia que pueden estar dándose simultáneamente en la LAN y rechazando las nuevas peticiones por

---

<sup>6</sup> **H.245** Protocolo de red de control de canal usado dentro de sesiones de comunicación H.323.

<sup>7</sup> **Q.931** Protocolo de control de conexiones de sistema para transmisión telefónica digital.

encima del nivel establecido.

✓ *MCU (Multipoint Control Units).*

La unidad de control de multipunto está diseñada para soportar la conferencia entre tres o más puntos, bajo el estándar H.323, lo que lleva a la negociación entre terminales para determinar las capacidades comunes para el proceso de audio y video, así como también controlar la multidifusión.

#### 2.3.4.2 Protocolo SIP (Session Initiation Protocol)

De acuerdo a lo que manifiesta Moreno (2007) citado por Parra y Graffe (2007, p. 19), “SIP es un protocolo de aplicación que permite a usuarios participar en sesiones de intercambio de información multimedia soportando mecanismos de establecimiento, modificación y finalización de llamadas”.

Por otro lado, Portillo y Daguilh (2013), definen a SIP como:

Un protocolo de inicio de sesión, señalización y control de la capa de aplicaciones, que es utilizado para establecer, mantener y terminar sesiones multimedia, estas sesiones incluyen telefonía por internet, conferencias y aplicaciones similares, las cuales sirven para generar medios como datos, audio y video.

Es posible usar las invitaciones SIP para establecer las sesiones, este protocolo soporta sesiones de tipo *Unicast* y *Multicast* es decir tanto de un emisor a un solo receptor o de un emisor a múltiples receptores.

##### 2.3.4.2.1 Componentes de SIP

Portillo y Daguilh (2013), indican que en un sistema SIP existen dos componentes claves los cuales son el *User Agent* y el *Server*, tanto el teléfono que llama como el que recibe la llamada son identificados por direcciones SIP a continuación se explicara de forma más detallada cada uno de estos componentes.

- ✓ ***User Agent (agentes usuarios):*** Los agentes de usuarios son aplicaciones que se subdividen en agentes usuario clientes (UAC) y agentes usuario servidor (UAS), o

mejor conocidos como cliente y servidor.

El cliente se encarga de iniciar las peticiones tipo SIP y actúa como el agente de llamadas del usuario, mientras que el Servidor recibe las peticiones y retorna respuestas en nombre del usuario.

- ✓ **Server (servidores de red):** Existen tres tipos de servidores de redes SIP, los cuales son los servidores Proxy, redirección y de registros.
  - **Los servidores Proxy:** básicamente actúan en nombre de otros clientes y contienen funciones tanto de servidor como de cliente. Un servidor Proxy es capaz de interpretar y de reescribir en las cabeceras de las solicitudes antes de que estas pasen a otros servidores, de esta manera se identifica al Proxy como el creador de la solicitud y se asegura de que la respuesta siga la misma ruta de regreso hacia el Proxy en lugar de al cliente.
  - **Servidores de Redirección:** aceptan principalmente peticiones SIP y envían una respuesta redirigida hacia el cliente la cual contiene la dirección del próximo servidor, este tipo de servidores no aceptan llamadas.
  - **Servidores de Registros:** son los que se encargan de registrar las direcciones SIP y sus direcciones IP asociadas, por lo general están localizados en los servidores Proxy y en los de Redirección. Solo pueden aceptar mensajes de solicitud Registro, haciendo posible el registro correspondiente de los usuarios.

### 2.3.4.2.2 Mensajes SIP

Davidson y Peters (2001) explican que existen dos tipos de mensajes SIP: mensaje de solicitudes, las cuales son iniciadas por los clientes y los de respuestas, que son originadas desde los servidores. Cada mensaje contiene una cabecera que describe los detalles de la comunicación a establecerse. SIP es un protocolo basado en texto cuya sintaxis de mensajes y campos de cabecera son iguales a las del protocolo http, los mensajes SIP se pueden enviar sobre los protocolos de control de transmisión (TCP) o por el de datagrama de usuario (UDP).

Estos autores manifiestan que la principal característica de SIP frente a H.323 es su simplicidad. Mientras H.323v1 necesita 5 o 6 intercambios de información entre los destinatarios antes de establecer una conexión, SIP requiere únicamente uno y puede ser transmitido por TCP o UDP. Estos aspectos fueron introducidos en la versión 2 y 3 del protocolo H.323.

### 2.3.4.2.3 *Cabeceras del Mensaje*

Portillo y Daguilh (2013, pág. 20), explican que la cabecera en un mensaje SIP especifica la estación que está llamando, la que recibe la llamada, la ruta y el tipo de mensaje de la llamada.

Davidson y Peters (2001) exponen de maneras más explícita, cuando expresan que en un mensaje SIP se definen tres grupos de cabecera:

- ✓ Cabecera general: Se refiere a solicitudes y respuestas.
- ✓ Cabeceras de entidad: Contiene información sobre el tipo de mensaje y la longitud del mismo.
- ✓ Cabeceras de respuesta: habilita al servidor para incluir información adicional de respuesta.

### 2.3.4.2.4 *Solicitudes de mensaje*

SIP tiene seis tipos de solicitudes de mensaje. Estas solicitudes, que en ocasiones son llamadas métodos, habilitan a usuarios y servidores de la red para localizar, crear y monitorear llamadas.

Los seis tipos de solicitudes son las siguientes:

- ✓ **Invite:** Este método indica que el usuario o servicio es invitado a participar en una sesión, incluye la descripción de la sesión a realizarse y en el caso de llamadas full dúplex, el agente que llama indica el tipo de datos que se van a transferir.
- ✓ **ACK:** Este mensaje corresponde a la respuesta de los mensajes Invite, representan la última confirmación del usuario final y concluyen la transacción iniciada por la solicitud invite. Si la estación que llama incluye la descripción de la sesión en su solicitud ACK, no se utilizan parámetros adicionales en la sesión. En caso de que no

haya una descripción de la sesión de los parámetros contenidos en el mensaje invite, estos se toman por defecto.

- ✓ **BYE**: Permite la liberación de una sesión anteriormente establecida. Corresponde al mensaje RELEASE de los protocolos ISUP y Q.931. Un mensaje BYE puede ser emitido por el que genera la llamada o el que la recibe.
- ✓ **Register**: es usado por un agente de usuario cliente con el fin de indicar al registrar la correspondencia entre su Dirección SIP y su dirección de contacto.
- ✓ **Cancel**: Se usa para pedir el abandono de la llamada en curso, pero no tienen ningún efecto sobre una llamada ya aceptada. De hecho, solo el método “BYE” puede terminar una llamada establecida.
- ✓ **Options**: Sirve para interrogar las capacidades y el estado de un agente de usuario cliente o servidor. su respuesta contiene datos como ser las capacidades (tipo de medios e idiomas soportado) o el hecho de que el agente de usuario sea indisponible.

### 2.3.4.2.5 Respuestas SIP

A continuación, se presenta una lista de los tipos de respuestas usados por el protocolo SIP:

- ✓ **1xx**: Es una respuesta provisoria, indica la petición recibida. Las respuestas provisionales, también conocidas como respuestas informativas, indican que el servidor contactado está realizando una cierta acción y todavía no tiene una respuesta definitiva. Un servidor envía una respuesta 1xx si calcula que le llevará más de 200 ms obtener una respuesta final. Las respuestas 1xx no son transmitidas en forma confiable. Nunca hacen al cliente enviar un ACK. Las respuestas provisionales pueden contener cuerpos de mensaje, incluyendo descripciones de la sesión.
- ✓ **2xx**: Se refieren al éxito de alguna acción, la cual fue recibida, entendida y aceptada con éxito.
- ✓ **3xx**: Redirección, indican que algunas acciones adicionales necesitan ser tomadas para terminar la petición.

- ✓ **4xx**: Error de cliente, la petición contiene sintaxis errónea o no se puede llevar a cabo en este servidor.
- ✓ **5xx**: Error de algún servidor, este no pudo llevar a cabo una petición válida.
- ✓ **6xx**: Existe alguna falla global, la petición no se puede satisfacer en ningún servidor.

### 2.3.4.3 Protocolo IAX (Inter Asterisk Exchange)

De acuerdo a lo que manifiestan Parra y Graffe (2007, p.24), el protocolo IAX es utilizado para manejar conexiones VoIP entre servidores Asterisk, así como también entre servidores y clientes que utilizan este protocolo. Su propósito radica en minimizar el ancho de banda requerido en la transmisión de voz y video a través de redes IP, provee soporte nativo para ser transparente a NAT (*Network Address Translation*). Es un protocolo binario que está diseñado y organizado de una manera que reduce la carga en flujos de datos de voz, el ancho de banda para algunas aplicaciones se sacrifica en favor al ancho de banda de VoIP. IAX fue remplazado por IAX2.

Las principales características mencionada por estos autores son:

- ✓ Es robusto, novedoso y simple si se compara con otros protocolos.
- ✓ Permite el manejo de una importante cantidad de códec.
- ✓ Utiliza un único puerto UDP (4569) para las comunicaciones entre terminales, señalización de datos. Soporta *Trunking* (troncales de red), de esta forma con un enlace se puede enviar datos de señalización por varios canales.

Amán y Ardila (2012 ), expresan que IAX es un protocolo de señalización creado por Mark Spencer, el mismo creador de Asterisk, con el objetivo de solucionar algunos problemas existentes con otros protocolos.

IAX presenta tres ventajas muy interesantes sobre otras alternativas como SIP.

- ✓ Minimizar el ancho de banda usado en las transmisiones de control y multimedia de VoIP.
- ✓ Evita problemas de NAT (*Network Address Translation*).

- ✓ Soporte para transmitir planes de marcación.
- ✓ Pasa más fácilmente a través de firewalls.

Estas ventajas resultan perfectas para troncalización (Trunking) entre dos servidores Elastix. En otras palabras, es recomendable el uso de IAX para interconectar dos o más servidores Elastix entre sí. La versión actual del protocolo es la versión 2. La versión anterior ha quedado obsoleta por lo que es común ver el nombre IAX2 como sinónimo de IAX. IAX es un protocolo binario, a diferencia de SIP que como recordaremos es un protocolo basado en texto. Esto es una ventaja desde el punto de vista desde ancho de banda puesto que en binario se desperdiciarán menos bytes.

IAX usa UDP y normalmente usa el puerto 4569. Lo interesante de IAX es que por un solo puerto transmite tanto la voz como la señalización y es esto lo que le permite resolver problemas de NAT y pasar a través de firewalls sin mayor inconveniente. Además de esta característica el protocolo permite la troncalización de varios canales de audio en el mismo flujo de datos. Es decir que en un mismo datagrama se pueden enviar varias sesiones al mismo tiempo, lo que significa una reutilización de datagramas y por consiguiente un ahorro de ancho de banda.

### 2.3.4.3.1 Fases de una llamada IAX

Amán y Ardila (2012 ) manifiestan que para realizar una llamada utilizando el protocolo IAX se tiene tres fases:

- ✓ Establecimiento de la llamada:

El terminal A inicia una conexión y manda un mensaje "new". El terminal llamado responde con un "accept" y el llamante le responde con un "Ack". A continuación, el terminal llamado da las señales de "ringing" y el llamante contesta con un "ack" para confirmar la recepción del mensaje. Por último, el llamado acepta la llamada con un "answer" y el llamante confirma ese mensaje.

- ✓ Flujo de datos o flujo de audio:

Se mandan los frames M y F en ambos sentidos con la información vocal. Los frames M son mini-frames que contienen solo una cabecera de 4 bytes para reducir el uso en el ancho de banda. Los frames F son frames completos que incluyen información de sincronización. Es importante volver a resaltar que en IAX este flujo utiliza el mismo protocolo UDP que usan los mensajes de señalización evitando problemas de NAT.

✓ Liberación de la llamada o desconexión:

La liberación de la conexión es tan sencilla como enviar un mensaje de "hangup" y confirmar dicho mensaje.

### 2.3.4.4 Protocolo de Internet

El Protocolo de Internet (IP) es un método de transmisión transporte de datos por una red. Los datos que se envían se dividen en paquetes individuales y completamente independientes. Cada computador conectado a Internet tiene una dirección lógica conocida como dirección IP, la cual lo identifica de forma exclusiva en la red y lo distingue de todos los demás computadores y cada paquete de datos contiene la dirección del emisor y del receptor. El Protocolo de Internet se encarga de garantizar que todos los paquetes de datos llegarán a la dirección apropiada. IP es un protocolo no orientado a conexión, lo que significa que el emisor no se asegura de que el receptor esté disponible y listo para recibir los paquetes enviados, lo cual implica adicionalmente que los paquetes se pueden enviar por rutas diferentes y no necesitan llegar al destino en el orden en que fueron enviados. Una vez que los paquetes de datos han llegado al destino correcto, otro protocolo, llamado TCP, se encarga de colocarlos en el orden correcto. Belen, (2009) citado por Portillo y Daguilh, (2013, pág. 20).

Pérez (2014, p.40) nos manifiesta las principales características del protocolo IP:

- ✓ Protocolo no orientado a conexión, significa que los paquetes de información son tratados de forma independiente, es decir, pueden viajar por diferentes trayectorias para llegar a su destino.
- ✓ No fiable este protocolo no garantiza la recepción del paquete.
- ✓ Direccionamiento mediante direcciones lógicas IP de 32 bits.

- ✓ Tamaño máximo del paquete es 65635 bytes.
- ✓ No detecta ni corrige errores.

De acuerdo lo que manifiestan los autores anteriormente mencionados, el protocolo IP no garantiza que los paquetes lleguen a su destino final, pero tratará de buscar la mejor ruta posible entre las conocidas por la máquina que esté usando IP, este protocolo es utilizado a nivel mundial para conectarse a internet pues este es compatible con las herramientas estándar para analizar el funcionamiento de la red.

### 2.3.4.5 Protocolos de Transporte

#### 2.3.4.5.1 *Protocolo de Datagrama de Usuario*

El Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP), es un protocolo no orientado a conexión que proporciona muy pocos servicios de recuperación de errores que permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera. UDP no admite numeración de los datagramas, factor que, sumado a que tampoco utiliza señales de confirmación de entrega, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros. UDP no garantiza que un paquete llegue a su destino.

Su uso principal es para protocolos como DHCP<sup>8</sup>, BOOTP<sup>9</sup>, DNS<sup>10</sup> y demás protocolos en los que el intercambio de paquetes de la conexión/desconexión son mayores, o no son rentables con respecto a la información transmitida, así como para la transmisión de audio y vídeo en tiempo real, donde no es posible realizar retransmisiones por los estrictos requisitos de retardo que se tiene en estos casos.

UDP es generalmente el protocolo usado en la transmisión de vídeo y voz a través de una red. Esto es porque no hay tiempo para enviar de nuevo paquetes perdidos cuando se está

---

<sup>8</sup> **DHCP** (Dynamic Host Configuration Protocol): Protocolo de configuración dinámica de host.

<sup>9</sup> **BOOTP** (Bootstrap Protocol): protocolo que permite a un usuario de red ser automáticamente configurado al recibir una dirección IP.

<sup>10</sup> **DNS**: Sistema de nombres de dominio.

escuchando a alguien o viendo un vídeo en tiempo real. Resulta más importante transmitir con velocidad que garantizar el hecho de que lleguen absolutamente todos los bytes.

### 2.3.4.5.2 *Protocolo RTP:*

RTP (Real-time Transport Protocol – Protocolo de Transporte en Tiempo Real) es un protocolo de transporte y control, adaptado para aplicaciones que requieren que la información sea enviada en tiempo real.

El protocolo RTP es independiente del protocolo de transmisión subyacente y de las redes involucradas. Generalmente se emplea por encima del protocolo UDP. RTP funciona de extremo a extremo y no reserva ningún recurso en la red, pues no se efectúa ninguna acción en los Routers (el control de calidad de servicio no se realiza con dicho protocolo). Portillo y Daguilh, (2013)

La función principal de RTP es multiplexar varios flujos de datos en tiempo real en un solo flujo de paquetes UDP, pudiéndose enviar tanto a un solo destino (*Unicast*) o múltiples destinos (*Multicast*). Los paquetes son numerados de la siguiente manera: se le asigna a cada paquete un número inmediatamente mayor que su antecesor. Esto será útil para que la aplicación conozca si ha fallado algún paquete o no en la transmisión. Si ha fallado, al no tener un control de flujo de errores, de confirmaciones de recepción ni de solicitud de transmisión, la mejor opción es la interpolación de los datos, la cual se da en el receptor, en caso de que se trate de una aplicación que posea esta facultad. Cabezas, (2008)

El protocolo que transporta la voz propiamente dicha o lo que comúnmente se denomina carga útil se llama RTP (Real-time Transport Protocol) y su función es simple: transportar la voz con el menor retraso posible. Landivar, (2008).

### 2.3.4.5.3 *Protocolo TCP*

TCP (Protocolo de control de Transmisión) es un protocolo orientado a conexión, garantiza que los datos serán entregados a su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron, proporcionando un servicio de transporte de datos con grandes beneficios:

- ✓ **Fiabilidad**

Diseñado para recuperarse ante situaciones de corrupción, pérdida, duplicación o desorden de datos que puedan generarse durante el proceso de comunicación utilizando números de secuencia, ACK y retransmisiones.

- ✓ **Control de Flujo**

En vez de obligar al emisor a retrasar la emisión de cada nuevo paquete hasta que se recibe el ACK del paquete anterior, TCP aprovecha mejor el ancho de banda permitiendo retransmitir un número de paquetes antes de que llegue el ACK correspondiente. Con esto se consigue una transmisión eficiente y un control de flujo que permite al receptor restringir el número de octetos que pueda recibir en cada momento.

- ✓ **Orientación a conexión**

Los mecanismos que utiliza TCP requieren que el protocolo inicialice y mantenga cierta información sobre el estado del flujo de datos. La combinación de toda esta información recibe el nombre de conexión.

- ✓ **Multiplexación**

Esto permite que varios procesos de una misma máquina utilicen simultáneamente el servicio que ofrece TCP, estos se diferencian dentro de la misma máquina por el valor del puerto asignado. La asignación de puertos a procesos es manejada de forma independiente por cada máquina. No obstante, es muy común asignar números de puerto universalmente conocidos a algunos servidores de aplicaciones estándar sobre TCP.

### **2.3.5 Calidad de Servicio (QoS) en VoIP**

Según Pérez (2014, p.65), La calidad de servicio (QoS) es la capacidad que tiene una red para ofrecer mejoras en el servicio de cierto tipo de tráfico de red, es decir, se refiere a la habilidad de identificar tráfico sensible al tiempo y darle prioridad por encima de otro tipo de tráfico.

Este autor afirma que VoIP enfrenta problemáticas propias de una red de datos como degradaciones en la calidad del servicio a causa de varios factores como lo son el exceso de eco, retardos, jitter hasta pérdida de paquetes. Los requerimientos más importantes para poder implementar QoS y que la red no experimente ningún tipo de problema son los siguientes:

- ✓ Retraso de inicio a fin menor o igual a 150 ms<sup>11</sup> (ITU G.114).
- ✓ Jitter igual o menor a 30 ms.
- ✓ 1 % o menos pérdida de paquetes.

### 2.3.5.1 Factores de calidad en VoIP

A continuación, se mencionan algunos factores que afectan a la calidad de voz en una red IP.

- ✓ Eco

Hace referencia a la reacción retardada de la señal acústica original, los principales productores de eco en la telefonía VoIP son las interfaces FXS y FXO, por tanto, entre mayor sea la calidad de estas interfaces mayor será la calidad de voz. El oído humano es muy susceptible ya que es capaz de detectar el eco cuando su retardo con la señal original es mayor a 10 ms. Por esta razón cuando el retardo es mayor, existen dos opciones:

- Canceladores de Eco. - Sistema basado en la aplicación de filtros, sirve para que el dispositivo emisor guarde la información que envía y así es capaz de detectar en la señal de vuelta la misma información que puede ir atenuada y con ruido, el dispositivo filtra esta información y es capaz de eliminar esas componentes de la voz. Con el uso de los Canceladores de eco con un mecanismo de reducción automática de ruido se puede llegar a disminuir hasta un 75% el ruido de fondo cuando es estacionario (no variable).
- Supresores de Eco. - Consiste en evitar que la señal emitida sea devuelta, esto

---

<sup>11</sup> ms(milisegundo): período que corresponde a la milésima fracción de un segundo

convierte en instantes una línea Full-dúplex en una línea del tipo Halfdúplex, de tal manera que si se detecta comunicación en un sentido se impide la comunicación en sentido contrario, ya que impide una comunicación Full-dúplex plena.

### ✓ Retardo (Latencia)

Es el tiempo que tarda un paquete en llegar desde la fuente al destino y se mide en mili segundo (ms), dicho de otra manera, es sinónimo de retraso y para mejorar la calidad de voz sobre IP se necesita reducir los retrasos, teniendo como principal prioridad al tráfico de voz. Los factores que incrementan el retardo pueden ser de dos tipos:

a) Constante. - Son aquellas que siempre generan la misma cantidad de retardo, las más importantes son:

- Codificación: retardo generado al tomar el audio y procesarlo por un códec específico.
- Paquetización: retardo generado al tomar el audio y convertirlo en paquetes IP.
- Socialización: retardo generado al colocar los paquetes de voz, desde las capas de aplicación hasta la interface por la cual será transmitido.

b) Variable. - Son aquellas que generan diferentes cantidades de retardo según las condiciones del medio, de éstas destacan:

- Encolamiento: es generado cuando los paquetes de voz tienen que esperar en las colas de los equipos activos a ser transmitidos.
- Propagación: se genera cuando los paquetes pasan por diferentes cables hasta llegar a su destino final.

Para realizar los cálculos de retardo se toma la suma de todos los retardos, cabe

mencionar que el retardo tolerado por el oído humano está en torno de los 200- 250 ms, por lo que un valor apropiado debe estar por debajo de 200 ms.

### ✓ Jitter

Es la diferencia entre el tiempo que es esperado el paquete y el tiempo real en que es recibido. Estas variaciones se deben a la saturación en la red, pérdida de sincronización o por las distintas rutas seguidas por los paquetes para llegar a su destino. Para lograr una buena calidad se recomiendan valores de Jitter menores de 100 ms.

### ✓ Jitter Buffer

Consiste en asignar una pequeña cola o almacén para ir recibiendo los paquetes y sirviéndolos con un pequeño retraso, de esta forma se permite a las tramas más lentas arribar a tiempo para ser ubicadas en la secuencia correcta. En caso de que un paquete no se encuentre en el buffer cuando sea necesario se descarta.

Este tipo de buffer puede manejar unos 30 milisegundos de diferencia y controlar esta variación para que el audio se escuche a velocidad constante. Un buffer es un espacio intermediario donde se almacenan los paquetes hasta su procesamiento, cabe mencionar que la calidad de voz mejora al precio de incrementar la latencia total. Existen dos tipos de buffer:

- ✓ Buffer estático. - Configurado de manera fija por el fabricante.
- ✓ Buffer dinámico. - Se configura usando un programa, lo puede cambiar el usuario.
- ✓ En la tabla 2.1 se muestran los requerimientos necesarios de la calidad de servicio para las aplicaciones utilizadas en la Telefonía.

Tabla 2.1

*Requerimientos de calidad de servicios en aplicaciones*

<b>Aplicación</b>	<b>Fiabilidad</b>	<b>Retardo</b>	<b>Jitter</b>	<b>Ancho de Banda</b>
<b>Correo electrónico</b>	Alta (*)	Alto	Alto	Bajo
<b>Transferencia de ficheros</b>	Alta (*)	Alto	Alto	Medio
<b>Acceso web</b>	Alta (*)	Medio	Alto	Medio
<b>Login remoto</b>	Alta (*)	Medio	Medio	Bajo
<b>Audio bajo demanda</b>	Media	Alto	Medio	Medio
<b>Video bajo demanda</b>	Media	Alto	Medio	Alto
<b>Telefonía</b>	Media	Bajo	Bajo	Bajo
<b>Videoconferencia</b>	Media	Bajo	Bajo	Alto

Fuente: elaboración propia

### 2.3.6 Códec

En términos de Voz sobre IP, un Códec es un algoritmo usado para codificar y decodificar conversaciones de voz. Como la voz humana es análoga, es necesario convertirla (Codificarla) en formato digital para poder ser transmitida a través de internet. Al otro lado, debe ser posible traducirla (Decodificarla) para que la persona pueda entender lo que se está hablando. Este proceso se realiza con el propósito de reducir el ancho de banda necesario para llevar a cabo la conversación. (Brijaldo y Urrego, 2009, p.18)

A continuación, Se estudiará solamente los Códec de voz más importante que se utilizará en el presente proyecto.

#### 2.3.6.1 UIT G.711

G.711 tiene una tasa de transmisión alta (64 kbps). Desarrollado por la UIT, es el Códec nativo de redes digitales modernas de teléfonos. Formalmente estandarizado en 1988, este Códec, también llamado PCM, tiene una tasa de muestreo de 8000 muestras por segundo, lo que permite un ancho de banda total para la voz de 4000 Hz. Cada muestra se codifica en 8 bits, luego la tasa de transmisión total es de 64 kbps. (Quintana, 2007, p.29)

Existen dos versiones de este Códec: Ley-A (A-law) y Ley- $\mu$  ( $\mu$ -law). La segunda se usa en Estados Unidos y Japón mientras que la primera se usa en el resto del mundo, incluida Latinoamérica. La diferencia entre ellas es la forma como la señal es muestreada.

El uso de G.711 para VoIP ofrece la mejor calidad (no realiza compresión en la codificación), por lo que suena igual que un teléfono analógico o RDSI. Esto se comprueba con la medida del MOS. El MOS (Mean Opinion Score) es una medida cualitativa de la calidad de la voz. Un MOS de 5 indica una comunicación con calidad excelente mientras que un MOS de 0 indica una calidad pésima. G.711 tiene el MOS más alto de todos los Códecs en condiciones ideales (sin pérdida de paquetes), con un MOS de 4.1. También presenta el menor retardo debido a que no hay un uso extensivo del CPU (no hay compresión de datos). El inconveniente principal es que necesita mayor tasa de bits que otros Códecs, aproximadamente 80 kbps incluyendo toda la cabecera TCP/IP. Sin embargo, con un acceso de alta velocidad, esto no debería ser mayor problema. Este Códec es soportado por la mayoría de compañías de VoIP, tales como proveedores de servicio y fabricantes de equipos. (Quintana, 2007, p.29)

### 2.3.6.2 UIT G.729

Este Códec comprime la señal en períodos de 10 milisegundos. No puede transportar tonos como DTMF o fax. G.729 se usa principalmente en aplicaciones VoIP por su poca tasa de bits (8 kbps). Existen extensiones de la norma que permiten tasas de 6.4 y 11.8 kbps para peor y mejor calidad de voz, respectivamente. Idealmente presenta un MOS de 3.8. El uso de aplicaciones usando este Códec requiere una licencia. Sin embargo, existen implementaciones gratuitas para uso no comercial. (Quintana, 2007, p.29)

### 2.3.6.3 GSM (RPE-LTP)

Este Códec se llama oficialmente RPE-LTP (Regular Pulse Excitation – Long Term Prediction) pero se conoce mundialmente como GSM debido a que es el Códec usado en el estándar GSM de comunicaciones móviles. Tiene una tasa de bits de 13 kbps con un MOS ideal de 3.6 y realiza la codificación generando coeficientes representativos de un intervalo de tiempo determinado. Este intervalo normalmente es de 20 milisegundos de voz. (Quintana, 2007, p.29)

### 2.3.6.4 iLBC

iLBC (Internet Low Bit-Rate Códec) es un Códec de voz de banda estrecha libre (se puede usar sin el pago de regalías). [RFC3951] describe todo el proceso de codificación y decodificación. La señal de voz es muestreada a 8 kHz., y el algoritmo usa una codificación predictiva lineal (LPC). Soporta dos tamaños de cuadro: 20 ms a 15.2 kbps y 30 ms a 13.33 kbps. (Quintana, 2007, p.29)

### 2.3.7 Dispositivos de Telefonía IP

#### 2.3.7.1 Terminales IP

Aguirre y Ardila (2012), definen a las terminales IP como “un conjunto de tecnologías que permiten transmitir la voz por redes IP ya sea mediante red de área local o a través de Internet.”

Un terminal IP suele ser un dispositivo hardware con forma de teléfono, aunque con la diferencia de que utiliza una conexión de red de datos, en lugar de una conexión de red telefónica tradicional.

#### 2.3.7.2 Adaptadores Analógicos IP

Los adaptadores IP son dispositivos de conexión que permiten aprovechar los teléfonos analógicos actuales, transformando su señal analógica en los protocolos IP.

Existen diferentes tipos de adaptadores entre los cuales está el ATA, FXS17, FXO18 que son considerados como Gateway IP ATA.

#### 2.3.7.3 Adaptador para Teléfonos Analógicos (ATA)

El Analog Telephone Adapter (ATA), es el caso más normal, tienen un conector FXS para teléfono analógico normal y envían por IP a través del conector LAN, soportan los diferentes protocolos de comunicación.

Un ATA tiene un conector RJ11 (el conector de teléfono) y un RJ45 (el conector de red o Ethernet). Un ATA funciona como si fuera un adaptador FXS.

Este dispositivo por un lado habla con el teléfono analógico y por el otro opera en modo digital con la red de IP.

### 2.3.7.4 Softphones

Los Softphones son aplicaciones para equipos digitales como computadores, tabletas, teléfonos inteligentes (smartphones), que permiten a los usuarios acceder a una red telefónica de Voz sobre IP. Estas aplicaciones requieren de una conexión de VoIP o una puerta de enlace (Gateway) VoIP conectada al equipo donde se está ejecutando. Cuando se está usando el Softphones, la computadora o el equipo donde se está ejecutando requiere un ancho de banda suficiente para la conexión a Internet, y una cuenta con un proveedor de servicios de telefonía por Internet en caso de que la conexión vaya a ser remota, esta conexión normalmente usa un formato SIP. Portillo y Daguilh, ( 2013, p. 36)

### 2.3.8 Asterisk

Asterisk es una plataforma software de Dominio Público (Open Software) para el desarrollo de centrales telefónicas (PBXs) y es considerado por algunos como el sistema de telefonía más flexible y extensible de los que actualmente existen en el mercado. Proporciona todas las funcionalidades de los grandes sistemas propietarios y ofrece algunas posibilidades y servicios todavía no disponibles en ellos. Además, es el más competitivo en precio. Está sujeto a la licencia de distribución de software GPL y utiliza para su funcionamiento el sistema operativo Linux, también de libre distribución.

Fue creado por Mark Spencer como respuesta a la estrategia de la mayoría de los fabricantes de telefonía de mantener sus sistemas completamente cerrados para cautivar a sus clientes y evitar la libre competencia. Actualmente es uno de los proyectos de Dominio Público de más difusión y con una de las comunidades de usuarios y desarrolladores más activa, Toscano Palomo (2012, p. 28).

#### 2.3.8.1 Características

Palomo (2012, p. 28), puntualiza algunas características importante de Asterisk:

- ✓ Es económico ya que utiliza la misma infraestructura de red de datos para realizar llamadas sin hacer uso de la red convencional además puede utilizar Softphone que simulan a los teléfonos físicos.
- ✓ Es Interoperable es decir Asterisk puede integrarse con sistemas híbridos en los que se mezclen medios tradicionales de comunicación telefónica con nuevos servicios basados en redes IP. Por lo cual se pueden aprovechar las infraestructuras ya existentes, como terminales telefónicos o líneas de comunicaciones, e integrarlas con nuevos servicios.
- ✓ Tiene la capacidad de interoperar protocolos SIP, IAX, H.323, MGCP y SCCP/Skinny, así como soportar los estándares de telefonía tanto europeos como americanos.
- ✓ Es flexible y tiene la capacidad de crecimiento Asterisk está formado en módulos y estructurado en capas, ofrece cuatro tipos distintos de vías o interfaces para que otras aplicaciones puedan acceder a toda la funcionalidad que ofrece.
- ✓ Tiene una gran funcionalidad ofrece un conjunto de servicios muy extenso. Por medio de una adecuada configuración se pueden establecer enrutamientos de llamadas complejos y definir estrategias de asignación de llamadas a los agentes lo que lo hace muy útil para el diseño de *Call centers* para *Telemarketing* o soporte de usuarios.

### 2.3.8.2 Productos Asterisk

Entre los productos de Asterisk se encuentra Elastix, Trixbox, Asterisknow, Asterisk@Home entre otros, el que se ha destacado por su confiabilidad modularidad y fácil uso ha sido Elastix. Lo cual ha ayudado al momento de decidir que producto utilizar para el presente proyecto de grado.

### 2.3.8.3 Soporte para hardware de telefonía

Elastix cuenta con un buen soporte para hardware de telefonía, contando con drivers para los

principales fabricantes de tarjetas como ser:

- |            |                   |
|------------|-------------------|
| ✓ OpenVox  | ✓ Rhino Equipment |
| ✓ Digium   | ✓ Xorcom.         |
| ✓ Sangoma. | ✓ Yeastar         |

Elastix también soporta muchas marcas de teléfonos gracias a que los protocolos SIP e IAX que usa Asterisk lo permiten. Estos protocolos son abiertos por lo que prácticamente cualquier fabricante puede implementar un teléfono que se comunice sobre estos estándares. Algunos fabricantes de teléfonos soportados son:

- |           |             |
|-----------|-------------|
| ✓ Polycom | ✓ Snom      |
| ✓ Atcom   | ✓ Cisco     |
| ✓ Aastra  | ✓ Nokia     |
| ✓ Linksys | ✓ UTstarcom |

### a. Protocolos que soporta

- |   |  |
|---|--|
| ✓ IAX™ (Inter-Asterisk Exchange)            | ✓ SCCP (Cisco® Skinny®)                  |
| ✓ IAX2™ (Inter-Asterisk Exchange V2)        | ✓ Traditional Telephony Interoperability |
| ✓ H.323 & SIP (Session Initiation Protocol) | ✓ DTMF support                           |
| ✓ MGCP (Media Gateway Control Protocol)     | ✓ PRI Protocols, entre otros             |

### b. Códecs soportados

- |                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| ✓ ADPCM                      | ✓ G.726                          |
| ✓ G.711 (A-Law & $\mu$ -Law) | ✓ G.729 (con licencia comercial) |
| ✓ G.722                      | ✓ GSM                            |

### 2.3.9 Desarrollo de la metodología

Se sugiere la creación de las siguientes áreas funcionales para ser aplicadas en la administración de redes.

### 2.3.9.1 Administración de la configuración

A continuación, se describen las actividades ubicadas dentro del proceso de la administración de la configuración. Estas actividades son la planeación y diseño de la red, instalación y administración del software administración de hardware y el aprovisionamiento. Por último, se mencionan los procedimientos y políticas que pueden ser de ayuda para el desarrollo de esta área.

#### 2.3.9.1.1 *Planeación y diseño de la red.*

La meta de esta actividad es satisfacer los requerimientos inmediatos y futuros de la red, reflejarlos en su diseño hasta llegar a su implementación.

El proceso de planeación y diseño de una red contempla varias etapas, algunas son:

- a) Reunir las necesidades de la red. Las cuales pueden ser específicas o generales, tecnológicas, cuantitativas, etc. Algunas de las necesidades específicas y de índole tecnológico de una red pueden ser.
  - ✓ Multicast.
  - ✓ Voz sobre IP (VoIP).
  - ✓ Calidad de servicio (QoS).

Algunas necesidades cuantitativas pueden ser

- ✓ Cantidad de nodos en un edificio.
- ✓ Cantidad de switches necesarios para cubrir la demanda de nodos.

Este tipo de requerimientos solamente involucran una adecuación en el diseño de la red, no requiere de un rediseño completo, en el caso de alguna necesidad más general puede requerir de un cambio total en la red ya que en estos casos los cambios afectan a gran parte del diseño. Una necesidad general, por ejemplo, se presenta cuando se desea la implementación de nuevas tecnologías de red como el cambiar de ATM a GigabitEthernet, o cambiar los protocolos de ruteo interno.

- b) Diseñar la topología de la red.
- c) Determinar y seleccionar la infraestructura de red basada en los requerimientos técnicos y en la topología propuesta.
- d) Diseñar, en el caso de redes grandes, la distribución del tráfico mediante algún mecanismo de ruteo, estático o dinámico.
- e) Si el diseño y equipo propuesto satisfacen las necesidades, se debe proceder a planear la implementación, en caso contrario, repetir los pasos anteriores hasta conseguir el resultado esperado.

### *2.3.9.1.2 Selección de la infraestructura de red.*

Esta selección se debe realizar de acuerdo a las necesidades y la topología propuesta. Si se propuso un diseño jerárquico, se deben seleccionar los equipos adecuados para las capas de acceso, distribución y núcleo (core). Además, la infraestructura debe cumplir con la mayoría de las necesidades técnicas de la red. Lo más recomendable es hacer un plan de pruebas previo al cual deben ser sujetos todos los equipos que pretendan ser adquiridos.

### *2.3.9.1.3 Instalaciones y Administración del software*

El objetivo de estas actividades es conseguir un manejo adecuado de los recursos de hardware y software dentro de la red.

#### **Instalaciones de hardware**

Las tareas de instalación de hardware contemplan, tanto la agregación como la sustitución de equipamiento, y abarcan un dispositivo completo, como un switch o un ruteador; o solo una parte de los mismos, como una tarjeta de red, tarjeta procesadora, un módulo, etc. El proceso de instalación consiste de las siguientes etapas:

- ✓ Realizar un estudio previo, para asegurar que la parte que será instalada es compatible con los componentes ya existentes.
- ✓ Definir la fecha de ejecución y hacer un estimado sobre el tiempo de duración de cada paso de la instalación.

- ✓ Notificar anticipadamente a los usuarios sobre algún cambio en la red.
- ✓ Generalmente, a toda instalación de hardware corresponde una instalación o configuración en la parte de software, entonces es necesario coordinar esta configuración.
- ✓ Generar un plan alternativo por si la instalación provoca problemas de funcionalidad a la red.
- ✓ Realizar la instalación procurando cumplir con los límites temporales previamente establecidos.
- ✓ Documentar el cambio para futuras referencias.

### **Administración del software.**

Es la actividad responsable de la instalación, desinstalación y actualización de una aplicación, sistema operativo o funcionalidad en los dispositivos de la red. Además, de mantener un control sobre los programas que son creados para obtener información específica en los dispositivos. Antes de realizar una instalación, se debe tomar en cuenta lo siguiente.

- ✓ Que las cantidades de memoria y almacenamiento sean suficientes para la nueva entidad de software.
- ✓ Asegurar que no exista conflicto alguno, entre las versiones actuales y las que se pretenden instalar.

Otra actividad importante es el respaldo frecuente de las configuraciones de los equipos de red ya que son un elemento importante que requieren especial cuidado. Estos respaldos son de mucha utilidad cuando un equipo se daña y tiene que ser reemplazado ya que no es necesario realizar la configuración nuevamente, lo que se hace es cargar la configuración al dispositivo mediante un servidor de tftp.

#### *2.3.9.1.4 Provisión*

Esta tarea tiene la función de asegurar la redundancia de los elementos de software y hardware

más importantes de la red. Puede llevarse a cabo en diferentes niveles, a nivel de la red global o de un elemento particular de la red. Es la responsable de abastecer los recursos necesarios para que la red funcione, elementos físicos como conectores, cables, multiplexores, tarjetas, módulos, elementos de software como versiones de sistema operativo, parches y aplicaciones. Además de hacer recomendaciones para asegurar que los recursos, tanto de hardware como de software, siempre se encuentren disponibles ante cualquier eventualidad.

- ✓ Algunos elementos de hardware más importantes como son: tarjetas procesadoras, fuentes de poder, módulos de repuesto, equipos para sustitución y un respaldo de cada uno de ellos.

### 2.3.9.1.5 *Políticas y procedimientos relacionados*

En este apartado se recomienda realizar, entre otros, los siguientes procedimientos y políticas.

- ✓ Procedimiento de instalación de aplicaciones más utilizadas.
- ✓ Políticas de respaldo de configuraciones.
- ✓ Procedimiento de instalación de una nueva versión de sistema operativo.

### 2.3.9.2 *Administración del rendimiento*

Tiene como objetivo recolectar y analizar el tráfico que circula por la red para determinar su comportamiento en diversos aspectos, ya sea en un momento en particular (tiempo real) o en un intervalo de tiempo. Esto permitirá tomar las decisiones pertinentes de acuerdo al comportamiento encontrado.

La administración del rendimiento se divide en 2 etapas: monitoreo y análisis.

#### 2.3.9.2.1 *Monitoreo*

El monitoreo consiste en observar y recolectar la información referente al comportamiento de la red en aspectos como los siguientes:

##### a. *Utilización de enlaces*

Se refiere a las cantidades ancho de banda utilizada por cada uno de los enlaces de área

local (Ethernet, Fastethernet, GigabitEthernet, etc), ya sea por elemento o de la red en su conjunto.

b. Caracterización de tráfico

Es la tarea de detectar los diferentes tipos de tráfico que circulan por la red, con el fin de obtener datos sobre los servicios de red, como http, ftp, que son más utilizados. Además, esto también permite establecer un patrón en cuanto al uso de la red.

c. Porcentaje de transmisión y recepción de información.

Encontrar los elementos de la red que más solicitudes hacen y atienden, como servidores, estaciones de trabajo, dispositivos de interconexión, puertos y servicios.

d. Utilización de procesamiento

Es importante conocer la cantidad de procesador que un servidor está consumiendo para atender una aplicación.

Esta propuesta considera importante un sistema de recolección de datos en un lugar estratégico dentro de la red, el cual puede ser desde una solución comercial como Spectrum o la solución propia de la infraestructura de red, hasta una solución integrada con productos de software libre.

### 2.3.9.2.2 *Análisis*

Una vez recolectada la información mediante la actividad de monitoreo, es necesario interpretarla para determinar el comportamiento de la red y tomar decisiones adecuadas que ayuden a mejorar su desempeño.

En el proceso de análisis se pueden detectar comportamientos relacionados a lo siguiente:

a. Utilización elevada.

Si se detecta que la utilización de un enlace es muy alta, se puede tomar la decisión de incrementar su ancho de banda o de agregar otro enlace para balancear las cargas de tráfico. También, el incremento en la utilización, puede ser el resultado de la saturación

por tráfico generado maliciosamente, en este caso de debe contar con un plan de respuesta a incidentes de seguridad.

b. Tráfico inusual

El haber encontrado, mediante el monitoreo, el patrón de aplicaciones que circulan por la red, ayudará a poder detectar tráfico inusual o fuera del patrón, aportando elementos importantes en la resolución de problemas que afecten el rendimiento de la red.

c. Elementos principales de la red.

Un aspecto importante de conocer cuáles son los elementos que más reciben y transmiten, es el hecho de poder identificar los elementos a los cuales establecer un monitoreo más constante, debido a que seguramente son de importancia. Además, si se detecta un elemento que generalmente no se encuentra dentro del patrón de los equipos con más actividad, puede ayudar a la detección de posibles ataques a la seguridad de dicho equipo.

d. Calidad de servicio.

Otro aspecto, es la Calidad de servicio o QoS, es decir, garantizar, mediante ciertos mecanismos, las condiciones necesarias, como ancho de banda, retardo, a aplicaciones que requieren de un trato especial, como lo son la voz sobre IP (VoIP), el video sobre IP mediante H.323, etc.

e. Control de tráfico

El tráfico puede ser reenviado o ruteado por otro lado, cuando se detecte saturación por un enlace, o al detectar que se encuentra fuera de servicio, esto se puede hacer de manera automática si es que se cuenta con enlaces redundantes.

Si las acciones tomadas no son suficientes, éstas se deben reforzar para que lo sean, es decir, se debe estar revisando y actualizando constantemente.

### 2.3.9.2.3 *Interacción con otras áreas.*

La administración del rendimiento se relaciona con la administración de fallas cuando se detectan anomalías en el patrón de tráfico dentro de la red y cuando se detecta saturación en los enlaces. Con la administración de la seguridad, cuando se detecta tráfico que es generado hacia un solo elemento de la red con más frecuencia que la común. Y con la administración de la configuración, cuando ante una falla o situación que atente contra el rendimiento de la red, se debe realizar alguna modificación en la configuración de algún elemento de la red para solucionarlo.

### 2.3.9.3 Administración de fallas

Tiene como objetivo la detección y resolución oportuna de situaciones anormales en la red. Consiste de varias etapas. Primero, una falla debe ser detectada y reportada de manera inmediata. Una vez que la falla ha sido notificada se debe determinar el origen de la misma para así considerar las decisiones a tomar. Las pruebas de diagnóstico son, algunas veces, la manera de localizar el origen de una falla. Una vez que el origen ha sido detectado, se deben tomar las medidas correctivas para reestablecer la situación o minimizar el impacto de la falla.

El proceso de la administración de fallas consiste de distintas fases.

- ✓ Monitoreo de alarmas. Se realiza la notificación de la existencia de una falla y del lugar donde se ha generado. Esto se puede realizar con el auxilio de las herramientas basadas en el protocolo SNMP.
- ✓ Localización de fallas. Determinar el origen de una falla.
- ✓ Pruebas de diagnóstico. Diseñar y realizar pruebas que apoyen la localización de una falla.
- ✓ Corrección de fallas. Tomar las medidas necesarias para corregir el problema, una vez que el origen de la misma ha sido identificado.
- ✓ Administración de reportes. Registrar y dar seguimiento a todos los reportes generados por los usuarios o por el mismo administrador de la red.

Una falla puede ser notificada por el sistema de alarmas o por un usuario que reporta algún problema.

### 2.3.9.3.1 *Monitoreo de alarmas*

Las alarmas son un elemento importante para la detección de problemas en la red. Es por eso que se propone contar con un sistema de alarmas, el cual es una herramienta con la que el administrador se auxilia para conocer que existe un problema en la red. También conocido como sistema de monitoreo, se trata de un mecanismo que permite notificar que ha ocurrido un problema en la red. Esta propuesta se basa en la utilización de herramientas basadas en el protocolo estándar de monitoreo, SNMP, ya que este protocolo es utilizado por todos los fabricantes de equipos de red.

Cuando una alarma ha sido generada, ésta debe ser detectada casi en el instante de haber sido emitida para poder atender el problema de una forma inmediata, incluso antes de que el usuario del servicio pueda percibirla. Las alarmas pueden ser caracterizadas desde al menos dos perspectivas, su tipo y su severidad.

#### **Tipo de las alarmas**

- ✓ Alarmas en las comunicaciones. Son las asociadas con el transporte de la información, como las pérdidas de señal.
- ✓ Alarmas de procesos. Son las asociadas con las fallas en el software o los procesos, como cuando el procesador de un equipo excede su porcentaje normal.
- ✓ Alarmas de equipos. Como su nombre lo indica, son las asociadas con los equipos. Una falla de una fuente de poder, un puerto, son algunos ejemplos.
- ✓ Alarmas ambientales. Son las asociadas con las condiciones ambientales en las que un equipo opera. Por ejemplo, alarmas de altas temperaturas.
- ✓ Alarmas en el servicio. Relacionadas con la degradación del servicio en cuanto a límites predeterminados, como excesos en la utilización del ancho de banda, peticiones abundantes de icmp.

### **Severidad de las alarmas.**

- ✓ Crítica. Indican que un evento severo ha ocurrido, el cual requiere de atención inmediata. Se les relaciona con fallas que afectan el funcionamiento global de la red. Por ejemplo, cuando un enlace importante está fuera de servicio, su inmediato restablecimiento es requerido.
- ✓ Mayor. Indica que un servicio ha sido afectado y se requiere su inmediato restablecimiento. No es tan severo como el crítico, ya que el servicio se sigue ofreciendo, aunque su calidad no sea la óptima.
- ✓ Menor. Indica la existencia de una condición que no afecta el servicio pero que deben ser tomadas las acciones pertinentes para prevenir una situación mayor. Por ejemplo, cuando se alcanza cierto límite en la utilización del enlace, no indica que el servicio sea afectado, pero lo será si se permite que siga avanzando.
- ✓ Indefinida. Cuando el nivel de severidad no ha sido determinado por alguna razón.

#### *2.3.9.3.2 Localización de fallas*

Este segundo elemento de la administración de fallas es importante para identificar las causas que han originado una falla. La alarma indica el lugar del problema, pero las pruebas de diagnóstico adicionales son las que ayudan a determinar el origen de la misma. Una vez identificado el origen, se tienen que tomar las acciones suficientes para reparar el daño.

### **Pruebas de diagnóstico**

Las pruebas de diagnóstico son medios importantes para determinar el origen de una falla. Algunas de estas pruebas de diagnóstico que se pueden realizar son:

- ✓ Pruebas de conectividad física.  
Son pruebas que se realizan para verificar que los medios de transmisión se encuentran en servicio, si se detecta lo contrario, tal vez el problema es el mismo medio.
- ✓ Pruebas de conectividad lógica.  
Son pruebas que ofrecen una gran variedad, ya que pueden ser punto a punto, o salto

por salto. Las pruebas punto a punto se realizan entre entidades finales, y las salto por salto se realizan entre la entidad origen y cada elemento intermedio en la comunicación. Los comandos usualmente utilizados son “ping” y “traceroute”.

✓ Pruebas de medición.

Esta prueba va de la mano con la anterior, donde, además de revisar la conectividad, se prueban los tiempos de respuesta en ambos sentidos de la comunicación, la pérdida de paquetes, la ruta que sigue la información.

### 2.3.9.3.3 *Corrección de fallas.*

Es la etapa donde se recuperan las fallas, las cuales pueden depender de la tecnología de red. En esta propuesta solo se mencionan las prácticas referentes a las fallas al nivel de la red.

Entre los mecanismos más recurridos, y que en una red basada en interruptores son aplicables, se encuentran los siguientes.

- ✓ Reemplazo de recursos dañados. Hay equipos de red que permiten cambiar módulos en lugar de cambiarlo totalmente.
- ✓ Aislamiento del problema. Aislar el recurso que se encuentra dañado y que, además, afecta a otros recursos es factible cuando se puede asegurar que el resto de los elementos de la red pueden seguir funcionando.
- ✓ Redundancia. Si se cuenta con un recurso redundante, el servicio se cambia hacia este elemento.
- ✓ Recarga del sistema. Muchos sistemas se estabilizan si son reiniciados.
- ✓ Instalación de software. Sea una nueva versión de sistema operativo, una actualización, un parche que solucione un problema específico, etc.
- ✓ Cambios en la configuración. También es algo muy usual cambiar algún parámetro en la configuración del elemento de la red.

### 2.3.9.3.4 *Administración de reportes*

Es la etapa de documentación de las fallas. Cuando un problema es detectado o reportado, se

le debe asignar un número de reporte para su debido seguimiento, desde ese momento un reporte queda abierto hasta que es corregido. Este es un medio para que los usuarios del servicio puedan conocer el estado actual de la falla que reportaron.

El ciclo de vida de la administración de reportes se divide en cuatro áreas, de acuerdo a la recomendación X.790 de la ITU-T.

### **Creación de reportes**

Un reporte es creado después de haber recibido una notificación sobre la existencia de un problema un problema en la red, ya sea por una alarma, una llamada telefónica de un usuario, por correo electrónico o por otros medios. Cuando se crea un reporte debe contener al menos la siguiente información:

- ✓ El nombre de la persona que reportó el problema.
- ✓ El nombre de la persona que atendió el problema o que creó el reporte del mismo.
- ✓ Información técnica para ubicar el área del problema.
- ✓ Comentarios acerca de la problemática.
- ✓ Fecha y hora del reporte.

### **Seguimiento a reportes**

La administración de reportes debe permitir al administrador dar seguimiento de cada acción tomada para solucionar el problema, y conocer el estado histórico y actual del reporte. Para cada reporte debe mantenerse un registro de toda la información relacionada al mismo: pruebas de diagnóstico, como fue solucionado el problema, tiempo que llevó la solución, etc., y ésta debe poder ser consultada en cualquier momento por el administrador.

### **Manejo de reportes**

El administrador debe ser capaz de tomar ciertas acciones cuando un reporte está en curso, como escalar el reporte, solicitar que sea cancelado un reporte que no ha sido cerrado aún, poder hacer cambios en los atributos del reporte, como lo es el teléfono de algún contacto,

poder solicitar hora y fecha de la creación o finalización de un reporte, etc.

### **Finalización de reportes**

Una vez que el problema reportado ha sido solucionado, el administrador o la gente responsable del sistema de reportes, debe dar por cerrado el reporte. Una práctica importante, es que antes de cerrar un reporte el administrador debe asegurarse que efectivamente el problema reportado ha sido debidamente corregido.

#### 2.3.9.4 Administración de la contabilidad

Es el proceso de recolección de información acerca de los recursos utilizados por los elementos de la red, desde equipos de interconexión hasta usuarios finales. Esto se realiza con el objetivo de realizar los cobros correspondientes a los clientes del servicio mediante tarifas establecidas. Este proceso, también llamado tarificación, es muy común en los proveedores de servicio de Internet o ISP.

#### 2.3.9.5 Administración de la seguridad

Su objetivo es ofrecer servicios de seguridad a cada uno de los elementos de la red, así como a la red en su conjunto, creando estrategias para la prevención y detección de ataques, así como para la respuesta ante incidentes de seguridad.

##### *2.3.9.5.1 Prevención de ataques*

El objetivo es mantener los recursos de red fuera del alcance de potenciales usuarios maliciosos. Una acción puede ser la implementación de alguna estrategia de control de acceso. Obviamente, los ataques solamente se reducen, pero nunca se eliminan del todo.

##### *2.3.9.5.2 Detección de intrusos*

El objetivo es detectar el momento en que un ataque se está llevando a cabo. Hay diferentes maneras en la detección de ataques, tantas como la variedad de ataques mismo. El objetivo de la detección de intrusos se puede lograr mediante un sistema de detección de intrusos que vigile y registre el tráfico que circula por la red apoyado en un esquema de notificaciones o alarmes que indiquen el momento en que se detecte una situación anormal en la red.

### *2.3.9.5.3 Respuesta a incidentes*

El objetivo es tomar las medidas necesarias para conocer las causas de un compromiso de seguridad en un sistema que es parte de la red, cuando éste hay sido detectado, además de tratar de eliminar dichas causas

### *2.3.9.5.4 Políticas de Seguridad*

La meta principal de las políticas de seguridad es establecer los requerimientos recomendados para proteger adecuadamente la infraestructura de cómputo y la información ahí contenida. Una política debe especificar los mecanismos por los cuales estos requerimientos deben cumplirse. El grupo encargado de esta tarea debe desarrollar todas las políticas después de haber hecho un análisis profundo de las necesidades de seguridad.

Entre otras, algunas políticas necesarias son:

- ✓ Políticas de uso aceptable
- ✓ Políticas de cuentas de usuario
- ✓ Políticas de configuración de ruteadores
- ✓ Políticas de listas de acceso
- ✓ Políticas de acceso remoto.
- ✓ Políticas de contraseñas.
- ✓ Políticas de respaldos.

### *2.3.9.5.5 Servicios de seguridad*

Los servicios de seguridad definen los objetivos específicos a ser implementados por medio de mecanismos de seguridad. Identifica el “que”.

De acuerdo a la Arquitectura de Seguridad OSI, un servicio de seguridad es una característica que debe tener un sistema para satisfacer una política de seguridad.

La arquitectura de seguridad OSI identifica cinco clases de servicios de seguridad:

- ✓ Confidencialidad.
- ✓ Autenticación.
- ✓ Integridad.
- ✓ Control de acceso.
- ✓ No repudio

Un paso importante es definir cuáles de estos servicios deben ser implementados para satisfacer los requerimientos de las políticas de seguridad.

### *2.3.9.5.6 Mecanismos de seguridad*

Se deben definir las herramientas necesarias para poder implementar los servicios de seguridad dictados por las políticas de seguridad. Algunas herramientas comunes son: herramientas de control de acceso, cortafuegos (firewall), TACACS+<sup>12</sup> o RADIUS<sup>13</sup>; mecanismos para acceso remoto como Secure shell o IPSec; Mecanismos de integridad como MD5, entre otras.

Todos estos elementos en su conjunto conforman el modelo de seguridad para una red de cómputo.

### *2.3.9.5.7 Proceso.*

Para lograr el objetivo perseguido se deben, al menos, realizar las siguientes acciones:

- ✓ Elaborar las políticas de seguridad donde se describan las reglas de administración de la infraestructura de red. Y donde además se definan las expectativas de la red en cuanto a su buen uso, y en cuanto a la prevención y respuesta a incidentes de seguridad.
- ✓ Definir, de acuerdo a las políticas de seguridad, los servicios de necesarios y que

---

<sup>12</sup> Servidor de control de acceso a la terminal y control de acceso

<sup>13</sup> Protocolo de servicio de usuario de acceso telefónico de autenticación remota

pueden ser ofrecidos e implementados en la infraestructura de la red.

- ✓ Implementar las políticas de seguridad mediante los mecanismos adecuados.

### **2.3.10 Descripción de las herramientas utilizadas.**

#### 2.3.10.1 Herramienta para medir el rendimiento de la Red.

- ✓ Ping

Ping es la herramienta por excelencia para comprobar la conectividad. Esta herramienta viene por defecto incluida en todas las versiones de Windows, por lo que su uso no requiere ningún software adicional ya que se ejecuta como símbolo de sistema desde una ventana de MS-DOS. Esta herramienta realiza por defecto 4 conexiones seguidas a un servidor y nos devuelve el estado de dicho servidor, así como el tiempo de cada una de dichas conexiones.

#### 2.3.10.2 Herramienta de telefonía IP.

- ✓ Elastix

Elastix es un software aplicativo que integra las mejores herramientas disponibles para PBX basados en Asterisk en una interfaz simple y fácil de usar. Además, añade su Propio conjunto de utilidades y permite la creación de módulos de terceros para hacer de este el mejor paquete de software disponible para la telefonía de código abierto.

La meta de Elastix son la confiabilidad, modularidad y fácil uso. Estas características añadidas a la robustez para reportar hacen de la misma, la mejor opción para implementar un PBX basado en Asterisk. Las características proveídas por Elastix son muchas y variadas. Elastix integra varios paquetes de software, cada uno incluye su propio conjunto de características. Además, añade nuevas interfaces para el control y reportes de sí mismo, lo que lo hace un paquete completo.

A continuación en la tabla 2.2 se describen un conjunto detallado de características y funcionalidades de esta herramienta.

Tabla 2.2

*Características y funcionalidades de Elastix*

<b>Características</b>	<b>Funcionalidades</b>
✓ Soporte para Video.	✓ Voicemail o Buzón de voz
✓ Soporte para Virtualización.	✓ Fax.
✓ Interfaz Web para el usuario.	✓ Soporte para Softphones.
✓ Configuración gráfica de parámetros de red.	✓ Consola de operador.
✓ Reportes de uso de recursos.	✓ IVR o Recepcionista digital.
✓ Opciones para reiniciar/apagar remotamente.	✓ Interfase de configuración Web.
✓ Reportes de llamadas entrantes/salientes y uso de canales.	✓ Grabación de llamadas.
✓ Módulo de correo de voz integrado.	✓ Limite de tiempo.
✓ Interfaz Web para correo de voz.	✓ Least Cost Routing.
✓ Servidor de correo integrado incluye soporte multi dominio.	✓ Roaming de extensiones.
✓ Interfaz web para email.	✓ Email.
✓ Módulo de panel operador integrado.	✓ Llamada en espera
✓ Módulos extras SugarCRM y Calling Card incluidos.	✓ Interconexión entre PBXs
✓ Sección de descargas con accesorios comúnmente usados.	✓ Identificador de llamadas
✓ Servidor de mensajería instantáneo (Openfire) integrado.	✓ Billing
✓ Soporte Multi-lenguaje.	

Fuente: Elaboración propia

✓ Softphone Zoiper

Zoiper es un software multiplataforma (funciona en ordenadores con Windows, Linux o MAC OS X, teléfonos con Android, o teléfonos iPhone de Apple), diseñado para trabajar

con sus sistemas de comunicación IP. Este software es de la compañía Zoiper y tiene una versión no comercial, de la misma manera también tiene las versiones comerciales con soporte del software y más características habilitadas. Es el software que Servitux® VoIP recomienda para utilizarlo como teléfono IP desde su ordenador, Tablet o smartphone.

Con la versión no comercial de Zoiper puede realizar las siguientes funciones básicas:

- ✓ Hacer o recibir hasta 2 llamadas simultáneas
- ✓ Iniciar y manejar conferencias.
- ✓ Poner llamadas en espera
- ✓ Transferencias de llamadas.
- ✓ Llamadas en Espera.

### 2.3.10.3 Sistemas operativos.

- ✓ CentOs.

CentOS (Community ENTerprise Operating System) es un sistema operativo de código abierto, basado en la distribución Red Hat Enterprise Linux, operándose de manera similar, y cuyo objetivo es ofrecer al usuario un software de "clase empresarial" gratuito. Se define como robusto, estable y fácil de instalar y utilizar. Desde la versión 5, cada lanzamiento recibe soporte durante diez años, por lo que la actual versión 7 recibirá actualizaciones de seguridad hasta el 30 de junio de 2024.

- ✓ Windows 7 Pro.

Windows 7 es una versión de Microsoft Windows, línea de sistemas operativos producida por Microsoft Corporation. Esta versión está diseñada para uso en PC, incluyendo equipos de escritorio en hogares y oficinas, equipos portátiles, tabletas, netbooks y equipos multimedia.<sup>2</sup> El desarrollo de Windows 7 se completó el 22 de julio de 2009, siendo entonces confirmada su fecha de venta oficial para el 22 de octubre de 2009.

### 2.3.10.4 Herramientas de red

#### ✓ Cable de red Cat. 6

El Cable de categoría 6, o Cat 6 (ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1) es un estándar de cables para Gigabit Ethernet y otros protocolos de redes que es retro compatible con los estándares de categoría 5/5e y categoría 3. La categoría 6 posee características de onda y especificaciones para evitar la diafonía (o crosstalk) y el ruido. El estándar de cable se utiliza para 10BASE-T, 100BASE-TX y 1000BASE-TX (Gigabit Ethernet). Alcanza frecuencias de hasta 250 MHz en cada par y una velocidad de 1 Gbps. La conexión de los pines para el conector RJ45 que en principio tiene mejor inmunidad a interferencia arriba de 100Mbps es el T568A

#### ✓ Patch Panel Categoría 6

El Patch Panel o Panel de Parcheo es el elemento encargado de recibir todos los cables del cableado estructurado. Desde los puntos de red (rosetas) de cada puesto de trabajo hasta los Racks (armarios) donde se encuentran estos paneles de parcheo. Sirven para organizar las conexiones de red mediante los Patch Cords, para que se puedan realizar de forma fácil y cómoda modificaciones en la interconexión de los elementos relacionados de la red LAN y los equipos de conectividad como ser hubs, switches, routers, etc.

#### ✓ Ponchadora Impacto

Una ponchadora de impacto es una herramienta de precisión y punción con carga de resorte utilizado para empujar los hilos entre los pins de metal, permitiendo pelar al mismo tiempo el revestimiento del cable de red UTP. Funciona por compresión e impacto, ya que su resorte interno golpea los hilos de los cables UTP una vez que se ordenan según un código de colores específico sobre las cuchillas que tiene un módulo RJ45 hembra. A esta técnica de conectorizado se le llama IDC conexión por desplazamiento de aislación.

#### ✓ Conectores RJ45

El conector RJ45 (Registered Jack) o plug RJ45 es el principal conector usado en la conexión de tarjetas de red Ethernet. Este conector se emplea con cables de par trenzado,

por lo que el mismo conector se puede emplear para tipos de comunicación diferente, dependiendo del orden de conexión de los pares trenzados. Es un conector estándar de red, que permite la interconexión de dispositivos de red entre sí mediante un cable UTP de 4 pares (8 hilo de cables). Existen dos formas de unir estos conectores a los cables:

- De forma manual mediante el crimpado con una tenaza o alicata de Red.
- Mediante un proceso industrial de vacío que fija los contactos y el conector al cable.

Normalmente este conector se fabrica en plástico, y sus conexiones metálicas. Se usa plástico transparente para los conectores que se unen a los cables de forma manual, de esta forma, se puede visualizar si los pares trenzados se conectan correctamente.

Algunos conectores tienen un recubrimiento metálico utilizado como pantalla electromagnética para evitar interferencias. Estos conectores se utilizan para cables UTP con malla o recubrimiento electromagnético. De esta forma, cuando el conector es crimpado en el cable UTP, el apantallamiento del cable se extiende también hasta el conector.

### ✓ Alicata de Mantenimiento de Red RJ45

Es una pinza que se utiliza para colocar el plug de RJ45 en el cable UTP, tiene una navaja para cortar el cable y una mueca para pelar el cable; en la parte central se encuentra la parte donde se mete el conector armado.

### ✓ Instrumento de Medición Tester de Red

Es la herramienta que nos permite verificar la continuidad de un cable UTP que se haya armado, así como también detectar cruzamientos de los alambres.

### ✓ Racks (mural).

Es un término inglés que se emplea para nombrar a la estructura que permite sostener o albergar un dispositivo tecnológico. Se trata de un armazón metálico que, de acuerdo a sus

características, sirve para alojar una computadora, un router u otra clase de equipo lo habitual es que los racks puedan ensamblarse para contener, en conjunto, una gran cantidad de equipos. De este modo, aquello que se entiende por rack suele ser utilizado en instituciones científicas o educativas, oficinas gubernamentales o grandes corporaciones.

Por lo general, los racks (que también se conocen como cabinas o bastidores) se hallan en los centros de datos que disponen de muchos servidores. El correcto armado de la estructura es esencial para el funcionamiento de los equipos, ya que los cables deben organizarse de manera adecuada para lograr las conexiones.

La finalidad de los racks es el aprovechamiento del espacio. Gracias a estas estructuras, es posible ordenar muchos dispositivos en un espacio físico reducido, facilitando también el acceso a los mismos. Tanto su instalación, que requiere de la elaboración de una compleja red de cableado y la correcta fijación de los equipos para evitar daños, como su mantenimiento son complejos y un mínimo descuido puede poner en riesgo el trabajo de mucha gente.

- ✓ Roseta de superficie de conector red hembra RJ45.

La roseta es el conector que nos permite conectar el cable de Red y sirve para transmitir voz y datos, permite transmitir información a través del cable de par trenzado. Las rosetas de superficie son herramientas que nos ofrecen una solución económica y una rápida instalación en cualquier situación. Incluye tornillos de montaje, cinta adhesiva, atadura de cables para el alivio de la tensión y la etiqueta para escribir en ella con el titular

- ✓ Switch gigabit

Los Switch es un dispositivo de interconexión utilizado para conectar equipos en red formando lo que se conoce como una red de área local (LAN) y cuyas especificaciones técnicas siguen el estándar conocido como Ethernet (o técnicamente IEEE 802.3).

**CAPÍTULO III**  
**MARCO APLICATIVO**

### **3 MARCO APLICATIVO**

El presente proyecto fue elaborado en base a la metodología “Modelo Funcional para la Administración de Redes”, se seleccionaron las características que se ajustan para la implementación de redes VoIP, esta metodología permitió construir un modelo genérico constituido por cuatro fases, que son:

- ✓ Administración de la configuración.
- ✓ Administración del rendimiento.
- ✓ Administración de fallas.
- ✓ Administración de la seguridad.

A continuación, se detalla la solución describiendo el desarrollando las actividades realizadas en las cuatro fases.

#### **3.1 ADMINISTRACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN.**

##### **3.1.1 Análisis de requerimientos**

En este proceso se determinó la necesidad de comunicación telefónica que hay en el INRA para el desarrollo de sus actividades y cumplimiento de sus objetivos, así como también analizar la situación actual de la infraestructura de red y telefonía, identificar los requerimientos técnicos propios en la transmisión de la voz sobre una red IP.

A continuación, se presenta las actividades realizadas en este proceso:

###### **3.1.1.1 Identificación de la necesidad de comunicación telefónica en el INRA Pando**

Esta primera actividad se dio inicio con el análisis de la necesidad que tiene el personal realizar una llamada y la dificultad que tiene para acceder al servicio de comunicación telefónica, para tener un concepto claro de esta problemática se empleó dos tipos de herramientas que son la entrevista formulada en anexo C y la encuesta.

La encuesta fue realizada con el objetivo recabar información sobre la necesidad que tiene el funcionario utilizar la telefonía fija para comunicarse de manera interna como externa y fue

aplicado a todo el personal dependiente de la dirección departamental del INRA de Pando.

Los resultados obtenidos son los siguientes con base a la aplicación de la encuesta realizadas. En anexo D observamos los resultados de la encuesta.

Según encuesta realizada, del 100% de los encuestados el 75 % considera que es importante la comunicación telefónica entre las diferentes unidades (figura 3.1), y el 80 % nos da a conocer que además de ser importante se requiere este medio para el desarrollo de sus actividades (figura 3.2 y 3.3).



Figura 3.1 Importancia de la comunicación telefónica en las diferentes unidades.

Fuente: Encuesta anexo D



Figura 3.2 Importancia de la comunicación telefónica para realizar las actividades

Fuente: Encuesta anexo D

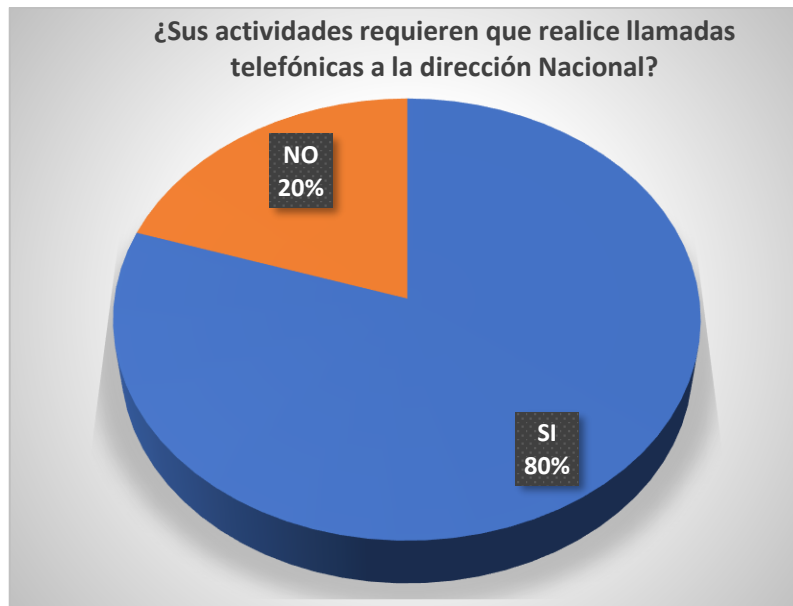


Figura 3.3 Necesidad realizar llamadas telefónicas a la dirección Nacional  
Fuente: Encuesta anexo D

Entre los encuestados el 95 % considera que en la dirección departamental del INRA Pando no son suficiente los derivados de telefonía fija (figura 3.4) y el 85% cree que se debería implementar extensiones telefónicas para la comunicación interna como externa en la institución.

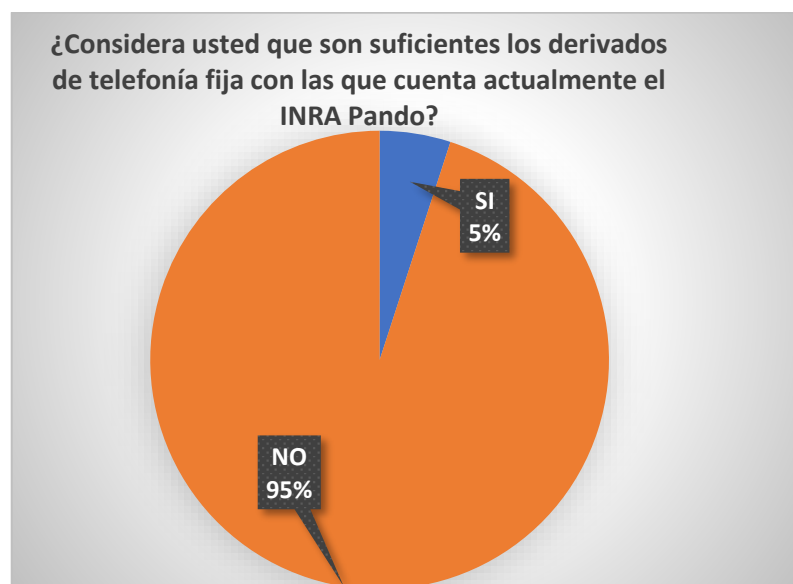


Figura 3.4 Insuficientes derivados de telefónica fija  
Fuente: Encuesta anexo D

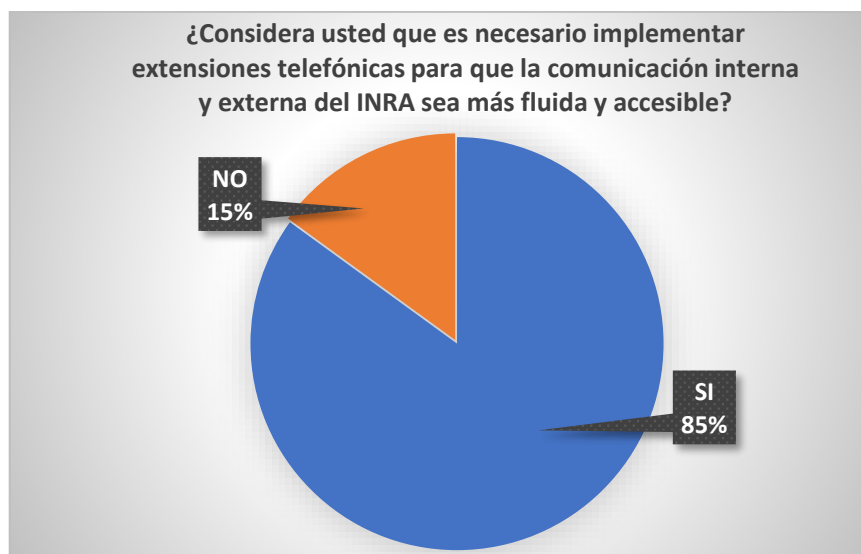


Figura 3.5 Necesidad de extensiones telefónicas en el INRA Pando  
Fuente: Encuesta anexo D

De la misma manera se efectuó la entrevista a la M.A.E. de la institución, esto nos dio a conocer aspectos detallados de como utilizan actualmente la infraestructura telefónica, sus limitaciones y su importancia de las llamadas telefónica dentro del INRA, como afecta todo esto para el desarrollo de las actividades y cumplimientos de sus objetivos.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos con base a las preguntas de la entrevista realizada.

- ✓ ¿Considera usted que es indispensable la comunicación telefónica para el desarrollo de sus actividades y cumplimiento de sus objetivos del INRA?

**Respuesta:**

Es muy indispensable porque a través de este medio de comunicación podemos agilizar y dar seguimientos a trámites dentro y fuera de la institución, en el caso interno nos permite coordinar, organizar y dar órdenes al personal que se encuentran en campo, gabinete y con diferentes unidades dependiente de la dirección Nacional.

- ✓ ¿Qué tipo de infraestructura utiliza la institución para la comunicación con la dirección Nacional?

**Respuesta:**

Actualmente nos provee el servicio de telefonía fija la cooperativa de telecomunicaciones Cobija COTECO Ltda., disponemos de una línea telefónica con tres derivados instalado por el proveedor, un derivado se encuentra en la recepción de la secretaria otro en la unidad administrativa y la otra en el despacho.

Además, quiero mencionar que se dispone de un teléfono móvil corporativo en la organización que cuenta con un plan de telefonía celular proporcionado por la empresa Entel S.A. para que se puedan realizar llamadas telefónicas móviles estrictamente laborales entre las oficinas de la departamental y nacional.

- ✓ ¿La telefonía fija, se considera una necesidad de tipo urgente? ¿por qué?

**Respuesta:**

Sí, debido a que actualmente los costos de llamadas telefónicas nacionales son altos, además este medio de comunicación permite agilizar, coordinar y organizar actividades entre las oficinas de manera interna y con la máxima instancia institucional y sus unidades que la componen.

- ✓ ¿Cuáles son los principales problemas que se derivan por el uso de la telefonía fija en la departamental?

**Respuesta:**

Entre los principales problemas que se genera son los altos costos de comunicación telefónica considerando que el presupuesto asignado no es suficiente para dicho gasto. Por este motivo y con el objetivo de llevar un control de llamadas saliente cada funcionario que utiliza la línea telefónica hace su registro manual en una planilla, para este control no existe un personal que se encargue de verificar si las llamadas son personales o institucionales además del tiempo de duración de las mismas, por lo que el control que se realiza no es el adecuado, lo que causa desconfianza y en ciertos casos existe la necesidad de limitar el uso,

provocando que algunas actividades de los funcionarios que requieren comunicarse se vean perjudicadas.

- ✓ ¿Existe un control detallado de llamada telefónicas realizadas por todo el personal?

**Respuesta:**

El proveedor del servicio proporciona un detalle de llamadas telefónicas a sus usuarios que como requisitos es permanecer al día en el pago del servicio y luego realizar la solicitud en atención al cliente.

Este informe detalla los números telefónicos de las llamadas saliente, su duración, destinatario, entre otras, pero en términos generales resulta ineficiente debido a la cantidad de llamadas realizadas y al no tener conocimiento de quien realizo la llamada telefónica.

- ✓ ¿Se realiza algún tipo de mantenimiento a los equipos de telefonía?

**Respuesta:**

No se realiza.

Estas herramientas reflejaron que la institución requiere la implementación de una red telefónica para agilizar su trabajo, mejorar la coordinación en el INRA y también disminuir los gastos de comunicación telefónica fija, así como también tener un mejor control de llamadas telefónicas.

Posteriormente se procedió a realizar un levantamiento de información de infraestructura de red y telefonía existente en el INRA Pando para finalizar efectuando una comparación de tecnologías Voz IP para seleccionar la mejor herramienta que se adapte a las necesidades de la institución y de esta manera obtener los requerimientos inmediatos y futuro de la red de datos con servicios de voz.

3.1.1.2 Levantamiento de información de infraestructura de red y telefonía existente en el INRA Pando.

3.1.1.3 *Inspección técnica de la infraestructura de comunicación telefónica fija.*

Esta inspección se basó en la observación de su estado físico que incluye todo el hardware

utilizado para la comunicación interna como externa y nos arroja los siguientes resultados:

- ✓ No existe una centralización de la telefonía, lo que hace más difícil su mantenimiento.
- ✓ La institución carece de extensiones telefónicas.
- ✓ Existen teléfonos directamente conectados a líneas telefónicas. Esto implica mayor gasto.
- ✓ No existe una central telefónica y el cableado se encuentra en mal estado, esto causa que las llamadas telefónicas presenten ruidos.

En la figura 3.6 se muestra un diagrama que representa la infraestructura telefónica actual del INRA Pando. Es una infraestructura que se componen de una línea telefónica y sus tres derivados conectados a la Red Telefónica Conmutada.



Figura 3.6 Diagrama actual de la telefonía fija  
Fuente: Elaboración propia

#### 3.1.1.4 Inspección técnica y diagnóstico de la infraestructura de red de datos.

El diagnóstico de la infraestructura de datos actual fue realizado mediante la observación e inspección técnicas con el propósito de identificar no solamente los requerimientos técnicos de la comunicación telefónica sobre una red, sino que también ver el estado físico y funcional de los equipos de red, el cableado estructurado y los cambios o actualizaciones a realizar previamente en la infraestructura para la implementación de la solución de telefonía IP.

El INRA Pando, cuenta con una infraestructura de red de datos implementada para brindar acceso a los servicios y sistemas institucionales en las diferentes oficinas. Se observó que es necesario realizar algunos cambios y actualizaciones en el cableado estructurado para que cumpla con normas de calidad y estándar internacionales que se requieren para la transmisión de voz sobre una red de datos. Finalizando la inspección, se concluye que los equipos de red

inspeccionado cuentan con buen estado a nivel físico y funcional, teniendo en cuenta que se encuentran operando sin ningún inconveniente.

Por último, es importante mencionar que la institución no cuenta con un servidor de voz IP ni con teléfonos IP físicos. Por otro lado, se cuenta con un servidor de protección, control y distribución del internet, este servidor presenta algunos problemas en su funcionamiento y solo realiza la función básica de distribución de internet.

A continuación, se presenta un resumen de los resultados encontrados en el diagnóstico donde se puede evidenciar los equipos de red, sus características y problemas que presentan.

#### 3.1.1.4.1.1 *Cableado estructurado de la red de datos*

El sistema del cableado de datos que mantiene el INRA Pando es de tipo horizontal con una topología en estrella, el mismo que está realizado bajo estándares de cable UTP categoría 6 (ver figura 3.7). Este cableado presenta una mala organización en el punto donde se concentran todas las conexiones en la sala de telecomunicación (ver figura 3.9) sus instalaciones y las características de este sistema necesita una reorganización en sus puntos de red de acuerdo a estándares internacionales. Por otra parte, la principal conexión para el acceso al servicio de internet es realizada mediante un Switch administrable de capa 2 conectando en su módulo SFP a una conexión de fibra óptica mono modo (figura 3.8).

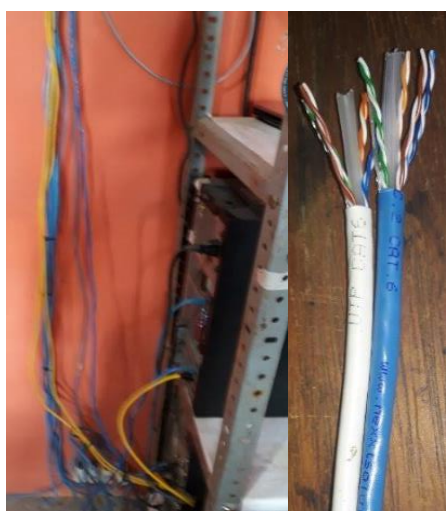


Figura 3.8 Tipo de cable de red utilizado  
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.7 Equipos para la conexión a Internet  
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.9 Conexiones del cableado de red de datos  
Fuente: Elaboración propia

#### 3.1.1.4.2 Cuarto de Comunicaciones.

Una vez realizada la inspección a la infraestructura se puede observar que no existe un espacio utilizado exclusivamente para alojar los elementos de terminación del cableado estructurado y los equipos de telecomunicaciones ya que el ambiente es compartido con otras unidades.

##### 3.1.1.4.2.1 Puntos de acceso de la red de datos

Los puntos de acceso a la red están distribuidos de la siguiente manera.

Tabla 3.1

*Puntos de acceso de la red de datos*

<b>UNIDAD FUNCIONAL</b>	<b>PUNTOS DE RED</b>
<b>Despacho Dirección Departamental</b>	2
<b>Secretaria</b>	1
<b>Asesoría legal</b>	2
<b>Distribución de Tierras e Informática.</b>	13
<b>Archivos y Base de Datos</b>	1
<b>Unidad Administrativa y Financiera</b>	3
<b>Unidad de Catastro Rural</b>	3
<b>Unidad de Saneamiento</b>	2
<b>Cámaras IP</b>	4
<b>Reloj biométrico</b>	1
<b>Total</b>	32

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.4.2.2 Equipos existentes de la red de datos.

#### ✓ Equipos activos

Los equipos que se encargan de distribuir en forma activa la información a través de la red interna del INRA Pando está compuesta por tres Switch y un Router inalámbrico. En la tabla 3.2 podemos apreciar sus diferentes características.

Tabla 3.2  
*Equipos activos de la red de datos del INRA Pando*

Equipo	Característica	Función principal
<b>1 Switch Gigabit TP-LINK modelo TP-SG2224WEB</b>	24 puertos 10/100/1000 Mbps más 2 puertos SFP administrable.	Este equipo no se encuentra utilizado.
<b>1 Switch TP-LINK modelo TL-SL2428WEB</b>	24 puertos 10/100Mbps más 4 puertos Gigabit Web administrable.	Configurado e instalado para interconectar todos los hosts de la red.
<b>1 Switch D-LINK modelo DES-1016D.</b>	Switch no administrable de 16 puertos 10/100Mbps	Interconectar las cámaras IP a la red de datos.
<b>1 Modem Router inalámbrico TP LINK</b>	Modelo TD W8101G 54 Mbps ADSL.	Repetidor inalámbrico.

Fuente: Elaboración propia

#### ✓ Equipos pasivos

Los equipos para interconectar los enlaces de red y que fueron verificado son: el panel de conexión o Patch Panel de 24 puerto categoría 6 (figura 3.10), rosetas de superficie con conector red hembra RJ45 categoría 6 (figura 3.11) y canaletas ranuradas. Estos equipos no se encuentran instalados actualmente, fueron verificados se encuentran en buen estado físico y funcional.



Figura 3.10 Path Panel cat6  
Fuente: elaboración propia



Figura 3.11 Rosetas de superficie  
Fuente: elaboración propia

### ✓ Equipos Servidores

Existen tres equipos que proveen diferentes servicios en la red interna de la institución, un servidor dedicado y virtualizado con cinco servidores virtuales, otro servidor se encuentra funcionando con el sistema Microsoft Windows server 2003 y un ordenador personal que se encuentra configurado como servidor con la distribución GNU/Linux de software libre especializada en cortafuegos (Firewall), ruteo y gestión unificada de amenazas que no se encuentra configurado adecuadamente y presenta fallas en su funcionamiento.

A continuación, en la tabla 3.3 se presentan las principales características, configuración y su función de estos equipos.

Tabla 3.3

*Servidores existente en el INRA Pando*

<b>Servidor</b>	<b>Característica</b>	<b>Configuración</b>	<b>Función</b>
<b>Equipo de computación de escritorio (figura 3.12)</b>	Procesador Intel Pentium V de 2.5 GHz, memoria RAM de 512 MB y disco duro IDE de 80 GB.	Configurado como distribución de seguridad.	Servidor de distribución del internet.
<b>HP ProLiant ML350 G4 server (figura 3.13).</b>	Servidor de 2 vías optimizado para la expansión para las instalaciones en bastidor o independientes,	Instalado Windows server 2003, servicios de dominio de Active Directory, DNS interno y	Permite organizar los elementos de la red (usuarios, equipos y otros





Figura 3.14 Servidor POWER EDGE T710  
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.13 Servidor dedicado ProLiant ML350 G4  
Fuente: Elaboración propia

#### ✓ Infraestructura de transmisión de información

Como resultado de este diagnóstico se observó que en la transmisión de información e intercambio de datos existen tres tipos de enlaces utilizado que son: la red de datos Interna (red LAN), la red privada virtual con tecnología MPLS (VPN MPLS) y el servicio de Internet.

La red LAN, esta red permite compartir información y recursos en todas las estaciones de trabajo que se encuentran en las oficinas departamental, accediendo a recursos como impresoras, Geodatabase y otros sistemas que se utilizan de manera interna.

El ancho de banda de esta red cableada se encuentra en 100.0 Mbps (Figura 3.15), con la posibilidad de trabajar hasta 1.0 Gbps (Gigabits) lo cual garantiza una conectividad eficiente para el trabajo que realiza. En mediciones de tráfico realizadas se ha observado que el uso de este canal no alcanza las 50Mbps velocidad.

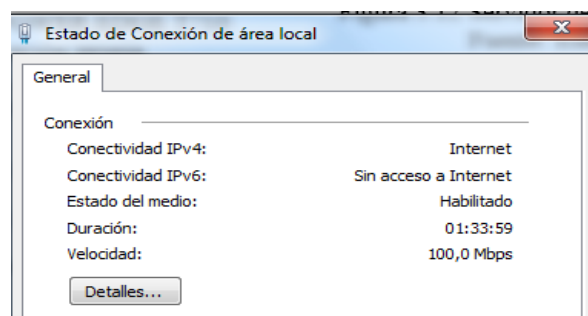


Figura 3.15 Ancho de banda de la Red LAN

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, la VPN MPLS brinda un enlace de comunicación exclusivo para los sistemas institucionales (SINADI<sup>14</sup>, SIGMA<sup>15</sup>, SISPRO<sup>16</sup>, SARH<sup>17</sup>, SIMAT<sup>18</sup> y servidor de archivos) que se encuentran en la ciudad de la Paz y es de acceso a nivel nacional del INRA mediante conexión Wifi.

En la tabla 3.4 se puede observar las diferentes velocidades que presenta este enlace de comunicación.

Tabla 3.4

*Velocidades del servicio VPN MPLS*

<b>Tipo de enlace</b>	<b>Velocidad de carga (DOWNLOAD)</b>	<b>Velocidad de subida (UPLOAD)</b>
<b>VPN MPLS</b>	240.0 MBps.	240.0 MBps.

Fuente: elaboración propia

**NOTA:** Para realizar la medición de la velocidad de bajada y subida se utilizó el cliente FileZilla con enlace directo al servidor que se encuentra en la dirección Nacional.

Para finalizar el servicio de Internet de la institución cuenta actualmente con 3.0 Mbps de ancho de banda. Este enlace es utilizado para el acceso a diferentes sitios web y es compartido de manera abierta entre todos los usuarios ya que actualmente el servidor

<sup>14</sup> Sistema Integrado Nacional de Administración de Información

<sup>15</sup> Sistema Integrado de Gestión y Modernización Administrativa

<sup>16</sup> Sistema de Programación Presupuestaria

<sup>17</sup> Sistema de Administración de Recursos Humanos

<sup>18</sup> Sistema Integrado de Mantenimiento y Administración Territorial

dedicado al control y distribución del mismo solo realiza la tarea de distribución de internet sin ningún control de acceso. En la imagen 3.16 se puede observar la medición de velocidad realizada.



Figura 3.16 test del ancho de banda del enlace de internet  
Fuente: [www.speedtest.net](http://www.speedtest.net)

#### ✓ Direccionamiento IP

El direccionamiento IP para la red LAN está asignado mediante enrutamiento estático para los servidores y dinámico para los hosts de usuarios finales que es asignado por un servidor encargado de administrar las direcciones IP dinámicas.

Para el enlace de conexión por VPN MPLS se asigna manualmente su configuración de direccionamiento IP para los equipos que cuentan con dos interfaces de red.

En la tabla 3.5 se puede observar el tipo de configuración IP asignado actualmente acuerdo a sus respectivos enlaces de comunicación.

Tabla 3.5  
*Direccionamiento IP actual*

Tipo de enlace	Rango de IP	CIDR	Tipo de dirección IP
<b>Red LAN</b>	172.22.0.1- 172.22.1.254	172.22.0.1/23	Dirección IP privada de clase B
<b>VPN MPLS</b>	192.168.27.65- 192.168.27.126	192.168.27.100/26	Dirección IP privada de clase C
<b>Internet</b>	IP públicas	/29	

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Esquemas de red de la red existente

La siguiente topología mostrada en la figura 3.17, se reconstruye a partir de la información recopilada anteriormente.

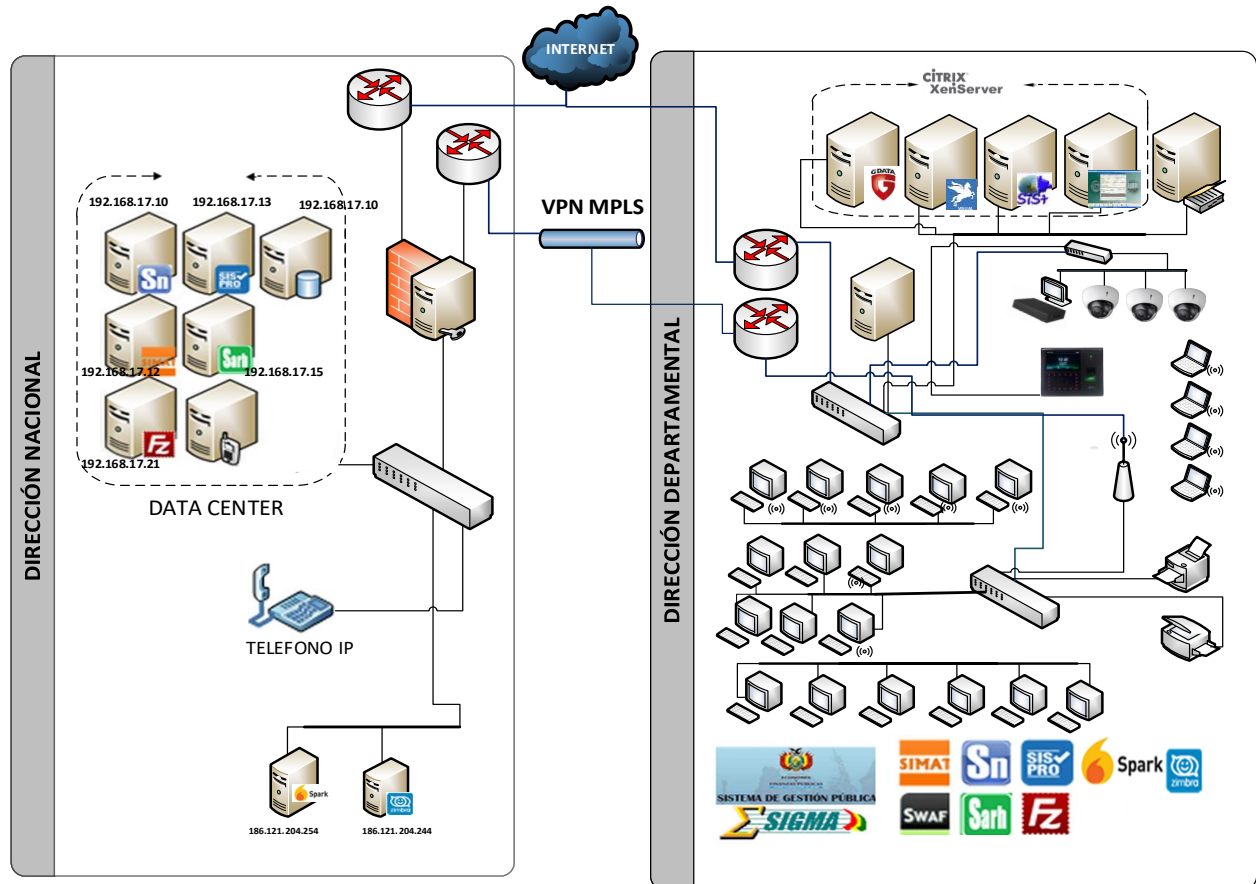


Figura 3.17 Esquema inicial de la red de datos

Fuente: elaboración propia

### 3.1.1.5 Especificación de los requisitos de la telefonía IP

En esta actividad se elaboró y se presentó un documento donde se establecieron los requisitos funcionales que deben ser cumplidos, así como también el ámbito de aplicación del proyecto, para mayor detalle ver anexo E.

Por otra parte, la tabulación de la encuesta y entrevista realizada al personal del INRA Pando se determinó que es necesario la implementación de la comunicación telefónica con tecnología IP dentro de la institución ya que ayudará a agilizar su trabajo, mejorar la coordinación en el

INRA y también disminuir los gastos de comunicación telefónica fija, así como también tener un mejor control de llamadas telefónicas.

#### 3.1.1.6 Conclusiones del análisis de requerimiento

De acuerdo al análisis de requerimientos y levantamiento de la información detallado en anexo E se concluyó las siguientes:

- ✓ Rediseñar e implementar los nuevos servicios a la red de datos de acuerdo a norma.
- ✓ Distribuir los enlaces de conexión de la red de datos.
- ✓ Administrar la seguridad de la red VoIP.
- ✓ Implementar el servidor de telefonía IP para la comunicación telefónica bajo.
- ✓ Brindar asistencia técnica a los usuarios de forma rápida e inmediata.
- ✓ Controlar y monitorear de telefonía IP.

### 3.1.2 Planeación y diseño de la red VoIP

#### 3.1.2.1 Dimensionamiento y selección de la infraestructura de red

En esta actividad se inició con las consideraciones que se debe tener para el dimensionamiento de la red de datos VoIP del INRA Pando tomando en cuenta los siguientes componentes que conforman el cableado estructurado:

- ✓ Armario de distribución
- ✓ Servidores principales
- ✓ Área de trabajo
- ✓ Estaciones de trabajo
- ✓ Planos con la ubicación de las estaciones de trabajo

##### 3.1.2.1.1 Armario de distribución

Los armarios permiten la distribución de todos los servicios de telecomunicaciones. En el INRA Pando existe un rack mural que cumplirá las funciones del armario principal de distribución se encontrará ubicado en la unidad de Informática, debido a que esta unidad es la

encargada de administrar la información, tecnologías y recursos informáticos institucionales y albergará de forma flexible y segura el panel de parcheo y los equipos siguientes:

- ✓ 1 Switch Gigabit TP-LINK modelo TP-SG2224WEB
- ✓ 1 Switch TP-LINK modelo TL-SL2428WEB
- ✓ 1 Switch D-LINK modelo DES-1016D.
- ✓ Una regleta eléctrica.

Por lo anterior expuesto la unidad de Informática será el centro de conexión del cableado con topología en estrella y tendrán los siguientes puntos de red:

Tabla 3.6  
*Puntos de red del cableado estructurado*

<b>Total, de puntos de Red:</b>		<b>33</b>	
<b>Planta Baja</b>		<b>Planta Alta</b>	
<b>Ubicación</b>	<b>Puntos de red cableado</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Puntos de red cableado</b>
<b>Informática</b>	14	<b>Despacho</b>	2
<b>Recepción</b>	1	<b>Administración y Finanzas</b>	3
<b>Saneamiento</b>	2	<b>Distribución de Tierras</b>	3
<b>Asesoría Legal</b>	1	<b>Archivos y Bases de Datos</b>	1
<b>Almacenes</b>	1	<b>Cámaras IP</b>	3
<b>Catastro Rural</b>	3	<b>Reloj Biométrico</b>	1
<b>Total</b>	22		13

Fuente: Elaboración propia

El diseño y equipamiento del armario de distribución será realizado de acuerdo a las especificaciones indicadas en el estándar ANSI/TIA/EIA-569 (adjunto a este documento).

3.1.2.1.2 *Servidores principales*

La dirección departamental contara con dos servidores físicos, uno que se encuentra implementado con una plataforma de virtualización definida por la institución con cinco servidores virtuales para brindar los servicios institucionales en la Red y sus características es la siguientes:

Tabla 3.7

*Característica del servidor con plataforma virtualizada*

DESCRIPCIÓN	DATOS TECNICOS DEL EQUIPO
<b>Marca</b>	DELL
<b>Modelo</b>	PowerEdge T710
<b>Cantidad</b>	1
<b>Sistema base del procesador</b>	Intel Xeon E5-2430 2.20 GHZ 6 Core 1 procesador instalado de fábrica 2 sockets del Procesador Cache 15 M por nucleó Software de virtualización: Citrix® XenServer
<b>Tipo de Chasis</b>	Torre
<b>Memoria</b>	64 GB DIMM instalada, expandible a 384 GB
<b>Tarjeta Controladora RAID</b>	Soporta RAID 5.0
<b>Almacenamiento en Disco</b>	4 HD x 600 GB 15k RPM 3.5
<b>Tarjeta de Red CD/DVD</b>	4 puertos de red Giga bit CD-DVD instalado
<b>Tarjeta de Video</b>	Tarjeta de Video Integrada
<b>Protección de energía Especificaciones eléctricas</b>	Fuentes de Poder Redundante con Cables Dobles. Voltaje del equipo 220V, capacidad de potencia de 750 Watts redundante conectable en marcha, instalado de fábrica. Se encuentra instalada una plataforma de virtualización definida por la Unidad de Informática de la institución con los siguientes servidores virtual:
<b>Virtualización</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema Integrado de Saneamiento y Titulación</li> <li>• Sistema de Contabilidad</li> <li>• Sistema Información Catastral</li> <li>• Servidor de Active Directory</li> <li>• Servidor de Antivirus G-Data</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

En este servidor serán distribuidas sus interfaces de red entre todos los servidores virtuales para evitar concentraciones y cuellos de botella con los usuarios finales, además se implementará un nuevo servidor virtual para los servicios de telefonía IP.

El otro servidor será el de protección, control y distribución del internet será remplazado ya que se cuenta con un equipo en la institución y se realizará todas las configuraciones necesarias para el óptimo funcionamiento de los enlaces de comunicación existente y presenta las siguientes características:

Tabla 3.8

*Servidor de protección, control y distribución del internet*

DESCRIPCIÓN	DATOS TECNICOS DEL EQUIPO
<b>Marca</b>	DELL
<b>Modelo</b>	Optiplex 960
<b>Cantidad</b>	1
<b>Sistema base procesador</b>	– Intel(R) Core (TM)2 Quad 2.66 GHz 1 procesador instalado de fábrica 1 sockets del Procesador
<b>Tipo de Chasis</b>	Torre
<b>Memoria</b>	4GB DIMM instalada, expandible a 16 GB
<b>Almacenamiento Disco</b>	<b>en</b> 360 GB.
<b>Tarjeta de Red</b>	1 puertos de red Giga bit integrada y dos tarjetas adaptadas
<b>CD/DVD</b>	CD-DVD instalado
<b>Tarjeta de Video</b>	Tarjeta de Video Integrada
<b>Especificaciones eléctricas</b>	Voltaje del equipo 220V, capacidad de potencia de 950 Watts.

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.1.3 Áreas de Trabajo

Los componentes de este subsistema se extenderán desde la terminación del cableado horizontal en la salida de telecomunicaciones hasta el equipo en el cual se estará corriendo la

aplicación de voz y datos.

Para la instalación física de estas salidas en sus respectivos puestos de trabajo se utilizará los siguientes accesorios:

- ✓ Jacks categoría 6
- ✓ Rosetas de superficie categoría 6
- ✓ Conectores RJ45.
- ✓ Tramos de canaletas ranurada de PVC

#### 3.1.2.1.4 Estaciones de Trabajo de la Red Local

Las estaciones de trabajo de la Red Local comprenderán todos los equipos que están en funcionamiento en la institución, a continuación, en la tabla 3.9 se describen sólo los equipos relacionados con conexiones a la red de datos, se han excluido monitores, teclados u otros que no tienen relación directa con la red.

Tabla 3.9

*Características de las estaciones de trabajo de la red de datos*

Marca	Cantidad	Característica	
<b>Dell</b>	4	Procesado	Intel(R) Core (TM)2 Quad CPU
		Velocidad	2.66GHz
		Memoria RAM	2 GB.
		Disco Duro	250 GB
<b>Dell</b>	3	Procesado	Intel(R) Core (TM)2 Duo CPU
		Velocidad	3.00GHz
		Memoria RAM	2.0 GB
		Disco Duro	500 GB
<b>Dell</b>	2	Procesado	Intel(R) Core (TM)2 Quad
		Velocidad	2.66GHz
		Memoria RAM	4 GB
		Disco Duro	360 GB

<b>Dell</b>	1	Procesado	Intel(R) Core (TM) i5 CPU
		Velocidad	3.20GHz
		Memoria RAM	6 GB
		Disco Duro	1 TB
<b>Acer</b>	3	Procesado	Intel(R) Core (TM)2 Duo
		Velocidad	2.20GHz
		Memoria RAM	2 GB
		Disco Duro	250 GB
<b>Acer</b>	4	Procesado	Intel(R) Core (TM)2 CPU
		Velocidad	1.80GHz
		Memoria RAM	2 GB
		Disco Duro	160 GB

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.1.5 Planos de ubicación de las estaciones de trabajo

A continuación, en las figuras 3.18 se presenta el plano de ubicación de las áreas de trabajo en la planta baja.

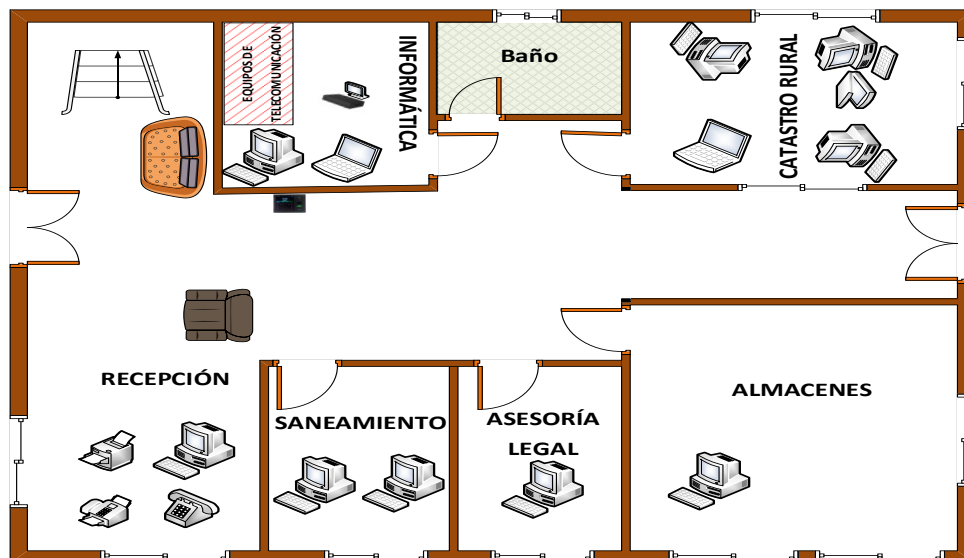


Figura 3.18 Planos con la ubicación de las estaciones de trabajo planta baja  
Fuente: Elaboración propia

De la misma manera en la figura 3.19 se presenta el plano de ubicación de las áreas de trabajo en la planta alta.

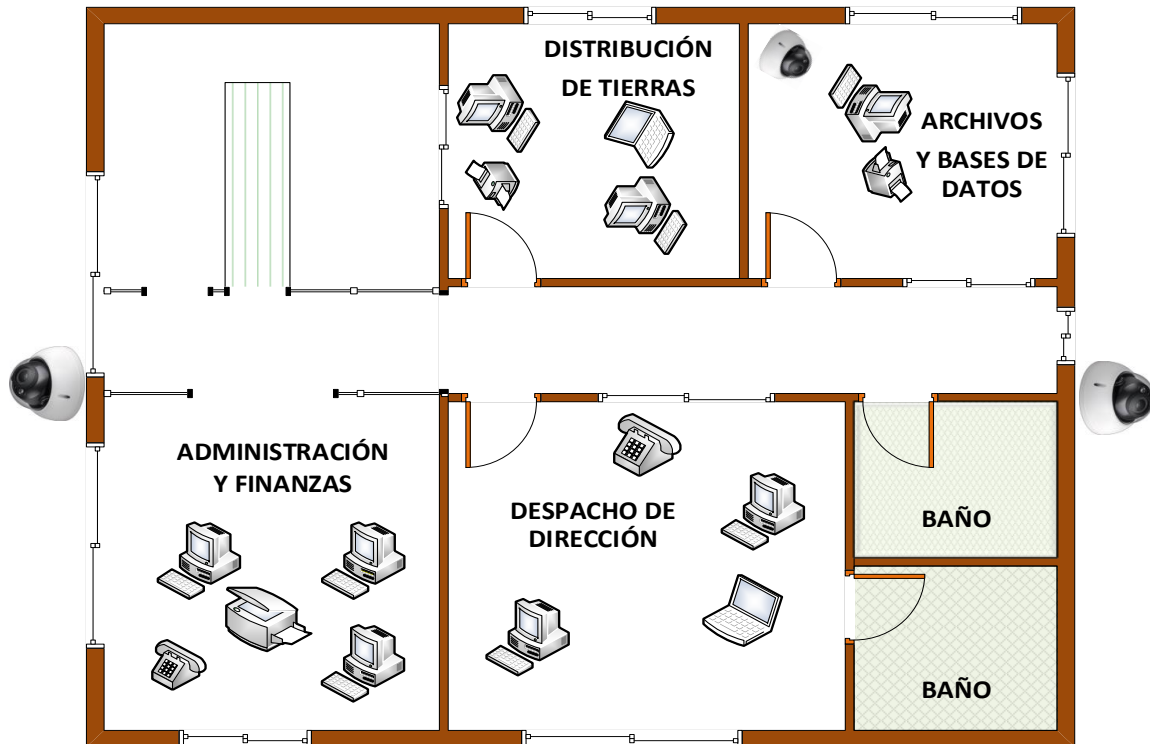


Figura 3.19 Planos con la ubicación de las estaciones de trabajo planta alta  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.2 Rediseñar la topología del cableado estructurado de la red de datos.

Para garantizar el funcionamiento de la red de datos y del servicio de telefonía IP es conveniente reorganizar el espacio dónde se ubican los equipos de la sala de telecomunicaciones bajo guía estandarizada ANSI/TIA/EIA-569.

A continuación, se presenta el diseño físico de la red de datos VoIP propuesto en este proyecto donde se puede observar las rutas del cableado estructurado existente, estructura del armario de distribución, tomas de red, área de telecomunicación y las diferentes áreas de trabajo.

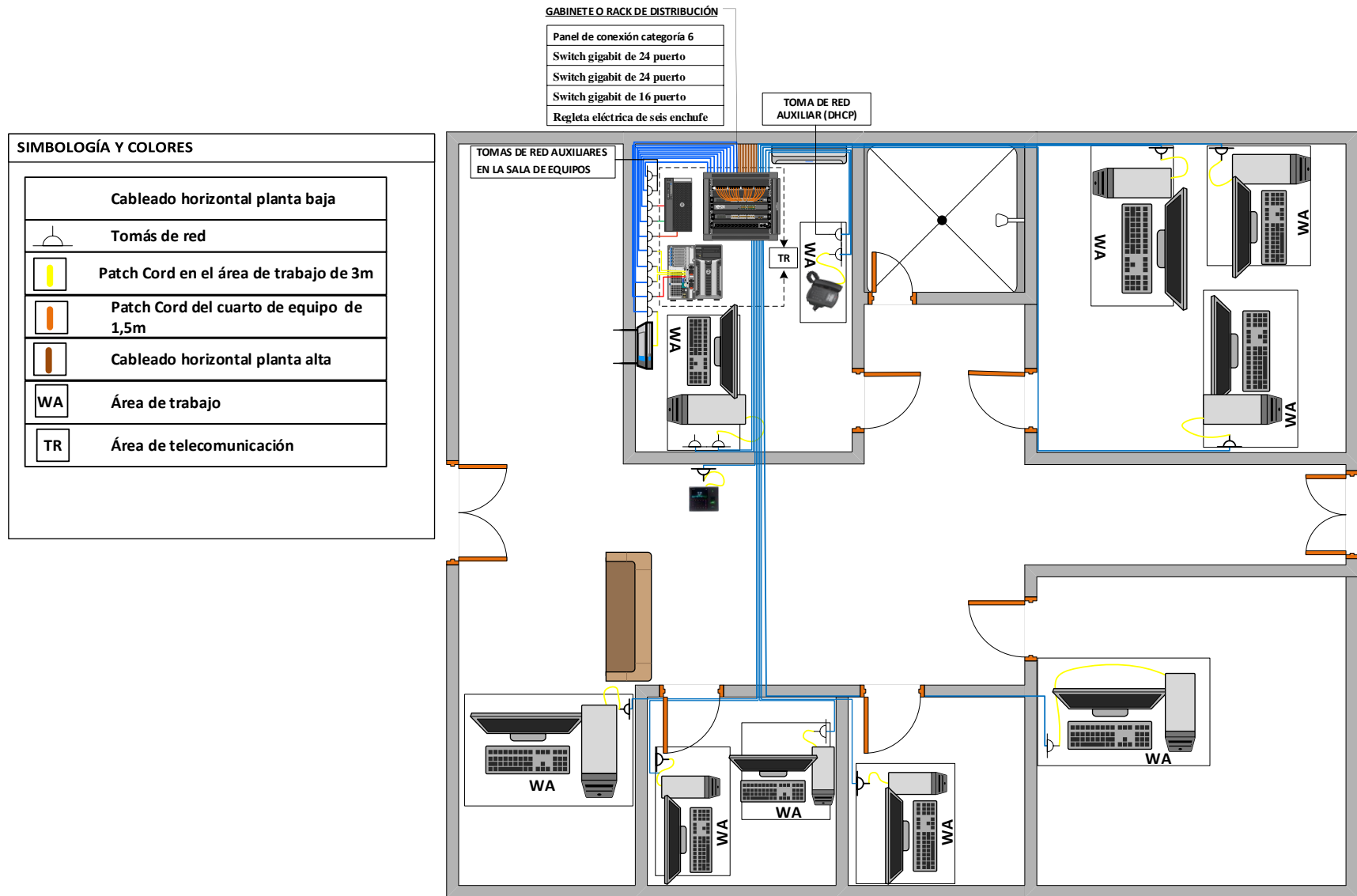


Figura 3.20 Diseño Físico planta baja  
Fuente: Elaboración propia

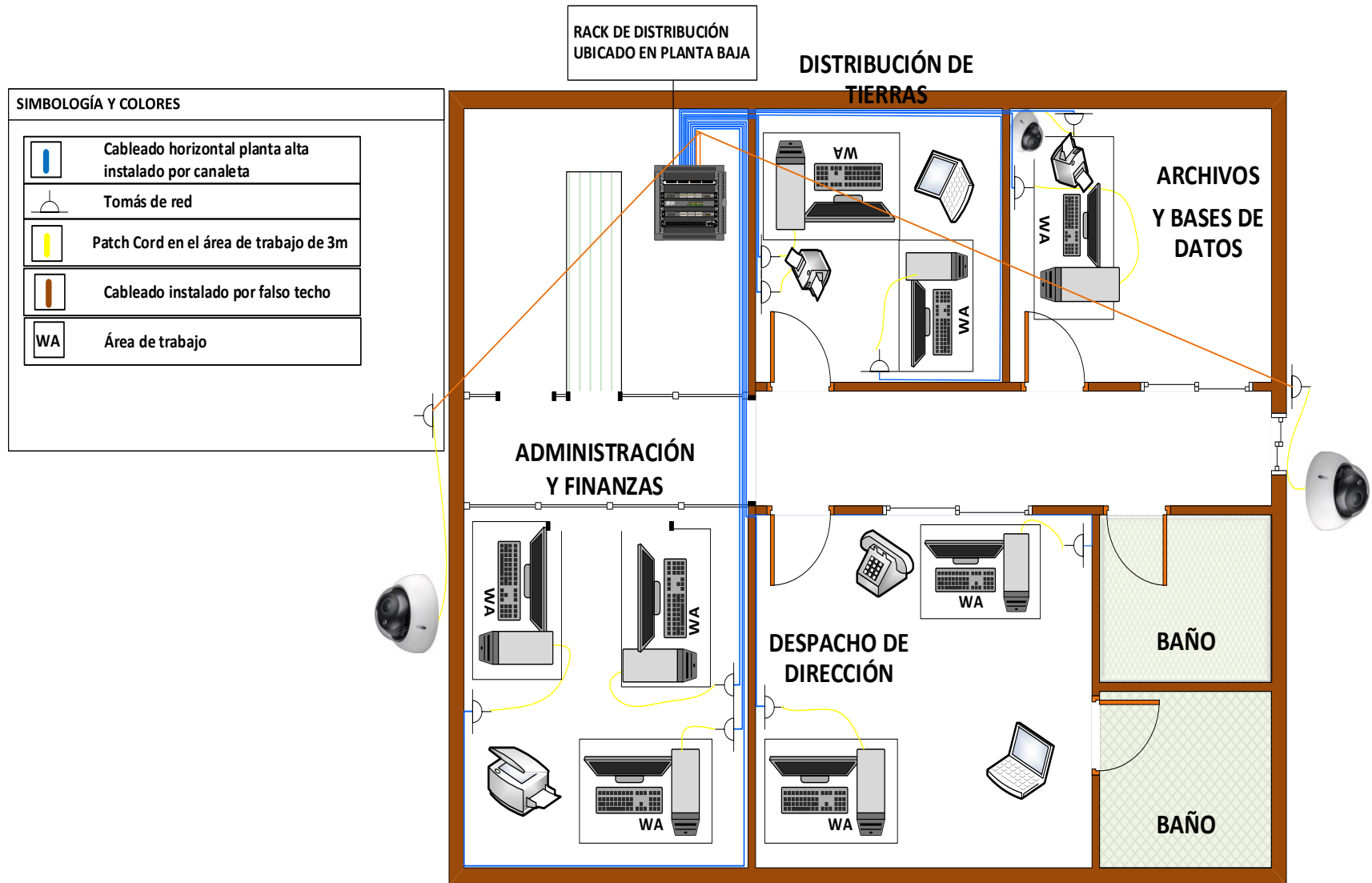


Figura 3.21 Diseño Físico planta alta  
Fuente: Elaboración propia

#### *3.1.2.2.1 Esquema lógico de la red y nuevo direccionamiento IP.*

Debido al entorno donde se implantará la solución y el nivel de seguridad requerido, se optó por direcciones de clase B de 128 IP como máximo para la configuración de la red LAN con una dirección de red 172.22.0.128/25 para su implementación. La dirección de broadcast será 172.22.0.255/25 y la puerta de enlace será la IP 172.22.0.129 que es la del servidor (servidor principal) de protección, control y administración de salida a Internet y VPN MPLS.

Las direcciones 172.22.0.130 a 172.22.0.163 estarán reservadas para asignar direcciones estáticas a servidores, impresoras, cámaras IP y reloj biométrico. Este servidor realizará las funciones de servidor DHCP para mayor facilidad y mantenimiento de los equipos conectados, el rango de IP que asignará será desde la 172.22.0.174 hasta la 172.22.0.254 con una máscara de red 255.255.255.128, en total 80 direcciones, suficientes para los equipos y dispositivos que se prevén conectar inicialmente.

La salida a Internet se realizará a través de una sola dirección IP pública estática provista por el proveedor de servicio, se hará NAT a través de modulo correspondiente a desde el servidor principal, de ese modo, todo el direccionamiento de la red es privado y no es alcanzable desde Internet directamente.

La mayoría de los equipos a conectarse a la red tomarán los datos de configuración de red (dirección IP, puerta de enlace, servidores de DNS, etc.) por DHCP, esto con el objetivo de cualquier cambio en el direccionamiento IP de la red será muy sencillo de modificar y afectaría a pocos elementos de la red que tendrán su IP establecida de forma fija y manual.

No hay previsiones de crecimiento a corto plazo debido a la estructura organizacional del INRA, por lo que las direcciones IP asignadas son más que los puntos de red existente y son suficientes para posibles ampliaciones teniendo en cuenta que no se instalarán teléfonos IP físico en las oficinas.

Se prevé la instalación de 35 puntos de acceso en la ejecución de este proyecto, con la posibilidad de ampliar diez más para los teléfonos IP físicos solicitado, posteriormente se podrá realizar la ampliación si fuese necesario.

Por otro lado, se hace notar que la redefinición lógica solo se realizó para la red LAN con los datos anteriormente mencionado, se eligió este tipo de configuración ya que el INRA maneja a nivel nacional esas direcciones IP para servidores y son necesarios para su funcionamiento en la replicas y acceso a bases de datos.

En la tabla 3.10 se presenta un resumen del direccionamiento IP a implementar en la infraestructura de la red de datos del INRA Pando.

Tabla 3.10  
*Resumen del direccionamiento IP*

<b>ENLACES DE CONEXIÓN</b>			
<b>Enlace</b>	<b>Red LAN</b>	<b>VPN MPLS</b>	<b>Internet</b>
<b>Clase de dirección IP</b>	B privada	C privada	
<b>Dirección de red</b>	172.22.0.128	192.168.27.64	IP pública
<b>Mascara de red</b>	255.255.255.128 /25	255.255.255.192 /26	255.255.255.248 /29
<b>Cantidad de host</b>	126	62	6
<b>Cantidad a utilizar</b>	35	1	1

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el diagrama lógico donde se puede observar una topología de red que se ajusta a las necesidades del INRA Pando contemplando todo aspecto requerido para la implementación de la telefonía IP.

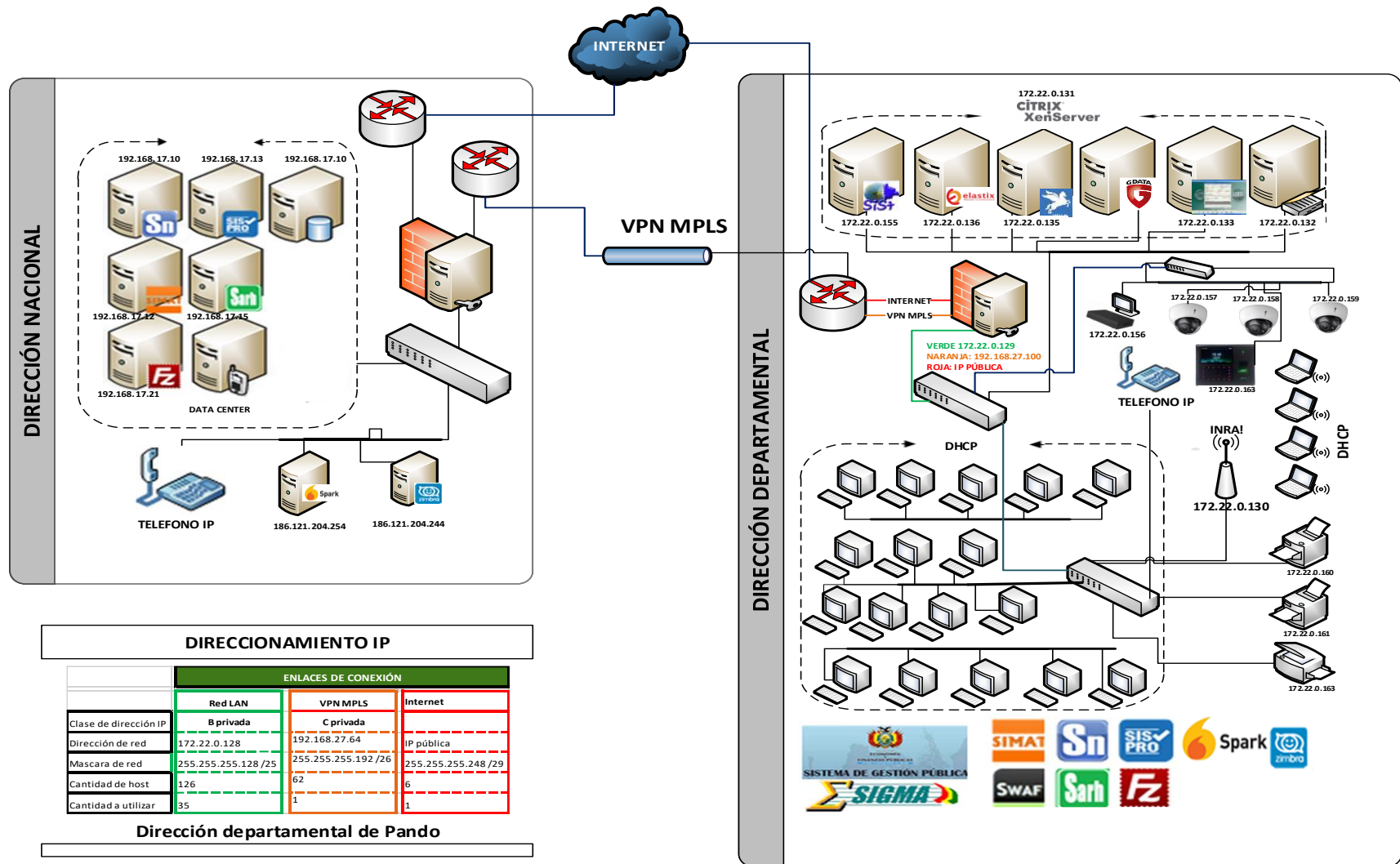


Figura 3.22 Diagrama lógico de red propuesto  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3 Instalación y administración del hardware y software.

En esta fase se realizaron todas las actividades necesarias para poner en funcionamiento la comunicación telefónica por medio de la infraestructura de red, para ello se realizaron las siguientes actividades:

- ✓ Adecuar el sistema del cableado estructurado de acuerdo a normas internacionales y diseño propuesto
- ✓ Configuración de la red de datos VoIP, servidor y aplicaciones Voz IP en ordenadores y teléfonos celulares.

#### 3.1.3.1 Adecuar el sistema de cableado estructurado.

Para ajustar el cableado estructurado de acuerdo al diseño propuesto, se tomó en cuenta el estándar ANSI/TIA/EIA-569 (anexo en este documento), este estándar utiliza un sistema genérico independiente de las aplicaciones, cabe destacar que es utilizado en ambiente de edificios comerciales, debido a que permite realizar cambios, modificaciones y adiciones rápidamente.

A continuación, se detallan las características de la instalación realizada para el cableado horizontal para datos y voz.

##### 3.1.3.1.1 Tipo de cable utilizado

De acuerdo al estándar seleccionado para el cableado horizontal, se utilizó cable UTP categoría 6, marca NEXXT tipo CM 23AWG 4PR 75°C (UL) E318654-1CSA LL79189 CMG como se presenta en la figura como se presenta en la figura 3.23.



Figura 3.23 Cable utilizado para el cableado horizontal  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3.1.2 Características del cableado

El cableado instalado cuenta con las siguientes características:

- ✓ Todos los cables se encuentran a una distancia menor de 90 metros desde la salida del servicio de la Sala de Telecomunicaciones hasta el área de trabajo.
- ✓ La longitud combinada de los puentes en la Sala de Telecomunicaciones y en el área de trabajo no sobrepasa a los 10 metros.
- ✓ Las vías del cableado horizontal fueron seleccionadas de tal manera que el radio mínimo de curvatura se mantuviera dentro de las especificaciones del fabricante y de la norma aplicada durante y después de la instalación.
- ✓ Se utilizó una topología de estrella a partir de la Sala de Telecomunicaciones a cada salida de servicio de voz y/o datos.
- ✓ El número de cables horizontales instalados en cada vía del cableado se limitó a la ocupación de ésta al 90% para no deformar dichos cables y tener así el 10% de espacio para un futuro crecimiento de la red.
- ✓ Los cables de distribución horizontal no están expuestos en el área de trabajo u otros puntos con acceso del público.

A continuación, se presentan un reporte con fotografías donde se puede evidenciar parte de la característica del cableado.



Figura 3.24 Radio mínimo de curvatura en el cableado  
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.25 Cableado de distribución horizontal  
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.26 Cableado horizontal con espacio para un futuro crecimiento de la red  
Fuente: Elaboración propia

#### 3.1.3.1.3 Reserva de cable

- ✓ Para cada área de trabajo se dejó 30 cm de cable UTP categoría 6.
- ✓ En la Sala de Telecomunicaciones, se dejó una reserva de 1.50 metros de cable UTP categoría 6. Esta reserva se acomodó y almacenó en una parte del rack de dicha Sala.

#### 3.1.3.1.4 Amarres de cable.

- ✓ Los amarres se realizaron en intervalos adecuados para asegurar el cableado y evitar así deformaciones en los puntos de terminación. Así mismo no se tensionaron dichos amarres en exceso, para evitar deformar o penetrar la envoltura del cable.
- ✓ Se utilizaron precintos de amarre plásticos para el amarre de cables en la Sala de Telecomunicaciones donde posteriormente se requieran frecuentes re-configuraciones y terminaciones.

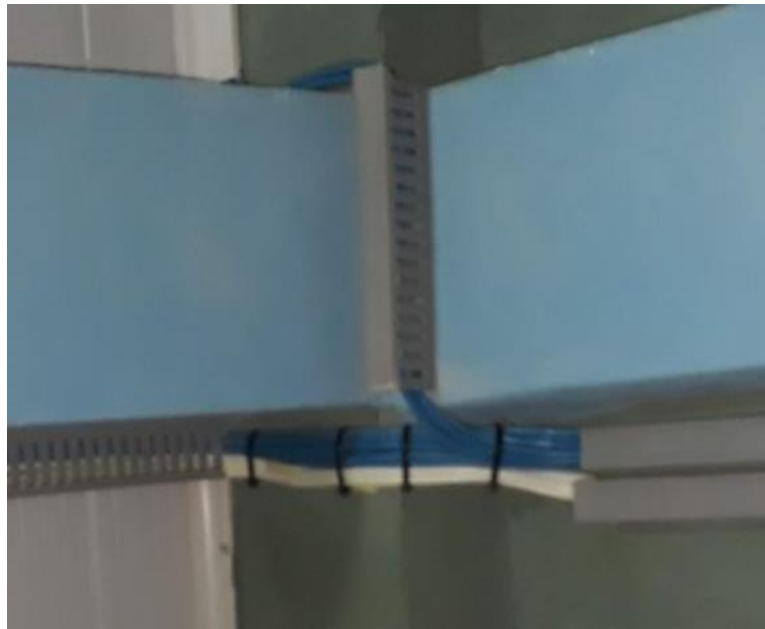


Figura 3.27 Amarre de los cables en la Sala de Telecomunicaciones  
Fuente: Elaboración propia

#### 3.1.3.1.5 Descripción de la Sala de Telecomunicaciones

En la Figura 3.28, se puede observar la Sala de Telecomunicaciones cuya dimensión es de 3m x 4m y 3.15m de alto. En esta sala se encuentran instalado todos los equipos de comunicación, servidores y armario de distribución.



Figura 3.28 Sala de Telecomunicaciones  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta un reporte con las tareas realizadas donde se puede observar en las imágenes un resumen del ajuste realizados en la sala de telecomunicaciones y áreas de trabajo.



Figura 3.29 Reparación las vías del cableado mediante canaleta ranuradas  
Fuente: Elaboración propia

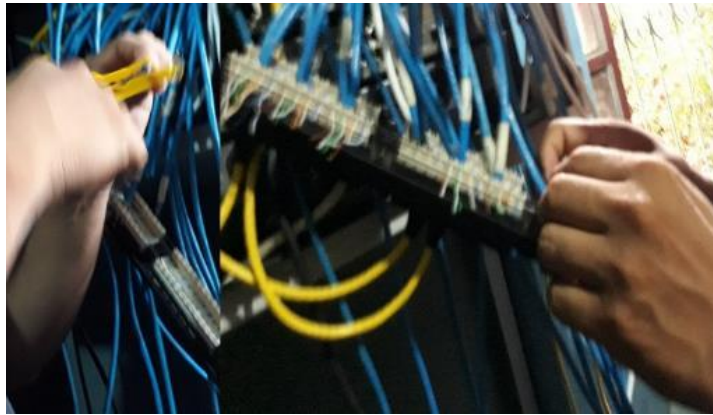


Figura 3.30 Parcheo del panel de conexión  
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.31 Organización del cableado  
Fuente: Elaboración propia

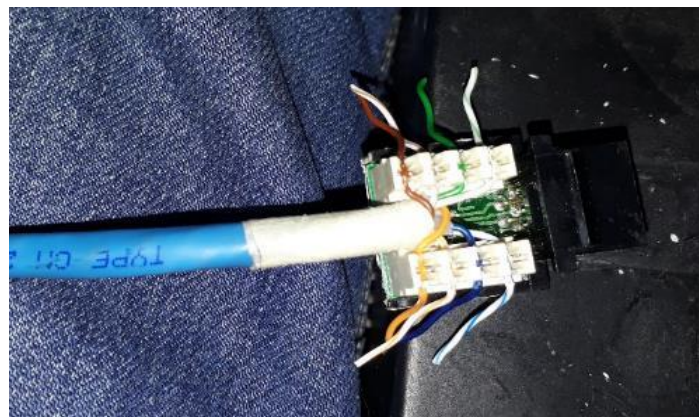


Figura 3.32 Armado del conector RJ45 hembra  
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.33 Tomas de red instalada en la sala de telecomunicación  
Fuente: Elaboración propia

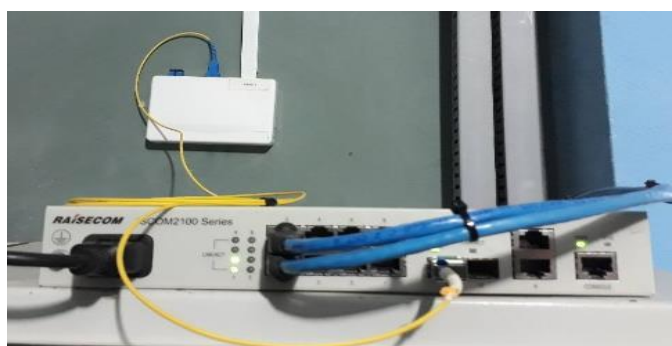


Figura 3.34 Instalación final del equipo de entrada del servicio de internet  
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.35 Instalación final del rack de distribución  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3.2 Implementar los servicios de telefonía bajo tecnología Voz IP.

Para poder establecer una central telefónica IP en un servidor con tecnología Elastix, se debe tomar en cuenta ciertos requerimientos de instalación como ser: el procesador mayor a 500 MHz y un mínimo de memoria RAM de 256 Mb. Estos parámetros fueron tomados en cuenta al momento de configurar el servidor de voz IP. Este servicio fue implementado en el servidor con plataforma virtualizada instado en la institución.

A continuación, se presentan las configuraciones realizadas para poner en funcionamiento este nuevo servidor y brindar servicios de telefonía IP en el INRA Pando.

#### 3.1.3.2.1 Instalación y configuración del servidor con servicios de telefonía IP

Para poder realizar la instalación de Elastix previamente se debe tener el servidor preparado y operativo. En el anexo F podemos observar detalladamente los pasos realizados para la preparación, instalación y configuración del servidor Elastix.

Una vez realizada la instalación se procedió a configurar las características necesarias para cumplir los requerimientos de la institución, para ello ingresamos a Elastix mediante su interfaz web de administración, desde un navegador de internet colocamos su dirección IP y agregamos su certificado de seguridad, luego ingresamos como usuario admin con su respectiva contraseña como se observa en la figura 3.36.



Figura 3.36 Interfaz del administrador de Elastix  
Fuente: Elaboración propia

Luego que ingresamos a la interfaz de administración como se aprecia en la figura 3.37, se procedió a crear las extensiones ingresando a la pestaña PBX.



Figura 3.37 Primer inicio de la interfaz del servidor Elastix  
Fuente: Elaboración propia

Dentro de la pestaña PBX primero debemos seleccionar el tipo de dispositivos a configurar, para este proyecto se implementó dispositivos IAX2 genérico, una vez seleccionado el dispositivo correcto damos clic a enviar como se muestra en la figura 3.38.



Figura 3.38 Crear una extensión IAX2 genérico  
Fuente: Elaboración propia

Luego se procedió a ingresar los campos necesarios para crear cada extensión. A continuación, en la tabla 3.11 se explican los más importantes de acuerdo a lo observado en la figura 3.39.

72.22.0.70/config.php

---

### Add IAX2 Extension

- Añadir extensión

Extensión del usuario	4800
Nombre para mostrar	ANDREA ARAB AGUADA
CID Num Alias	4800
Alias SIP	

+ Opciones de la extensión

---

+ Assigned DID/CID

---

- Opciones del dispositivo

Este dispositivo usa la tecnología iax2.

secret	1nr4P4nd02oi8
--------	---------------

Figura 3.39 Campos de extensiones IAX2  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.11

*Descripción de los campos para creación de una extensión*

<b>Campo de configuración</b>	<b>Descripción</b>
<b>Generic IAX2 Device</b>	IAX es el “protocolo Inter Asterisk”, un nuevo protocolo apoyado solamente por algunos dispositivos.
<b>Extensión del Usuario</b>	Debe ser único. Éste es el número que se puede marcar de cualquier otra extensión. Puede ser cualquier longitud, pero convencionalmente se utiliza una extensión de tres o cuatro cifras ej. 4800.
<b>Nombre para mostrar</b>	Es el nombre del Caller ID, para llamadas de este usuario serán fijadas con su nombre. Sólo debe ingresar el nombre no la extensión.
<b>Secret</b>	Contraseña usada por el dispositivo de la telefonía para autenticarse al servidor. Esto es configurado por el administrador antes de dar el teléfono al usuario, no se requiere que lo conozca el usuario.

Fuente: Elaboración propia

Este procedimiento fue realizado en la creación de 32 extensiones de tipo IAX2 y una SIP, debido a que son estándar muy utilizado por la mayoría de teléfonos.

A continuación, en la tabla 3.12 podemos observar los números de extensiones creadas para los SoftPhone que se instalaran en los ordenadores del INRA Pando.

Tabla 3.12

*Extensiones de SoftPhone en ordenadores*

<b>INTERNO</b>	<b>CARGO</b>	<b>FUNCIONARIO</b>
<b>4800</b>	DIRECTORA	SDENKA ANDREA ARAB AGUADA
<b>4801</b>	SECRETARIA	GENRY YANETH SIVIORA VELASCO DE ZELADA
<b>4802</b>	ASESOR LEGAL	
<b>4803</b>	ARCHIVO Y BASE DE DATOS	VICTOR HUGO RENGEL AREVALO
<b>4804</b>	CHOFER (DIRECCIÓN)	EFRAIN GLUBERT GUTIERREZ VILLARREAL
<b>4810</b>	ENCARGADO	GARY EMANUEL VILLARROEL FERNANDEZ
<b>4811</b>	TÉCNICO	ARIEL BRUNO LIMA
<b>4820</b>	RESPONSABLE	DELLY VARGAS TERRAZAS
<b>4821</b>	ALMACENES	DARWIN ESCALANTE ROCA
<b>4822</b>	TECNICO II CONTADOR	MERCEDES AGUILERA AGUILERA
<b>4823</b>	SERENO	ELIANA ALI ORLANDA
<b>4830</b>	RESPONSABLE	IVAN WANDERLEY ALVARADO
<b>4831</b>	ABOGADO	SCARLEM ROSA GUTIERREZ TUESTA
<b>4832</b>	CHOFER (SANEAMIENTO)	CARMELO FLORIAN PAZ
<b>4840</b>	ENCARGADO	EDIMAR SAUCEDO SOMY
<b>4841</b>	COMUNICADOR	
<b>4842</b>	SOPORTE TÉCNICO	
<b>4850</b>	RESPONSABLE	NICANOR YAPURA COPA
<b>4851</b>	TECNICO	DAUL CRUZ FRANCO

Fuente: Elaboración propia

De la misma manera podemos observar en la tabla 3.13 los números de extensiones para teléfonos celulares de los funcionarios.

Tabla 3.13

*Extensiones creadas para celulares de funcionarios*

<b>INTERNO</b>	<b>CARGO</b>	<b>FUNCIONARIO</b>
<b>4860</b>	DIRECTORA	SDENKA ANDREA ARAB AGUADA
<b>4821</b>	SECRETARIA	GENRY YANETH SIVIORA VELASCO DE ZELADA
<b>4862</b>	ASESOR LEGAL	
<b>4873</b>	ARCHIVO Y BASE DE DATOS	VICTOR HUGO RENGEL AREVALO
<b>4874</b>	CHOFER (DIRECCIÓN)	EFRAIN GLUBERT GUTIERREZ VILLARREAL
<b>4875</b>	INFORMÁTICO	EDIMAR SAUCEDO SOMY
<b>4876</b>	ENCARGADO DTF	GARY EMANUEL VILLARROEL FERNANDEZ
<b>4877</b>	TÉCNICO DTF	ARIEL BRUNO LIMA
<b>4878</b>	RESPONSABLE AF	DELLY VARGAS TERRAZAS
<b>4879</b>	ALMACENES	DARWIN ESCALANTE ROCA
<b>4890</b>	RESPONSABLE ST	IVAN WANDERLEY ALVARADO
<b>4891</b>	ABOGADO	SCARLEM ROSA GUTIERREZ TUESTA
<b>4892</b>	RESPONSABLE DE CR	NICANOR YAPURA COPA
<b>4893</b>	TECNICO CR	DAUL CRUZ FRANCO

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se creó una grabación en formato WAV, grabada desde el único teléfono IP físico existente, en el cual un operador realiza la descripción del menú disponible y que se utilizará conjuntamente con el IVR para la institución.

Los pasos realizados fueron los siguientes:

Ingresamos al servidor y nos dirigimos al Menú “PBX”, en el panel izquierdo en la sección “Opciones Internas & Configuración” seleccionamos la opción Grabaciones del sistema como se observa en la figura 3.40.

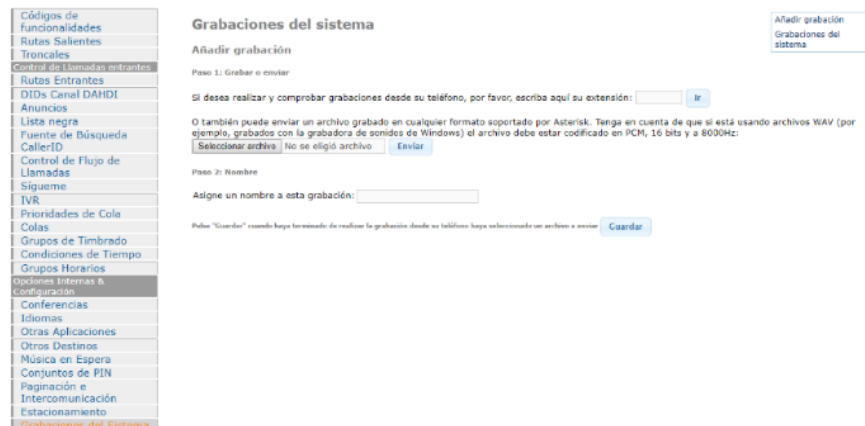


Figura 3.40 Menú de grabación de Elastix  
Fuente: Elaboración propia

La primera opción que se tiene es para crear un anuncio grabándolo directamente al servidor, para ello ingresamos el número de extensión que queremos para realizar la grabación, en este caso usaremos la extensión 4842 y damos click en ir.

Luego de hacer esto, Elastix estará esperando nuestra grabación en la extensión 4842, para continuar marcamos \*77, grabamos nuestro mensaje y finalmente presionamos la tecla numeral (#).

Para revisar la grabación presionamos \*99, se ingresa el nombre de la grabación y damos click sobre el botón guardar.

Una vez realizado la grabación se procedió a configuró la IVR para la central telefónica con el objetivo de que los usuarios que realicen llamadas por IP y no cuente con repuesta, sean atendió por la extensión asignada a la secretaria o la de soporte técnico que pertenece al único teléfono físico instalado. Estas opciones se describen a continuación.

Tabla 3.14  
Opciones del IVR configurado

Opción	Extensión	Ubicación de la extensión
1	4801	Secretaria de recepción
2	4824	Soporte técnico

Fuente: Elaboración propia

Luego para que se puedan realizar llamadas entre la dirección departamental y nacional se procedió a crear un canal por donde se transportara las llamadas telefónicas IP mediante una troncal IAX2.

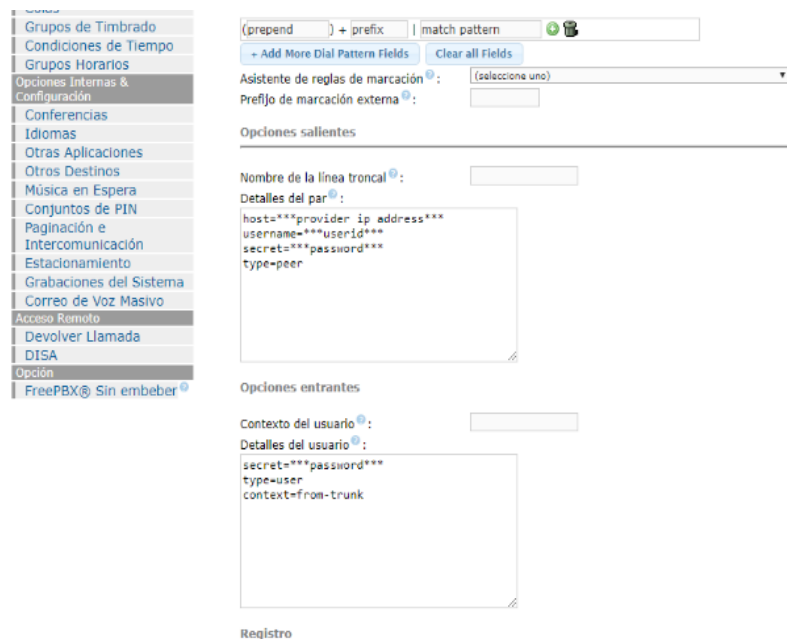


Figura 3.41 Creación de la troncal IAX2  
Fuente: Elaboración propia

Otra característica implementada es la de desvío de llamada, esta opción permitirá ubicar a un destinatario realizando la llamada a la extensión de su teléfono celular en caso de que no atienda la llamada desde la extensión de su ordenador.

### 3.1.3.3 Implementación de aplicaciones de soporte voz IP para ordenadores y celulares.

Una vez configurado el servidor con todas las extensiones necesarias, pasamos a la configuración de los terminales, se configuraron 32 extensiones para softphones que se instalaran en ordenadores y teléfonos celulares, de la misma manera se configuro una extensión para un teléfono IP SIP.

A continuación, se presenta la configuración realizada para poner en funcionamiento las terminales de telefonía IP en un ordenador con sistema operativo Windows 7 o superior.

Primero se debe proceder a la instalar una aplicación que cumpla las funciones de teléfono en el computador, la herramienta seleccionada para este proyecto fue el softphone Zoiper y para realizar su instalación se debe seguir las instrucciones detalladas en el anexo G.

Zoiper es un cliente para voz IP de alta calidad, que permite conectar Asterisk o cualquier otra plataforma que use los protocolos SIP e IAX, además es una buena opción de comunicación telefónica por internet.

Una vez instalado el Zoiper, procedemos a configurar la extensión y como primer paso cambiamos el idioma a español como se observa en la figura 3.42, ya que por defecto viene con el idioma Ingles.

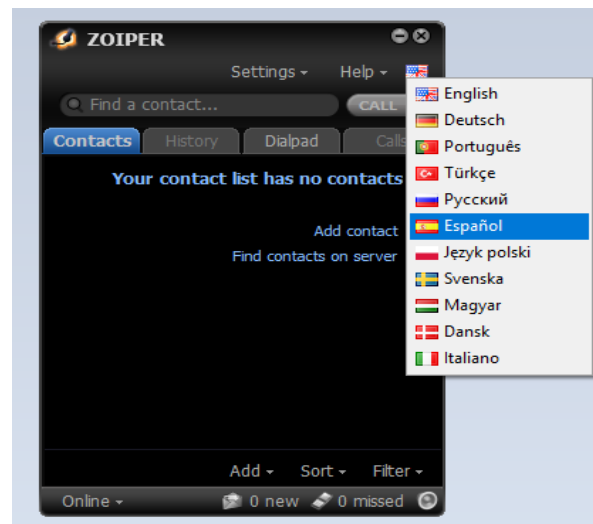


Figura 3.42 Cambio de idioma a español Zoiper  
Fuente: Elaboración propia

Luego ingresamos al menú de configuración y seleccionamos la opción de “Crear una nueva cuenta” como se muestra en la figura 3.43.

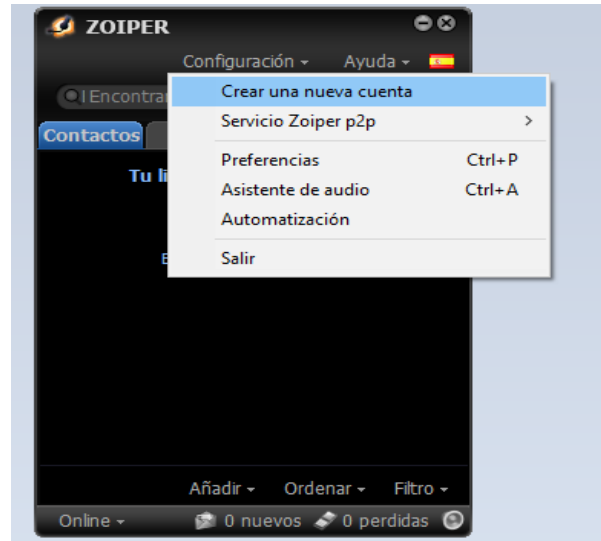


Figura 3.43 Crear una nueva cuenta  
Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el paso anterior se abrirá la venta de asistente de cuenta y procedemos a llenar los datos solicitado necesarios para la configuración de las terminales. El asistente nos solicitará el tipo de terminal a configurar los softphones serán de tipo IAX, seleccionamos dicha opción como se muestra en la figura 3.44.

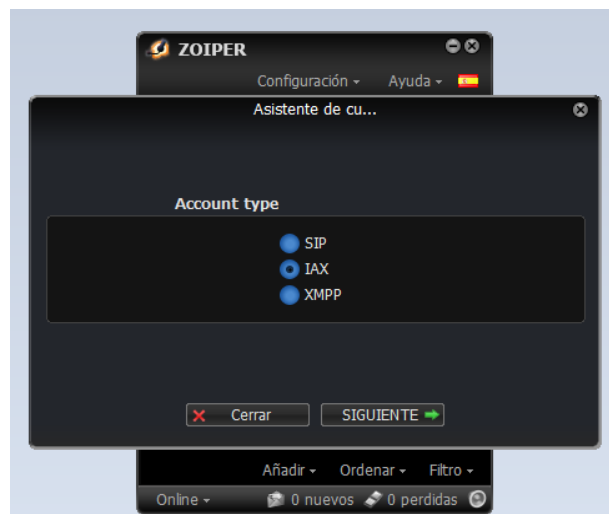


Figura 3.44 Sección de tipo de terminal VoIP  
Fuente: Elaboración propia

Luego se procedió a llenar los campos siguientes: “user / user @ host” que es el número de extensión, el “Password” la contraseña que pertenece esa extensión y en “Domain / Outbound proxy” colocamos la dirección IP del servidor. En la figura 3.45 se presenta un ejemplo con los datos de una extensión.

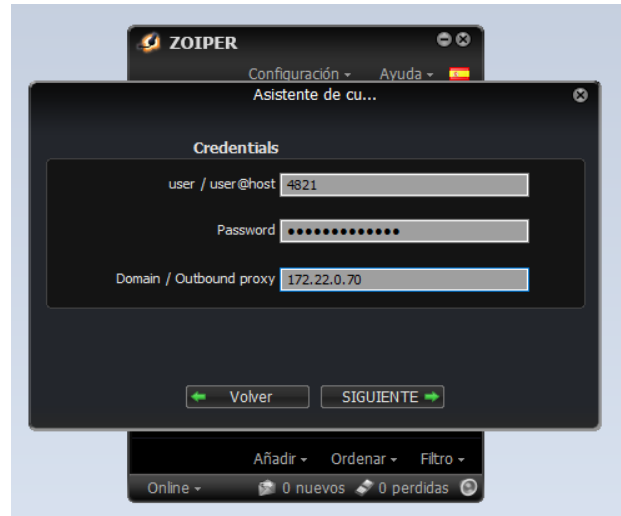


Figura 3.45 Datos de configuración de la extensión 4821  
Fuente: Elaboración propia

Una vez ingresado los datos de la extensión damos clic en el botón cerrar para añadir la cuenta de la extensión. Cabe destacar que estos pasos se realizaron para todas las extensiones instaladas y funcionando en servidor IPBX.

Para terminar con las configuraciones y poder brindar servicios de telefonía IP en la dirección departamental se procedió a realizar la configuración de los teléfonos celulares de acuerdo al siguiente detalle:

La instalación de Zoiper en cada teléfono celular de la se realizó siguiendo los pasos que se detallan en el anexo G.

Una vez instalado este software se procedió a realizar la configuración de sus extensiones siguiendo los siguientes pasos:

Para este ejemplo se configuro la extensión 4865 y fue necesario que el teléfono a configurar este conectado a la red de la institución.

Primeramente ingresamos a Zoiper y damos Clic en el boton “Agree & Continue”, luego ingresamos los datos correspondiente a cada extension como se muestra en la figura 3.46.

Figura 3.46 datos de configuración en Zoiper para celulares  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, la aplicación nos reconoce el tipo de protocolo configurado en el servidor lo seleccionamos y damos clip en el botón Finish como se presenta en la figura 3.47.

Figura 3.47 Finalizando la configuración de Zoiper  
Fuente: Elaboración propia

## 3.2 ADMINISTRACIÓN DEL RENDIMIENTO

### 3.2.1 Evaluación de los enlaces de comunicación

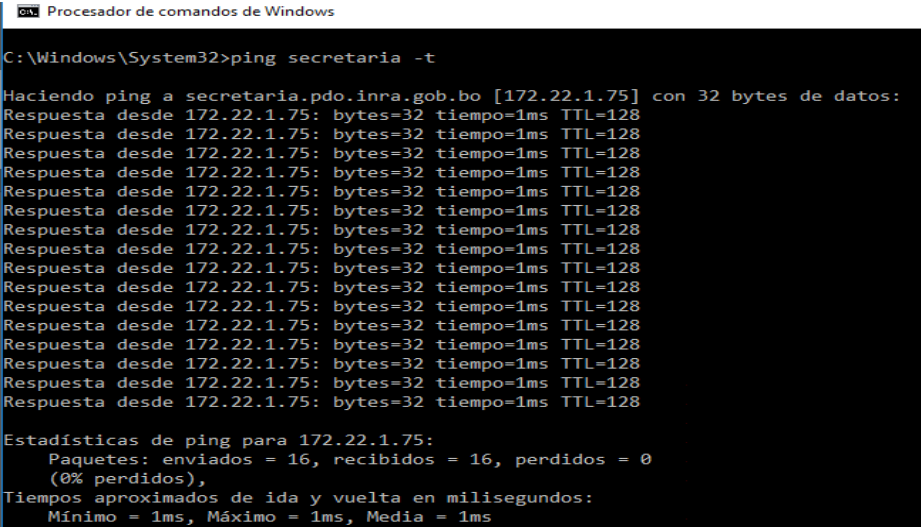
Para realizar esta actividad se ejecutaron dos tareas principales que son la prueba de conectividad lógica y la monitorización del tráfico. La prueba de conectividad se realizó con el objetivo de verificar las siguientes variables: pérdidas de paquete de la red, el retardo y el Jitter. Por otro lado, el monitoreo fue realizado para ver la carga del tráfico existente en cada enlace.

#### 3.2.1.1 Prueba de conectividad lógica

Esta prueba fue realizada a los tres enlaces de comunicación existente en la institución, la herramienta utilizada fue el comando PING, la cual esta implementada en diferentes sistemas operativos y nos reflejan parámetros como pérdida de paquete y retardo.

Estas pruebas fueron realizada a distintos equipos que se encuentra distribuidos en las respectivas oficinas de la institución.

A continuación, se puede apreciar tres pruebas realizadas a los enlaces de la red interna, servicio de internet y VPN MPLS.



```

C:\Windows\System32>ping secretaria -t

Haciendo ping a secretaria.pdo.inra.gob.bo [172.22.1.75] con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 172.22.1.75: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128

Estadísticas de ping para 172.22.1.75:
    Paquetes: enviados = 16, recibidos = 16, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 1ms, Máximo = 1ms, Media = 1ms
  
```

Figura 3.48 Prueba del comando PING a un equipo del enlace LAN

Fuente: Elaboración propia



Por otro lado, en la figura 3.49 se puede observar que en el enlace de internet no presenta pérdida de paquete para este diagnóstico.

Mediante la herramienta PING no se puede obtener el valor de Jitter. Por lo que la manera de conseguir esta información es través de software que trabajen son paquetes RTP.

### 3.2.1.2 Monitoreo de la carga del tráfico de los equipos de red.

En esta tarea se procedió a configurar previamente el módulo Analizador de tráfico de Red en Endian Firewall, debido a que el INRA Pando dispone de este servidor, además se procedió a activar otra característica como el de mantener el historial del host (Figura 3.51), para luego acceder a las gráficas que nos proporciona esta herramienta sobre el análisis del tráfico entrante y saliente de cada interfaz de red que cuenta el servidor principal.



Figura 3.51 Módulo de Analizador de Tráfico activado.  
Fuente: Elaboración propia

Esta herramienta permite visualizar el tráfico que circula en las interfaces de red del servidor, así como también ver las mediciones técnicas de la carga del sistema. Una vez realizado todos estos procedimientos, se accedió al servidor mediante un navegador web al módulo Estado en su menú gráficos del tráfico, donde puede obtener una gráfica que detalla la evolución del tráfico a lo largo del tiempo en día, semanas, mes y año.

Los indicadores están expresados como tráfico de entrada (color azul) y el de salida de color verde, los cuales son expresados en forma máxima, mínima y promedio como se presenta en la figura 3.52

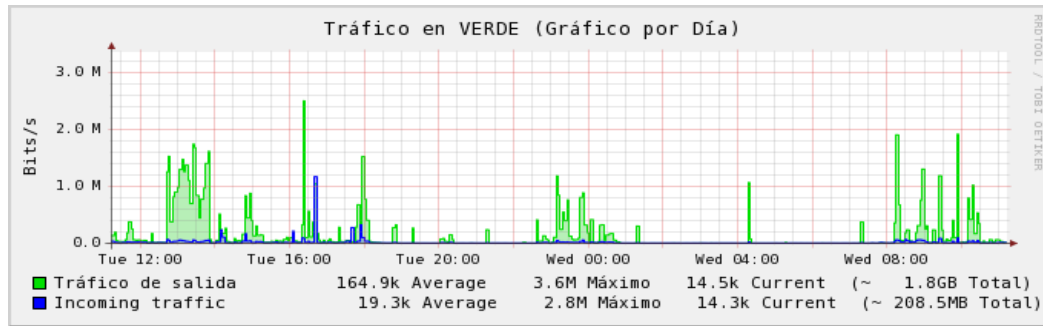


Figura 3.52 Gráfica de monitoreo en el módulo de Endian Firewall  
Fuente: Elaboración propia

Una vez operativa la herramienta, se observó el tráfico que circula por la interfaz Verde (red LAN) y la Roja (Internet). En la figura 3.23 se aprecia el tráfico entrante y saliente de la interfaz verde que utilizan los usuarios para acceder a diferentes servicios internos en un periodo de una semana.

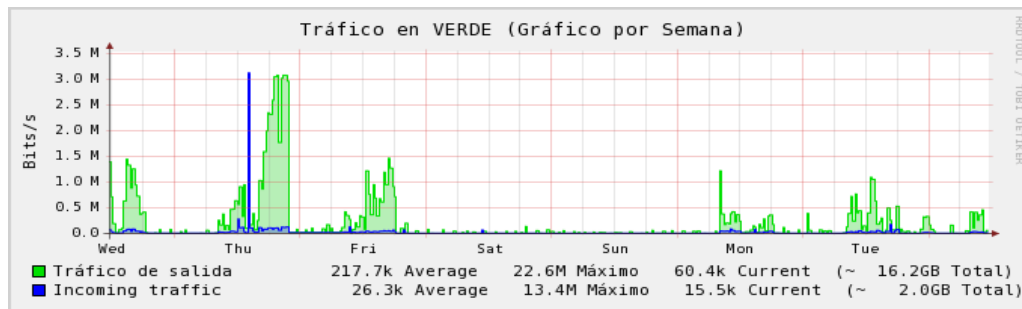


Figura 3.53 Tráfico de la interfaz verde de la red LAN  
Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera se puede observar en la figura 3.54 el detalle del tráfico de entrada y salida de la interfaz que utilizan los usuarios para acceder al servicio de internet.

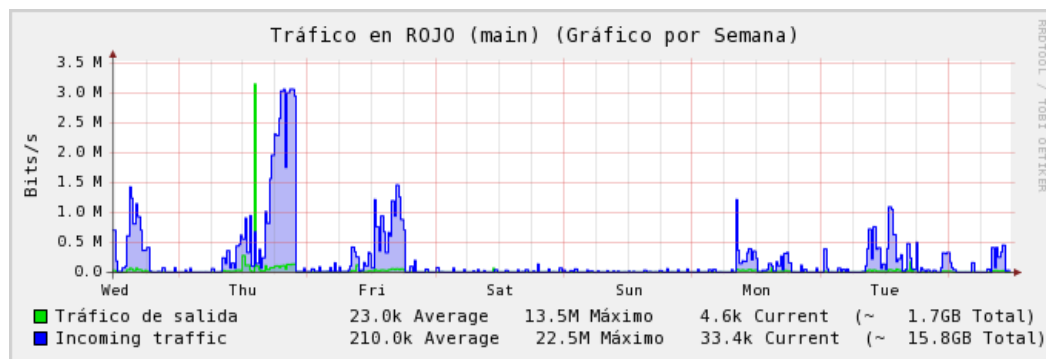


Figura 3.54 Tráfico de la interfaz roja acceso a Internet  
Fuente: Elaboración propia

Con base a las gráficas anterior se puede concluir que a través de la red local de la institución presenta un tráfico constante de datos y este enlace no se encuentra congestionado y los datos fluyen de manera normal sin ocasionar inconveniente a los usuarios. Por otro lado, tenemos el enlace para el acceso de Internet que presenta un tráfico entrante total de 15.0 GB, tráfico que se podría mejorar con una eficiente administración del servidor de distribución de internet instalado en la institución.

### **3.3 ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD**

La seguridad en redes de datos debe ser vista como un sistema completo, por lo tanto, se debe hablar de toda su infraestructura. En redes VoIP existen diversas vulnerabilidades, desde el software que utiliza, la arquitectura sobre la cual se trabaja y el manejo de los diferentes dispositivos y servicios.

En ese contexto se aplicaron medidas de seguridad desde el rediseño de la red hasta su implementación con el objetivo de ofrecer servicios de seguridad a cada uno de sus elementos, creando estrategias para la prevención y detección de ataques, así como para dar respuesta ante cualquier incidente de seguridad.

El procedimiento que se siguió para proveer seguridad a la red VoIP consistió en tres etapas: Identificación de los protocolos, Identificación de las tecnologías y establecimiento de la medida de seguridad.

#### **3.3.1 Identificación de los protocolos utilizados.**

El primer paso es seleccionar los protocolos utilizados. En la siguiente tabla 3.15 se detallan los protocolos utilizados en la red VoIP a la que se le implementó seguridad.

En esta tabla se listan los protocolos utilizado en la red VoIP implementada, en la primera columna se encuentran cuatro capas del modelo OSI sobre la cual se trabajó, y la segunda columna los protocolos VoIP utilizados por la capa correspondiente.

Tabla 3.15  
*Protocolos utilizados*

<b>Capa OSI</b>	<b>Protocolo utilizado</b>
<b>Aplicación</b>	HTTP, SSH, DNS, DHCP
<b>Sesión</b>	SIP, IAX2
<b>Transporte</b>	RTP, UDP, TCP
<b>Red</b>	IP, ARP, ICMP

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar no todos los protocolos son propios de las redes VoIP, si no que algunos pertenecen a las redes IP. En el presente proyecto solo se aplicará la seguridad a los protocolos utilizados para la telefonía IP.

### 3.3.2 Identificación de las tecnologías utilizadas

A continuación, en la tabla 3.16 se describen las tecnologías utilizadas para la telefonía IP donde se aplicará las medidas de seguridad. En la primera columna, se describen los componentes de VoIP a los cuales corresponde cada dispositivo y en la segunda, se señala la versión del software.

Tabla 3.16  
*Tecnología utilizada*

<b>Dispositivos</b>	<b>Versión</b>
<b>Terminales</b>	Zoiper 3.9
<b>Central Telefónica</b>	Elastix 5.0
<b>IPS</b>	Motor de IPS de Endian Firewall

Fuente: Elaboración propia

Elastix es un conjunto de aplicaciones, entre ellas se encuentra Asterisk, que es una central telefónica gratuita. Sin embargo, se tratará a Elastix como la central telefónica, porque esta distribución incluye otros servicios, por esto se debe considerar la seguridad del conjunto y no

de la central en particular. Además, que esta herramienta puede equiparse para ser utilizado como un gateway, pero en esta aplicación no se utilizará como tal ya que en el presente proyecto no se realizará la comunicación con la red telefónica tradicional.

Por otro lado, también se agregaron los sistemas de seguridad utilizados en la red datos, como por ejemplo el IPS de Endian Firewall. Es importante hacer notar que no se describe terminales hardware, es decir teléfono IP, sólo se utilizaron softphones Zoiper que soporta protocolos de seguridad.

### 3.3.3 Establecimientos de medidas de seguridad

A continuación, se describe como fueron implementadas las medidas de seguridad capa por capa del modelo OSI.

#### 3.3.3.1 Capa de aplicación

El primer paso, para esta capa, es realizar proceso de asegurar un sistema mediante la reducción de vulnerabilidades a todos los dispositivos VoIP utilizados en la red. A continuación, se listan los pasos aplicados para el aseguramiento de estos dispositivos.

1. Instalar la última versión y luego realizar una actualización.

Se reviso la versión del sistema operativo, firmware y el software de la aplicación telefónica. Esto varió dependiendo del componente que se esté revisando y actualizando.

Tabla 3.17

*Actualizando la tecnología utilizada*

<b>Dispositivo</b>	<b>Últimas versiones 21/05/2018</b>	<b>Como actualizar</b>
<b>Terminal</b>	Zoiper 3.9	<a href="https://www.zoiper.com/en/voip-softphone/download/zoiper3">https://www.zoiper.com/en/voip-softphone/download/zoiper3</a>
<b>Central Telefónica</b>	Elastix 5.0	aplicar comando # yum update
<b>Sistemas operativos</b>	Microsoft Windows 7	Windows Update y el gestor de actualizaciones de Windows

Fuente: Elaboración propia

- En la tabla 3.17 se pueden observar las últimas versiones de los dispositivos utilizados y como se puede actualizar. Las actualizaciones se pueden realizar a través de comandos o descargas actualizadas, para ese efecto, se agregó el link de descarga.
2. Proteger archivos de sistema. La mayor parte del malware, en la red, modifica archivos de sistema. Esto les permite acceso a muchas funcionalidades del computador de la víctima. Es por esto que, los archivos claves de configuración en una central telefónica, debiesen contar con permisos acotados de lectura y escritura.
  3. Establecer cuentas de usuarios y brindar permisos necesarios. Solo el administrador debe tener acceso al servidor de telefonía, no debiesen existir otros usuarios con acceso. Sin embargo, es común que más de una persona tenga acceso a los servidores. Es por esto que se deben establecer diferentes cuentas de usuarios y brindar los permisos correspondientes en caso que sea necesario.
  4. Cerrar todos los puertos no utilizados. Los puertos que no sean utilizados deben ser cerrados, debido a que, mientras más puertos abiertos haya, más posibilidades hay de un ataque.
  5. Restringir el acceso a la interfaz web y SSH de Elastix.
  6. Para las aplicaciones de acceso remoto, establecer contraseñas y limitar errores de su ingreso, para evitar el uso de herramientas de ataques.

En el anexo H se explican este procedimiento realizado a los dispositivos VoIP. Para la distribución y central telefónica Asterisk bajo el sistema operativo CentOS.

El segundo paso realizado, para la capa de aplicación, es la configuración y actualización de la herramienta de seguridad. Este paso, está enfocado en resguardar la telefonía y los terminales de software y se realizó bajo la solución de seguridad G DATA Administrator en su versión EndpointProtection Enterprise. Esta aplicación incluye todas las tecnologías necesarias para proteger a clientes frente a cualquier amenaza e implementa un potente firewall aplicativo para los clientes y gestiona eficientemente los parches que evita que las vulnerabilidades de los programas instalados que se conviertan en la puerta de entrada. Esta herramienta es importante

para la seguridad ya que el 99% de las terminales funcionan sobre sistema operativo Windows y a la hora de instalar softphones en un computador se impedirá parcialmente la contaminación de este terminal con malware.

El tercer paso es la selección de protocolos aplicativos que serán utilizados. Esta selección es realizada utilizando la tabla 3.18. Esto se realiza para todos los dispositivos utilizados.

*Tabla 3.18*

*Protocolos utilizados por dispositivos VoIP*

<b>Dispositivos</b>	<b>Protocolos utilizados</b>		
	HTTPS	SSH	DHCP
<b>Terminales</b>			✓
<b>Central telefónica</b>	✓	✓	

Fuente: Elaboración propia

Para los protocolos seleccionados, en el tercer paso, se realiza la reducción de vulnerabilidades. En el anexo H, se encuentra la realización del tercer paso al servicio del protocolo SSH.

### 3.3.3.2 Capa de transporte y sesión

El primer paso, para la capa de transporte y sesión, es revisar la selección de los protocolos para la capa de transporte y sesión. En este caso, es SIP y IAX2 para señalización y RTP para el transporte de la voz. Además, se debe considerar que SIP estará sobre TCP y IAX2 sobre UDP.

*Tabla 3.19*

*Aplicación de protocolos de seguridad*

<b>Protocolo VoIP</b>	<b>Protocolo de seguridad</b>	<b>Protocolo de intercambio de llaves</b>	<b>Algoritmo de encriptación</b>
<b>RTP</b>	SRTP	SDES	AES-CM
<b>IAX2</b>	TLS	RSA	AES

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.19 se presentan los protocolos utilizados. La primera columna lista los protocolos utilizados para telefonía IP, la segunda lista el respectivo protocolo de seguridad utilizado, la tercera columna detalla el protocolo de intercambio de llaves, la cuarta columna detalla el algoritmo de encriptación.

Para establecer la solución de seguridad a implementar (segundo paso de esta capa), se listan los protocolos previamente seleccionados y su respectiva forma de encriptación como lo muestra la tabla 3.19. Esta elección se realizó bajo las recomendaciones de ancho de banda y procesamiento del segundo paso del método anteriormente desarrollado. Por lo tanto, la solución elegida fue TLS/SRTP, la implementación de esta solución se encuentra descrita en anexo H.

Además, en la tabla 3.19 se incluye el procedimiento del tercer paso, la selección de los protocolos de intercambio de llaves. SDES se eligió por su simplicidad y facilidad de implementación en Asterisk.

### 3.3.3.3 Capa de red

En la capa de red, se establecieron las zonas. La primera zona es la naranja que corresponde al enlace de la VPN MPLS, esta zona no se encuentra expuesta a Internet. La segunda zona es la red interna. La PBX es catalogado como servidores críticos y son ubicados detrás del firewall de Red, la tercera zona es la Roja que nos provee servicio de internet.

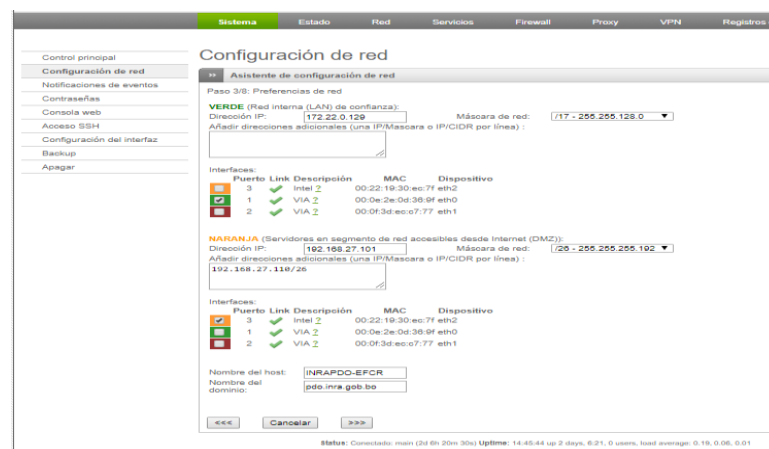


Figura 3.55 Configuración de las zonas de red

Fuente: Elaboración propia

La figura 3.55 detalla los sistemas de seguridad que se utilizaron en la capa de red. Además, establece una configuración de red para la implementación de los sistemas de seguridad.

### **3.4 ADMINISTRACIÓN DE FALLAS**

En la administración de fallas se realizó diferentes pruebas del servicio de telefonía IP implementado, también se realizó asistencia técnica al personal con el objetivo de capacitar y encontrar algunas fallas u observaciones que se presenten ya sea por una mala manipulación o por problemas técnicos. La asistencia técnica realizada fue referente al manejo de los terminales IP, se dio a conocer la funcionalidad del nuevo servicio de comunicación, se elaboró y se socializó una guía telefónica IP (anexo J) con las diferentes extensiones correspondiente a la dirección nacional y departamental.

Por otro lado, en esta fase se verificó la funcionalidad de la telefonía IP con el objetivo de comprobar los resultados que se tiene con la implementación y los aporte en la optimización del tiempo de atención de un trámite, reducción del costo de la telefonía convencional y el uso del servicio de telefonía IP.

A continuación, se presenta las actividades realizadas en esta fase:

#### **3.4.1 Prueba de llamadas telefónicas por Voz IP**

En la presente actividad se desarrollaron pruebas de llamadas desde cada extensión telefónica implementados en la telefonía IP.

Cada uno de ellos se procedió comprobar su funcionalidad tales como: tono de conexión, el parqueo, mensaje de voz, IVR e identificador de llamada.

En la figura 3.56 se puede observar la comunicación de dos extensiones VoIP una perteneciente a la dirección departamental 4802 y la otra a la dirección Nacional.

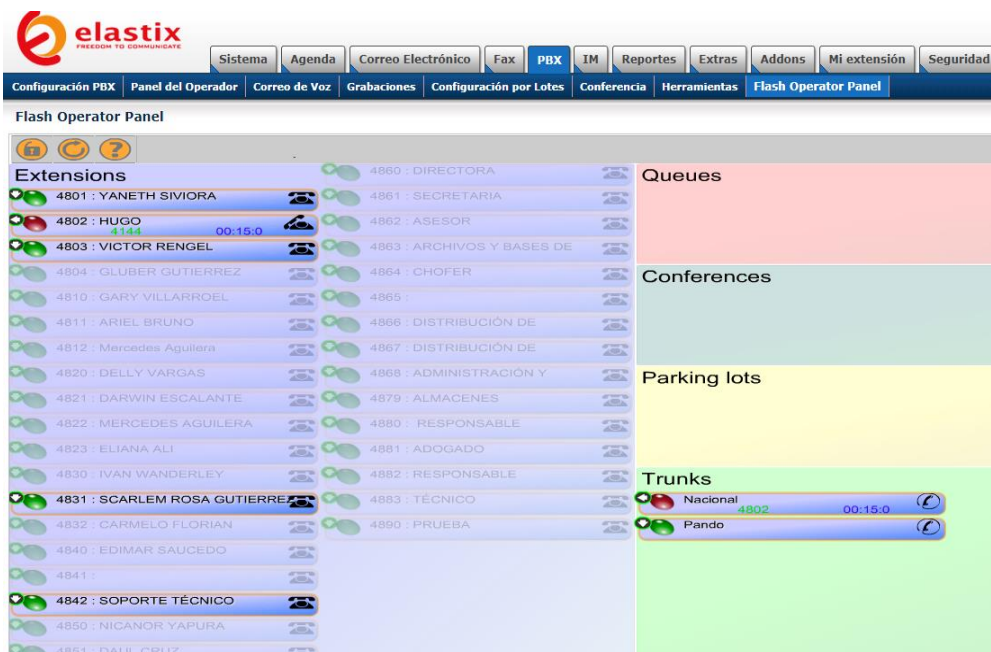


Figura 3.56 Llamada Telefónica desde la extensión 4802 a la 4144  
Fuente: Elaboración propia

Esta información se puede corroborar con el documento de reporte CDR (anexo I), que se obtuvo mediante el módulo de reporte que nos proporciona el software de telefonía IP.

### 3.4.2 Prueba de conectividad lógica de la red de datos

Mediante esta prueba se verificó que todos los equipos o medios de transmisión que se encuentran conectados a la red cuentan con un excelente funcionamiento, permitiendo determinar problemas de velocidad y conectividad.

La herramienta común y sencilla de utilizar es el comando PING el cual se encuentra implementado en varios sistemas operativos, quien refleja parámetros como retardo y pérdida de paquetes.

Para esta prueba se seleccionó 14 equipos los equipos que se encuentran conectados en la red de datos interna, VPN MPLS e internet, entre ellos se tiene servidores y computadores de escritorio.

A continuación, en la tabla 3.20 se observa un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 3.20

*Resumen de prueba de conectividad lógica*

Dirección IP	Paquetes			RTT (Round trip times mili segundos)			TTL
	Enviado	Recibido	Perdido	Mínimo	Máximo	Promedio	
<b>172.22.0.129</b>	4	4	0	1	3	26	64
<b>172.22.0.134</b>	4	4	0	1	3	3	64
<b>172.22.0.175</b>	4	4	0	1	8	4	128
<b>172.22.0.176</b>	4	4	0	1	2	2	128
<b>172.22.0.177</b>	4	4	0	1	6	2	64
<b>172.22.0.178</b>	4	4	0	1	22	110	64
<b>172.22.0.179</b>	4	4	0	1	0	13	64
<b>172.22.0.200</b>	4	4	0	1	20	9	64
<b>172.22.0.201</b>	4	4	0	1	15	66	64
<b>172.22.0.202</b>	4	4	0	2	10	6	64

Fuente: Elaboración propia

Se puede concluir con la tabla anterior que no existe pérdida de paquetes en la red, en el caso del retardo no existen valores alarmantes que podrían influir en el funcionamiento de la comunicación telefónica.

### **3.4.3 Resultados de la implementación de la telefonía IP**

Luego de haber realizado la implementación de la telefonía IP por un periodo de tres meses, se procedió a verificar las nuevas funcionalidades de la telefonía IP que proporciona este servicio.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos:

#### **3.4.3.1 Optimización del tiempo de atención de un trámite en el INRA Pando.**

Una vez implementada la telefonía IP se efectuó una entrevista con los responsables de cada unidad de la dirección departamental, esto dio a conocer aspectos detallados sobre el aporte

que se tiene con el proyecto en la optimización del tiempo en atención de un trámite en la dirección departamental.

A continuación, en la tabla 3.21 se presenta un cuadro comparativo donde se puede evidenciar la optimización del tiempo gracias a la utilización de la telefonía IP.

Tabla 3.21. Optimización del tiempo en atención de un trámite

Procesos	Trámite	Sin telefonía IP	Con telefonía IP
		Tiempo de atención	Tiempo de atención
<b>Distribución de tierras.</b>	✓ Solicitud de resolución de asentamiento.	72 h	24 h
	✓ Respuesta de informes de recuperación de tierra.	24 h	8h
<b>Gestión catastral</b>	✓ Emisión de certificados catastrales.	48 a 72 h	24 h
	✓ Registro de transferencia a nivel Nacional.	72 h	24 h
	✓ Emisión de certificado de propiedad no Rural.	48 h	12h
	✓ Otros registros y certificaciones emitidas	48 a 72 h	8 a 12 h
<b>Ejecución presupuestaria en Pando</b>	✓ Pagos de haberes mensual	15 de cada mes.	3 al 5 de cada mes
	✓ Pagos de viáticos	24 h después o al retorno de comisión.	8 hr. Antes de salida en comisión
	✓ Recontratación de personal eventual	10 días a la culminación de contrato.	Tras culminación de contrato

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.3.2 Minimización del costo de telefonía convencional.

En relación al costo se evidencia grandes diferencias debido a que en la telefonía convencional se necesita mayor inversión, siendo este el pago que se realiza por llamadas, específicamente

el costo es alto en llamadas de larga distancia mientras que en el caso de la telefonía IP utiliza la red de datos existente cuando sea necesario, es así que tanto las llamadas como los datos manejan la misma línea en tiempo compartido, es decir, con un pago mensual se obtiene mayor beneficio, compartiendo el servicio con todas las extensiones requerida.

A continuación, en la tabla 3.22 se puede observar el costo de la telefonía convencional e IP.

Tabla 3.22 Costo de telefonía convencional e IP

Tipo de telefonía	Tarifa básica Socio mensual (Bs.)	Llamada móvil local por minuto (Bs.)	Llamada móvil nacional por minuto (Bs.)	Llamadas fijo nacional por minuto (Bs.)
Convencional o fija	28.90	0.33	0.36	0.35
IP	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Nota:** para obtener el costo de telefonía fija se solicitó una cotización al proveedor de servicio (anexo K), por otro lado, el costo de la telefonía IP no presenta ningún valor ya que se utiliza el servicio de internet y red privada virtual del INRA y es un gasto fijo a nivel nacional.

La dirección departamental del INRA dispone de una línea telefónica fija, el valor de consumo aproximadamente era de Bs. 874.50 mensual, este valor fue reducido considerablemente al implementar este sistema de telefonía de voz sobre IP y considerando que actualmente se tiene 19 extensiones fijas y 14 móviles, es así que con esta tecnología utilizada disminuyó el costo mensual a la tarifa básica de socio que es de Bs. 28.90, considerando que se han incluido todas las unidades y es más beneficioso para la institución puesto que se utiliza software libre y esto reduce aún más los gastos de telefonía y su implementación.

A continuación, en la figura 60 se puede observar la reducción del costo de telefonía fija mensual y anualmente en el INRA Pando datos proporcionados por la unidad de administración y Finanzas (Anexo L).

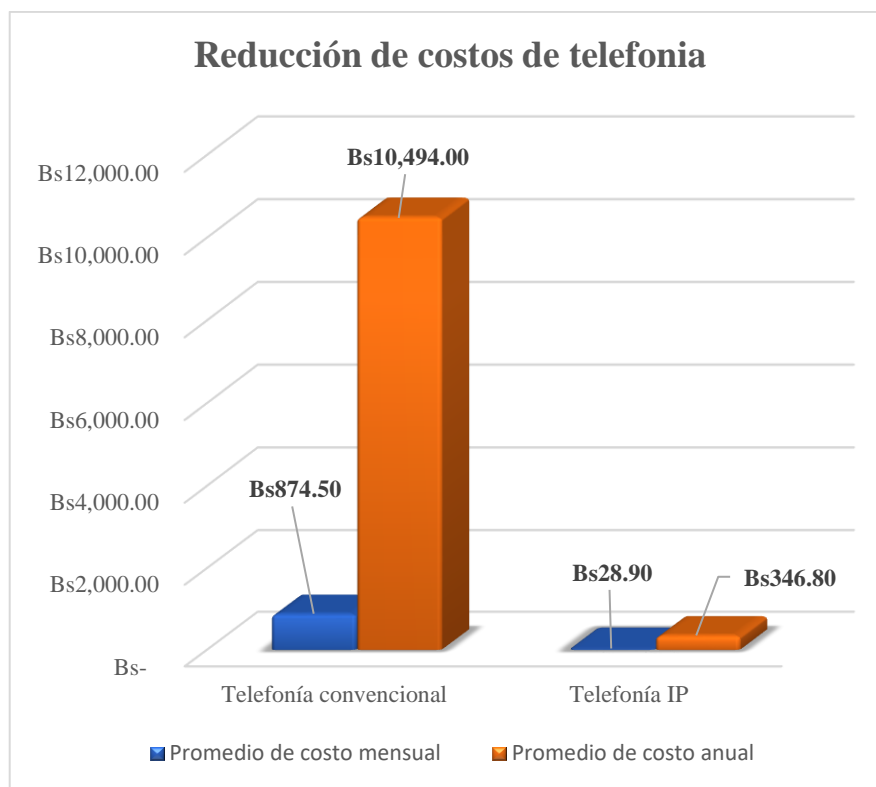


Figura 57 Reducción de costos de telefonía IP anual y mensual

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, al realizar este análisis de costo - beneficio una vez implementado el proyecto se puede demostrar que con la telefonía IP la reducción de costo estaría alrededor de un 97%, porque el personal independientemente de su rol tiene una tecnología que permite movilidad de su extensión en el lugar que desea con un simple acceso a internet, lo cual no genera un costo adicional para la institución por que se utiliza el enlace de internet y red privada con el que se cuenta en el INRA y es un gasto fijo mensual que se realiza a nivel nacional.

#### 3.4.3.3 Detalle del uso de telefonía IP desde la implementación.

A continuación, en la figura 58 se muestra el uso de telefonía IP desde el 01 de abril hasta 31 de julio del 2018, en la cual se detalla la cantidad de llamadas entrantes y salientes, así como también el tiempo total de las llamadas. Esta información puede ser corroborada con el documento de reporte CDR (Anexo I), el que fue obtenido mediante el módulo de reportes que proporciona el software de telefonía IP Elastix.

**Resumen**

Fecha Inicio:

Filtrar por:

Extensión	Nombre Usuario	# Llamadas Entrantes	# Llamadas Salientes	Tiempo total (Llamadas Entrantes)	Tiempo total (Llamadas Salientes) ▼
4831	ABOGADO SANEAMIENTO	7	43	00h. 30m. 00s	01h. 03m. 33s
4821	ALMACENES	20	54	00h. 50m. 00s	06h. 25m. 20s
4867	ARIEL BRUNO LIMA	10	26	00h. 35m. 00s	01h. 03m. 50s
4802	ASESOR LEGAL PANDO	5	49	00h. 45m. 20s	01h. 00m. 00s
4832	CHOFER (SANEAMIENTO)	0	0	00h. 00m. 00s	00h. 00m. 00s
4841	COMUNICADOR	35	62	01h. 06m. 40s	03h. 18m. 20s
4822	CONTADOR	70	120	02h. 35m. 10s	05h. 45m. 18s
4805	Darwin Escalante Roca	11	82	00h. 55m. 30s	02h. 59m. 20s
4869	DARWIN ESCALANTE ROCA	0	0	00h. 00m. 00s	00h. 00m. 00s
4800	DESPACHO DIRECCIÓN	128	230	03h. 00m. 00s	07h. 50m. 28s
4810	DISTRIBUCIÓN DE TIERRAS FISCALES	64	183	01h. 58m. 40s	06h. 30m. 23s
4820	DOLLY VARGAS TERRAZAS	64	143	02h. 06m. 35s	05h. 60m. 12s
4868	DOLLY VARGAS TERRAZAS	0	0	00h. 00m. 00s	00h. 00m. 00s
4865	EDIMAR SAUCEDO SOMY	43	73	01h. 50m. 30s	02h. 10m. 03s
4864	EFRAIN GLUBERT GUTIERREZ VILLARREAL	0	12	00h. 00m. 00s	00h. 55m. 09s
4866	GARY EMANUEL VILLARROEL FERNANDEZ	53	140	01h. 01m. 00s	02h. 17m. 08s
4861	GENRY YANETH SIVORA VELASCO	160	280	06h. 45m. 20s	08h. 23m. 57s
4862	HUGO RODRIGUEZ AÑEZ	0	0	00h. 00m. 00s	00h. 00m. 00s
4803	INRA PANDO	62	147	00h. 51m. 16s	01h. 59m. 23s
4870	IVAN WANDERLEY ALVARADO	56	231	02h. 00m. 00s	06h. 30m. 00s
4806	JOSÉ GABRIEL FARAH SALVATIERRA	0	0	00h. 00m. 00s	00h. 00m. 00s
4801	NICANOR YAPURA COPA	26	130	00h. 42m. 13s	01h. 26m. 23s
4892	Prueba celular2	10	11	00h. 02m. 36s	00h. 03m. 11s
4891	Prueba celular1	10	17	00h. 01m. 33s	00h. 06m. 45s
4890	Prueba PC	20	18	00h. 04m. 11s	00h. 08m. 35s
4850	RESPONSABLE CATASTRO	0	22	00h. 00m. 00s	00h. 02m. 36s
4840	RESPONSABLE INFORMÁTICO	30	146	01h. 15m. 02s	02h. 05m. 08s
4830	RESPONSABLE SANEAMIENTO	50	184	01h. 07m. 29s	06h. 05m. 00s
4871	SCARLEM GUTIERREZ	20	50	00h. 55m. 10s	00h. 59m. 30s
4860	SDENKA ANDREA ARAB AGUADA	157	220	03h. 15m. 20s	07h. 50m. 00s
4823	SERENO	0	0	00h. 00m. 00s	00h. 00m. 00s

Figura 58 Resumen de llamadas telefónicas por voz IP  
Fuente: Reporte servidor Elastix

### 3.4.4 Aporte con la implementación de telefonía IP bajo software Elastix.

El desarrollo del presente proyecto, brinda la posibilidad de implementar de manera más óptima, una adecuada configuración y solución para la implantación de telefonía IP para ello se debe realizar un análisis que permita comprender las posibilidades y beneficios que brinda el uso de este servicio en las comunicaciones teniendo como base las necesidades reales de cualquier institución.

Se pueden destacar que existen diversos factores físicos y lógicos que incide en la calidad de servicio para la transmisión de voz sobre una red IP y que es necesario contemplarlo para el óptimo funcionamiento de la telefonía IP, como ser:

- ✓ El cableado estructurado debe estar acorde a normas y estándares existentes.
- ✓ La saturación del enlace de comunicación.
- ✓ Posible pérdida de paquetes en la salida de los enlaces de comunicación.
- ✓ Masivo tráfico de ancho de banda hacia y a través del servidor.

Por otra parte, este proyecto plantea una solución practica que resuelve las necesidades de comunicación telefónica y de gestión de información con el objetivo de mejorar la comunicación interinstitucional en una institución en particular, haciendo uso de la herramienta de software libre Elastix como servidor de central telefónica IP por diversas razones que a continuación se detallan.

- ✓ Es una aplicación de código abierto y es posible tener soporte de variadas fuentes e integra una suite de comunicaciones en la que encontramos varios productos que nos permite instalar y gestionar nuestra central IP basada en tecnología VOIP.
- ✓ Elastix, incorpora en una única solución todos los medios y alternativas de comunicación existentes en el ámbito empresarial y se distribuye como una distribución Linux basada en CentOS donde se instala todo el software de comunicaciones unificadas, esto incluye, Asterisk como motor de telefonía IP, FreePBX para la administración mediante interfaz web y configuración de Asterisk, además incluye otros programas de código libre que no fueron implementado en el presente proyecto y son utilizados para dar otro tipo de servicios como ser correo electrónico, mensajería instantánea y Fax que se podrían implementar de acuerdo al requerimiento de la institución.

- ✓ Elastix es sencillo de actualizar al ser un software libre, con un mínimo gasto de mantenimiento, es posible tener perfectamente actualizada la central telefonía IP cada vez que Elastix presente novedades y nuevas funcionalidades con sus actualizaciones. En estos momentos, Elastix está a punto de presentar su versión 5.0 con novedades importantes para la gestión de sistemas de telefonía IP.

Con la ejecución del proyecto se puede demostrar que la implementación de una central telefónica IP basadas sobre el software Elastix es una de las soluciones viables y posible con todos sus servicios requeridos. Si bien existen numerosas alternativas tecnológicas desarrolladas y lanzadas al público para la implantación de telefonía IP. Se opto por este tipo de solución por ser la más acorde a las necesidades de la institución donde se implementó.

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

Como resultado del desarrollo del Proyecto de Grado, se ha llegado a las siguientes conclusiones.

- ✓ Se determino la necesidad de comunicación telefónica que hay en el INRA para el desarrollo de sus actividades.
- ✓ Se analizó la situación actual de la infraestructura de red y telefonía.
- ✓ Se rediseñó la topología del cableado estructurado de la red de datos.
- ✓ Se adecuo el sistema de cableado estructurado de acuerdo al estándar para diseño de las instalaciones y la infraestructura necesaria para el cableado de telecomunicaciones en edificios comerciales ANSI/TIA/EIA-569.
- ✓ Se realizo la configuración de la red de datos VoIP, servidor y aplicaciones Voz IP en ordenadores y teléfonos celulares.
- ✓ Se implemento los servicios de telefonía bajo tecnología Voz IP, basado en software libre con Asterisk.
- ✓ Se implemento la seguridad en la red VoIP sobre los protocolos y tecnología utilizada para la comunicación telefónica IP.

## 4.2 RECOMENDACIONES

Concluido el presente Proyecto de Grado, se pone en consideración las siguientes recomendaciones:

- ✓ Implementar teléfonos IP para mejorar la seguridad de la Red VoIP.
- ✓ Implementar políticas de seguridad en toda la infraestructura de la red IP.
- ✓ Adquirir un servidor para que este sea utilizado solo para la telefonía IP ya que así habrá mayor seguridad en el funcionamiento.
- ✓ Se recomienda la divulgación del presente proyecto porque fue elaborado para que sirva como marco de referencia, ya que los resultados pueden convertirse en antecedentes y/o base de investigación sobre este tipo de área de conocimiento para futuras generaciones y se constituye académicamente en la generación de un modelo de conceptos y aplicaciones de normas y protocolos de comunicación.

## 5 REFERENCIAS

- Huidobro Moya, J. M., & Conesa Pastor, R. (2006). *Sistemas de Telefonía* (5ta. ed.). Madrid, España: Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A.
- Pérez, B. (s.f.). *Asterisk PBX: Aprende a crear y diseñar soluciones de telefonía IP desde cero*.
- Ross, J. (2007). *VoIP – Voz sobre IP*. Rio de Janeiro, Brasil: Antenna Edicion técnicas LTDA.
- Verenzuela Moreno, D. R. (octubre de 2006). Propuesta para solucionar el problema de comunicación telefónica en la Facultad de Ciencias de la UCV utilizando un servidor PBX de software. Caracas, Caracas, Venezuela.
- Amán Aguirre, S. D., & Ardila García, R. V. (22 de marzo de 2012). Análisis y diseño de una red de telefonía IP para la escuela héroes del CENEPA de la Espe. Sangolquí.
- Carballar Falcón, J. A. (2008). *VOIP. La telefonía de Internet*. Madrid, España: Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A.
- Chávez Roca, A. A. (16 de octubre de 2014). Implementación de un sistema de comunicación con telefonía IP en el hotel Higuerón de la ESPAM MFL. Calceta, Manabí, Ecuador .
- Ligia Parra , A., & Graffe, P. (25 de octubre de 2007). Diseño de una red de telefonía IP para la sede de Fe y Alegría en Venezuela. Venezuela.
- Moro Vallina, M. (s.f.). *Infraestructuras de redes de datos y sistemas de telefonía*.
- Nieto Uribe, E. Y., & Pérez Espinosa, V. (s.f.). Propuesta para implementación de un sistema de telefonía ip en los colegios Miramar, Infantas y Parnaso compatible y con posibilidad de integración al sistema de telefonía ip existente en la sede UIS Barrancabermeja. *Propuesta para implementación de un sistema de telefonía ip en los colegios miramar, infantas y parnaso compatible y con posibilidad de integración al sistema de telefonía ip existente en la sede uis barrancabermeja*. Bucaramanga, Cartagena , Colombia.

Pérez Palma, E. (octubre de 2014). Utilización de la tecnología Voz sobre IP dentro de una Red. México, d.f. , México.

Pinto Soto, O. (16 de junio de 2006). Estudio y desarrollo de centrales Telefónicas PBX basado en tecnología VOIP.

Portillo Marín, L., & Daguilh Illas, R. (Febrero de 2013). Diseño e Implementación de un sistema de voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom.

Solís Jiménez, O. A. (Enero de 2012). Diseño e Implementación de una Central Telefónica IP para Comunicaciones Unificadas Utilizando Software Libre. Costa Rica.

Solís Jiménez, O. A. (enero de 2012). Diseño e Implementación de una Central Telefónica IP para Comunicaciones Unificadas Utilizando Software Libre. Costa Rica.

Spinola, S. (s.f.). *Fundamentos da Telefonía IP*.

Toscano Palomo, G. N. (2012). Análisis y Diseño de una Red de alta disponibilidad para centrales Asterisk basada en la tecnología Dundi. Riobamba , Ecuador.

Wilches, J. A. (s.f.). Estudio y diseño de una red de telefonía de voz sobre IP para plataforma siglo xxi. Panplona, Panplona, Colombia.