



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
COMUNICACIÓN**

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

**TEMA:**

**“MIGRACIÓN DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP DEL PROTOCOLO IPV4 A  
IPV6 EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”**

**AUTOR: EDISON RODRIGO CARLOSAMA TUGUMBANGO**

**DIRECTOR: Ing. Carlos Vásquez**

**IBARRA – ECUADOR**

**2016**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

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

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

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

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

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1002853701		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	EDISON RODRIGO CARLOSAMA TUGUMBANGO		
<b>DIRECCIÓN:</b>	CALLE LOS OLIVOS (S.N) – ESTEBAN PERALTA (CDLA. MIRAVALLE – OTAVALO)		
<b>EMAIL:</b>	ercarlosama@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062 520 383	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0988386735
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO:</b>	MIGRACIÓN DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP DEL PROTOCOLO IPV4 A IPV6 EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE		
<b>AUTOR (ES):</b>	EDISON RODRIGO CARLOSAMA TUGUMBANGO		
<b>FECHA:</b>	2016/11/30		
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN		
<b>ASESOR:</b>	ING. CARLOS VÁSQUEZ		

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Edison Rodrigo Carlosama Tugumbango, con cédula de identidad Nro.1002853701, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra para trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 30 días del mes de noviembre del 2016

**EL AUTOR:**



Nombre: Edison Rodrigo Carlosama Tugumbango



iii

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

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

Yo, Edison Rodrigo Carlosama Tugumbango, con cédula de identidad Nro.1002853701, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: "MIGRACIÓN DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP DEL PROTOCOLO IPV4 A IPV6 EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE", que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería Electrónica y redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 30 días del mes de noviembre del 2016

A handwritten signature in blue ink, reading "Edison R. Carlosama Tugumbango", is written over a horizontal dotted line.

Nombre: Edison Rodrigo Carlosama Tugumbango

Cédula: 1002853701



iv

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Edison Rodrigo Carlosama Tugumbango con cédula de identidad nro. 1002853701, estudiante de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, libre y voluntariamente declaro que el presente trabajo de investigación, es de mi autoría y no ha sido realizado, ni calificado por otro profesional, para efectos académicos y legales, será de mi responsabilidad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Edison Rodrigo Carlosama Tugumbango", is written over a horizontal dotted line.

Nombre: Edison Rodrigo Carlosama Tugumbango

Cédula: 1002853701



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

Certifico, que el presente trabajo de titulación "MIGRACIÓN DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP DEL PROTOCOLO IPV4 A IPV6 EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE" fue desarrollado en su totalidad por el Sr. EDISON RODRIGO CARLOSAMA TUGUMBANGO portador de la cédula de identidad: 1002853701, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Carlos Vásquez".

Ing. Carlos Vásquez

DIRECTOR DE TESIS



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### DEDICATORIA

Dedico este Proyecto a toda mi familia, en especial a mis padres Carmen y Miguel, quienes forman parte sustancial de mi vida y formación académica; a mis hermanos Daniel, Paola y Carmen, que son el apoyo moral en los momentos de dificultad y comparten con sincera alegría mis triunfos y metas cumplidas. Finalmente al Autor de la vida, ya que, como dice su Palabra: “en Él somos, nos movemos y existimos” y sin Él nada tendría sentido.

Edison Carlosama



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Técnica del Norte, por permitirme ser parte de ella y a quien la llevo profundamente en mi corazón, por cumplir con su misión de formar personas con criterio, valores éticos y comprometidos con el medio ambiente, por brindarme el espacio y la oportunidad de formarme como profesional.

De igual forma a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, de la cual tengo el orgullo de haber formado parte, a todo su personal, en especial al personal docente de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación por compartir su conocimiento.

Al Ing. Carlos Vásquez, director del presente proyecto, quien supo guiarme en el desarrollo y culminación de esta obra, cuyos consejos han sido de gran ayuda y un aporte fundamental en la misma.

A la Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático de la Universidad Técnica del Norte, por la confianza depositada en mi persona y brindarme los medios para poder realizar mi trabajo de titulación.

## ÍNDICE

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	i
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	iii
DECLARACIÓN .....	iv
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR.....	v
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT .....	xxi
CAPITULO I.....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1 Problema.....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 Objetivo General. ....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Alcance.....	4
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO .....	7

2.1	Necesidad del Protocolo IPv6 .....	7
2.1.1	Agotamiento de las direcciones IPv4.....	8
2.1.2	La Implementación de IPv6 en los servicios actuales.....	10
2.1.3	Beneficio de la implementación de IPv6. ....	12
2.2	Factores para la Migración a IPv6.....	13
2.2.1	Factores Comerciales. ....	14
2.2.2	Factores Tecnológicos.....	14
2.3	El Protocolo IPv6 .....	15
2.3.1	Características del protocolo. ....	15
2.3.2	Estructura del paquete IPv6. ....	16
2.3.3	Estructura de una dirección IPv6. ....	18
2.3.4	Direccionamiento IPv6.....	20
2.3.5	Protocolos de Enrutamiento. ....	23
2.3.6	ICMPv6. ....	24
2.3.7	Formas de configuración de direcciones.....	25
2.3.8	Mecanismo de transición IPv4-IPv6 Dual Stack (doble pila).....	27
2.4	VoIP y Telefonía IP.....	28
2.4.1	Introducción a la VoIP. ....	28
2.4.2	Evolución. ....	29
2.4.3	Ventajas.....	29
2.4.4	Arquitectura.....	30

2.5	Elementos de la red Telefónica IP.....	31
2.5.1	Teléfonos IP.....	31
2.5.2	Dispositivos terminales.....	31
2.5.3	Centrales IP o IP PBX.....	32
2.5.4	Gateway IP.....	35
2.5.5	Otros elementos.....	35
2.6	VoIPv6 .....	35
2.6.1	Estructura.....	36
2.6.2	Ventajas de VoIPv6.....	38
CAPITULO III .....		41
ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....		41
3.1	Antecedentes .....	41
3.2	Situación Actual .....	42
3.3	Topología de la red de Telefonía IP en la Universidad.....	43
3.3.1	Diagrama topológico físico.....	44
3.3.2	Mapa de puertos de voz en los equipos de distribución de datos.....	46
3.3.3	Topología lógica: VLAN y extensiones.....	46
3.4	Infraestructura de red de Telefonía en la Universidad .....	53
3.4.1	Central telefónica IP Elastix.....	53
3.4.2	Equipos terminales.....	55
3.4.3	Gateway de voz CISCO-3225.....	59

3.4.4	Firewall ASA 5520. ....	60
3.4.5	Exinda 4761. ....	60
3.4.6	Switch 4510.....	61
3.5	Requerimientos para la Migración a IPv6.....	61
3.5.1	Rango de direcciones IPv6.....	62
3.5.2	Equipos de distribución de datos con soporte en IPv6.....	63
3.5.3	Equipos terminales con soporte en IPv6. ....	65
CAPÍTULO IV .....		68
DISEÑO Y MIGRACIÓN DEL SISTEMA DE TELEFONIA IP DEL PROTOCOLO IPv4 A IPv6.....		68
4.1	Comprobación de Requerimientos para la Migración.....	68
4.2	Diseño del Plan de Migración .....	68
4.2.1	Actividades a realizarse.....	69
4.3	Direccionamiento IPv6 a Implementarse. ....	69
4.4	Configuración del Direccionamiento en los equipos .....	77
4.4.1	Central Elastix Elx5000. ....	77
4.4.2	Estado de la VLAN de voz en la universidad. ....	81
4.4.3	Equipos terminales. ....	82
CAPÍTULO V .....		85
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOCOLO IPv6 EN EL SISTEMA DE TELEFONIA IP.....		85
5.1	Pruebas de Conectividad en IPv6.....	85

5.1.1	Servidor Elastix.....	85
5.1.2	Gateway de VLAN de voz.....	87
5.1.3	Equipos terminales.....	88
5.2	Prueba de Funcionamiento del Sistema de Telefonía en IPv4 y en IPv6 (DUAL STACK).....	93
5.3	Desactivación del Protocolo IPv4 en los equipos terminales y Pruebas de funcionamiento en IPv6 nativo .....	95
5.3.1	Pruebas de funcionamiento del sistema en IPv6 nativo.....	96
5.3.2	Llamadas internas entre extensiones telefónicas.....	96
5.3.3	Llamadas externas hacia la PSTN.....	97
5.3.4	Llamadas externas hacia la universidad.....	99
CAPITULO VI.....		101
ANÁLISIS DE COSTOS .....		101
6.1	Presupuesto.....	101
CONCLUSIONES.....		103
RECOMENDACIONES .....		104
GLOSARIO DE TERMINOS .....		106
REFERENCIAS .....		109
ANEXOS.....		112
ANEXO A. MAPA DE PUERTOS DE VOZ.....		112
ANEXO B. PROCESO DE REGISTRO Y CONFIGURACIÓN DE LOS TELÉFONOS EN IPV6.....		119

ANEXO C. PROCESO DE CREACIÓN DE EXTENSIONES SIP EN LA CENTRAL ELASTIX ELX5000 .....	125
ANEXO D CONFIGURACION DE PORT MIRRORING EN EL SW NEXUS	131
ANEXO E. PROCESO DE CAPTURA DE PAQUETES CON WIRESHARK..	134
ANEXO F. PROFORMA DE EQUIPAMIENTO .....	137
ANEXO G. VERSIÓN DE IOS DEL SWITCH CISCO CATALYST 4510 .....	138

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Red Nacional de fibra óptica de Cedia otorgada por Telconet.....	12
<b>Figura 2.</b> Cabecera de la trama IPv6.....	17
<b>Figura 3</b> Representación de una dirección IPv6.....	19
<b>Figura 4.</b> Formato básico de una dirección IPv6 .....	21
<b>Figura 5</b> Funcionalidad en los tres tipos de direccionamiento IPv6.....	22
<b>Figura 6</b> Estructura de una dirección IPv6.....	23
<b>Figura 7</b> Mecanismo de Transición Dual Stack .....	27
<b>Figura 8.</b> Topología física del sistema de telefonía IP de la UTN .....	44
<b>Figura 9.</b> Topología lógica del sistema de telefonía IP de la UTN.....	47
<b>Figura 10.</b> Appliance Elx5000.....	54
<b>Figura 11.</b> Teléfono Yealink VP-530.....	55
<b>Figura 12.</b> Teléfono Yealink SIP-T46G.....	57
<b>Figura 13.</b> Teléfono IP Yealink SIP-T28P.....	58
<b>Figura 14.</b> Gateway de voz Cisco MC3800 .....	59
<b>Figura 15.</b> Firewall ASA 5520.....	60
<b>Figura 16.</b> Controlador de ancho de banda Exinda 4761 .....	60
<b>Figura 17.</b> Switch Cisco Catalyst 4510.....	61
<b>Figura 18.</b> Soporte IPv6 en la eth0 del Appliance Elx5000.....	63
<b>Figura 19.</b> Soporte protocolo SIP en el Appliance Elx5000.....	64
<b>Figura 20.</b> Soporte IPv6 del SIP-T46G.....	66
<b>Figura 21.</b> Soporte IPv6 del SIP-T28P .....	66
<b>Figura 22.</b> Codecs de voz del SIP-T46G .....	67
<b>Figura 23.</b> Codecs de voz del SIP-T28P .....	67

<b>Figura 24.</b> Ingreso en modo root al Elastix.....	77
<b>Figura 25.</b> Configuración de eth0 en IPv4 e IPv6 del Elx5000 .....	78
<b>Figura 26.</b> Habilitación de IPv6 en la central.....	79
<b>Figura 27.</b> Parámetros de la eth0.....	79
<b>Figura 28.</b> Modificación del fichero sip.conf.....	80
<b>Figura 29.</b> Configuración del archivo manager.conf .....	81
<b>Figura 30.</b> Estado del teléfono SIP-T46G.....	83
<b>Figura 31.</b> Estado del teléfono SIP-T28P.....	84
<b>Figura 32.</b> Resultado del ping a la IP de la central telefónica.....	86
<b>Figura 33.</b> Ping desde la PC a la IPv6 de la central telefónica .....	86
<b>Figura 34.</b> Acceso web en IPv6 al Elx5000 .....	87
<b>Figura 35.</b> Ping hacia el gateway de la VLAN de voz.....	87
<b>Figura 36.</b> Ping a IPv6 de Teléfono SIP-T28P. ....	88
<b>Figura 37.</b> Resultado ping desde la PC al teléfono SIP-T28P .....	89
<b>Figura 38.</b> Acceso web al teléfono mediante IPv6.....	89
<b>Figura 39.</b> Registro de la cuenta IPv6 en el teléfono. ....	90
<b>Figura 40.</b> Ping a Teléfono SIP-T46G .....	90
<b>Figura 41.</b> Resultado ping desde la PC al teléfono SIP-T46G.....	91
<b>Figura 42.</b> Acceso web al teléfono con la dirección IPv6.....	91
<b>Figura 43.</b> Registro de la nueva cuenta IPv6 del teléfono. ....	92
<b>Figura 44.</b> Topología en doble pila. ....	93
<b>Figura 45.</b> Establecimiento de conexión e intercambio de paquetes de la llamada IPv4.....	94
<b>Figura 46.</b> Establecimiento de conexión e intercambio de paquetes de llamada IPv4 a IPv6.....	95

<b>Figura 47.</b> Llamada VoIP realizadas entre extensiones: 7048 a 7053 en IPv6.....	96
<b>Figura 48.</b> Establecimiento de una sesión SIP en IPv6 entre extensiones 7048 y 7053 .....	97
<b>Figura 49.</b> Proceso de llamada externa. ....	98
<b>Figura 50.</b> Establecimiento de una sesión SIP en IPv6 entre una extensión y un número externo. ....	98
<b>Figura 51.</b> Proceso de llamada hacia la PSTN .....	99
<b>Figura 52.</b> Establecimiento de una sesión SIP en IPv6 entre un número en la PSTN y una extensión. ....	99
<b>Figura 53.</b> Acceso Web a los teléfonos Yealink .....	119
<b>Figura 54.</b> Ingreso de credenciales en los teléfonos.....	119
<b>Figura 55.</b> Estado del teléfono Yealink.....	120
<b>Figura 56.</b> Configuración de IPv6 en el teléfono .....	121
<b>Figura 57.</b> Configuración de cuenta IPv6 en el teléfono. ....	122
<b>Figura 58.</b> Registro de la cuenta IPv6 en la central telefónica.....	122
<b>Figura 59.</b> Desactivación de la cuenta 1 IPv4 en el teléfono .....	123
<b>Figura 60.</b> Estado del teléfono con la cuenta en IPv6.....	124
<b>Figura 61.</b> Ingreso vía Web a la central telefónica .....	125
<b>Figura 62.</b> Ingreso al menú de configuraciones de la central.....	126
<b>Figura 63.</b> Tipo de extensión a ser creada.....	126
<b>Figura 64.</b> Configuración de extensión, usuario y clave de la extensión a ser creada. .....	127
<b>Figura 65.</b> Configuración de buzón de voz e idioma de una extensión telefónica en Elastix. ....	128
<b>Figura 66.</b> Extensiones creadas en la central telefónica .....	128

<b>Figura 67.</b> Configuración de privilegios de llamadas para una extensión en Elastix. .....	129
<b>Figura 68.</b> Aplicación de confirmación de parámetros configurados .....	129
<b>Figura 69.</b> Registro de la extensión en la central telefónica. ....	130
<b>Figura 70.</b> Topología para realizar el port mirroring. ....	131
<b>Figura 71.</b> Verificación de configuración del port mirroring en el Nexus.....	132
<b>Figura 72.</b> Estado de la configuración del port mirroring en el switch Nexus. ....	133
<b>Figura 73.</b> Selección de la interfaz conectada a la red. ....	134
<b>Figura 74.</b> Barra de opciones de Wireshark.....	134
<b>Figura 75.</b> Opciones de telefonía de Wireshark.....	135
<b>Figura 76.</b> Registro de llamadas realizadas.....	135
<b>Figura 77.</b> Proceso de una sesión SIP en una llamada telefónica. ....	136
<b>Figura 78.</b> Versión del switch Cisco Catalyst 5410.....	138

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Protocolos de enrutamiento en IPv6 .....	24
Tabla 2 Beneficios VoIPv6 respecto a VoIPv4.....	39
Tabla 3. Departamentos y extensiones telefónicas en la UTN.....	47
Tabla 4 Especificaciones técnicas del Elx5000 .....	54
Tabla 5. Características principales del Yealink VP-530.....	56
Tabla 6 Características del SIP-T46G.....	57
Tabla 7 Características del SIP-T28P .....	58
Tabla 8. Elementos necesarios para la migración .....	68
Tabla 9. Requerimiento de direcciones IPv6 .....	70
Tabla 10. Distribución general de direcciones en IPv6.....	70
Tabla 11. Direccionamiento IPv6 en extensiones telefónicas.....	71
Tabla 12. Presupuesto referencial .....	101
Tabla 13. Lista de equipos por adquirir. ....	102
Tabla 14. Mapa de puertos de voz. ....	112

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo migrar el sistema de telefonía IP del protocolo IPv4 al IPv6 en la Universidad Técnica del Norte. Se realizó la justificación del proyecto y la necesidad de la implementación del protocolo IPv6 en las redes de datos, así como algunos beneficios de la implementación de este protocolo. Se elaboró el fundamento teórico recopilando información de libros, revistas, tesis, artículos y sitios web, relacionados con IPv6 y VoIPv6. Se hizo el levantamiento de información del estado actual de la red, de los equipos y dispositivos que intervienen en el sistema, configuraciones, topologías física y lógica. Para el diseño se realizó una tabla de direccionamiento IPv6, para luego ser configurado en los equipos del sistema. Se utilizó Dual Stack como método de coexistencia entre IPv4 e IPv6 en los equipos. Una vez probado el funcionamiento se realizó la implementación definitiva en el sistema, migrando el sistema telefónico al protocolo IPv6. Finalmente se redactaron las conclusiones y recomendaciones producto de la investigación y el trabajo realizado.

## ABSTRACT

The objective of this project is to migrate the IP telephony system from IPv4 to Ipv6 protocol at the Universidad Técnica del Norte. The justification of the project was carried out and the need for the implementation of IPv6 data networks, also some benefits of the implementation of this protocol. The theoretical foundation was developed by gathering information from books, journals, theses, articles and websites related to IPv6 and VoIPv6. Gathering information on the current state of the network was held, equipment and devices involved in the system, configurations, physical and logical topologies. For the design, ipv6 routing table was made, to then be configured in the system elements. Dual Stack was used as a method of coexistence between IPv4 and IPv6 on the system equipment. After testing operation, the final implementation was done in the system, the telephone system migrating to IPv6 protocol. Finally, conclusions and recommendations product research and work done are written.

## CAPITULO I

### ANTECEDENTES

#### 1.1 Problema.

El agotamiento de direcciones IPv4, el surgimiento de nuevos dispositivos que requieren de un direccionamiento IP para poder interactuar con el internet, la llegada del internet de las cosas a nivel global, la creciente transición del protocolo IPv4 a IPv6 en los principales sistemas de telecomunicaciones a nivel mundial, son una realidad que hacen ver la importancia y la necesidad del protocolo IPv6 en la actualidad.

La mayoría de los centros de estudios superiores en el Ecuador, así como los centros de investigación han migrado o se encuentran en un proceso de transición del protocolo IPv4 al IPv6 en sus servicios. La Universidad Técnica del Norte (UTN), por su parte, posee una amplia infraestructura de telecomunicaciones que está regido por el protocolo IPv4, además tiene asignado un rango de direcciones IPv6 por parte del Consorcio Ecuatoriano para el Desarrollo de Internet Avanzado (CEDIA) para que sea implementado en sus sistemas y de esta manera la universidad pueda realizar la transición de sus servicios del protocolo IPv4 al IPv6.

Para poder cumplir con el objetivo de migrar los servicios de telecomunicaciones en la universidad de una forma progresiva y adecuada, sin que afecte la operatividad y funcionalidad de sus servicios, se plantea migrar el sistema telefónico IP de la universidad del protocolo IPv4 al IPv6, de esta manera formar parte en el proceso de transición al protocolo IPv6 en toda la universidad. Este hecho permitirá a la universidad ser contada entre las instituciones que se encuentran en el proceso de transición al nuevo protocolo IPv6

y que cumplen con el compromiso de innovar y estar a la vanguardia de las nuevas tecnologías.

Con la creciente necesidad de la implementación del protocolo IPv6 en la actualidad y con todos los recursos en la infraestructura de telecomunicaciones que posee la Universidad Técnica del Norte, se plantea la migración del sistema telefónico IP del protocolo IPv4 al IPv6 en la universidad, de esta manera ser parte del inicio en el proceso de transición que tendrá que realizar la universidad en cada uno de sus sistemas con la implementación del nuevo protocolo IPv6.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General.**

- Migrar el sistema de telefonía IP del protocolo IPv4 a IPv6 en la Universidad Técnica del Norte.

### **1.2.2 Objetivos Específicos.**

- Considerar la necesidad de la implementación del nuevo protocolo IPv6 en los sistemas de telecomunicaciones.
- Realizar un levantamiento de información del estado actual del sistema de telefonía IP de la universidad con todos los equipos y dispositivos de telecomunicaciones que forman parte de ella.
- Configurar un direccionamiento IPv6 adecuado, usando un rango de direcciones IPv6 otorgada por el CEDIA en los equipos que forman parte del sistema de telefonía IP en la universidad.
- Realizar pruebas de verificación del funcionamiento del sistema de telefonía IPv6 implementado en la universidad.

### 1.3 Justificación

Debido a varios factores, como: el agotamiento de las direcciones IPv4 disponibles, la creciente demanda de direcciones IP para que los dispositivos de telecomunicaciones puedan inter operar entre ellos, el surgimiento del internet de las cosas, el actual proceso de transición, coexistencia y posterior migración al protocolo IPv6 en los principales institutos de educación superior, centros de investigación, empresas de telecomunicaciones a nivel mundial; es necesario la implementación y la coexistencia, en las entidades que poseen una infraestructura de red, con el nuevo protocolo de internet conocido como IPv6, de manera que se garantice el acceso a los servicios de internet. Cabe mencionar que casi todos los servicios de internet están trabajando en IPv6 e IPv4 conjuntamente, con la intención de promover la rápida transición a este protocolo.

En Ecuador el Consorcio Ecuatoriano para el Desarrollo de Internet Avanzado (CEDIA) tiene asignado un rango de direcciones IPv6 a cada uno de los centros de educación superior y centros de investigación que forman parte de este consorcio, con el compromiso de que sea implementado en sus sistemas y de esta manera pueda coexistir entre los dos protocolos y, posteriormente, migrar sus servicios del protocolo IPv4 al IPv6; algunos de estos centros ya se encuentran en el proceso de transición y tienen implementados métodos de coexistencia entre los dos protocolos.

La Universidad Técnica del Norte se ha proyectado a cumplir con este objetivo, tiene un rango de direcciones IPv6 otorgados por CEDIA, que todavía no han sido utilizadas para alguna función, un paso fundamental para este proceso sería la migración del sistema de telefonía IP al protocolo IPv6 ya que posee la infraestructura y la tecnología adecuada para realizar dicho proceso. El sistema de telefonía con el que cuenta la universidad está basado en la plataforma Elastix, el cual soporta el protocolo IPv6. Si se migra el sistema telefónico

al protocolo IPv6 se tendría una parte de la red en general de toda la universidad trabajando con el protocolo IPv6, esto demostraría que la institución se encuentra en el proceso de transición al nuevo protocolo de internet. Además, migrando el sistema telefónico, éste ya no influirá a futuro en el proceso de transición al nuevo protocolo de los demás sistemas de telecomunicaciones que forman parte de la universidad, de esta forma se reducirá el trabajo, tiempo, no generará conflictos con otros sistemas y promoverá proceso de transición al protocolo IPv6 en toda los demás sistemas de telecomunicaciones que forman parte de la universidad.

#### **1.4 Alcance**

El presente proyecto tiene como objetivo migrar el sistema de telefonía IP del protocolo IPv4 al IPv6 en la Universidad Técnica del Norte, el cual permitirá la comunicación telefónica IP en la universidad y que, además, no interfiera en el posterior proceso de transición de los demás servicios de telecomunicaciones en la universidad de forma progresiva.

En principio, se dará lugar a un análisis acerca de la necesidad de la implementación del protocolo IPv6 en las redes de datos actuales, el crecimiento de las entidades que han adoptado este nuevo protocolo, así como el beneficio que implica la implementación de este nuevo protocolo. Se describirá de forma general lo referente al protocolo IPv6 y la tecnología de transmisión de Voz sobre IPv6.

Se realizará una investigación que permita conocer el estado actual de la red, los equipos y dispositivos que intervienen en el sistema de telefonía IP de la universidad, las configuraciones de los mismos, la topología en la que se encuentran configurados, el mapeo de los puertos que se utilizan en el segmento telefónico, esto permitirá tener una idea clara

del escenario en el cual se quiere trabajar para tomar las decisiones más adecuadas a ese ambiente.

Se procederá a realizar una tabla de direccionamiento del rango de direcciones IPv6 que se tiene asignadas y posteriormente una distribución de estas direcciones a cada equipo del sistema telefónico. Se realizará un proceso de verificación para ver si los equipos soportan la configuración del protocolo IPv6 en sus sistemas, en este caso se realizará en los equipos que forman parte de la plataforma Elastix, que es la que se tiene implementada en la universidad. De ser necesario, se propondrá la adquisición de un nuevo equipamiento con soporte IPv6, para ser implementado en el sistema telefónico.

Antes de la implementación definitiva del protocolo IPv6, se utilizará Dual Stack como método de coexistencia entre IPv4 e IPv6, el cual permitirá verificar que los equipos de telefonía soportan y trabajan con el protocolo IPv6 y de esta manera poder realizar las pruebas de funcionamiento que se requieran en el sistema de telefonía IP de la universidad, sin afectar a la operatividad de la red actual y del segmento telefónico que se encuentra trabajando en IPv4. Una vez probado el funcionamiento en una parte del sistema con el nuevo protocolo se realizará la implementación definitiva en el sistema, migrando todo el sistema telefónico al nuevo protocolo IPv6.

Para la implementación del nuevo protocolo IPv6 en el sistema telefónico se eliminará Dual Stack como método de coexistencia entre las dos versiones del protocolo IP, se borrará el direccionamiento en IPv4 en las configuraciones de los equipos y se dejará al sistema telefónico operando en IPv6 nativo ya que la intención es migrar el sistema telefónico al nuevo protocolo de forma directa en una fecha oportuna, en la que no se origine inconvenientes con los demás sistemas o con el personal que utiliza el sistema telefónico. Para esto se realizará la configuración del nuevo direccionamiento inicialmente en las

centrales telefónicas que se encuentran en el Data Center y luego en los demás equipos que forman parte del sistema.

Se realizará las debidas pruebas de funcionamiento del sistema telefónico implementado, como las llamadas entre las extensiones, entre usuarios, llamadas externas o salida a la PSTN (Public Switched Telephone Network); todo esto con el fin de comprobar que el sistema telefónico se encuentra operando correctamente en IPv6 nativo. Al final se redactará las conclusiones y recomendaciones producto de la investigación y el trabajo realizado.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describe de forma general todos los elementos que intervienen en el presente proyecto; se hace un realce especial a los temas que se juzgan como los más importantes y que afectan de manera sustancial al desarrollo del proyecto, para una comprensión clara de lo que se quiere realizar.

#### 2.1 Necesidad del Protocolo IPv6

El protocolo de internet (IP) es el protocolo usado para la transmisión de datos a través de una red de paquetes conmutados, es un protocolo no orientado a conexión. Se encuentra ubicado en la capa 3 del modelo de referencia OSI y en la capa 2 de la arquitectura TCP/IP; su función es entregar paquetes de información desde un nodo origen hacia un nodo destino, esta acción la realiza basándose en la dirección escrita en cada paquete de información. El protocolo IP cuenta con varias versiones, siendo la versión 4 (IPv4) la más utilizada a nivel mundial; en la actualidad, el protocolo IPv4 se sigue utilizando tanto para la comunicación en redes internas o intranets, como también para la comunicación con redes externas o globales como la Internet (Cáceres & Ortiz, 2010). Entre las principales características que hacen que IPv4 haya sido el protocolo dominante en Internet, se encuentran:

- **Direccionamiento:** IPv4 otorga una dirección única a cada dispositivo de capa 3 de OSI dentro de una red de paquetes, dándole identidad al equipo dentro de la red.

- **Enrutamiento:** Posee una serie de mecanismos o protocolos de enrutamiento que le permiten el envío de paquetes de información, basándose en las direcciones IP, desde un nodo origen hacia un nodo destino.
- **Encapsulación:** Se encuentra ubicado en la capa 3 del modelo OSI y puede operar sobre diversos protocolos de capas inferiores, al formar parte de un modelo y una arquitectura basada en capas, cumple con funciones de encapsulamiento y des encapsulamiento, respectivamente.
- **Mejor Esfuerzo:** Provee la transmisión de paquetes no confiable o conocida como el mejor esfuerzo, no garantiza que los paquetes de información que se envían lleguen correctamente a su destino.

Esta versión del protocolo IP no ha variado sustancialmente desde su publicación inicial, ha demostrado ser robusto, de una implementación fácil y con la facultad de interactuar y operar con protocolos de capas inferiores. Es por eso que se convirtió en el protocolo estándar de Internet y que contribuyó con el crecimiento de éste. Sin embargo, en los últimos años, este protocolo ha presentado un gran problema producto de la evolución de nuevas tecnologías y del crecimiento a gran escala de dispositivos que requieren la conexión con el internet (Cáceres & Ortiz, 2010).

### **2.1.1 Agotamiento de las direcciones IPv4.**

A pesar de que, cuando se creó el protocolo IPv4, se pensaba que en ningún momento se llegaría a abarcar toda su capacidad de direcciones; sin embargo en los últimos años se ha evidenciado que el protocolo con sus  $2^{32}$  direcciones tendieron a escasear. Con IPv4 se tiene un total de 4.294'967.296 direcciones a ser utilizadas a nivel mundial (Palet, 2011), que en principio eran suficientes, pero al pasar los años, con la evolución de la tecnología, el crecimiento del internet y las formas de acceder a el mismo, fue necesario buscar métodos

y formas que optimizaran el uso de direcciones. En un primer momento se idearon un par de mecanismos para alargar la vida de este protocolo, a estos mecanismos se le conoce como CIDR (*Classless Inter-Domain Routing*) y NAT (*Network Address Translation*) que inicialmente cumplieron con su objetivo (Palet, 2011), pero que al seguir evolucionando la tecnología y al crearse nuevos dispositivos que requieren el acceso al internet estos mecanismos ya no son suficientes (Miralles, 2014)

Otra forma de aplacar el agotamiento de direcciones IPv4 es un cambio de políticas de asignación de direcciones por parte de la IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*), existen direcciones que por varias razones no han sido utilizadas, se piensa que mediante la reasignación y la optimización del uso de estas direcciones se puede cubrir con la demanda de direcciones (Cicileo, y otros, 2009). Se han realizado algunos estudios para la estimación de fechas en las cuales se determinaría el agotamiento de direcciones IPv4, una de las fuentes es el sitio “IPv4 Address Report” el cual se basa en el comportamiento y la demanda histórica de bloques de direcciones IP a nivel mundial. En base a estos estudios se consideraba que en marzo del 2011 se habrían agotado bloques de direcciones /8 y que ya no se podían solicitar bloques adicionales, sólo podrían administrar los bloques que se les tenían asignado con anterioridad; para mayo del 2012 se habrían agotado todas las reservas de direcciones (Baquía, 2011). Entre las causas principales y que se puede mencionar, en el agotamiento de direcciones IP a nivel mundial, están:

- Gran cantidad de población en lugares como China, India, Indonesia y África, quienes todavía no se encuentran conectados.
- El número de personas conectadas al internet se calcula que es alrededor de 77 millones por año.

- El aumento de dispositivos electrónicos como smartphones, tablets, portátiles, entre otros; los cuales requieren del acceso al internet para el funcionamiento de sus aplicaciones.
- El surgimiento del internet de las cosas, el cual tiene como concepto de que cada objeto pueda conectarse al internet, ya no se habla solamente de dispositivos electrónicos, sino de cosas comunes, incluso personas conectadas al internet, cada una de ellas con una dirección IP única (Cáceres & Ortiz, 2010).

Todo lo dicho anteriormente hace ver la necesidad de implementar un nuevo método o recurso que pueda dar solución a la gran demanda de direcciones IP a nivel mundial.

### **2.1.2 La Implementación de IPv6 en los servicios actuales.**

En los últimos años, el surgimiento del nuevo protocolo de internet IPv6, ha ido tomando importancia, gracias a que su estructura satisface las necesidades mencionadas anteriormente; como se verá posteriormente, IPv6 posee un número de direcciones que supera a IPv4 en gran medida y con las cuales se puede satisfacer la demanda actual de direcciones a nivel mundial para operar con internet. Esto ha permitido que algunos servicios que anteriormente operaban en IPv4 ahora también operen con IPv6 (Portal IPv6, s.f.), así se puede mencionar que google, youtube, entre otras, soporten IPv6 (Task Force Ecuador, s.f.).

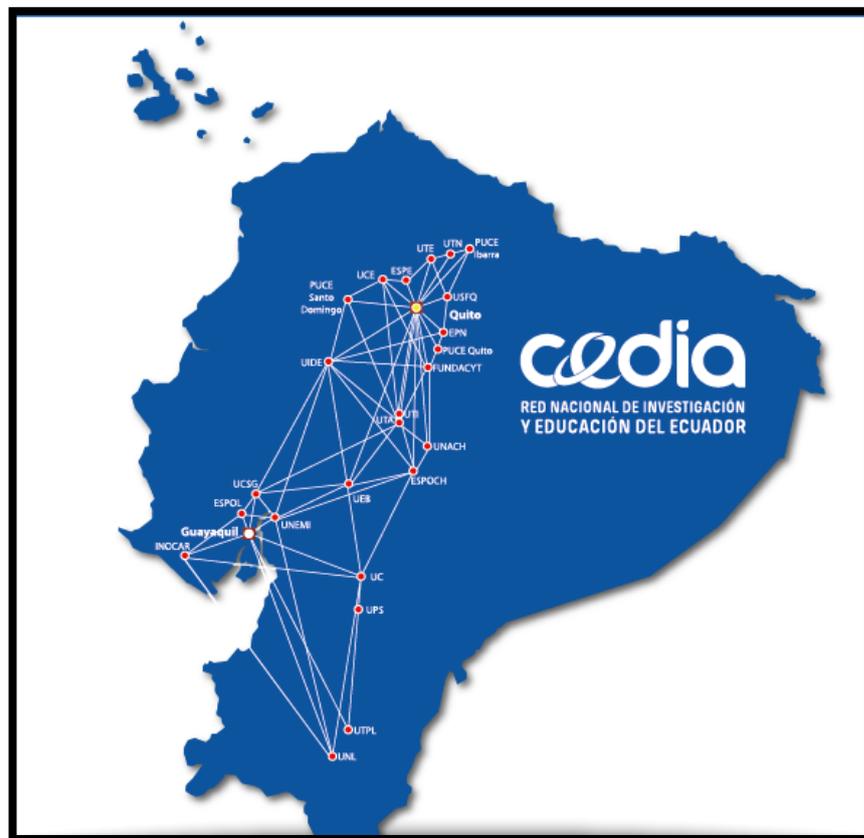
En países de gran demanda poblacional, como en la India, y que requerían de direcciones para conectarse al internet, establecieron como políticas de gobierno el uso de IPv6 en todos sus sistemas y equipos, de manera que el nuevo protocolo se encuentre operando en las nuevas plataformas y aplicaciones relativas a la gobernanza en ese país. En China, desde el 2003, se viene impulsando la investigación académica de IPv6, en el 2008 la red de oficinas y departamentos del gobierno chino pudieron ser interconectados

utilizando este protocolo; para el 2009, se pudo acceder a más de 200 sitios web (Palet, 2011). En los Estados Unidos el despliegue fue por parte del Departamento de Defensa, todo esto porque ha formado parte de una política de gobierno, volviendo obligatoria la transición a IPv6. En Colombia, el Ministerio de la Información y Comunicación, ha solicitado a todas las entidades que forman parte del gobierno la implementación de métodos y mecanismos para garantizar la correcta transición al protocolo IPv6 (Palet, 2011).

En el Ecuador, la transición a IPv6 ya ha comenzado. Se creó en el 2009 la Fuerza de Trabajo de IPv6 (IPv6TF\_EC) por parte de la AEPROVI, la cual cuenta con la participación de varios sectores de la industria, educación, tecnología y gobierno, con la finalidad de fomentar la adopción rápida del nuevo protocolo. Los acuerdos ministeriales No. 007-2012 y No. 039-2012 por parte del MINTEL (Ministerio de Telecomunicaciones) del 2012, no hacen más que exigir al sector público la adopción de mecanismos para la transición al nuevo protocolo en todos sus sitios web y plataformas de servicios electrónicos, de manera que pueda generar tráfico en IPv6 a nivel nacional y permitir que dichos recursos públicos sean visibles a nivel mundial, de esta forma se implementó IPv6 en coexistencia con IPv4 en los sitios web *www.mintel.gob.ec* y *www.conatel.gob.ec*, así como en las plataformas de servicios electrónicos asociadas a los portales web del ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, en el Consejo Nacional de Telecomunicaciones y la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

Entre los principales proveedores de Internet en el Ecuador está Telconet quien es el único que posee una red NGN (Next Generation Network) en IPv6, sobre esta red opera CEDIA como se puede observar en la Figura 1; además, se encuentra Transnexa la cual posee una plataforma IP/MPLS para soportar el tráfico IPv6 de forma nativa.

En el sector académico, los centros de estudios que han implementado IPv6 en sus plataformas y sistemas son: la Universidad Técnica Particular de Loja, la Universidad de Loja y la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Además, todos estos centros de estudio pertenecen a la RedCLARA, que es la red que vincula todas las redes nacionales de investigación y educación en la región de Latinoamérica, esta red se encuentra regida por el protocolo IPv6 de forma nativa.



**Figura 1.** Red Nacional de fibra óptica de Cedia otorgada por Telconet.  
Fuente: <http://www.telconet.net/servicios/internet2>

### 2.1.3 Beneficio de la implementación de IPv6.

De forma general, los principales beneficios que se tiene al implementar el protocolo IPv6 en los centros de redes actuales son:

- Se resuelve el problema de escasez de direcciones IP y se tiene un número amplio de direcciones a ser utilizadas.
- Una administración más eficiente de las direcciones. IPv6 al ser un protocolo jerárquico, permite tener un registro ordenado del direccionamiento.
- Se eliminan los métodos que permitieron extender la vida del protocolo IPv4, como CIDR y NAT, que además, en ciertas aplicaciones de tiempo real, son los causantes de pérdidas de paquetes de información.
- Administración más sencilla del protocolo TCP/IP.
- Se crea un diseño moderno para el enrutamiento de los paquetes en las redes, se reduce el tiempo de procesamiento en los equipos al momento de revisar las tablas de enrutamiento, de esta manera se reduce el retardo y la latencia.
- Brinda una mejor QoS.

## **2.2 Factores para la Migración a IPv6**

Como se dijo anteriormente, en la actualidad, en los gobiernos de los países desarrollados y en vías de desarrollo se está impulsando el uso de IPv6 y se ha establecido su uso como políticas de gobierno mediante decretos de ley; sin embargo, esto todavía no es suficiente. Uno de los principales problemas que enfrenta IPv6 es que para la mayoría de empresas y organizaciones su implementación no representa un gasto justificado. El tráfico generado por IPv6 en Internet de forma nativa, es muy bajo, la mayor parte de este tráfico corresponde a las universidades y centros de investigación que trabajan en el tema IPv6 (Baquía, 2011). A pesar de todo esto se puede tomar en cuenta dos principales factores, que motivarían el uso del protocolo IPv6.

### **2.2.1 Factores Comerciales.**

- La implementación de IPv6 puede ser considerado como un movimiento estratégico. Su implementación en las redes empresariales les permiten estar a la vanguardia tecnológica y preparadas para futuras necesidades, esto generaría una cierta ventaja respecto a la competencia.
- Se puede generar un ahorro significativo de los costos al comprar un nuevo equipamiento. Muchos de los fabricantes de tecnología buscan impulsar la implementación de IPv6, ofreciendo descuentos para las organizaciones que compren estos equipos.
- La realización de un plan de migración hecha con anticipación siempre resultará más económica y organizada que una migración tardía.
- El protocolo IPv6 abre las puertas a nuevos productos y servicios ofrecidos por las empresas TIC, las cuales permiten generar nuevos proyectos que no podrían ser realizados utilizando IPv4.

### **2.2.2 Factores Tecnológicos.**

El desarrollo de la tecnología ha hecho que IPv6 ya se posicione como un estándar al momento de producir equipos de tecnología que inter operan con el internet (Baquía, 2011):

- En la actualidad casi todos los sistemas operativos, equipos de red y dispositivos móviles soportan IPv6 en sus firmwares.
- La existencia de equipos especializados de red como switches, routers, firewalls, etc. Con soporte de IPv6.
- Algunos ISP cuentan con soporte de IPv6 y brindan este tipo de conectividad a usuarios finales.

- IPv6 facilita la implementación de mecanismos de seguridad y de control de tráfico en redes IP.
- El internet de las cosas hace que todos sus módulos o dispositivos soporte el direccionamiento IPv6, ya que se requiere un gran número de direcciones para satisfacer esta tecnología.

### **2.3 El Protocolo IPv6**

El RFC 2460 menciona que el protocolo IPv6 es la nueva versión del Protocolo de Internet, diseñando para suceder al protocolo IPv4. A este protocolo también se lo conoce como “IPng” (IP Next Generation). El protocolo comenzó a desarrollarse en el año 1990, la razón fue que para esa fecha ya se empezaba hablar de un posible agotamiento de direcciones IP a futuro. IPv6 fue adoptado por el IETF (Internet Engineering Task Force) quienes fueron los que presentaron sus primeras recomendaciones.

IPv6 posee un espacio de direcciones mucho más amplio que IPv4, lo que garantiza que cualquier dispositivo que posea una tarjeta NIC pueda obtener una dirección para su adecuado funcionamiento sin ninguna dificultad y sin el temor a que en algún momento estas direcciones se lleguen a agotar.

Como se dijo anteriormente, IPv4 tiene un espacio de direcciones de 32 bits, lo que da un total de  $2^{32}$  direcciones IP (4.294`967.296 direcciones). En su lugar, IPv6 posee un espacio de direcciones de 128 bits, lo que da un total de  $2^{128}$  direcciones IP (340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456 direcciones) (Portal IPv6, s.f.).

#### **2.3.1 Características del protocolo.**

Entre las principales características que tiene este protocolo se pueden mencionar las siguientes:

- **Mayor número de direcciones:** como ya se señaló anteriormente, el tamaño de la dirección IP aumenta de 32 a 128 [bits], lo que hace que el número de direcciones se incremente considerablemente alrededor de  $3 * 10^{38}$  direcciones disponibles.
- **Un direccionamiento jerárquico:** en IPv6 las direcciones globales están diseñadas de tal manera que se pueda establecer una infraestructura eficiente, ordenada, jerárquica y resumida de enrutamiento basada en la existencia de diversos niveles de ISP. Esto hace que las tablas de enrutamiento sean más pequeñas.
- **Nuevo formato de cabecera en el paquete IP:** el tamaño de la cabecera en IPv6 es mayor que en IPv4, pero IPv6 muestra un formato más simplificado. Se eliminan campos que en la práctica no eran utilizados en IPv4, de esta forma se hace un manejo más eficiente de los paquetes. Con la incorporación de cabeceras adicionales en IPv6 se permiten futuras expansiones.
- **Autoconfiguración:** esta característica permite a un nodo dentro de una red IPv6 auto asignarse una dirección sin intervención del usuario, a este mecanismo se le conoce como, “stateless address configuration”.
- **Descubrimiento de vecinos:** con este protocolo se eliminan los mensajes de broadcast que se generaban con el ARP y “Router Discovery” en IPv4.

### 2.3.2 Estructura del paquete IPv6.

Un paquete IPv6 tiene un tamaño fijo de cabecera de 40 [bytes], el doble de la cabecera IPv4. Esto se debe a que la dirección IPv6 tanto de origen como de destino aumentan en tamaño de 32 a 128 [bits] cada una (RFC 2460). La Figura 2 muestra la estructura del paquete IPv6.

0	4	8	12	16	20	24	28	31
Versión	Clase de Tráfico		Etiqueta de Flujo					
Longitud de la Carga Útil				Siguiete Cabecera		Límite de Saltos		
Dirección Origen (128 bits)								
Dirección Destino (128 bits)								

**Figura 2.** Cabecera de la trama IPv6.  
**Fuente:** (Miguel Miralles Cabeza). Pag. 3

A continuación se dará una explicación general de cada campo:

- *Versión (Version)*: indica la versión del protocolo IP que se está usando, en este caso toma siempre el valor 6.
- *Clase de Tráfico (Traffic Class)*: se usa para distinguir entre las diferentes clases o prioridades de tráfico al que el paquete IPv6 pertenece. Tiene las funciones de “servicio diferenciado”.
- *Etiqueta de Flujo (Flow Label)*: solicita un manejo especial por los enrutadores IPv6, tal como la calidad de servicio no estándar o el servicio en tiempo real, este es muy útil para asegurar la calidad de servicio en la transmisión de voz.

Flujo en transmisión de voz IP se refiere a la secuencia de paquetes transmitidos entre un origen y un destino, para lo cual el origen debe tener un tratamiento especial por parte de los enrutadores intermedios, todos los paquetes que se generan en la conversación deben tener los mismos valores que se otorgan para asegurar la calidad de servicio y de esta forma ser tratados del mismo modo por todos los enrutadores intermedios (Gamboa, López, & Salcedo, 2012).

- *Longitud de la Carga Útil (Payload Length)*: es un entero sin signo de 16 bits que permite ver la longitud de la carga útil IPv6, es decir, el resto del paquete que sigue

a la cabecera IPv6, en octetos. Las cabeceras adicionales son consideradas parte de la carga útil.

- *Siguiente Cabecera (Next Header)*: indica cual es el tipo de cabecera que sigue inmediatamente a la cabecera IPv6. Utiliza los mismos valores que el campo protocolo de IPv4.
- *Límite de Saltos (Hop Limit)*: valor máximo de saltos que puede dar un paquete. Se reduce de uno en uno para cada nodo que reenvía el paquete, descartándose éste cuando el valor llega a cero.
- *Dirección Origen (Source Address)*: dirección IPv6 que genera el paquete.
- *Dirección Destino (Destination Address)*: dirección IPv6 que indica el destino final del paquete.

### 2.3.3 Estructura de una dirección IPv6.

Como se menciona en el RFC 4291, existen tres formas en las que se puede representar una dirección en IPv6. La primera de ellas se le conoce como el formato completo, que tiene la siguiente estructura: x:x:x:x:x:x:x, en donde cada letra “x” representa cuatro caracteres hexadecimales, así se tiene un campo de 16 bits que puede tomar un valor desde “:0000:” hasta “:ffff:”; un ejemplo de este tipo de dirección son las siguientes:

- FEDC:BA98:7654:3210:FEDC:BA98:7654:3210
- 1080:0:0:0:8:800:200C:417A

Al mostrar el formato completo, en la segunda dirección no ha sido necesario escribir todos los ceros en un campo individual, pero siempre es importante que se escriba por lo menos un cero en representación de los demás.

Por el hecho de que las direcciones son muy largas de escribir y por lo mismo son difíciles de recordar, se muestra un segundo formato que no es más que un resumen o simplificación del primero. En este formato se reducen o sustituyen los campos que están compuestos enteramente por ceros por la expresión “::” (dos puntos dobles), el cual indica que hay un campo compuesto por ceros o que el campo tiene valor cero; algunos ejemplos de esta forma son los siguientes:

- 0:0:0:0:0:0:0:0 se puede simplificar así ::
- 0:0:0:0:0:0:0:1 puede escribirse ::1
- 1080:0:0:0:8:800:200C:417A también puede ponerse como 1080::8:800:200C:417A

Hay que tener muy en cuenta que los dos puntos dobles solo pueden aparecer una sola vez en una misma dirección, ya que si apareciera en más de una vez esto ocasionaría ambigüedades del valor de la dirección, en la Figura 3 se muestra algunas direcciones en su formato normal y en su formato resumido.

Formato Normal	Formato Comprimido
0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000	::
0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001	::1
2002:0235:1234:1234:ABCD:1234:1234:ABCD	2002:235:1234:1234:ABCD:1234:1234:ABCD
1234:0010:1001:000B:ABCD:1234:1234:ABCD	1234:10:1001:B:ABCD:1234:1234:ABCD
ABCD:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0004	ABCD::4

**Figura 3** Representación de una dirección IPv6

Recuperado de: <https://www.borjacandela.com/wpcontent/uploads/Networking/IP/CompresionIPv6.png>

El tercer y último formato en que se representa una dirección en IPv6 fue pensado para insertar una dirección IPv4 en una dirección IPv6. Su estructura sería: x:x:x:x:x:d.d.d.d, donde las “x” son un campo de caracteres hexadecimales de 16 bits y las “d” son campos de caracteres decimales de 8 bits que formarían una dirección Ipv4. Un ejemplo de esta forma sería:

- 0:0:0:0:0:190.162.2.1
- ::190.152.2.1 en su forma resumida.

### ***2.3.3.1 Prefijos IPv6.***

Un prefijo es una parte de la dirección IPv6 que indica los bits que tiene valores fijos o los bits del identificador de red. Mediante los prefijos se puede ver el tipo de dirección IP, si es una red global, una red o una subred; como en IPv4 la máscara indica cuantos bits están en la parte de red y cuántos en la parte de host, de forma similar el prefijo en IPv6 representa el número de redes y de host disponibles en una dirección. Un prefijo de dirección IPv6 se presenta como: dirección IPv6 / longitud de prefijo, un ejemplo se presenta a continuación: 21da:d3:0:2f3b:: /64 (RFC 4291, 2006).

## **2.3.4 Direccionamiento IPv6.**

IPv6 abarca tres tipos de direcciones: unidifusión, multidifusión y difusión por proximidad.

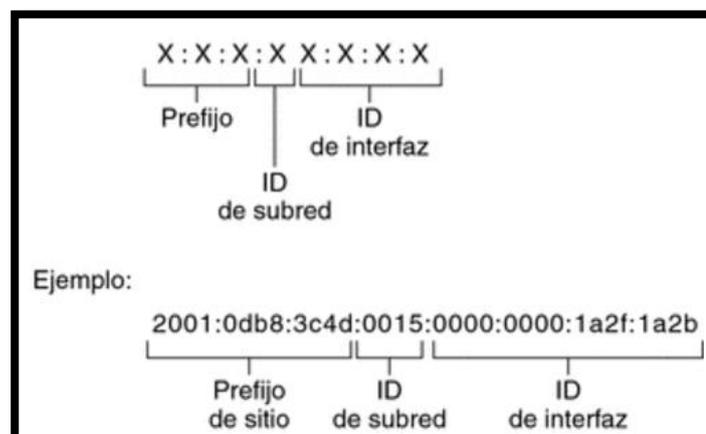
### ***2.3.4.1 Direcciones Unicast o Unidifusión.***

Este tipo de direcciones especifican o permiten identificar una sola interfaz, esto quiere decir que cuando se envía un paquete a una dirección unicast, éste será entregado solo a la interfaz que se ha especificado con dicha dirección.

A continuación se describen los tipos de direcciones unicast.

- *Link local (local de enlace)*. Esta dirección permite identificar interfaces en un mismo enlace de red local. Es utilizada en el proceso de descubrimiento de vecinos y de autoconfiguración. Por lo general estas direcciones comienzan por fe80::/10
- *Local de sitio*. Esta dirección permite identificar interfaces en un mismo sitio o conjunto de redes de una misma organización. Los primeros 48 bits son fijos y comienza por fe::/48; luego se presenta el identificador de subred de 16 bits, con el que se puede crear subredes dentro de la empresa, al final se encuentra el campo ID de interfaz de 64 bits el cual especifica la interfaz dentro de la subred.
- *Global*. Este tipo de dirección permite identificar las interfaces en el internet, lo que equivale a direcciones públicas en IPv4. El prefijo de enrutado global permite identificar un sitio conectado al internet, después se tiene el ID de subred, que especifica una subred dentro del sitio u organización y finalmente el ID de interfaz que especifica la interfaz de un determinado nodo.

En la Figura 4 se presenta la estructura y el formato básico de una dirección IPv6 con todos sus campos:



**Figura 4.** Formato básico de una dirección IPv6  
 Recuperado de: <https://docs.oracle.com/cd/E19957-01/820-2981/ipv6-overview-10/>

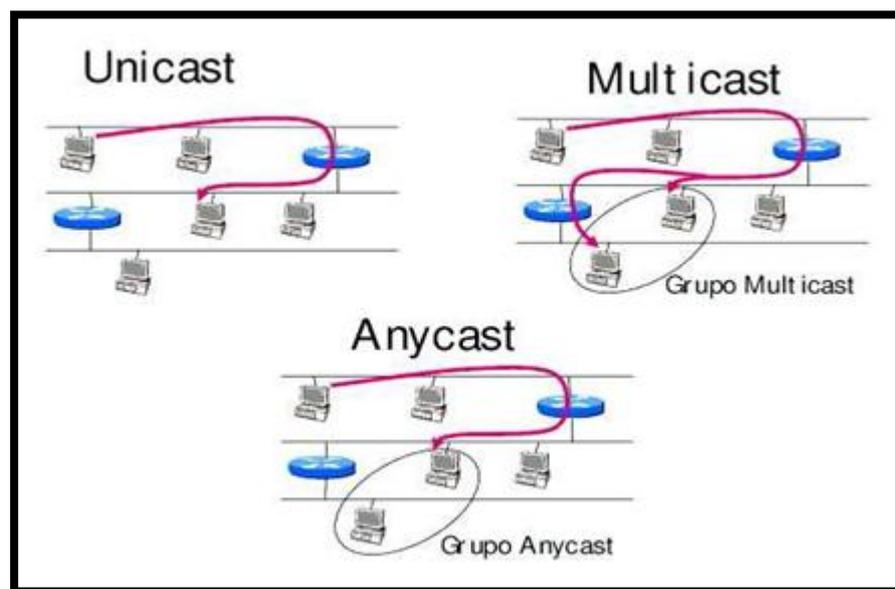
### 2.3.4.2 Direcciones Anycast.

Este tipo de dirección especifica un grupo de interfaces. Cuando un paquete es enviado a una dirección anycast este paquete se entregará a cualquiera de las interfaces identificadas con esta dirección.

### 2.3.4.3 Direcciones Multicast.

Este tipo de dirección, a diferencia de la anterior, permite identificar a un grupo de interfaces. Cuando un paquete se envía a una dirección multicast este será entregado a todas las interfaces identificadas con dicha dirección.

En la Figura 5 se muestra una topología en la que se presenta la forma en la que distribuye un paquete en los tres tipos de direcciones.



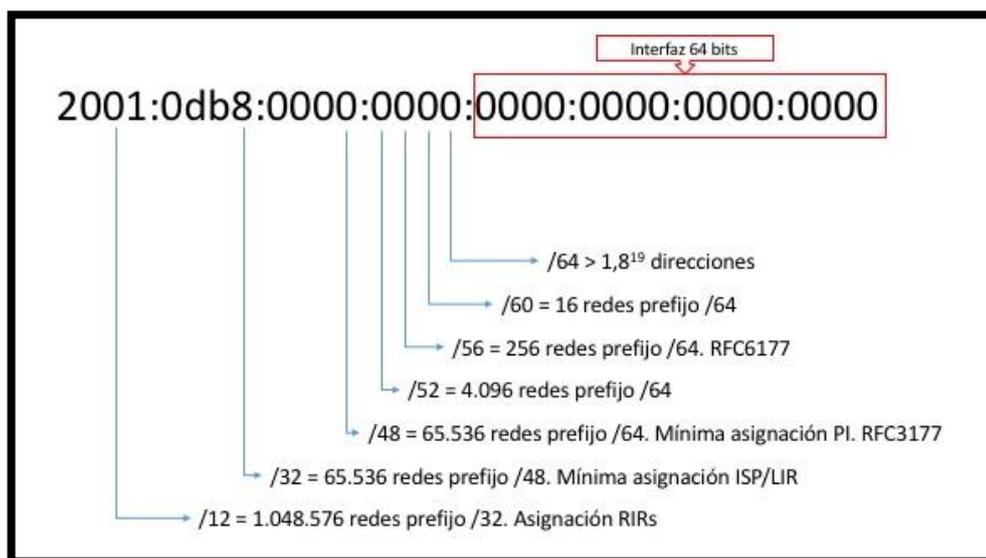
**Figura 5** Funcionalidad en los tres tipos de direccionamiento IPv6.

**Recuperado de:** <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/redes-banda-ancha/redes-banda-ancha2.shtml>

Para realizar un adecuado direccionamiento hay que tener muy en cuenta todos los tipos de direcciones que se han mencionado anteriormente. Por lo general un ISP otorga una dirección /48 a una institución, este es el prefijo global de la dirección, es por el cual la dirección se distingue en el internet. Cada institución debe realizar un plan de

direccionamiento acorde a sus necesidades y recursos, se debe aprovechar al máximo las capacidades jerárquicas que ofrece IPv6.

Como ejemplo puede suponerse que una universidad tiene asignado el siguiente rango de direcciones: 2001:0720:1e10::/48 (prefijo Global). Puede utilizar el cuarto hexteto para la creación de subredes o VLANs dependiendo del criterio del administrador, así la dirección puede ocupar un valor que va desde: 0000 hasta ffff con un /52, /56, /60 o /64; siendo un espacio más que suficiente para la creación de subredes, así la dirección 2001:720:1e10:16::/64 puede ser utilizada para una facultad o una VLAN específica. Los últimos 4 hextetos son utilizados para la asignación de direcciones en los host o equipos terminales de red, además para direccionar los enlaces entre los equipos. En la Figura 6 se muestra una dirección con sus campos principales.



**Figura 6** Estructura de una dirección IPv6

Recuperado de: <http://36bootis.com/wordpress/wp-content/uploads/2015/10/RedIPv6.jpg>

### 2.3.5 Protocolos de Enrutamiento.

Los protocolos de enrutamiento en IPv6 no cambian significativamente en su forma de operar con respecto a su funcionamiento en las redes IP. Sin embargo, se han desarrollado nuevas versiones o complementos a los protocolos de enrutamiento más utilizados, todo esto

para poder aprovechar al máximo las nuevas características del protocolo IPv6 (Cáceres & Ortiz, 2010). A continuación en la Tabla 1 se muestran las nuevas versiones de los protocolos de enrutamiento IP desarrolladas para trabajar con IPv6.

Tabla 1 *Protocolos de enrutamiento en IPv6*

<b>PROTOCOLO DE ENRUTAMIENTO</b>	<b>VERSION IPv6</b>
<b>RIP</b>	RIPng
<b>EIGRP</b>	EIGRP para IPv6
<b>OSPF</b>	OSPFv3
<b>IS-IS</b>	Integrated IS-IS
<b>BGP</b>	BGP-MP

**Fuente:** Elaborado por Edison Carlosama

### 2.3.6 ICMPv6.

El protocolo ICMP (Internet Control Message Protocol) es el que se encarga de enviar la información de autoconfiguración y reportes de error entre nodos dentro de una red IP. En IPv6, se ha desarrollado una versión propia del protocolo a la que se le conoce como ICMPv6, el cual tiene características que son indispensables para la configuración y comunicación entre las redes IPv6, algo que no tenía ICMP en IPv4.

#### *2.3.6.1 Protocolo de descubrimiento de vecinos (NDP).*

Este protocolo es indispensable para el correcto funcionamiento de las redes en IPv6. Se encarga de descubrir otros nodos en el enlace, de realizar la resolución de direcciones IPv6 y direcciones MAC, de encontrar los equipos de ruteo que están disponibles y de mantener la información actualizada de las rutas hacia otros nodos o equipos de ruteo.

Sus funciones son parecidas a las que realiza ARP (Address Resolution Protocol) en IPv4. Para intercambiar información hace uso de los mensajes ICMPv6.

### 2.3.7 Formas de configuración de direcciones.

Cuando ya se tiene el plan de direccionamiento IPv6 realizado, se puede proceder a realizar el direccionamiento de los host dentro de la red. Para realizar esta acción se pueden utilizar tres métodos o formas de direccionamiento: estático, autoconfiguración y DHCPv6 (Sander, 2010). Es recomendable utilizar la configuración automática o DHCPv6 para los clientes, esto hace que la gestión sea mucho más fácil y si se aplica de forma correcta se hace mucho más fácil la gestión de los usuarios. La configuración estática solo es recomendable para los equipos como routers, switches, firewalls y servidores.

#### 2.3.7.1 Autoconfiguración SLAAC.

SLAAC (StateLess Address Auto Configuration) es la configuración automática sin estado de direcciones, es la forma más sencilla para enlazar ordenadores dentro de una red en IPv6. El router envía RAs (Router Advertisements) y el host usa la información en la RA en relación con su dirección MAC para asignar una dirección IPv6.

Si varios routers en una sola red envían RAs, los host pueden escuchar todos los RAs y configurar direcciones de todas las redes. Esta configuración puede ser utilizada para dar un grado de redundancia en la red.

- *Extensiones de privacidad.* Algunos sistemas operativos tienen extensiones de privacidad, además de SLAAC. Dependiendo del sistema esta estará activada o desactivada por defecto. Este tipo de configuración permite que terceras personas no puedan ver qué tipo de tarjeta de red posee un host dentro de la red. En SLAAC estándar esto es posible ya que la dirección MAC es utilizada para el registro en una red. Las extensiones de privacidad utilizan direcciones aleatorias por host para evitar que éste sea rastreado. Sin embargo el uso de SLAAC junto con extensiones de privacidad puede

traer problemas en la administración de una red cuando se desea rastrear qué host está usando determinada dirección. Para esto es recomendable usar DHCPv6.

#### **2.3.7.2 DHCPv6.**

DHCPv6 (Dynamic Host Configuration Protocol to IPv6), puede ser configurado e implementado de dos formas:

- Puede colaborar con SLAAC para proporcionar a los hosts toda la información que SLAAC no realiza, tales como dominios, servidores DNS y servidores NTP.
- Se puede utilizar como sustituto de SLAAC. En este caso las direcciones IPv6 se distribuyen de manera explícita por el servidor DHCPv6.

DHCPv6 puede proveer más control, pero este no es soportado por todos los hosts. Si las direcciones se asignan con DHCPv6, se recomienda configurar los switches para que los hosts puedan utilizar el direccionamiento asignado para ellos por DHCPv6.

Esta configuración no es un estándar para IPv4 o IPv6, muchos proveedores tienen sus propias políticas de seguridad para IPv4 y existen pocos switches que ofrecen seguridad en IPv6.

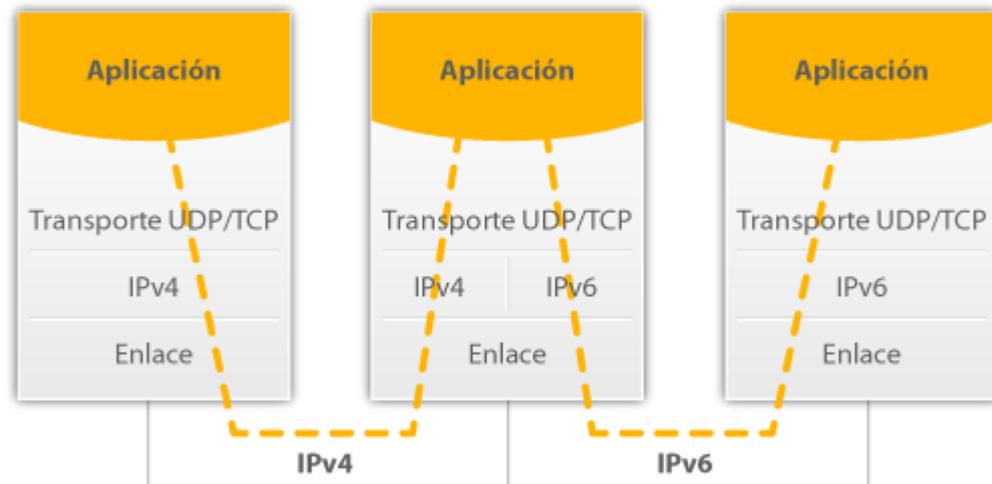
#### **2.3.7.3 Estático.**

Se recomienda la asignación de direcciones IPv6 estáticas solamente para equipos como routers, switches, firewalls y servidores. Una configuración automática en dichos equipos puede llevar a futuro a una serie de problemas. Por ejemplo, si la tarjeta NIC (Network Interface Card) de un servidor es reemplazada, la dirección SLAAC de ese servidor también va a cambiar y existe el riesgo de que el administrador se olvide de modificar las entradas DNS para ese servidor.

### 2.3.8 Mecanismo de transición IPv4-IPv6 Dual Stack (doble pila).

Dual Stack es uno de los mecanismos de transición y coexistencia entre los protocolos IPv4 e IPv6 más utilizados, esto debido a que se hace uso de un nodo de doble pila IPv6/IPv4, el cual permite la comunicación como si fuese un nodo IPv4 o IPv6 al mismo tiempo, para que esto suceda es necesario que cada nodo sea configurado con los dos tipos de direcciones IPv4 e IPv6.

En la Figura 7 se puede observar gráficamente como se comunican los protocolos con sus versiones respectivas en sistemas que pertenecen a una arquitectura TCP/IP.



**Figura 7** Mecanismo de Transición Dual Stack  
**Recuperado de:** <http://portalipv6.lacnic.net/mecanismos-de-transicion>

La implementación de este mecanismo permite activar o desactivar cualquiera de las pilas, por esta razón un nodo IPv4/IPv6 puede tener tres formas de funcionamiento:

- Un nodo con la pila IPv4 activada y la pila IPv6 desactivada, funciona como un nodo IPv4.
- Un nodo con la pila IPv6 activada y la pila IPv4 desactivada, funciona como un nodo IPv6

- Un nodo con las dos pilas activadas puede utilizar y funcionar con los dos protocolos a la vez de manera independiente.

Cabe mencionar que cada versión de protocolo IP usa sus propias formas de configuración de direcciones. El DNS es utilizado en ambas pilas del protocolo para resolver nombres y direcciones IP (Landy, 2013).

## 2.4 VoIP y Telefonía IP

VoIP (Voice over IP) y “Telefonía IP” pueden resultar dos términos que significan lo mismo o que dan a entender un mismo concepto; esta terminología se refiere a la tecnología que permite el tráfico de la voz utilizando el protocolo IP en redes de conmutación de paquetes. Si se aceptasen estos términos de esta forma, se produciría cierta confusión, puesto que estos términos de Telefonía IP y VoIP, aunque se parezcan y se empleen como similares, pueden referirse a situaciones muy diferentes (elastixtech.com, s.f.).

- Se puede decir que *VoIP* es el conjunto de normas, dispositivos, protocolos, definitiva, la tecnología que permite que se pueda transmitir la voz sobre el protocolo IP.
- *Telefonía IP* es la aplicación directa que ofrece VoIP, es un servicio que se oferta al público y que hace uso de la tecnología de VoIP (elastixtech.com, s.f.).

### 2.4.1 Introducción a la VoIP.

VoIP que quiere decir Voz Sobre Protocolo de Internet, que también se le puede conocer como: Voz Sobre IP y Voz IP; es el grupo de recursos que permiten que la señal de voz pueda ser transmitida por el internet usando el protocolo IP. Esto significa que la voz se

envía de forma digital, en paquetes de datos, en lugar de ser enviada de forma análoga como se lo realiza en la telefonía convencional mediante la PSTN.

Los protocolos que se utilizan para transmitir la señal de voz sobre una red IP son conocidos como protocolos de voz sobre IP o simplemente como protocolos IP. El tráfico de VoIP puede viajar por cualquier red IP, esto incluye a aquellas que se encuentran conectadas al internet, como también redes LAN (Local Area Network) privadas.

Es muy importante distinguir los términos tanto de VoIP como de Telefonía IP.

#### **2.4.2 Evolución.**

En sus inicios, el sistema de telefonía conmutado se utilizaba principalmente para transmitir voz con un pequeño porcentaje de tráfico de datos. Con el tiempo el tráfico de datos fue creciendo, es así que aproximadamente en 1999, la cantidad de bits de datos igualó a la cantidad de bits de voz. Para el 2002 el volumen de tráfico de datos fue mayor que el de voz y continuó creciendo de manera exponencial.

Producto de estos resultados los operadores de redes de conmutación de paquetes se interesaron por transmitir la voz por medio de las redes de datos. La cantidad de ancho de banda requerida para transmitir voz es mínima debido a que las redes de datos están concebidas para transmitir grandes volúmenes de información (Tanenbaum, 2003).

#### **2.4.3 Ventajas.**

La principal ventaja que tiene la Voz sobre IP es que evita los altos cargos de telefonía pública, en especial los cargos en llamadas de larga distancia. Algunos ahorros en el costo son debidos al utilizar la misma red para transmitir la voz y los datos, en especial cuando los usuarios no están usando toda la capacidad de la red existente, esto puede permitir el uso de VoIP en la red sin coste adicional. Las llamadas entre equipos que

soportan VoIP resultan generalmente gratis respecto a la que se realiza entre VoIP a la PSTN, en la que esta última tiene un valor al usuario VoIP.

El desarrollo de codecs para VoIP ha permitido que la voz se pueda codificar en paquetes de datos cada vez más pequeños. Esto deriva a que las comunicaciones de voz sobre IP requieran cada vez más anchos de banda reducidos. Junto con el avance de las conexiones a internet mediante ADSL para los hogares, se puede usar para la comunicación a grandes distancias evitando los cargos de llamadas internacionales por parte de la PSTN.

Hoy en día existen varios software, aplicaciones, sitios web como las redes sociales, que permiten el uso de la voz por medio del internet y facilitan la comunicación. Esto hace que cada vez más se desarrolle esta tecnología y que a cada momento se encuentren nuevas aplicaciones usando VoIP.

#### **2.4.4 Arquitectura.**

La estructura de una red VoIP es la misma que se maneja en una red IP convencional que consta de las aplicaciones, los medios de transporte, el ruteo o encaminamiento sobre la red, los modos de enlace y el tráfico de la señal por los distintos tipos de medios de transmisión; todo esto forma parte del modelo OSI. La ventaja de esta estructura es que no importa el tipo de aplicación mientras se pueda transformar la información en datos, segmentos, paquetes, tramas y al final en bits.

El propio estándar define tres elementos principales para su estructura:

- *Terminales.* Los equipos terminales son los sustitutos de los actuales teléfonos. Pueden ser implementados tanto en hardware como en software como los softphones.
- *Gatekeeper.* Es la central VoIP de toda la red. Es la que permite la comunicación entre usuarios, todas las comunicaciones pasan por él.

- *Gateway*. Es el enlace troncal que comunica a la red interna con otras troncales telefónicas ya sean IP o análogas. Permite la comunicación con la PSTN.

## **2.5 Elementos de la red Telefónica IP**

A continuación se hará mención a los elementos que forman parte de una red telefónica basada en el protocolo IP.

### **2.5.1 Teléfonos IP.**

Son los elementos básicos y necesarios para realizar la comunicación en VoIP, también se les puede conocer como terminales IP o cliente VoIP. Un terminal IP puede ser un dispositivo (hardware) o una interfaz (software) que permite la comunicación a través de una red IP ya sea en una pequeña red LAN o en redes más extensa y complejas como el mismo internet.

### **2.5.2 Dispositivos terminales.**

Entre los dispositivos terminales específicamente se encuentran lo que son los fijos, los de consola y los softphone.

#### ***2.5.2.1 Fijos.***

Los teléfonos fijos son dispositivos que generalmente tienen el mismo aspecto que los teléfonos convencionales. Utilizan una conexión de red de datos en vez de la de telefonía convencional. Estos teléfonos poseen más opciones que los teléfonos tradicionales por el hecho de que son completamente digitales y programables ya sea mediante web o telnet. Estos equipos son ideales para las personas que les resulta difícil el manejo de una nueva tecnología o les cuesta mucho trabajo inmiscuirse en la informática.

### **2.5.2.2 Consolas.**

Son dispositivos que permiten realizar llamadas de VoIP por Wi-Fi, ejemplos de estos equipos son los juegos de video como el Nintendo DS, las consolas de PSP (Play Station Portable) serie 2000 de Sony y la serie N de Nokia.

### **2.5.2.3 Softphones.**

Los softphones son programas (software, aplicaciones o aplicaciones web) de computadora que funcionan en un sistema informático, necesitan de otros periféricos para su adecuado funcionamiento, como son: alta voces, auriculares y micrófonos; estos les permiten actuar como teléfonos y hacen de un ordenador un equipo terminal telefónico. (Godoy Trujillo, 2014)

## **2.5.3 Centrales IP o IP PBX.**

Una central telefónica IP es aquella que gestiona todo el tráfico de voz en una red de datos. Evita el problema de que todas las comunicaciones internas entre teléfonos deban salir a la red telefónica pública, con lo que se permite el ahorro de gastos fijos y variables. La PBX (Private Branch eXchange) permite gestionar las llamadas directas a todos los teléfonos asignándoles números de extensiones locales.

Las principales funciones que realizan las centrales son:

- Control de admisiones.
- Administración de zonas.
- Traducción de direcciones.
- Control y administración de ancho de banda.
- Control de señalización de las llamadas.
- Consulta de agenda, estadísticas, históricos, etc.
- Buzón de voz.

- Autorización y administración de llamadas entrantes, salientes e internas.

Otras centrales permiten realizar acciones adicionales a las anteriores como:

- Conferencia en grupos de varias personas.
- Configuración de música de espera.
- Rellamadas automáticas.
- Escucha y grabación de llamadas.
- Ocultar número de llamada entrante.
- Grupos de llamadas.
- Desvío de llamadas a otras extensiones.
- Entre otros servicios más.

#### ***2.5.3.1 Propietarias.***

Existen varias marcas de centrales telefónicas IP propietarias, estas marcas proveen tanto el software como el hardware y su comercialización es bajo licencias. Entre las marcas propietarias más conocidas se puede mencionar: 3COM, Alcatel y Cisco.

#### ***2.5.3.2 Basadas en software.***

Estas centrales telefónicas IP son aquellas que se integran a una red de datos, junto con el uso de un software libre, obteniendo los recursos necesarios para la implementación de la telefonía IP. Entre las marcas basadas en software más conocidas se encuentran: Asterisk, FreePBX, OpenPBX, Trixbox y Elastix.

##### ***2.5.3.2.1 Asterisk.***

Es un sistema de telefonía basado en software libre, es capaz de brindar todas las funcionalidades de una central telefónica. Ofrece la posibilidad de conectar un determinado número de teléfonos para realizar llamadas entre si y poder conectarse con el proveedor de

VoIP PSTN. Puede conectarse con la PSTN de telefonía digital y análoga usando hardware especializado, como son las tarjetas telefónicas FXO/FXS, ISDN, entre otras.

Este sistema puede funcionar de forma IP nativa o como uno híbrido, manejando el ruteo de llamadas, interconectando protocolos y transcodificando medios.

#### 2.5.3.2.2 *Elastix.*

Es un sistema de telefonía basado en software libre, desarrollado en Ecuador. Puede ser descargado sin ningún costo, soporta arquitecturas de 32 bits, 64 bits, ARM. Se basa en Web y permite su acceso desde cualquier punto y cualquier sistema operativo. La interfaz gráfica es amigable con el usuario y desde ella se puede ejecutar todas las configuraciones sin la necesidad de recurrir a la línea de comandos, salvo ciertas configuraciones especiales.

Dentro de esta marca se encuentran los Appliances Elastix de la serie ELx, ofrecen el mismo software al que se está acostumbrado en Elastix, poseen un hardware diseñado para garantizar un tráfico de llamadas requerido, con una gran capacidad de soporte, desarrollado principalmente para el ámbito empresarial. Entre sus características principales se puede mencionar:

- Un diseño compacto, lo que los hace fáciles de transportar y de realizar mantenimiento, poseen carcasas metálicas de 1U, 1.5U y 2U; esto hace que puedan ser instalados en racks y ser integrados fácilmente a una infraestructura de red ya establecida.
- Bajo consumo de energía, están diseñados para consumir la menor cantidad de energía en condiciones normales, para de esta forma contribuir con la conservación del medio ambiente.
- Capacidad de integración digital y analógica, integran tarjetas digitales o analógicas (FXO/FXS, E1/T1) de acuerdo a su requerimiento. Todo

hardware viene integrado, pre-configurado y probado de antemano.  
(Elastix.org, 2006-2015)

#### **2.5.4 Gateway IP.**

El Gateway es un dispositivo de red que ayuda convertir las llamadas de voz entre una red de voz sobre IP y la PSTN en tiempo real, permite a las llamadas que se originan en la red pública convertirse en llamadas IP que puede transmitirse por la red de datos y viceversa, se le conoce también como Gateway de voz IP. Estos dispositivos por lo general tienen los siguientes conectores: FXO, FXS, E&M (para centralitas), BRS (banda estrecha) y E&M digital.

#### **2.5.5 Otros elementos.**

Es de suponerse que gracias a los beneficios que ofrecen las centrales telefónica y al avance de la tecnología, la mayoría de elementos se integrarán en los nuevos dispositivos. Otros elementos que forman parte de un sistema de telefonía IP son los elementos más comunes y necesarios dentro de una red de datos IP, así se puede mencionar a los switches capa dos y capa tres, routers, gateways, medios de transmisión física e inalámbrica, etc.

### **2.6 VoIPv6**

Voz sobre el protocolo de internet versión 6 o voz sobre IPv6, también se le puede encontrar como VoIP6. La versión común de VoIP regida por IPv4 ha resuelto la mayoría de los problemas y desafíos que han venido presentado esta tecnología, en especial a nivel de red, pero el nuevo surgimiento de conceptos como: la portabilidad, ubicuidad, la movilidad inalámbrica, la movilidad tradicional, el crecimiento acelerado del internet, entre otras, han hecho necesaria la introducción y despliegue de la nueva versión del protocolo de internet IPv6 aplicado en la voz. (EcuRed, 2012)

### 2.6.1 Estructura.

VoIPv6 aprovecha la convergencia hacia la arquitectura TCP/IP, en especial hace uso del protocolo IP para el soporte de cualquier tipo de tráfico en forma de paquetes de datos. Toda red que ofrezca un servicio de comunicaciones debe poseer un sistema de señalización robusto. En VoIPv6 se hace uso del protocolo de señalización SIP para poder crear, modificar y terminar sesiones entre uno o más interlocutores dentro de una red de datos o sobre el internet.

#### *2.6.1.1 Protocolos de señalización.*

En general, en VoIP los protocolos que se encargan de la señalización son los protocolos estandarizados SIP, IAX, H.323 y a través de RTP y RTCP se realiza la transferencia de media y la señalización de control. A nivel de transporte UDP es el protocolo que permite la transmisión de información en tiempo real, pero debido a que presenta algunos problemas para el transporte se complementa con los protocolos de transporte en tiempo real definidos en los RFC3550, RFC3551 y RFC3711, respectivamente (Méndez Gijón , Valdez Besares, & López Bautista, 2014).

H.323 es un protocolo que está más definido que los demás, pero es un protocolo no tan flexible, complicado de manipular y que además todavía no existen herramientas que trabajen sobre IPv6.

SIP es un protocolo de señalización de extremo a extremo a nivel de aplicación, lo que significa que toda la lógica y estado de conexión se almacenan en los dispositivos finales, lo que proporciona sobre carga en la cabecera de los mensajes. SIP se ocupa de crear, modificar y terminar sesiones que incluyen llamadas por teléfono en internet, tráfico multimedia y mensajería instantánea, que es transportada por los protocolos RTP/RTCP y SDP con uno o varios participantes, basados en mensajes de petición y respuesta.

IAX es un protocolo que se encuentra en su segunda versión, está definido por el RFC-5456. Intenta resolver los problemas que presenta SIP, da la posibilidad de manejar una gran cantidad de codecs y un gran número de streams, lo que lo hace útil para las comunicaciones de videoconferencia o realizar presentaciones remotas, por defecto usa únicamente el puerto 4569 UDP. El tráfico de voz se lo realiza *in-band* lo que permite un protocolo transparente a los firewalls, también hace uso del Trunking el cual permite enviar varias sesiones en un único flujo de datos, aprovechando de mejor manera el canal de comunicaciones. Al ser nuevo, este protocolo no cuenta con un soporte suficiente en la implementación de teléfonos fijos y existen pocos softphones que soportan este protocolo. Se lo utiliza para enlazar enlaces troncales entre centrales telefónicas punto a punto (Méndez Gijón , Valdez Besares, & López Bautista, 2014).

#### ***2.6.1.2 Codecs de voz en IPv6***

Los codecs de voz son aquellos que se encargan de digitalizar y comprimir una señal analógica que emiten usuarios remotos de VoIP, para luego convertirla en señal digital capaz de ser empaquetada y transmitida por una red IP. Son algoritmos matemáticos implementados en software. Dependiendo del tipo de códec que se elija también variará la calidad de la voz, el ancho de banda y la carga de procesamiento en los computadores.

Entre los codecs más utilizados y estandarizados por la ITU se encuentran el G.711 y el G.729, en un grado menor están el G.723 y el G.726. La elección de estos codecs a utilizar depende de las necesidades y características de cada entorno y se relaciona directamente con el costo computacional, el ancho de banda y soporte en los dispositivos finales (Méndez Gijón , Valdez Besares, & López Bautista, 2014).

### 2.6.2 Ventajas de VoIPv6.

Como se ha mencionado anteriormente, existen varios beneficios al implementar el protocolo IPv6 y algunas ventajas al momento de hacer uso de la tecnología de voz sobre IP en una red de datos, pero al utilizar VoIPv6 en un sistema de telefonía se obtienen mayores beneficios dentro de una red. Algunos estudios y experimentaciones en ambientes de laboratorio documentados en las revistas: *Visión Electrónica y Gerencia Tecnológica Informática*; han permitido observar el comportamiento del protocolo IPv6 frente al protocolo IPv4 para el tráfico de voz en redes de datos, entre las principales ventajas que tiene VoIPv6 sobre VoIPv4 están en cómo cada protocolo supera aquellos factores que afectan a la calidad de las comunicaciones, como son: el retardo, el jitter, el eco y el rendimiento.

Cabe mencionar que el retardo es el tiempo que se demora en viajar la voz de un usuario a otro, dentro de una comunicación entre usuarios de telefonía IP debe ser menor a 150 ms, esto según el documento G.114 de la ITU-T. El retardo se produce por varios factores como el uso de un códec específico, los medios de transmisión y el entorno de la red de datos. En las diferentes pruebas de laboratorio se ha podido observar que VoIPv6 presenta un menor retardo de entre un 35% a 50% frente al valor que otorga VoIPv4, sin embargo las dos tecnologías se encuentran por debajo del límite de los 150 ms (Gamboa, López, & Salcedo, 2012).

El Jitter es la variación de tiempo en el que llegan los paquetes de datos al destino, se produce por múltiples factores dentro de la red, para que no afecte a la calidad del servicio de VoIP el valor aceptado debe ser de 100 ms. Realizando la experiencia en laboratorio se ha podido ver que el jitter en VoIPv6 es más alto que en VoIPv4, pero que no ha supuesto

mayores inconvenientes ya que se encuentra por debajo del rango establecido (Méndez Gijón , Valdez Besares, & López Bautista, 2014).

El eco es un fenómeno que se produce por la conversión de 2 a 4 hilos en los sistemas de telefonía IP, se produce un retorno de la señal producido por el alta voz y se transmite la misma señal por el micrófono. Para solucionar este problema se puede hacer uso de supresores de eco tanto con VoIPv6 o como con VoIPv4. Con respecto al rendimiento se ha podido experimentar que en IPv6 la disminución del rendimiento es más rápida, con altos niveles de tráfico de fondo, respecto a IPv4; sin altos niveles de tráfico IPv6 tiene un mayor rendimiento que IPv4 (Gamboa, López, & Salcedo, 2012).

Con respecto a la seguridad se ha podido observar que usando VoIPv6 no se puede decodificar el audio de las llamadas con la herramienta Wireshark, mientras que con VoIPv4 esta herramienta pudo decodificar el audio permitiendo escuchar la conversación entre dos clientes. La razón por la cual IPv6 se presenta como más seguro es porque cifra automáticamente la información desde el protocolo base utilizando IPSec, en IPv4 hay que configurarlo en capas superiores (Méndez Gijón , Valdez Besares, & López Bautista, 2014).

Además de lo mencionado anteriormente en la Tabla 2 se presentan las ventajas que tiene VoIPv6 frente a VoIPv4.

Tabla 2 *Beneficios VoIPv6 respecto a VoIPv4*

<b>BENEFICIO</b>	<b>IPV4</b>	<b>IPV6</b>
Integridad punto a punto de la señalización de VoIP		X
Seguridad (escucha disimulada)		X
Adaptabilidad	X	X
Fiabilidad		X
Alojamiento NAT (Network Address Translation)	X	

---

Calidad de servicio (QoS)	X
Soporte de tráfico multimedia en tiempo real	X
Movilidad	X
Configuración dinámica	X

---

Fuente: (Gamboa, López & Salcedo) Pág. 20.

Recuperado de:<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/visele/article/view/3743/5953>

## **CAPITULO III**

### **ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE TELEFONÍA IP DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

En este capítulo se muestran las características que tiene el sistema de telefonía IPv4 que se encuentra operando actualmente en la Universidad Técnica de Norte. Este análisis determina parámetros importantes como: número de usuarios, extensiones, topología de la red, estructura de la plataforma Elastix. Los datos adquiridos permiten tener un conocimiento claro de los recursos y los requerimientos del sistema de telefonía IP para realizar la migración al nuevo protocolo IPv6.

#### **3.1 Antecedentes**

La Universidad Técnica del Norte posee un campus que se encuentra ubicado en la ciudad de Ibarra, además de algunas dependencias que se encuentran alejadas del campus con las que se comunican mediante enlaces de radio. En un primer momento poseía una infraestructura telefónica analógica, luego, con el surgimiento de la redes IP, se implementó un sistema de telefonía IPv4 licenciado en la plataforma de Cisco, con el desarrollo del software libre aparecieron soluciones que incluyeron a la telefonía IP, en este contexto la universidad integró a su sistema de telefonía IPv4 de Cisco la plataforma de Elastix, para que operarán conjuntamente; con el paso del tiempo y tras haber cumplido varios años de funcionamiento, los equipos principales como el Call Manager y el Gateway de voz de la plataforma de Cisco sufrieron daños, las reparaciones resultaban muy costosas y a la postre se volvieron obsoletas.

De esta forma Elastix se convirtió en la plataforma dominante y es la que rige en el sistema de telefonía actual en la universidad.

### **3.2 Situación Actual**

Como se mencionó anteriormente la universidad posee un sistema de telefonía IP basado en la Plataforma Elastix bajo el protocolo de internet versión 4. Este sistema se extiende por toda la infraestructura de red de la universidad mediante un cableado estructurado de par trenzado UTP de categoría 6 y categoría 5e para proveer el servicio a los usuarios finales; el sistema ofrece sus servicios a todas las facultades y dependencias, además de los departamentos administrativos y principales ubicados en el “edificio central” de la universidad.

Es importante mencionar que la universidad cuenta con un acceso analógico de un E1 que provee la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT E.P.) y la línea que tiene asignada para comunicarse con la PSTN es el 2997800.

El modo en que realiza el ruteo o enrutamiento es mediante VLANs que se encuentran configuradas en toda la universidad, las cuales permiten la segmentación prioritaria del tráfico y la forma de acceso a la red según las características y necesidad del usuario. Dentro de este grupo de VLANs se encuentra la VLAN de voz, que es la encargada de dar el servicio de telefonía en la universidad.

Este sistema de telefonía opera con el protocolo RTP para multiplexar varios flujos de datos y con UDP que es un protocolo de transporte no orientado a conexión y es idóneo para las aplicaciones en tiempo real. Para realizar la función del establecimiento y la finalización de la comunicación entre un emisor y un receptor, se utiliza el protocolo de señalización SIP, el cual trabaja tanto en la central telefónica como también en los

dispositivos terminales. El códec de voz utilizado por lo general es el G.729 a más de otros, que brinda un período de empaquetamiento adecuado para la aplicación de telefonía IP.

En la central telefónica está configurado algunas aplicaciones que permiten la simplificación de las comunicaciones, como:

- Voicemail
- Grupo de llamadas
- Re direccionamiento de llamadas
- Llamadas de espera
- Colas de llamadas
- Grupos de conferencias
- El IVR (Interactive Voice Response) o contestadora automática.

Además se tienen creado el plan de marcado y registradas las extensiones con el usuario correspondiente, a los cuales se le ha asignado los privilegios en llamadas dependiendo del cargo que ocupan en la universidad. Hay que mencionar que este plan de numeración ha crecido y variado, la razón es que se han ido agregando nuevos usuarios por el crecimiento de los cargos dentro de la universidad y también por la eliminación de otros.

Para el registro del plan de numeración se crean extensiones que constan de 4 dígitos, el primer dígito es el 7 y los tres restantes varían según el lugar en el que se encuentran. De esta forma se tiene desde la extensión 7000 hasta la extensión 7912, esto no quiere decir que todo el rango de 912 extensiones se encuentre creadas.

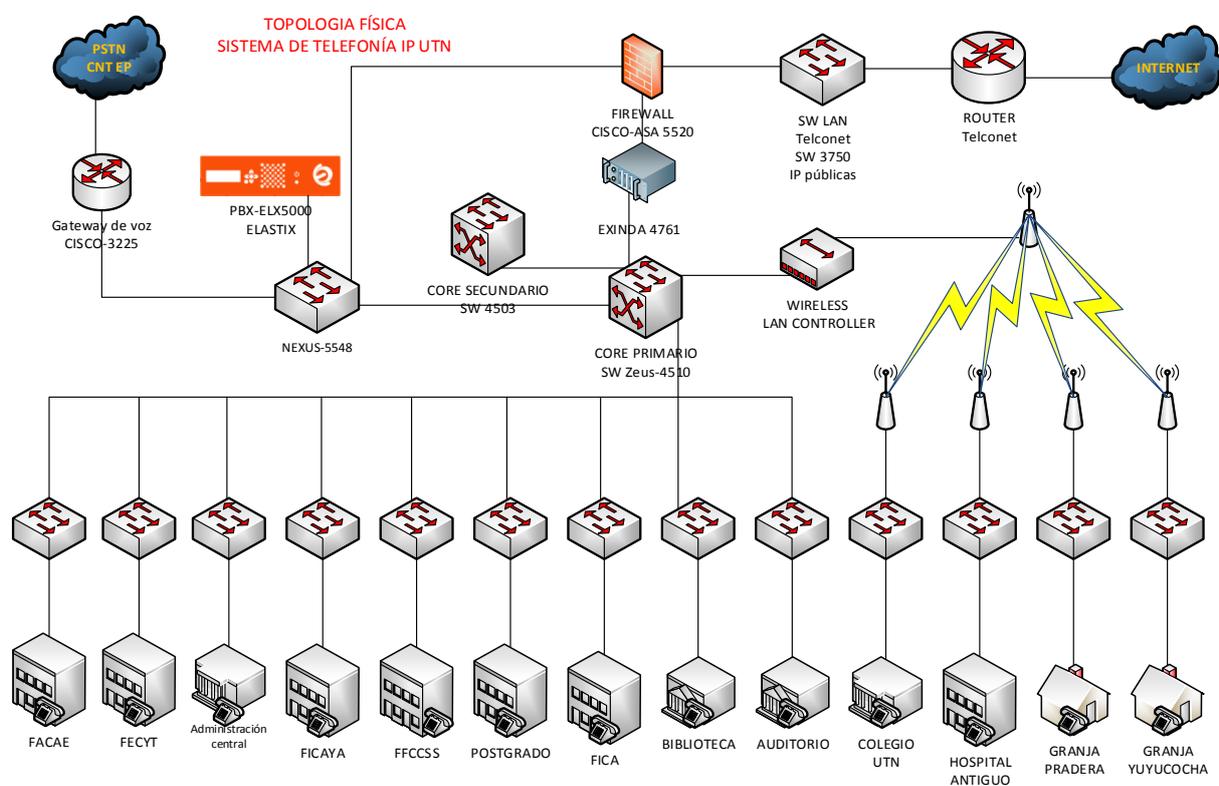
### **3.3 Topología de la red de Telefonía IP en la Universidad**

Una topología de red es aquella que muestra la manera, ya sea física o lógica, de cómo están distribuidos los diferentes elementos y equipos de comunicaciones y de

distribución de datos, además de la forma en la que se encuentran interconectados dentro de una infraestructura de red en un lugar determinado.

### 3.3.1 Diagrama topológico físico.

El sistema de telefonía se encuentra extendida por todo el campus universitario a través de la red de cableado estructurado que posee la misma. La universidad cuenta con cinco facultades, tres institutos, Planta Central, la Biblioteca, Bienestar Universitario y cuatro dependencias; todas ellas reciben el servicio de telefonía IPv4 ya sea por cable UTP, fibra óptica o enlaces de radio.



**Figura 8.** Topología física del sistema de telefonía IP de la UTN

Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático (DDTI) de la UTN

En la Figura 8 se muestra la forma en la que se encuentra distribuida la red de la universidad, haciendo referencia al sistema de telefonía IP. La central telefónica Elastix, el gateway de voz y el firewall se conectan al switch Nexus-5548; el switch Nexus se conecta al Core Primario, al Core Primario se conectan el Wireless LAN Controller (Controlador de

Redes Inalámbricas) y los switches de acceso de las siguientes facultades, institutos y departamentos:

- FICA
- FICAYA
- FFCCSS
- FECYT
- FACAE
- Instituto de Educación Física
- Bienestar Universitario
- Postgrados
- Biblioteca
- CAI
- Edificio Central

Desde el Wireless LAN Controller se ofrece el servicio a través de los enlaces de radio hacia todas las dependencias que se encuentran fuera del campus universitario. En cada dependencia se encuentra una antena tipo estación quien recibe la señal y la comunica a un switch quien distribuye el servicio a toda la dependencia. Las dependencias que cuentan con este servicio son:

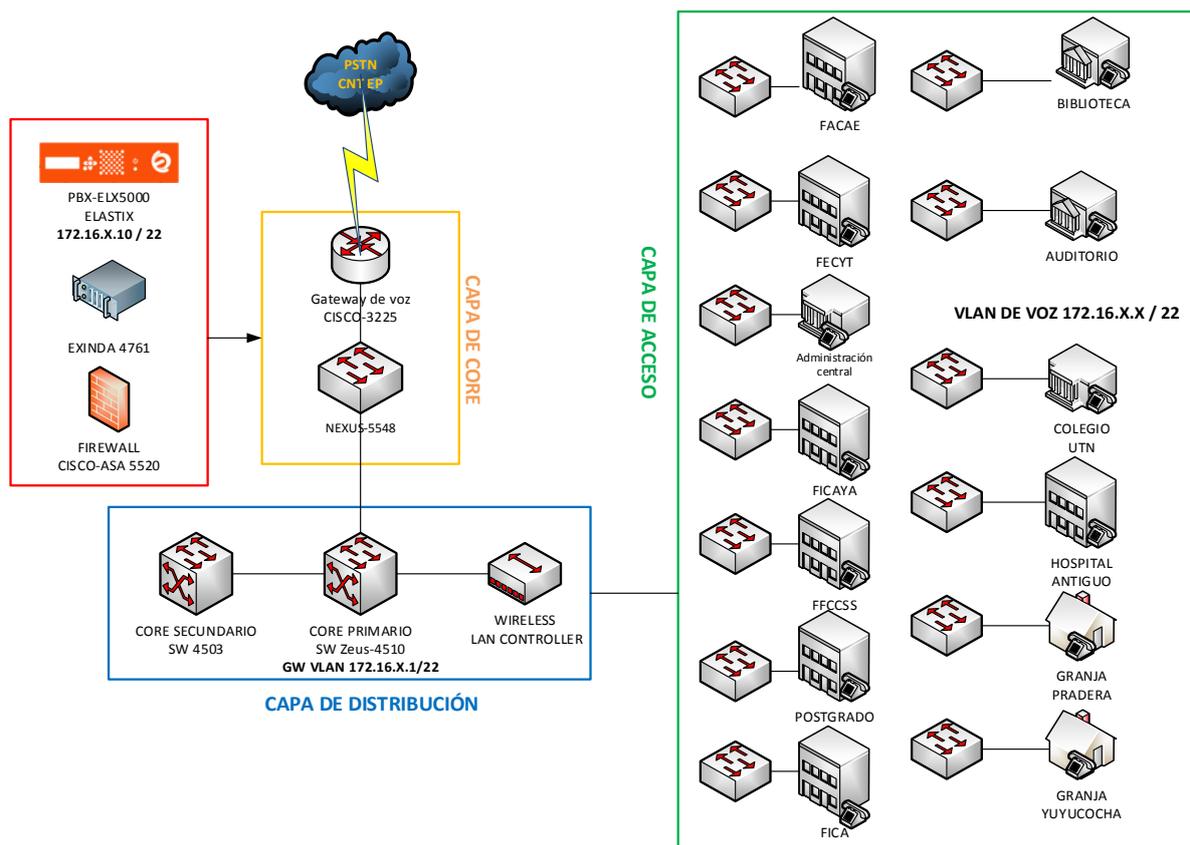
- Granja la Pradera
- Granja Yuyucocha
- Colegio Universitario
- Antiguo Hospital San Vicente de Paul.

### **3.3.2 Mapa de puertos de voz en los equipos de distribución de datos.**

Un mapa de puertos de una red es aquel que permite identificar qué host o clientes se encuentran conectados a los diferentes puertos de los distintos equipos de distribución de datos como switch, routers, gateways, etc.; permite tener identificados a todos los dispositivos conectados en la red, además se pueden observar todos los demás puertos que se encuentran disponibles. En este caso se presentan todos los puertos con sus respectivos equipos de distribución de datos del sistema de telefonía IP de la universidad. Todo esto con el fin de asegurar la realización de cualquier modificación al sistema de telefonía y no afectar a otros sistemas que operan conjuntamente en la misma red. En el anexo A se presenta el mapa de puertos.

### **3.3.3 Topología lógica: VLAN y extensiones.**

La VLAN que se tiene otorgada y configurada dentro de la red es la VLAN de voz, se encuentra propagada por toda la red de la universidad tanto por la red cableada como también por la red Wi-Fi; se le ha asignado un direccionamiento IP privado clase B que ocupa el rango de direcciones de la 172.16.X.X / 22, el Gateway de la VLAN se encuentra configurada en el switch Zeus; por razones de seguridad y privacidad no se puede mostrar cuál es su rango de direcciones IP configurada en cada equipo que forma parte del sistema de telefonía. En la Figura 9 se puede ver la estructura en la topología lógica.



**Figura 9.** Topología lógica del sistema de telefonía IP de la UTN  
Fuente: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático de la UTN

Se tienen creadas un total de 224 extensiones telefónicas repartidas entre facultades y departamentos administrativos. En la Tabla 3 se presentan las extensiones creadas junto al departamento que le corresponde.

Tabla 3. *Departamentos y extensiones telefónicas en la UTN.*

N°	UNIDAD	EXTENCION
<b>OPERADORA</b>		
1	CENTRAL TELEFÓNICA	7000
<b>RECTORADO</b>		
2	RECTOR	7010
3	SECRETARIA	7012
4	SECRETARIA	7013
5	SECRETARIA	7014
<b>VICERRECTORADO ACADÉMICO</b>		
6	VICERRECTORA ACADÉMICA	7020
7	SECRETARIA	7021
8	SECRETARIA	7022
<b>VICERRECTORADO ADMINISTRATIVO</b>		
9	VICERRECTOR ADMINISTRATIVO	7030

---

10	SECRETARIA	7031
11	SECRETARIA	7032
12	SECRETARIA	7033
<b>DESARROLLO TECNOLÓGICO E INFORMÁTICO</b>		
13	DIRECTOR	7040
14	SECRETARIA	7041
15	ANALISTA DE SISTEMAS - QUIPUX	7042
16	ANALISTA DE SISTEMAS	7043
17	ANALISTA DE SISTEMAS	7044
18	ANALISTA DE SISTEMAS	7045
19	ANALISTA DE SISTEMAS	7046
20	GESTIÓN WEB	7047
21	PROGRAMADORA	7048
22	ANALISTA DE SISTEMAS	7049
23	ANALISTA DE SISTEMAS	7050
24	ANALISTA DE SISTEMAS	7051
25	ANALISTA DE REDES	7052
<b>SECRETARÍA GENERAL</b>		
26	SECRETARIO GENERAL	7060
27	SECRETARIA	7061
<b>BIENESTAR UNIVERSITARIO</b>		
28	DIRECTORA	7070
29	SECRETARIA	7071
30	ENFERMERA	7072
31	ORIENTADORA	7073
32	ODONTÓLOGO	7074
33	LABORATORIO CLÍNICO	7075
34	TRABAJADORA SOCIAL	7076
<b>RELACIONES INTERNACIONALES</b>		
35	RELACIONES INTERNACIONALES	7080
36	RELACIONES INTERNACIONALES	7081
<b>RECURSOS HUMANOS</b>		
37	DIRECTORA	7090
38	SECRETARIA	7091
39	JEFE RECURSOS HUMANOS	7092
40	ANALISTA DE PERSONAL	7093
41	ANALISTA DE PERSONAL	7094
42	OFICINISTA	7095
43	INFORMACION	7096
44	JEFE DE SEGURIDAD	7097
45	TRANSPORTE	7098
46	SECRETARIA	7099
<b>DEPARTAMENTO FINANCIERO</b>		
47	DIRECTOR	7100
48	SECRETARIA	7101
49	CONTADORA	7102

---

---

50	AUXILIAR CONTABILIDAD	7103
51	AUXILIAR CONTABILIDAD	7104
52	AUXILIAR CONTABILIDAD	7105
53	ANALISTA DE NÓMINA	7106
54	ANALISTA DE NÓMINA	7107
55	ANALISTA DE NÓMINA	7108
56	TESORERA	7109
57	TESORERA	7110
58	AUXILIAR DE TESORERÍA	7111
59	JEFE PRESUPUESTO	7112
60	AUXILIAR PRESUPUESTO	7113
61	RECAUDACIÓN	7114
<b>DEPARTAMENTO ADQUISICIONES</b>		
62	JEFE ADQUISICIONES	7120
63	SECRETARIA	7121
64	AUXILIAR ADQUISICIONES	7122
65	AUXILIAR ADQUISICIONES	7123
66	ABOGADO	7124
<b>DEPARTAMENTO ALMACEN BODEGA</b>		
67	JEFE ALMACEN BODEGA	7130
68	SECRETARIA	7131
69	GUARDA ALMACEN	7132
70	AYUDANTE DE ALMACEN	7133
71	TÉCNICO ALMACEN BODEGA	7134
72	AYUDANTE DE ALMACEN	7135
<b>UNIDAD DE SEGURIDAD OCUPACIONAL</b>		
73	UNIDAD DE SEGURIDAD OCUPACIONAL	7140
74	UNIDAD DE SEGURIDAD OCUPACIONAL	7141
75	SMO - ENFERMERA	7142
76	SUPERVISOR USSOA	7143
<b>DEPARTAMENTO DE PLANEAMIENTO INTEGRAL</b>		
77	DIRECTOR	7150
78	SECRETARIA	7151
79	ANALISTA ECONÓMICA	7152
80	AUXILIAR DE ESTADÍSTICA	7153
81	ANALISTA ACADÉMICA	7154
82	ANALISTA DE PLANEAMIENTO	7155
83	ANALISTA DE PLANEAMIENTO	7156
<b>CUICYT</b>		
84	DIRECTOR	7160
85	SECRETARIA	7161
86	ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN	7162
87	ANALISTA FINANCIERA	7163
88	ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN	7164
<b>POSTGRADO</b>		
89	DIRECTOR	7170

---

90	SUBDIRECTORA	7171
91	SECRETARIA DIRECTOR	7172
92	SECRETARIA SUBDIRECTORA	7173
93	SECRETARIO ABOGADO	7174
94	POSTGRADO	7175
95	POSTGRADO	7176
96	POSTGRADO	7177
97	POSTGRADO	7178
98	SECRETARIA CEIT	7179
<b>COMUNICACIÓN ORGANIZACIONAL</b>		
99	DIRECTOR	7190
100	SECRETARIA	7191
101	PROGRAMACIÓN UTV	7192
102	TELEVISORA UNIVERSITARIA	7193
103	RADIO UNIVERSITARIA	7194
104	RELACIONES PÚBLICAS	7195
105	RELACIONES PÚBLICAS	7196
<b>PROCURADURÍA GENERAL</b>		
106	PROCURADOR	7200
107	SECRETARIA	7201
108	ABOGADO	7202
<b>CUDIC</b>		
109	DIRECTOR	7210
110	SECRETARIA	7211
111	COORDINADORA	7212
112	DANZA	7213
113	TEATRO	7214
114	MÚSICA	7215
<b>AUDITORÍA INTERNA</b>		
115	AUDITORÍA INTERNA	7220
<b>DEPARTAMENTO DE VINCULACIÓN</b>		
116	DIRECTOR	7230
117	SECRETARIA	7231
118	VINCULACIÓN COLECTIVIDAD	7232
119	OFICINA DEL ESTUDIANTE	7233
120	GIMNASIO	7234
<b>INSTITUTO ALTOS ESTUDIOS</b>		
121	DIRECTOR	7240
122	SECRETARIA	7241
<b>UNIDAD DE MANTENIMIENTO</b>		
123	JEFE UNIDAD DE MANTENIMIENTO	7250
124	SECRETARIA	7251
125	COORDINADORA DE PROYECTOS	7252
<b>ACREDITACIÓN Y EVALUACIÓN</b>		
126	COORDINACIÓN	7260
<b>ASOCIACIÓN DE EMPLEADOS</b>		

---

127	SECRETARIA	7270
	<b>FONDO DE JUBILACIÓN INDEXADA UTN</b>	
128	FONDO DE JUBILACIÓN INDEXADA	7280
	<b>ASOCIACIÓN DE PROFESORES</b>	
129	SECRETARIA	7290
	<b>BIBLIOTECA</b>	
130	JEFA DE BIBLIOTECA	7300
131	BIBLIOTECARIA	7301
132	PROCESOS TÉCNICOS	7302
133	HEMEROTECA	7303
134	NO VIDENTES	7304
135	VIDEOTECA	7305
136	ANALISTA SISTEMAS	7306
	<b>COLEGIO UNIVERSITARIO UTN</b>	
137	RECTORADO	7310
138	VICERRECTORADO	7311
139	SECRETARIA RECTORADO	7312
140	SECRETARIA VICERRECTORADO	7313
141	BIENESTAR ESTUDIANTIL	7314
	<b>CENTRO ACADÉMICO DE IDIOMAS</b>	
142	DIRECTORA	7320
143	SECRETARIA	7321
144	SECRETARIA	7322
	<b>ESCUELA DE CONDUCCIÓN UTN</b>	
145	DIRECTOR	7330
146	SECRETARIA	7331
	<b>SISTEMA NACIONAL DE NIVELACIÓN Y ADMISIÓN</b>	
147	DIRECTOR	7340
148	SECRETARIA	7341
	<b>EMPRESA PÚBLICA LA U-EMPRENDE</b>	
149	GERENTE GENERAL	7350
150	COMPRAS PÚBLICAS	7351
151	ALMACEN UNIVERSITARIO	7352
152	ANALISTA DE TALENTO HUMANO	7353
	<b>AUDITORIO</b>	
153	AUDITORIO AGUSTÍN CUEVA	7360
	<b>SINDICATO DE TRABAJADORES</b>	
154	SINDICATO DE TRABAJADORES	7370
	<b>FICA</b>	
155	DECANO	7500
156	SUBDECANO	7501
157	SECRETARIA DECANATO	7502
158	SECRETARIA SUBDECANATO	7503
159	SECRETARIA ABOGADA	7504
160	COORDINACIÓN CIERCOM	7505
161	SECRETARIA CIERCOM	7506

---

---

162	COORDINACIÓN CIME	7507
163	SECRETARIA CIME	7508
164	COORDINACIÓN CISIC	7509
165	SECRETARIA CISIC	7510
166	SECRETARIA CIMANELE Y CIMANAU	7511
167	SECRETARIA CITEX Y CINDU	7512
168	JEFE LABORATORIO COMPUTACIÓN	7513
169	LABORATORIO COMPUTACIÓN	7514
170	LABORATORIO CIME - CIERCOM	7515
171	DOCENTES CISIC	7516
<b>FICAYA</b>		
172	DECANO	7600
173	SUBDECANO	7601
174	SECRETARIA DECANATO	7602
175	SECRETARIA SUBDECANATO	7603
176	SECRETARIO ABOGADO	7604
177	SECRETARIA FORESTAL	7605
178	SECRETARIA RECURSOS NATURALES	7606
179	SECRETARIA AGROINDUSTRIAL	7607
180	SECRETARIA BIOTECNOLOGÍA Y AGRONEGOCIOS	7608
181	LABORATORIO COMPUTACIÓN	7609
182	LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA VEGETAL	7610
183	LABORATORIO GEOMÁTICA	7611
184	LABORATORIO DE ANALISIS FÍSICO QUÍMICOS	7612
185	GRANJA YUYUCOCHA	7613
186	GRANJA LA PRADERA	7614
187	DOCENTE AGROPECUARIA	7615
<b>CIENCIAS DE LA SALUD</b>		
188	DECANA	7700
189	SUBDECANA	7701
190	SECRETARIA DECANATO	7702
191	SECRETARIA SUBDECANATO	7703
192	SECRETARIO ABOGADO	7704
193	COORDINACIÓN NUTRICIÓN	7705
194	SECRETARIA NUTRICIÓN	7706
195	COORDINACIÓN ENFERMERÍA	7707
196	SECRETARIA ENFERMERÍA	7708
197	COORDINACIÓN TERAPIA FÍSICA	7709
198	LABORATORIO NUTRICIÓN	7710
<b>FECYT</b>		
199	DECANO	7800
200	SUBDECANA	7801
201	SECRETARIA DECANATO	7802
202	SECRETARIA SUBDECANATO	7803
203	SECRETARIO ABOGADO	7804

---

204	DIRECTOR INSTITUTO EDUCACIÓN FÍSICA	7805
205	SECRETARIA INSTITUTO EDUCACIÓN FÍSICA	7806
206	PEDAGOGÍA	7807
207	SECRETARIA PROGRAMAS SEMIPRESENCIALES	7808
208	EDUCACIÓN TÉCNICA	7809
209	PRÁCTICA DOCENTE	7810
210	PLAN DE CONTINGENCIA	7811
211	LABORATORIO COMPUTACIÓN	7812
<b>FACAE</b>		
212	DECANA	7900
213	SUBDECANO	7901
214	SECRETARIA DECANATO	7902
215	SECRETARIA SUBDECANATO	7903
216	SECRETARIO ABOGADO	7904
217	COORDINACIÓN MERCADOTECNIA	7905
218	SECRETARIA MERCADOTECNIA	7906
219	SECRETARIA CONTABILIDAD	7907
220	SECRETARIA CONTABILIDAD SEMIPRESENCIAL	7908
221	SECRETARIA ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	7909
222	SECRETARIA GASTRONOM, DERECHO Y TURIS.	7910
223	COORDINACIÓN TURISMO	7911
224	LABORATORIO COMPUTACIÓN	7912

Fuente: Plan de mercado del DDTI de la UTN

### 3.4 Infraestructura de red de Telefonía en la Universidad

Como se mencionó anteriormente, la universidad posee un sistema de telefonía basado en software libre bajo la plataforma Elastix; de esta forma el sistema tiene una central telefónica y un total de 103 equipos terminales como son los teléfonos IP en la marca Yealink en varias series. A más de los equipos mencionados, también intervienen en el sistema telefónico el gateway de voz CISCO 3225, el Firewall ASA 5520, el controlador de ancho de banda Exinda 4761 y el switch de Core Primario (Zeus).

#### 3.4.1 Central telefónica IP Elastix.

El servidor de voz con el que cuenta la universidad es el Appliance –Elx5000 de marca Elastix (ver Figura 10). Es un servidor de comunicaciones unificadas, creado para brindar soluciones de telefonía IP robustas, entre sus características principales tiene un

soporte para 600 extensiones y poder de realizar un máximo de 250 llamadas simultáneas, a más de todos los beneficios que generalmente ofrecen los servidores de comunicaciones unificadas como: IVR, grupos de marcado, grupos de conferencias, etc.



**Figura 10.** Appliance Elx5000.

Fuente: (Elastix.org, 2006-2015). Recuperado de: <http://www.elastix.com/portfolio-item/elx5000/#tab-id-3>

Las especificaciones técnicas que posee este equipo se muestran en la Tabla 4. Hay que mencionar que actualmente existe una versión nueva de este equipo el Elx5000G2, el cual mejora en varios aspectos a la versión anterior, para mayor información sobre este equipamiento se recomienda ingresar al sitio oficial de Elastix ([www.elastix.com](http://www.elastix.com)):

Tabla 4 *Especificaciones técnicas del Elx5000*

<b>ELASTIX Elx5000</b>	
<b>Especificaciones Técnicas</b>	
<b>Puertos Analógicos</b>	hasta 72
<b>Puertos Digitales</b>	hasta 8 E1/T1/J1
<b>Extensiones (SIP/IAX)</b>	hasta 600
<b>llamadas concurrentes</b>	Hasta 250
<b>Slots de expansión</b>	6: 3 PCI, 2(x8) PCIe, 1(x6)
<b>HARDWARE</b>	
<b>CPU (2do opcional)</b>	2.13 GHz Quad Core
<b>RAM</b>	4 GB (expandible a 16 GB)
<b>Disco Duro (2do opcional)</b>	500 GB
<b>RAID</b>	soft RAID 1
<b>Tarjeta controladora RAID</b>	Opcional
<b>Red</b>	2x Gigabit Ethernet
<b>Fuente Redundante</b>	Si

<b>Display LED</b>	Frontal
<b>Puertos USB</b>	4 en panel posterior
<b>CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN</b>	
<b>Sistema Operativo</b>	Elastix 64 bits
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>	
<b>Case Metálico</b>	2U - Montable en rack de 19"

**Fuente:** (Elastix.org, 2006-2015). Recuperado de:  
<http://www.elastix.com/portfolio-item/elx5000/#tab-id-3>

### 3.4.2 Equipos terminales.

En equipos terminales o clientes, la universidad posee teléfonos IP de la marca Yealink.

#### 3.4.2.1 Teléfonos Yealink.

Se encuentran configurados tres tipos o series de teléfonos según el cargo que ocupa la persona en la institución, las características se mencionan en cada tabla respectivamente:

- Yealink VP530 (ver Figura 11) es un video teléfono ejecutivo con audio, video y aplicaciones integradas fabricado especialmente para el ámbito empresarial. La capacidad de video llamada o videoconferencia de tres vías se ajusta a los requerimientos de la universidad, especialmente para las principales autoridades como es el rector y los vicerrectores.



**Figura 11.** Teléfono Yealink VP-530.

**Fuente:** (Yealink Inc., 2015). **Recuperado de:** [http://www.yealink.com/product\\_info.aspx?ProductsCateID=180](http://www.yealink.com/product_info.aspx?ProductsCateID=180)

En la Tabla 5 que se presenta a continuación se muestra las principales características del VP-530:

Tabla 5. *Características principales del Yealink VP-530*

<b>Yealink VP-530</b>
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>
pantalla digital LCD de 800x480 de 7"
Voz HD, altavoz dúplex completo
4 cuentas de VoIP, video conferencia de tres vías
<b>CARACTERÍSTICAS DE VIDEO</b>
Códec de video: H.264 y H.263
Códec de imagen: JPEG, GIF, PNG, BMP
Selección de ancho de banda: 128 kbps - 1Mbps
Selección de velocidad de fotogramas: 10 - 30 fps
Ajuste de ancho de banda adaptativo
<b>CARACTERÍSTICAS DE AUDIO</b>
Códec de alta definición, HD auricular, HD alta voz
Códec de banda ancha: G.722
Codec de banda estrecha: G.711 (A/μ), G.729AB
<b>CARACTERÍSTICAS DE TELÉFONO</b>
Protocolo SIP v1 y v2
NAT transversal
Asignación de IP: estática, DHCP, PPPoE
HTTP/ HTTPS del servidor web
Sincronización de fecha y hora usando SNTP
UDP / TCP / DNS-SRV (RFC 3263)
QoS: 802.1p / Q tagging (VLAN), Layer 3 ToS y DSCP
SRTP para voz y video
Transport Layer Security (TLS)
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>
2 puertos RJ54 ethernet 10/100Mbps
Puerto USB 2.0, ranura para tarjeta SD
<b>Fuente:</b> (Yealink Inc., 2015). <b>Recuperado de:</b> <a href="http://www.yealink.com/product_info.aspx?ProductsCateID=180">http://www.yealink.com/product_info.aspx?ProductsCateID=180</a>

- Yealink SIP-T46G (ver Figura 12). Es un teléfono IP ejecutivo al que se le puede integrar un módulo de expansión para que se pueda realizar las transferencias de llamadas. Este equipo se encuentra al servicio del operador de telefonía de la universidad.



**Figura 12.** Teléfono Yealink SIP-T46G.

**Fuente:** (Yealink Inc., 2015). **Recuperado de:** <http://www.onedirect.es/productos/yealink/yealinkt46g>

Las características principales del SIP-T46G se mencionan en la tabla 6, haciendo hincapié en aquellas que denotan mayor importancia:

Tabla 6 *Características del SIP-T46G*

<b>Yealink SIP-T46G</b>
<b>CARACTERÍSTICAS</b>
voz de Yealink Optima HD
doble puerto Gigabit Ethernet
4.3 "color de 480 x 272 píxeles de pantalla con luz de fondo
Hasta 16 cuentas SIP
<b>CARACTERÍSTICAS DE AUDIO</b>
Códec: G.722, G.711 (A / $\mu$ ), G.723, G.723.1, G.729AB, G.726, iLBC
full-dúplex altavoz manos libres con AEC
<b>CARACTERÍSTICAS DEL TELÉFONO</b>
16 cuentas VoIP
llamada en espera, mudo, DND
Desvío de llamadas, llamada en espera, transferencia de llamada
llamada de emergencia
Volver a marcar, retorno de llamada, respuesta automática
conferencia de 3 vías
<b>DIRECTORIO</b>
agenda Local hasta 1000 entradas
XML / LDAP del directorio telefónico remoto
<b>INTERFAZ</b>
doble puerto Gigabit Ethernet
<b>REDES Y SEGURIDAD</b>
SIP v1 (RFC2543), v2 (RFC 3261)

---

asignación de IP: / DHCP / PPPoE estática  
 UDP / TCP / DNS-SRV (RFC 3263)  
 IPv6  
 OpenVPN, IEEE802.1X

---

**Fuente:** (Yealink Inc., 2015).

**Recuperado de:** [http://www.yealink.com/product\\_info.aspx?ProductsCateID=310&parentcateid=1299&cateid=310&BaseInfoCateId=310&Cate\\_Id=310&index=3](http://www.yealink.com/product_info.aspx?ProductsCateID=310&parentcateid=1299&cateid=310&BaseInfoCateId=310&Cate_Id=310&index=3)

- Yealink SIP-T28P (ver Figura 13). Es un teléfono IP de características intermedias, no posee las características de los anteriores como video llamada y las video conferencias, pero indudablemente posee mejores características que los teléfonos IP convencionales. Estos teléfonos están instalados en las oficinas de los directores departamentales, decanos, secretarías y personal administrativo. Es el tipo de teléfono que más se ocupa en la universidad un 70% de la institución hace uso de este modelo.



**Figura 13.** Teléfono IP Yealink SIP-T28P.

**Fuente:** (Yealink Inc., 2015). **Recuperado de:**  
[http://www.yealink.com/product\\_info.aspx?ProductsCateID=184](http://www.yealink.com/product_info.aspx?ProductsCateID=184)

Las características principales del SIP-T28P se mencionan en la tabla 7:

Tabla 7 *Características del SIP-T28P*

<b>Yealink SIP-T28P</b>
<b>CARÁCTERÍSTICAS GENERALES</b>
320x160 píxeles LCD gráfico
de dos puertos 10/100 Ethernet Switch
Hasta 6 cuentas SIP

---

### CARACTERÍSTICAS DE AUDIO

Voz HD: HD auricular, altavoz de alta definición  
 Codecs: G.722, G.711 (A /  $\mu$ ), G.723.1,  
 G.729AB, G.726, iLBC

### CARACTERÍSTICAS DEL TELÉFONO

6 cuentas VoIP  
 Plan de marcación

### INTERFAZ

2xRJ45 10 / 100M puertos Ethernet

### REDES Y SEGURIDAD

v1 SIP (RFC2543), v2 (RFC 3261)  
 asignación de IP: / DHCP / PPPoE estática  
 Hora y fecha de sincronización utilizando SNTP  
 UDP / TCP / DNS-SRV (RFC 3263)  
 QoS: 802.1p / Q etiquetado (VLAN), capa 3 ToS DSCP  
 IPv6  
 OpenVPN, IEEE802.1X

---

**Fuente:** (Yealink Inc., 2015). **Recuperado de:**  
[http://www.yealink.com/product\\_info.aspx?ProductsCateID=184](http://www.yealink.com/product_info.aspx?ProductsCateID=184)

### 3.4.3 Gateway de voz CISCO-3225.

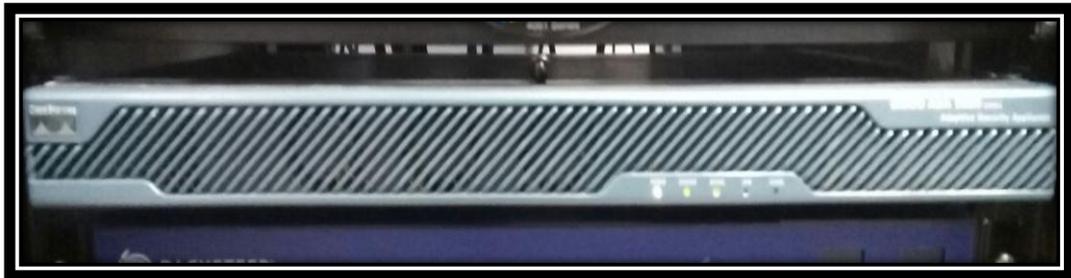
El gateway (ver Figura 14) pertenece a la plataforma anterior CISCO, luego se vincularon las dos plataformas: CISCO y Elastix. Actualmente se encuentra desplegada con la plataforma Elastix, aunque la central Elastix tiene un Gateway integrado, este se encarga de realizar la conversión de las llamadas que se generan en la red IP interna de la universidad con la red pública PSTN y viceversa, de esta manera la universidad puede realizar y recibir llamadas locales (internas), nacionales, internacionales y celulares. En este equipo se encuentra configurado el acceso analógico El entregado por la CNT EP.



**Figura 14.** Gateway de voz Cisco MC3800  
 Fuente: rack del data center del DDTI de la UTN

### 3.4.4 Firewall ASA 5520.

En este equipo, que se muestra en la Figura 15, se tiene configuradas las reglas y rutas de acceso y salida de cada una de las VLANs creadas en la universidad, dentro de ellas se encuentra la VLAN de voz.



**Figura 15.** Firewall ASA 5520  
Fuente: Rack del data center del DDTI de la UTN

### 3.4.5 Exinda 4761.

Este equipo permite asignar un ancho de banda determinado a cada una de las VLANs creadas, según la capacidad de tráfico que ellas necesitan. Para la VLAN de voz este equipo está configurada en modo puente, esto quiere decir que deja pasar el tráfico sin asignar un ancho de banda específico, de esta forma el tráfico de voz ocupa el ancho de banda necesario según el número de llamadas que se estén realizando. En la Figura 16 se muestra a este dispositivo.



**Figura 16.** Controlador de ancho de banda Exinda 4761  
Fuente: rack del data center del DDTI de la UTN

### 3.4.6 Switch 4510.

Es el switch Core Principal, denominado Zeus (ver Figura 17) por los administradores de red de la universidad. En este equipo se encuentran configuradas las VLANs que se propagan en toda la universidad, es en el cual se realiza el gateway de cada VLAN. Es un equipo muy importante ya que provee la conectividad entre los usuarios que pertenecen a una VLAN, en este caso la de voz.



**Figura 17.** Switch Cisco Catalyst 4510

Recuperado de: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/switches/catalyst-4510r-e-switch/model.html>

## 3.5 Requerimientos para la Migración a IPv6

A continuación se muestra todos los elementos que se necesitan para realizar la migración en el sistema de telefonía de la universidad del protocolo IPv4 a IPv6. Se ha determinado dos tipos de requerimientos a cumplir que son: generales y técnicos.

GENERALES:

- La universidad debe contar con un rango de direcciones IPv6 que no haya sido utilizado.
- La implementación del nuevo protocolo no debe afectar el normal funcionamiento del sistema.
- La solución propuesta debe permitir realizar llamadas externas desde y hacia la red celular y la PSTN, así como la comunicación interna sin mayores contratiempos.
- Debe ser escalable, de manera que permita el crecimiento del sistema y posteriores mejoras en el mismo.

#### TÉCNICAS:

- Todos los equipos que intervienen y que forman parte del sistema de telefonía IP deben soportar la configuración del protocolo IPv6 en sus sistemas.
- El rango de direcciones IPv6 debe cubrir el requerimiento del número de equipos terminales.
- Debe estar creada o debe crearse una VLAN para la telefonía en IPv6, de manera que se propague por toda la red de la universidad.
- Los equipos de telefonía deben manejar el protocolo SIP.
- Soporte de códec que opere con el protocolo IPv6.

#### **3.5.1 Rango de direcciones IPv6.**

La Universidad Técnica del Norte, posee por parte de CEDIA un rango de direcciones IPv6, de la cual se utilizará un grupo de direcciones para aplicarla a la telefonía. Cabe mencionar que por motivos de seguridad no se pueden mostrar las direcciones en su formato completo, todo esto con el objetivo de evitar violaciones y acceso indebido a los sistemas de la institución.

La dirección que se tiene asignada a la universidad por parte de CEDIA es: 2800:68:19:: /48; de este rango de dirección se utiliza un aproximado de 300 direcciones para cubrir el requerimiento de equipos terminales.

### 3.5.2 Equipos de distribución de datos con soporte en IPv6.

Los equipos que se mencionan aquí son aquellos que están relacionados directamente con el sistema de telefonía IP de la universidad, estos son: El Appliance Elx5000 de la plataforma Elastix (PBX) y los switches de distribución, especialmente el switch Zeus (Core Principal) que es el que posee la configuración de las VLANs de la universidad y las propaga hacia los demás switches a través del protocolo VTP.

#### 3.5.2.1 Verificación de soporte IPv6.

Appliance Elx5000. En la hoja de datos de este equipo no se especifica el soporte de IPv6 en su sistema, sin embargo, para verificar el soporte en IPv6 de este equipo, fue necesario contactarse con los desarrolladores del producto, mismos que se encuentran domiciliados en la ciudad de Guayaquil - Ecuador, quienes manifestaron que tanto el kernel como el software del equipo soportan IPv6. Para ello se ingresó al sistema del equipo por medio de una conexión SSH para observar los ficheros y la tarjeta de red, en los que se pueda verificar el soporte de IPv6. En la Figura 18 se muestra el soporte del protocolo IPv6 en el Elx5000.

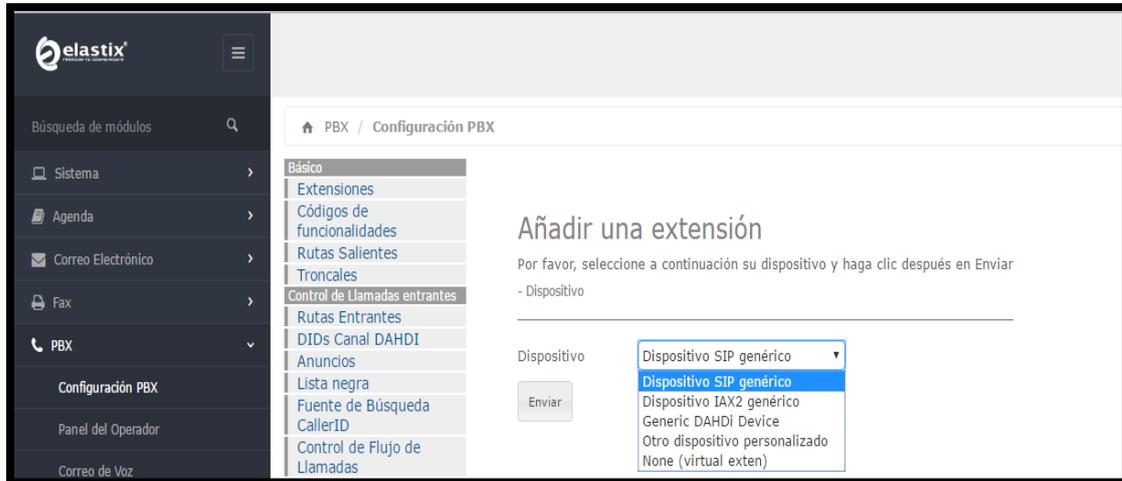
```
[root@elx ~]# ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:0c:29:00:00:00
          inet addr:10.10.10.10  Bcast:10.10.10.255  Mask:255.255.255.0
          inet6 addr:fe80::20c:29ff:fe00:0000 Scope:Global
          inet6 addr:fe80::20c:29ff:fe00:0000 Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:51569341 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:47722519 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:14500927406 (13.5 GiB)  TX bytes:14061876115 (13.0 GiB)
          Interrupt:177  Memory:d0c00000-d0c20000
```

**Figura 18.** Soporte IPv6 en la eth0 del Appliance Elx5000  
**Fuente:** Captura de pantalla que muestra las tarjetas de red del Ex5000.

Switch Zeus. Este equipo tiene instalado el software (cat4500es8-UNIVERSALk9-M) versión 03.06.00.E (ver Anexo G) el cual soporta el protocolo IPv6 ya que en este equipo están configuradas los gateway de las VLANs IPv6 que se encuentran funcionando en la universidad. Además, este equipo es el que propaga el dominio VTP hacia los demás switchs de distribución que se encuentran en cada facultad, transmitiendo de esta forma las VLANs y configuraciones realizadas en este equipo.

### 3.5.2.2 Protocolo de señalización.

Appliance Elx5000. La central de voz soporta el protocolo SIP, en las especificaciones técnicas del equipo se encuentra la hoja de datos en la cual se puede observar que este equipo permite la creación de extensiones SIP, de igual forma al entrar a configurar una extensión se puede verificar este dato en el menú del tipo de extensión que se presenta en la Figura 19:



**Figura 19.** Soporte protocolo SIP en el Appliance Elx5000

**Fuente:** Menú para la configuración de extensiones en el Elx5000 del DDTI

Switch Zeus. En el Core Primario no es necesario que exista el soporte del protocolo SIP, ya que este protocolo es de capas superiores a la capa en el que trabaja el switch, lo que hace este equipo es enrutar los paquetes según su etiqueta que se encuentra antes de campo IP de la trama, mientras que el protocolo SIP y otros protocolo como el UDP, TCP, RTP, entre otros, forman parte de la carga útil de la trama IP.

### **3.5.2.3 Codecs de voz.**

Appliance Elx5000. La central telefónica soporta varios codecs de voz, ya que éstos son necesarios e imprescindibles para que opere una central telefónica, mejor dicho, los codecs son indispensables para la transmisión de voz sobre el protocolo IP, al momento de la conversión análogo/digital de la señal.

Switch Zeus. De igual forma que en el protocolo SIP, el códec de voz forma parte de capas superiores, de esta manera no interfiere en el funcionamiento del switch.

### **3.5.3 Equipos terminales con soporte en IPv6.**

En los equipos terminales se tiene los teléfonos de la marca Yealink en sus series mencionadas anteriormente. Para la verificación del soporte IPv6 en los teléfonos Yealink se ingresó al mismo por medio del acceso web, se digitó la dirección IPv4 en la URL de cualquier buscador web, se muestra la pantalla para el acceso en el dispositivo, luego se digita el usuario y la contraseña de cada teléfono (en el anexo B se muestra el proceso para el acceso a cada teléfono mediante web); de esta forma se ingresa al estado del teléfono y se puede observar el soporte en las versiones del protocolo de internet que tiene, los codecs de voz que soporta.

#### **3.5.3.1 Verificación de soporte en IPv6.**

Yealink VP530. Este equipo no soporta IPv6, se está buscando la versión más actualizada del firmware, para luego comprobar el soporte. Ventajosamente se tienen tres equipos de esta versión en toda la universidad.

Yealink SIP-T46G. Este equipo si soporta el protocolo IPv6 en su sistema como se puede observar en la Figura 20:



**Figura 20.** Soporte IPv6 del SIP-T46G

Fuente: imagen capturada mediante el acceso web del equipo

Yealink SIP-T28P. Este equipo si soporta el protocolo IPv6, en la Figura 21 se presenta el soporte.



**Figura 21.** Soporte IPv6 del SIP-T28P

Fuente: imagen capturada mediante el acceso web del equipo

### ***3.5.3.2 Protocolo de señalización.***

Todas las series de la marca Yealink permiten configuración extensiones SIP, debido a que son fabricados específicamente para la realización de llamadas bajo este protocolo, esto se puede observar en la tabla de características generales de cada una de las series de los teléfonos.

### ***3.5.3.3 Codecs de voz.***

Yealink VP530. Este equipo si soporta los codecs de voz compatibles que pueden trabajar con IPv6, se puede verificar en la tabla de características del producto.

Yealink SIP-T46G. Este equipo si cuenta con los codecs que operan con el protocolo IPv6 en su sistema como se puede observar en la Figura 22, existe varios tipos de codecs que puede ser utilizados:



**Figura 22.** Codecs de voz del SIP-T46G

Fuente: imagen capturada mediante el acceso web del equipo

Yealink SIP-T28P. Este equipo cuenta con los codecs que operan con el protocolo IPv6, en la Figura 23 se presenta el soporte.



**Figura 23.** Codecs de voz del SIP-T28P

Fuente: imagen capturada mediante el acceso web del equipo.

## CAPÍTULO IV

### DISEÑO Y MIGRACIÓN DEL SISTEMA DE TELEFONIA IP DEL PROTOCOLO IPV4 A IPV6.

Después de haber realizado el análisis de la situación en que se encuentra el sistema de telefonía en la universidad y de haber previsto los requisitos que se necesiten añadir al sistema para cumplimiento del objetivo del proyecto, se procede con la implementación del protocolo IPv6 en el sistema de telefonía IP de la universidad.

#### 4.1 Comprobación de Requerimientos para la Migración

En la Tabla 8 se presenta todos los elementos y equipos con los que cuenta el sistema de telefonía IP de la universidad y se indica el soporte en IPv6 de cada uno de ellos.

Tabla 8. *Elementos necesarios para la migración*

<b>EQUIPO O RECURSO</b>	<b>SOPORTE EN IPV6</b>	<b>PROTOCOLO SIP</b>	<b>CODECS DE VOZ</b>
<b>Central telefónica Appliance Elx500</b>	SI	SI	SI
<b>Switch Core Primario Zeus</b>	SI	no es necesario	no es necesario
<b>teléfono Yealink SIP-T46G</b>	SI	SI	SI
<b>Teléfono Yealink SIP-T28P</b>	SI	SI	SI
<b>Rango de direcciones IP</b>	SI		

Fuente: Listado de dispositivos de telefonía IP que posee la UTN

#### 4.2 Diseño del Plan de Migración

El sistema de telefonía IP de la Universidad Técnica del Norte está soportada bajo la plataforma de código abierto Elastix y opera bajo el protocolo de internet IPv4. El diseño propuesto es la migración de la versión del protocolo de internet en que opera el sistema de

telefonía al nuevo protocolo de internet IPv6. Esto será un paso más en el proceso de transición del protocolo IPv4 a IPv6 que lleva a cabo la universidad en todos sus servicios.

#### **4.2.1 Actividades a realizarse.**

Para cumplir con el objetivo de migrar el sistema de telefonía IP del protocolo IPv4 a IPv6 en la Universidad Técnica del Norte, son necesarias las siguientes acciones:

- Tabla de direccionamiento IP para ser implementado en cada uno de los equipos que forman parte del sistema.
- Configuración del direccionamiento en cada uno de los equipos: central Elastix Elx5000, VLAN de voz, equipos terminales.
- Pruebas de conectividad entre los equipos tanto en IPv4 como en IPv6, de esta forma asegurar la coexistencia para que no exista pérdida del servicio de telefonía en la universidad.
- Comprobación del registro por parte de los teléfonos a la cuenta SIP IPv6.

#### **4.3 Direccionamiento IPv6 a Implementarse.**

A continuación se realiza el direccionamiento IPv6 para luego ser implementado en cada uno de los equipos del sistema de telefonía.

La dirección que se tiene asignada para ser usada por la universidad es: 2800:68:19::/48; de la cual se utiliza una parte para ser integrada en la VLAN de voz. De esta forma la dirección IP quedaría: 2800:68:19: XXXX::/64; en donde la letra “X” es un carácter hexadecimal y representa a una VLAN o subred a implementarse en un lugar, en este caso se refiere específicamente a la VLAN de voz.

Antes de realizar el direccionamiento hay que hacer el proceso de verificación para asegurarse de que el recurso de direcciones IPv6 satisface al número de equipos terminales, en este caso de extensiones telefónicas creadas en la central telefónica.

Recurso = 2800:68:19:xxxx:0000:0000:0000:0000/64; en donde los ceros "0" son el número de host a ser utilizados, por ende tiene un recurso de  $2^{64} = 18^{446.744} \cdot 073.709 \cdot 551.616$  direcciones disponibles.

En la Tabla 9 se presentan los equipos que necesitan de una dirección IPv6.

Tabla 9. *Requerimiento de direcciones IPv6*

<b>DISPOSITIVO</b>	<b>DIRECCIONES</b>
<b>Equipos terminales</b>	224
<b>Central Telefónica</b>	1
<b>Gateway de VLAN</b>	1
<b>TOTAL</b>	<b>226</b>

Fuente: Número de equipos que requieren una dirección IPv6 en la UTN

De esta forma se puede verificar que el recurso cumple con el requerimiento y se puede realizar el proceso de direccionamiento en los equipos.

En la Tabla 10 se presenta el direccionamiento IPv6 para cada equipo; cabe mencionar que por razones de seguridad no se puede mostrar las direcciones en su formato real y completo, por ese motivo se procede a realizar un direccionamiento ficticio, pero que muestra la forma en la que se lo realizó.

Tabla 10. *Distribución general de direcciones en IPv6*

<b>DIRECCION</b>	<b>DISPOSITIVO</b>
<b>2800:69:19:xxxx::fff/64</b>	Gateway de VLAN
<b>2800:69:19:xxxx::ffe/64</b>	central telefónica
<b>2800:69:19:xxxx::0000/64</b>	inicio de extensiones
<b>2800:69:19:xxxx::0224/64</b>	fin de extensiones

---

**2800:69:19:x::xxxx/64**      DNS

---

Fuente: Direccionamiento en IPv6 para los dispositivos en IPv6 de UTN

La distribución de direcciones en las extensiones queda de la siguiente manera (ver Tabla 11), bajo el criterio de tratar de desperdiciar el menor número de direcciones y dejando una dirección más a cada departamento o área; cabe recordar que es un ejemplo de direccionamiento, el direccionamiento real se la realizó con un criterio diferente y por razones de seguridad no puede ser mostrado:

Tabla 11. *Direccionamiento IPv6 en extensiones telefónicas*

N°	UNIDAD	Extensión	Dirección IPv6	Máscara IPv6
<b>OPERADORA</b>				
1	CENTRAL TELEFÓNICA	7000	2800:69:19:xxxx::a000	/64
<b>RECTORADO</b>				
2	RECTOR	7010	2800:69:19:xxxx::0002	/64
3	SECRETARIA	7012	2800:69:19:xxxx::0003	/64
4	SECRETARIA	7013	2800:69:19:xxxx::0004	/64
5	SECRETARIA	7014	2800:69:19:xxxx::0005	/64
<b>VICERRECTORADO ACADÉMICO</b>				
6	VICERRECTORA ACADÉMICA	7020	2800:69:19:xxxx::0007	/64
7	SECRETARIA	7021	2800:69:19:xxxx::0008	/64
8	SECRETARIA	7022	2800:69:19:xxxx::0009	/64
<b>VICERRECTORADO ADMINISTRATIVO</b>				
9	VICERRECTOR ADMINISTRATIVO	7030	2800:69:19:xxxx::0011	/64
10	SECRETARIA	7031	2800:69:19:xxxx::0012	/64
11	SECRETARIA	7032	2800:69:19:xxxx::0013	/64
12	SECRETARIA	7033	2800:69:19:xxxx::0014	/64
<b>DESARROLLO TECNOLÓGICO E INFORMÁTICO</b>				
13	DIRECTOR	7040	2800:69:19:xxxx::0016	/64
14	SECRETARIA	7041	2800:69:19:xxxx::0017	/64
15	ANALISTA DE SISTEMAS - QUIPUX	7042	2800:69:19:xxxx::0018	/64
16	ANALISTA DE SISTEMAS	7043	2800:69:19:xxxx::0019	/64
17	ANALISTA DE SISTEMAS	7044	2800:69:19:xxxx::0020	/64
18	ANALISTA DE SISTEMAS	7045	2800:69:19:xxxx::0021	/64
19	ANALISTA DE SISTEMAS	7046	2800:69:19:xxxx::0022	/64
20	GESTIÓN WEB	7047	2800:69:19:xxxx::0023	/64
21	PROGRAMADORA	7048	2800:69:19:xxxx::0024	/64
22	ANALISTA DE SISTEMAS	7049	2800:69:19:xxxx::0025	/64
23	ANALISTA DE SISTEMAS	7050	2800:69:19:xxxx::0026	/64
24	ANALISTA DE SISTEMAS	7051	2800:69:19:xxxx::0027	/64

25	ANALISTA DE REDES	7052	2800:69:19:xxxx::0028	/64
<b>SECRETARÍA GENERAL</b>				
26	SECRETARIO GENERAL	7060	2800:69:19:xxxx::0030	/64
27	SECRETARIA	7061	2800:69:19:xxxx::0031	/64
<b>BIENESTAR UNIVERSITARIO</b>				
28	DIRECTORA	7070	2800:69:19:xxxx::0033	/64
29	SECRETARIA	7071	2800:69:19:xxxx::0034	/64
30	ENFERMERA	7072	2800:69:19:xxxx::0035	/64
31	ORIENTADORA	7073	2800:69:19:xxxx::0036	/64
32	ODONTÓLOGO	7074	2800:69:19:xxxx::0037	/64
33	LABORATORIO CLÍNICO	7075	2800:69:19:xxxx::0038	/64
34	TRABAJADORA SOCIAL	7076	2800:69:19:xxxx::0039	/64
<b>RELACIONES INTERNACIONALES</b>				
35	RELACIONES INTERNACIONALES	7080	2800:69:19:xxxx::0041	/64
36	RELACIONES INTERNACIONALES	7081	2800:69:19:xxxx::0042	/64
<b>RECURSOS HUMANOS</b>				
37	DIRECTORA	7090	2800:69:19:xxxx::0044	/64
38	SECRETARIA	7091	2800:69:19:xxxx::0045	/64
39	JEFE RECURSOS HUMANOS	7092	2800:69:19:xxxx::0046	/64
40	ANALISTA DE PERSONAL	7093	2800:69:19:xxxx::0047	/64
41	ANALISTA DE PERSONAL	7094	2800:69:19:xxxx::0048	/64
42	OFICINISTA	7095	2800:69:19:xxxx::0049	/64
43	INFORMACION	7096	2800:69:19:xxxx::0050	/64
44	JEFE DE SEGURIDAD	7097	2800:69:19:xxxx::0051	/64
45	TRANSPORTE	7098	2800:69:19:xxxx::0052	/64
46	SECRETARIA	7099	2800:69:19:xxxx::0053	/64
<b>DEPARTAMENTO FINANCIERO</b>				
47	DIRECTOR	7100	2800:69:19:xxxx::0055	/64
48	SECRETARIA	7101	2800:69:19:xxxx::0056	/64
49	CONTADORA	7102	2800:69:19:xxxx::0057	/64
50	AUXILIAR CONTABILIDAD	7103	2800:69:19:xxxx::0058	/64
51	AUXILIAR CONTABILIDAD	7104	2800:69:19:xxxx::0059	/64
52	AUXILIAR CONTABILIDAD	7105	2800:69:19:xxxx::0060	/64
53	ANALISTA DE NÓMINA	7106	2800:69:19:xxxx::0061	/64
54	ANALISTA DE NÓMINA	7107	2800:69:19:xxxx::0062	/64
55	ANALISTA DE NÓMINA	7108	2800:69:19:xxxx::0063	/64
56	TESORERA	7109	2800:69:19:xxxx::0064	/64
57	TESORERA	7110	2800:69:19:xxxx::0065	/64
58	AUXILIAR DE TESORERÍA	7111	2800:69:19:xxxx::0066	/64
59	JEFE PRESUPUESTO	7112	2800:69:19:xxxx::0067	/64
60	AUXILIAR PRESUPUESTO	7113	2800:69:19:xxxx::0068	/64
61	RECAUDACIÓN	7114	2800:69:19:xxxx::0069	/64
<b>DEPARTAMENTO ADQUISICIONES</b>				
62	JEFE ADQUISICIONES	7120	2800:69:19:xxxx::0071	/64
63	SECRETARIA	7121	2800:69:19:xxxx::0072	/64
64	AUXILIAR ADQUISICIONES	7122	2800:69:19:xxxx::0073	/64

65	AUXILIAR ADQUISICIONES	7123	2800:69:19:xxxx::0074	/64
66	ABOGADO	7124	2800:69:19:xxxx::0075	/64
<b>DEPARTAMENTO ALMACEN BODEGA</b>				
67	JEFE ALMACEN BODEGA	7130	2800:69:19:xxxx::0077	/64
68	SECRETARIA	7131	2800:69:19:xxxx::0078	/64
69	GUARDA ALMACEN	7132	2800:69:19:xxxx::0079	/64
70	AYUDANTE DE ALMACEN	7133	2800:69:19:xxxx::0080	/64
71	TÉCNICO ALMACEN BODEGA	7134	2800:69:19:xxxx::0081	/64
72	AYUDANTE DE ALMACEN	7135	2800:69:19:xxxx::0082	/64
<b>UNIDAD DE SEGURIDAD OCUPACIONAL</b>				
73	UNIDAD DE SEGURIDAD OCUPACIONAL	7140	2800:69:19:xxxx::0084	/64
74	UNIDAD DE SEGURIDAD OCUPACIONAL	7141	2800:69:19:xxxx::0085	/64
75	SMO - ENFERMERA	7142	2800:69:19:xxxx::0086	/64
76	SUPERVISOR USSOA	7143	2800:69:19:xxxx::0087	/64
<b>DEPARTAMENTO DE PLANEAMIENTO INTEGRAL</b>				
77	DIRECTOR	7150	2800:69:19:xxxx::0089	/64
78	SECRETARIA	7151	2800:69:19:xxxx::0090	/64
79	ANALISTA ECONÓMICA	7152	2800:69:19:xxxx::0091	/64
80	AUXILIAR DE ESTADÍSTICA	7153	2800:69:19:xxxx::0092	/64
81	ANALISTA ACADÉMICA	7154	2800:69:19:xxxx::0093	/64
82	ANALISTA DE PLANEAMIENTO	7155	2800:69:19:xxxx::0094	/64
83	ANALISTA DE PLANEAMIENTO	7156	2800:69:19:xxxx::0095	/64
<b>CUICYT</b>				
84	DIRECTOR	7160	2800:69:19:xxxx::0097	/64
85	SECRETARIA	7161	2800:69:19:xxxx::0098	/64
86	ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN	7162	2800:69:19:xxxx::0099	/64
87	ANALISTA FINANCIERA	7163	2800:69:19:xxxx::0100	/64
88	ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN	7164	2800:69:19:xxxx::0101	/64
<b>POSTGRADO</b>				
89	DIRECTOR	7170	2800:69:19:xxxx::0103	/64
90	SUBDIRECTORA	7171	2800:69:19:xxxx::0104	/64
91	SECRETARIA DIRECTOR	7172	2800:69:19:xxxx::0105	/64
92	SECRETARIA SUBDIRECTORA	7173	2800:69:19:xxxx::0106	/64
93	SECRETARIO ABOGADO	7174	2800:69:19:xxxx::0107	/64
94	POSTGRADO	7175	2800:69:19:xxxx::0108	/64
95	POSTGRADO	7176	2800:69:19:xxxx::0109	/64
96	POSTGRADO	7177	2800:69:19:xxxx::0110	/64
97	POSTGRADO	7178	2800:69:19:xxxx::0111	/64
98	SECRETARIA CEIT	7179	2800:69:19:xxxx::0112	/64
<b>COMUNICACIÓN ORGANIZACIONAL</b>				
99	DIRECTOR	7190	2800:69:19:xxxx::0114	/64
100	SECRETARIA	7191	2800:69:19:xxxx::0115	/64
101	PROGRAMACIÓN UTV	7192	2800:69:19:xxxx::0116	/64
102	TELEVISORA UNIVERSITARIA	7193	2800:69:19:xxxx::0117	/64
103	RADIO UNIVERSITARIA	7194	2800:69:19:xxxx::0118	/64
104	RELACIONES PÚBLICAS	7195	2800:69:19:xxxx::0119	/64

<b>105</b>	RELACIONES PÚBLICAS	7196	2800:69:19:xxxx::0120	/64
	<b>PROCURADURÍA GENERAL</b>			
<b>106</b>	PROCURADOR	7200	2800:69:19:xxxx::0122	/64
<b>107</b>	SECRETARIA	7201	2800:69:19:xxxx::0123	/64
<b>108</b>	ABOGADO	7202	2800:69:19:xxxx::0124	/64
	<b>CUDIC</b>			
<b>109</b>	DIRECTOR	7210	2800:69:19:xxxx::0126	/64
<b>110</b>	SECRETARIA	7211	2800:69:19:xxxx::0127	/64
<b>111</b>	COORDINADORA	7212	2800:69:19:xxxx::0128	/64
<b>112</b>	DANZA	7213	2800:69:19:xxxx::0129	/64
<b>113</b>	TEATRO	7214	2800:69:19:xxxx::0130	/64
<b>114</b>	MÚSICA	7215	2800:69:19:xxxx::0131	/64
	<b>AUDITORÍA INTERNA</b>			
<b>115</b>	AUDITORÍA INTERNA	7220	2800:69:19:xxxx::0133	/64
	<b>DEPARTAMENTO DE VINCULACIÓN</b>			
<b>116</b>	DIRECTOR	7230	2800:69:19:xxxx::0135	/64
<b>117</b>	SECRETARIA	7231	2800:69:19:xxxx::0136	/64
<b>118</b>	VINCULACIÓN COLECTIVIDAD	7232	2800:69:19:xxxx::0137	/64
<b>119</b>	OFICINA DEL ESTUDIANTE	7233	2800:69:19:xxxx::0138	/64
<b>120</b>	GIMNASIO	7234	2800:69:19:xxxx::0139	/64
	<b>INSTITUTO ALTOS ESTUDIOS</b>			
<b>121</b>	DIRECTOR	7240	2800:69:19:xxxx::0141	/64
<b>122</b>	SECRETARIA	7241	2800:69:19:xxxx::0142	/64
	<b>UNIDAD DE MANTENIMIENTO</b>			
<b>123</b>	JEFE UNIDAD DE MANTENIMIENTO	7250	2800:69:19:xxxx::0144	/64
<b>124</b>	SECRETARIA	7251	2800:69:19:xxxx::0145	/64
<b>125</b>	COORDINADORA DE PROYECTOS	7252	2800:69:19:xxxx::0146	/64
	<b>ACREDITACIÓN Y EVALUACIÓN</b>			
<b>126</b>	COORDINACIÓN	7260	2800:69:19:xxxx::0148	/64
	<b>ASOCIACIÓN DE EMPLEADOS</b>			
<b>127</b>	SECRETARIA	7270	2800:69:19:xxxx::0150	/64
	<b>FONDO DE JUBILACIÓN INDEXADA UTN</b>			
<b>128</b>	FONDO DE JUBILACIÓN INDEXADA	7280	2800:69:19:xxxx::0152	/64
	<b>ASOCIACIÓN DE PROFESORES</b>			
<b>129</b>	SECRETARIA	7290	2800:69:19:xxxx::0154	/64
	<b>BIBLIOTECA</b>			
<b>130</b>	JEFA DE BIBLIOTECA	7300	2800:69:19:xxxx::0156	/64
<b>131</b>	BIBLIOTECARIA	7301	2800:69:19:xxxx::0157	/64
<b>132</b>	PROCESOS TÉCNICOS	7302	2800:69:19:xxxx::0158	/64
<b>133</b>	HEMEROTECA	7303	2800:69:19:xxxx::0159	/64
<b>134</b>	NO VIDENTES	7304	2800:69:19:xxxx::0160	/64
<b>135</b>	VIDEOTECA	7305	2800:69:19:xxxx::0161	/64
<b>136</b>	ANALISTA SISTEMAS	7306	2800:69:19:xxxx::0162	/64
	<b>COLEGIO UNIVERSITARIO UTN</b>			
<b>137</b>	RECTORADO	7310	2800:69:19:xxxx::0164	/64
<b>138</b>	VICERRECTORADO	7311	2800:69:19:xxxx::0165	/64

<b>139</b>	SECRETARIA RECTORADO	7312	2800:69:19:xxxx::0166	/64
<b>140</b>	SECRETARIA VICERRECTORADO	7313	2800:69:19:xxxx::0167	/64
<b>141</b>	BIENESTAR ESTUDIANTIL	7314	2800:69:19:xxxx::0168	/64
<b>CENTRO ACADÉMICO DE IDIOMAS</b>				
<b>142</b>	DIRECTORA	7320	2800:69:19:xxxx::0170	/64
<b>143</b>	SECRETARIA	7321	2800:69:19:xxxx::0171	/64
<b>144</b>	SECRETARIA	7322	2800:69:19:xxxx::0172	/64
<b>ESCUELA DE CONDUCCIÓN UTN</b>				
<b>145</b>	DIRECTOR	7330	2800:69:19:xxxx::0174	/64
<b>146</b>	SECRETARIA	7331	2800:69:19:xxxx::0175	/64
<b>SISTEMA NACIONAL DE NIVELACIÓN Y ADMISIÓN</b>				
<b>147</b>	DIRECTOR	7340	2800:69:19:xxxx::0177	/64
<b>148</b>	SECRETARIA	7341	2800:69:19:xxxx::0178	/64
<b>EMPRESA PÚBLICA LA U-EMPRENDE</b>				
<b>149</b>	GERENTE GENERAL	7350	2800:69:19:xxxx::0180	/64
<b>150</b>	COMPRAS PÚBLICAS	7351	2800:69:19:xxxx::0181	/64
<b>151</b>	ALMACEN UNIVERSITARIO	7352	2800:69:19:xxxx::0182	/64
<b>152</b>	ANALISTA DE TALENTO HUMANO	7353	2800:69:19:xxxx::0183	/64
<b>AUDITORIO</b>				
<b>153</b>	AUDITORIO AGUSTÍN CUEVA	7360	2800:69:19:xxxx::0185	/64
<b>SINDICATO DE TRABAJADORES</b>				
<b>154</b>	SINDICATO DE TRABAJADORES	7370	2800:69:19:xxxx::0187	/64
<b>FICA</b>				
<b>155</b>	DECANO	7500	2800:69:19:xxxx::0189	/64
<b>156</b>	SUBDECANO	7501	2800:69:19:xxxx::0190	/64
<b>157</b>	SECRETARIA DECANATO	7502	2800:69:19:xxxx::0191	/64
<b>158</b>	SECRETARIA SUBDECANATO	7503	2800:69:19:xxxx::0192	/64
<b>159</b>	SECRETARIA ABOGADA	7504	2800:69:19:xxxx::0193	/64
<b>160</b>	COORDINACIÓN CIERCOM	7505	2800:69:19:xxxx::0194	/64
<b>161</b>	SECRETARIA CIERCOM	7506	2800:69:19:xxxx::0195	/64
<b>162</b>	COORDINACIÓN CIME	7507	2800:69:19:xxxx::0196	/64
<b>163</b>	SECRETARIA CIME	7508	2800:69:19:xxxx::0197	/64
<b>164</b>	COORDINACIÓN CISIC	7509	2800:69:19:xxxx::0198	/64
<b>165</b>	SECRETARIA CISIC	7510	2800:69:19:xxxx::0199	/64
<b>166</b>	SECRETARIA CIMANELE Y CIMANAU	7511	2800:69:19:xxxx::0200	/64
<b>167</b>	SECRETARIA CITEX Y CINDU	7512	2800:69:19:xxxx::0201	/64
<b>168</b>	JEFE LABORATORIO COMPUTACIÓN	7513	2800:69:19:xxxx::0202	/64
<b>169</b>	LABORATORIO COMPUTACIÓN	7514	2800:69:19:xxxx::0203	/64
<b>170</b>	LABORATORIO CIME - CIERCOM	7515	2800:69:19:xxxx::0204	/64
<b>171</b>	DOCENTES CISIC	7516	2800:69:19:xxxx::0205	/64
<b>FICAYA</b>				
<b>172</b>	DECANO	7600	2800:69:19:xxxx::0207	/64
<b>173</b>	SUBDECANO	7601	2800:69:19:xxxx::0208	/64
<b>174</b>	SECRETARIA DECANATO	7602	2800:69:19:xxxx::0209	/64
<b>175</b>	SECRETARIA SUBDECANATO	7603	2800:69:19:xxxx::0210	/64
<b>176</b>	SECRETARIO ABOGADO	7604	2800:69:19:xxxx::0211	/64

<b>177</b>	SECRETARIA FORESTAL	7605	2800:69:19:xxxx::0212	/64
<b>178</b>	SECRETARIA RECURSOS NATURALES	7606	2800:69:19:xxxx::0213	/64
<b>179</b>	SECRETARIA AGROINDUSTRIAL	7607	2800:69:19:xxxx::0214	/64
<b>180</b>	SECRETARIA BIOTECNOLOGÍA Y AGRONEGOCIOS	7608	2800:69:19:xxxx::0215	/64
<b>181</b>	LABORATORIO COMPUTACIÓN	7609	2800:69:19:xxxx::0216	/64
<b>182</b>	LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA VEGETAL	7610	2800:69:19:xxxx::0217	/64
<b>183</b>	LABORATORIO GEOMÁTICA	7611	2800:69:19:xxxx::0218	/64
<b>184</b>	LABORATORIO DE ANALISIS FÍSICO QUÍMICOS	7612	2800:69:19:xxxx::0219	/64
<b>185</b>	GRANJA YUYUCOCHA	7613	2800:69:19:xxxx::0220	/64
<b>186</b>	GRANJA LA PRADERA	7614	2800:69:19:xxxx::0221	/64
<b>187</b>	DOCENTE AGROPECUARIA	7615	2800:69:19:xxxx::0222	/64
<b>SALUD</b>				
<b>188</b>	DECANA	7700	2800:69:19:xxxx::0224	/64
<b>189</b>	SUBDECANA	7701	2800:69:19:xxxx::0225	/64
<b>190</b>	SECRETARIA DECANATO	7702	2800:69:19:xxxx::0226	/64
<b>191</b>	SECRETARIA SUBDECANATO	7703	2800:69:19:xxxx::0227	/64
<b>192</b>	SECRETARIO ABOGADO	7704	2800:69:19:xxxx::0228	/64
<b>193</b>	COORDINACIÓN NUTRICIÓN	7705	2800:69:19:xxxx::0229	/64
<b>194</b>	SECRETARIA NUTRICIÓN	7706	2800:69:19:xxxx::0230	/64
<b>195</b>	COORDINACIÓN ENFERMERÍA	7707	2800:69:19:xxxx::0231	/64
<b>196</b>	SECRETARIA ENFERMERÍA	7708	2800:69:19:xxxx::0232	/64
<b>197</b>	COORDINACIÓN TERAPIA FÍSICA	7709	2800:69:19:xxxx::0233	/64
<b>198</b>	LABORATORIO NUTRICIÓN	7710	2800:69:19:xxxx::0234	/64
<b>FECYT</b>				
<b>199</b>	DECANO	7800	2800:69:19:xxxx::0236	/64
<b>200</b>	SUBDECANA	7801	2800:69:19:xxxx::0237	/64
<b>201</b>	SECRETARIA DECANATO	7802	2800:69:19:xxxx::0238	/64
<b>202</b>	SECRETARIA SUBDECANATO	7803	2800:69:19:xxxx::0239	/64
<b>203</b>	SECRETARIO ABOGADO	7804	2800:69:19:xxxx::0240	/64
<b>204</b>	DIRECTOR INSTITUTO EDUCACIÓN FÍSICA	7805	2800:69:19:xxxx::0241	/64
<b>205</b>	SECRETARIA INSTITUTO EDUCACIÓN FÍSICA	7806	2800:69:19:xxxx::0242	/64
<b>206</b>	PEDAGOGÍA	7807	2800:69:19:xxxx::0243	/64
<b>207</b>	SECRETARIA PROGRAMAS SEMIPRESENCIALES	7808	2800:69:19:xxxx::0244	/64
<b>208</b>	EDUCACIÓN TÉCNICA	7809	2800:69:19:xxxx::0245	/64
<b>209</b>	PRÁCTICA DOCENTE	7810	2800:69:19:xxxx::0246	/64
<b>210</b>	PLAN DE CONTINGENCIA	7811	2800:69:19:xxxx::0247	/64
<b>211</b>	LABORATORIO COMPUTACIÓN	7812	2800:69:19:xxxx::0248	/64
<b>FACAE</b>				
<b>212</b>	DECANA	7900	2800:69:19:xxxx::0250	/64
<b>213</b>	SUBDECANO	7901	2800:69:19:xxxx::0251	/64
<b>214</b>	SECRETARIA DECANATO	7902	2800:69:19:xxxx::0252	/64
<b>215</b>	SECRETARIA SUBDECANATO	7903	2800:69:19:xxxx::0253	/64
<b>216</b>	SECRETARIO ABOGADO	7904	2800:69:19:xxxx::0254	/64
<b>217</b>	COORDINACIÓN MERCADOTECNIA	7905	2800:69:19:xxxx::0255	/64
<b>218</b>	SECRETARIA MERCADOTECNIA	7906	2800:69:19:xxxx::0256	/64

219	SECRETARIA CONTABILIDAD	7907	2800:69:19:xxxx::0257	/64
220	SECRETARIA CONTABILIDAD SEMIPRESENCIAL	7908	2800:69:19:xxxx::0258	/64
221	SECRETARIA ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	7909	2800:69:19:xxxx::0259	/64
222	SECRETARIA GASTRONOM, DERECHO Y TURIS.	7910	2800:69:19:xxxx::0260	/64
223	COORDINACIÓN TURISMO	7911	2800:69:19:xxxx::0261	/64
224	LABORATORIO COMPUTACIÓN	7912	2800:69:19:xxxx::0262	/64

Fuente: Distribución de extensiones en IPv6 de la UTN

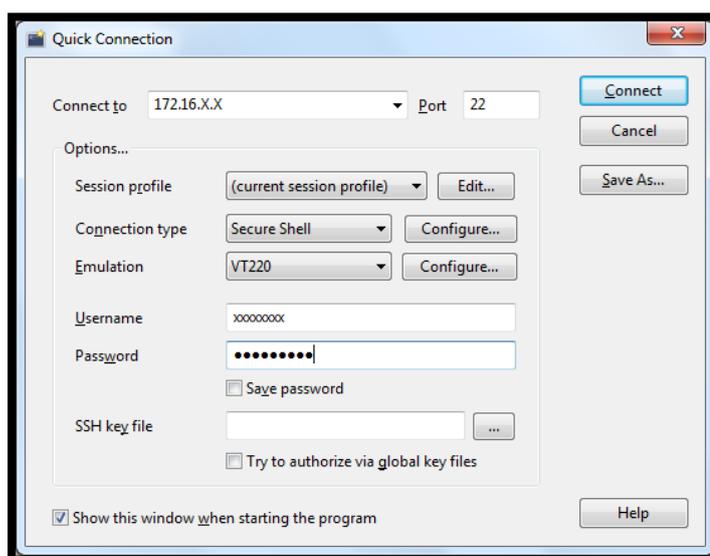
#### 4.4 Configuración del Direccionamiento en los equipos

Al tener una dirección asignada a cada equipo, se procede a configurar la dirección IPv6 en los sistemas o tarjetas de red de los mismos.

##### 4.4.1 Central Elastix Elx5000.

Para realizar la configuración de IPv6 en este equipo es necesario ingresar al sistema en modo root a la consola de Linux, para lo cual se lo puede hacer mediante acceso remoto con SSH, usando un terminal virtual.

Lo primero por hacer es, usando el terminal virtual (ver Figura 24), ingresar la dirección IPv4 que tiene la central, luego ingresar el usuario y las contraseñas respectivas, eligiendo el puerto 22 que corresponde a SSH.



**Figura 24.** Ingreso en modo root al Elastix  
Fuente: Acceso mediante SSH utilizando ZOC Terminal

Una vez dentro de la consola de Linux que tiene Elastix, se procede a configurar la tarjeta de red del equipo con la que se va a trabajar, en este caso se seleccionó la tarjeta *eth0* que también tiene configurado el direccionamiento en IPv4 y así de esta forma trabajar en doble pila.

Se edita el fichero en donde se configura la tarjeta de red *eth0* ejecutando la siguiente línea de comando:

```
[root@elx~]# vi /etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0
```

Una vez adentro del fichero ingresa la configuración que se refiere a IPv6 como muestra la Figura 25, con la siguiente línea de código:

```
IPV6INIT=yes                // inicialización del protocolo IPv6
IPV6ADDR=2800:68:19:xxxx::xxxx/64    // direccionamiento en IPv6
IPV6_DEFAULTGW=2800:68:19:xxxx::xxxx // dirección gateway de VLAN
```

```
BOOTPROTO=static
TYPE=Ethernet
DEVICE=eth0
HWADDR=██:██:██:67:8A:D██:██
IPADDR=172.16.██.██
NETMASK=255.255.██.██
GATEWAY=172.16.██.██
NETWORK=172.16.██.██
BROADCAST=172.16.██.██
DNS1=172.16.██.██
ONBOOT=yes
NOZEROCONF=yes
IPV6INIT=yes
IPV6ADDR=2800:68:19:██:██:██:██:██
IPV6_DEFAULTGW=2800:68:19:██:██:██:██:██
```

**Figura 25.** Configuración de *eth0* en IPv4 e IPv6 del Elx5000

Fuente: captura de pantalla que muestra el estado de la tarjeta de red *eth0* de la central telefónica

Para habilitar el protocolo y el enrutamiento en IPv6 en la central, se ingresa al fichero de la red con el siguiente comando:

```
root@elx~]# vi /etc/sysconfig/network
```

Editar el fichero y habilitar IPv6 como muestra la Figura 26 con las siguientes líneas de comandos:

```
NETWORKING_IPV6=yes // habilitación del protocolo IPv6 en la central
IPV6FORWARDING=yes //activación del reenvío de paquetes en IPv6
IPV6_AUTOCONF=no // desactivación de la autoconfiguración de IPv6
IPV6_AUTOTUNNEL=no // desactivación de túnel IPv6
```



```
NETWORKING=yes
NETWORKING_IPV6=yes
HOSTNAME=[redacted]
IPV6FORWARDING=yes
IPV6_AUTOCONF=no
IPV6_AUTOTUNNEL=no
```

**Figura 26.** Habilitación de IPv6 en la central  
Fuente: Captura de pantalla del fichero network de la central

Para comprobar que se ha realizado el proceso de configuración adecuadamente se revisa el estado de la tarjeta eth0 (ver Figura 27) en la que tiene que mostrarse la dirección en IPv6 que se ha configurado. Para eso se ejecuta el comando que se muestra a continuación el cual permite observar el estado de la tarjeta de la central telefónica:

```
[root@elx~]# ifconfig eth0
```



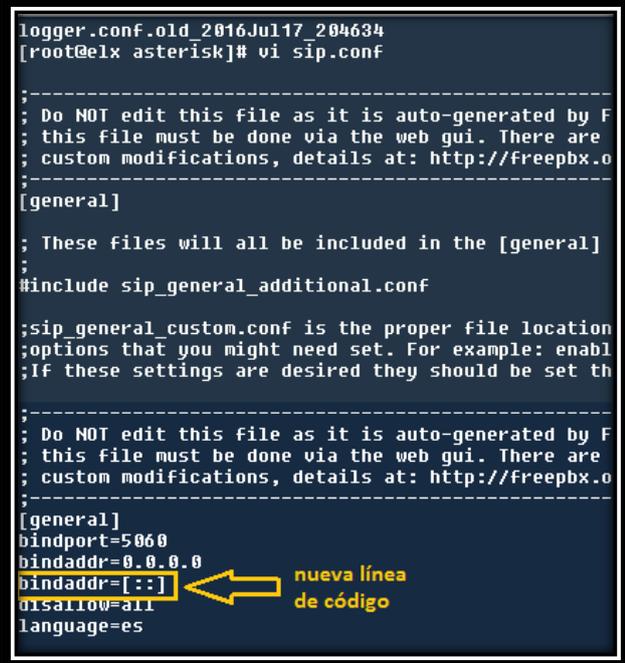
```
[root@elx ~]# ifconfig eth0
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr [redacted]:[redacted]:[redacted]:[redacted]:8A:D[redacted]
          inet addr:172.16.[redacted].[redacted]  Bcast:172.16.[redacted].[redacted]  Mask:255.255.[redacted].[redacted]
          inet6 addr: 2800:68:19:[redacted] Scope:Global
          inet6 addr: fe80::[redacted]:[redacted]:fe8a:[redacted] Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:29183806 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:27124072 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:8470998757 (7.8 GiB)  TX bytes:8249719807 (7.6 GiB)
          Interrupt:177 Memory:d0c00000-d0c20000
```

**Figura 27.** Parámetros de la eth0  
Fuente: Captura de pantalla del estado de las tarjetas de red de la central telefónica.

Para establecer la relación entre el protocolo SIP y Elastix en IPv6 dentro de la central se dirige al directorio de Asterisk, al fichero de configuración de SIP, para esto se ejecuta el comando siguiente:

```
[root@elx~]# /etc/asterisk/sip.conf
```

En este fichero se agrega la línea de código: `bindaddr= [::];` como se muestran en la Figura 28, la cual permite que la central telefónica pueda conectarse y registrar las cuentas SIP en IPv6, esto garantiza la comunicación entre los usuarios de la telefonía.



```
logger.conf.old_2016Jul17_204634
[root@elx asterisk]# vi sip.conf

-----
; Do NOT edit this file as it is auto-generated by F
; this file must be done via the web gui. There are
; custom modifications, details at: http://freepbx.o
-----
[general]

; These files will all be included in the [general]
;
#include sip_general_additional.conf

;sip_general_custom.conf is the proper file location
;options that you might need set. For example: enabl
;If these settings are desired they should be set th

-----
; Do NOT edit this file as it is auto-generated by F
; this file must be done via the web gui. There are
; custom modifications, details at: http://freepbx.o
-----
[general]
bindport=5060
bindaddr=0.0.0.0
bindaddr=[::]
disallow=all
language=es
```

**Figura 28.** Modificación del fichero sip.conf  
Fuente: Captura de pantalla de la central telefónica

```
[root@elx~]# /etc/asterisk/manager.conf
```

En el archivo manager, de igual forma se agrega la línea de código: `bindaddr= [::];` como se presenta en la Figura 29. Este es el fichero que controla o administra las interfaces en Asterisk.

```

;
; AMI - Asterisk Manager interface
;
; FreePBX needs this to be enabled. Note that if you
; to assure that this can't be reached from un-authori
; Also, remember to configure non-default port or IP-;
;
; The AMI connection is used both by the portal and tl
;
; FreePBX assumes an AMI connection to localhost:5038
;
[general]
enabled = yes
port = 5038
bindaddr=[::]
bindaddr = 0.0.0.0
displayconnects=no ;only effects 1.6+

[admin]
secret =
deny=0.0.0.0/0.0.0.0
permit=127.0.0.1/255.255.255.0
read = system,call,log,verbose,command,agent,user,conf
write = system,call,log,verbose,command,agent,user,conf
writetimeout = 5000

```

**Figura 29.** Configuración del archivo manager.conf  
Fuente: Captura de pantalla de la central telefónica.

#### 4.4.1.1 Extensiones telefónicas.

Como se pudo observar en el anterior capítulo, la universidad ya cuenta con un determinado número de extensiones configuradas con anterioridad; el direccionamiento en IPv6 realizado en la central telefónica de Elastix no altera de ninguna forma la configuración realizada en las extensiones, es decir, que no se necesita realizar ningún cambio en la configuración de las mismas en este proceso. En el Anexo C se muestran los pasos a seguir para la configuración de una extensión y se puede observar que IPv6 no interviene en este proceso.

#### 4.4.2 Estado de la VLAN de voz en la universidad.

Como se mencionó anteriormente la VLAN de voz IPv6 se encuentra configurada en la universidad en el switch Core Primario (Zeus); producto de un proyecto de tesis recién implementado, que se propaga por los demás switchs de distribución mediante VTP. Sin embargo, el proceso de configuración de la VLAN es el siguiente, dando a entender que la letra “X” se refiere al nombre de la VLAN, la letra “x” es el número en hexadecimal y la letra “y” es el prefijo:

```

SW-ZEUS-PRIMARIO# configure terminal // modo de configuración global
SW-ZEUS-PRIMARIO(config)#ipv6 unicast-routing // enrutamiento en IPv6
SW-ZEUS-PRIMARIO(config)#interface vlan X (de voz) // nombre de la VLAN de voz
SW-ZEUS-PRIMARIO(config-if)#ipv6 address 2800:68:19:xxxx::1/y // gateway de VLAN
SW-ZEUS-PRIMARIO(config-if)#enable ipv6 // habilitación del IPv6
SW-ZEUS-PRIMARIO(config-if)#no shutdown // levantamiento de interface
SW-ZEUS-PRIMARIO(config-if)#exit

```

Haciendo uso de los comandos *show* que son propios de CISCO, se puede observar el estado y los parámetros de la VLAN configurada, para esto se muestra el resultado de la ejecución del comando *show running config*, que muestra algunos de los parámetros configurados en el switch:

```

interface vlan X
description TELEFONIA-IP-ELASTIX
ip address 172.16.X.X 255.255.x.x
standby version 2
standby x ip 172.16.x.x
standby x priority 200
standby x preempt
standby x timers 5 15
standby x authentication
no ip redirects
no ip unreachable
no ip proxy-arp
ipv6 address 2800:68:19:xxxx::1/64
ipv6 enable
no shutdown

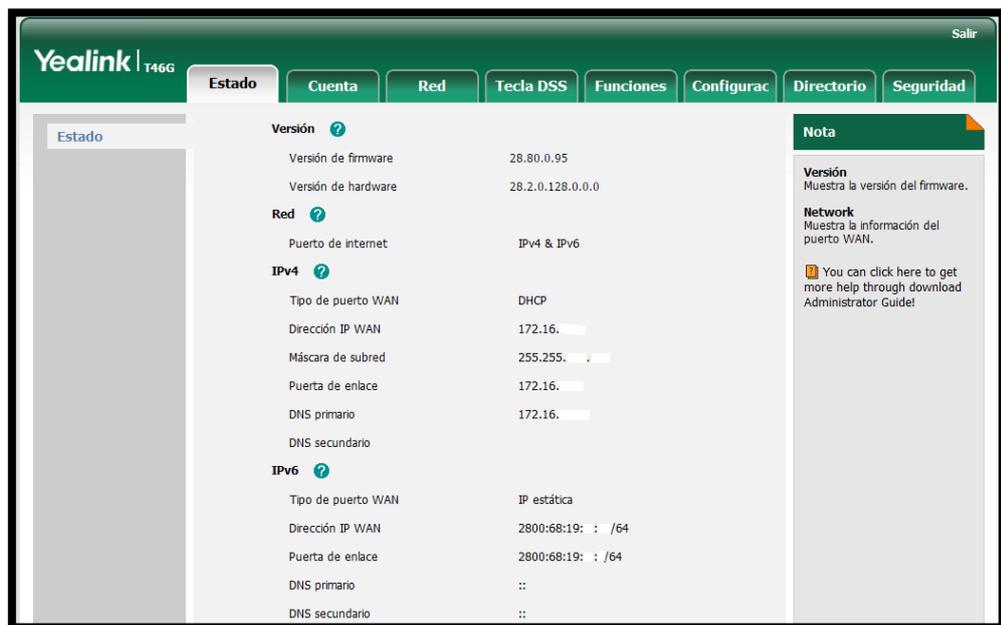
```

#### 4.4.3 Equipos terminales.

Los equipos terminales son aquellos que hacen uso del servicio de telefonía, pertenecen a los usuarios finales y necesitan estar interconectados a través de la central telefónica. En los equipos terminales se realiza la configuración de la tarjeta de red de cada uno ya sea por el menú propio del teléfono o por acceso vía web. Es preferible hacerlo por

acceso web ya que evita la movilidad al estar pasando de un teléfono a otro, a más de esto ahorra tiempo. En el anexo B se encuentra la forma en la que se realiza la configuración de la cuenta en IPv6 de cada teléfono. Por lo pronto se limitará a ver la configuración en IPv6 que está en cada teléfono.

Teléfono Yealink SIP-T46G. En la Figura 30 se muestra a este equipo configurado con una dirección IPv6.



**Figura 30.** Estado del teléfono SIP-T46G  
Fuente: captura de pantalla del acceso web al teléfono SIP-T28P

Teléfono Yealink SIP-T28P. Como se puede observar en la Figura 31, este teléfono tiene configurada la dirección en IPv6 correspondiente

The screenshot shows the 'Estado' (Status) page of the Yealink T28P web interface. The page is organized into several sections: 'Versión' (Version), 'Red' (Network), 'IPv4', and 'IPv6'. Each section lists various system parameters and their current values. A 'Nota' (Note) section on the right provides additional information and a link to the Administrator Guide.

Section	Parameter	Value
Versión	Versión de firmware	2.73.193.50
	Versión de hardware	1.0.0.53
Red	Puerto de internet	IPv4 & IPv6
IPv4	Tipo de puerto WAN	DHCP
	Dirección IP WAN	172.16. . .
	Máscara de subred	255.255. . .
	Puerta de enlace	172.16. . .
	DNS primario	172.16. . .
	DNS secundario	
IPv6	Tipo de puerto WAN	IP estática
	Dirección IP WAN	2800:68:19: : /64
	Puerta de enlace	2800:68:19: : /64
	DNS primario	::
	DNS secundario	::

**Nota**  
**Versión**  
Muestra la versión del firmware.  
**Network**  
Muestra la información del puerto WAN.  
You can click here to get more help through download Administrator Guide!

**Figura 31.** Estado del teléfono SIP-T28P

**Fuente:** captura de pantalla del acceso web al teléfono SIP-T28P.

## CAPÍTULO V

### **PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOCOLO IPV6 EN EL SISTEMA DE TELEFONIA IP.**

En este capítulo se realiza la verificación del funcionamiento del sistema. Las pruebas aquí realizadas permiten determinar la funcionalidad y operatividad de proyecto, así como la demostración del objetivo planteado, se elimina el protocolo IPv4 de cada elemento del sistema de telefonía para que operar únicamente con el protocolo IPv6 de forma nativa.

#### **5.1 Pruebas de Conectividad en IPv6**

Para esta parte se utiliza el comando ping, el cual garantiza la comunicación entre equipos. Se realiza ping hacia la misma central telefónica, desde la central telefónica al gateway de la VLAN que está en el switch Zeus, y hacia los dispositivos terminales que son los teléfonos, hay que mencionar que no se documentó el ping hacia todos los equipos, si no que se ha evidenciado este proceso documentando los resultados con un equipo de cada serie.

##### **5.1.1 Servidor Elastix.**

Para verificar la conectividad y funcionamiento del equipo con el protocolo IPv6, después de configurada la tarjeta, se hace un ping hacia la dirección IP configurada en la tarjeta de la central como se puede observar en la Figura 33, luego se asocia una PC a la misma red IPv6, dándole una dirección del rango y se realiza un ping de comprobación hacia la IP de la central (ver Figura 32).

Ping hacia la dirección IPv6 configurada en la tarjeta de la central desde el mismo equipo:

```
[root@elx ~]# ifconfig eth0
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr [redacted]
          inet addr:172.16.[redacted] Bcast:172.16.[redacted] Mask:255.255.[redacted]
          inet6 addr: 2800:68:19:[redacted] Scope:Global
          inet6 addr: fe80::[redacted] Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:29183806 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:27124072 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:8470998757 (7.8 GiB)  TX bytes:8249719807 (7.6 GiB)
          Interrupt:177  Memory:d0c00000-d0c20000

[redacted] resultado del ping
[redacted] ping6 2800:68:19:[redacted]
PING 2800:68:19:[redacted]
  4 bytes from 2800:68:19:[redacted]: icmp_seq=0 ttl=64 time=0.023 ms
  4 bytes from 2800:68:19:[redacted]: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.064 ms
  4 bytes from 2800:68:19:[redacted]: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.060 ms

--- 2800:68:19:[redacted] ping statistics --- ping satisfactorio
  packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2000ms
```

**Figura 32.** Resultado del ping a la IP de la central telefónica

**Fuente:** captura del resultado del ping en la central Elx5000 del DDTI de la UTN

El resultado indica que se realizó la prueba satisfactoriamente, que la tarjeta de red la central está operando en IPv6.

Desde la PC previamente configurada con una dirección IPv6 dentro del rango de direcciones se realizará un ping hacia la central telefónica (ver Figura 33):



```
Símbolo del sistema - ping 2800:68:19:[redacted]
Microsoft Windows [Versión 6.3.9600]
(c) 2013 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\Eddy>ping 2800:68:19:[redacted]

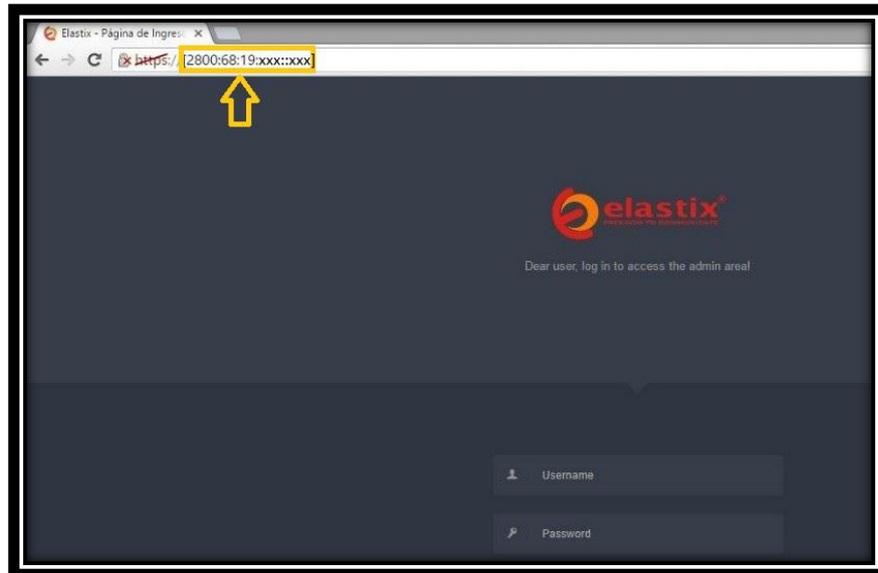
Haciendo ping a 2800:68:19:[redacted] con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 2800:68:19:[redacted]: tiempo=4ms
Respuesta desde 2800:68:19:[redacted]: tiempo=3ms
Respuesta desde 2800:68:19:[redacted]: tiempo=1ms
Respuesta desde 2800:68:19:[redacted]: tiempo=4ms
Respuesta desde 2800:68:19:[redacted]: tiempo=1ms
Respuesta desde 2800:68:19:[redacted]: tiempo=1ms
Respuesta desde 2800:68:19:[redacted]: tiempo=2ms
Respuesta desde 2800:68:19:[redacted]: tiempo=1ms
Respuesta desde 2800:68:19:[redacted]: tiempo=1ms
Respuesta desde 2800:68:19:[redacted]: tiempo=1ms
Respuesta desde 2800:68:19:[redacted]: tiempo=1ms

ping satisfactorio
```

**Figura 33.** Ping desde la PC a la IPv6 de la central telefónica

**Fuente:** Captura de pantalla hecha en la PC del administrador de redes del DDTI de la UTN

El resultado es satisfactorio, con lo que se puede verificar que la central puede comunicarse con dispositivos dentro de la red IPv6 de telefonía; una prueba de esto es el acceso vía web a la central telefónica Elastix ingresando la dirección IPv6 en el URL del explorador web, esto se puede ver en la Figura 34:



**Figura 34.** Acceso web en IPv6 al Elx5000  
Fuente: Central Telefónica Elx5000 del DDTI de la UTN

### 5.1.2 Gateway de VLAN de voz.

El gateway de la VLAN de voz se encuentra configurado en el switch Zeus, al formar parte de la red interna de la universidad también se encuentra conectado con el sistema de telefonía IP. Para comprobar la conectividad en IPv6 con este equipo se realiza, de igual forma el comando de verificación ping desde la central telefónica, como indica la Figura 35:

```
[root@elx ~]# ping6 2800:68:19: [redacted]
PING 2800:68:19: [redacted] bytes
64 bytes from 2800:68: [redacted] icmp_seq=0 ttl=64 time=2.03 ms
64 bytes from 2800:68: [redacted] icmp_seq=1 ttl=64 time=1.78 ms
64 bytes from 2800:68: [redacted] icmp_seq=2 ttl=64 time=0.738 ms

--- 2800:68:19: [redacted] ping statistics --- ping satisfactorio
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2001ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.738/1.518/2.034/0.563 ms, pipe 2
root@elx ~]#
```

**Figura 35.** Ping hacia el gateway de la VLAN de voz  
Fuente: Captura de pantalla realizada en el Elx5000 del DDTI

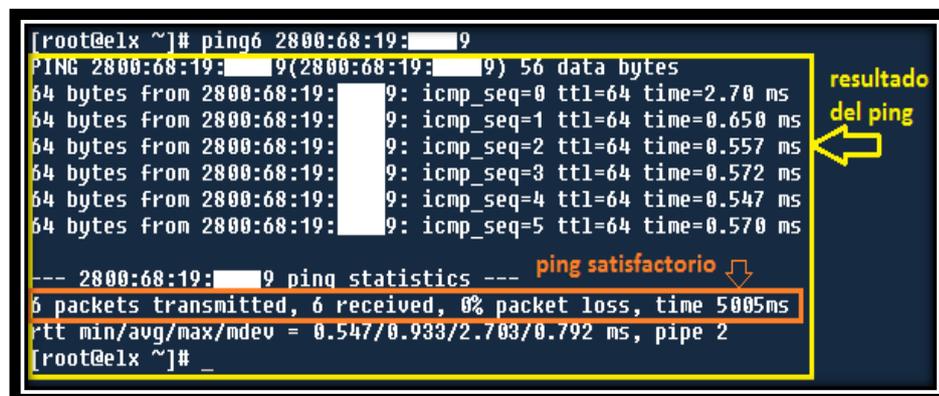
El resultado de ping es satisfactorio, de esta manera se verifica la conectividad entre la central telefónica y el switch Zeus, esto también demuestra que la VLAN de voz en IPv6 se encuentra propagada por la red de la universidad.

### 5.1.3 Equipos terminales.

Para los equipos terminales se realiza de igual forma las pruebas de conectividad usando el protocolo ICMP o conocido como ping, se lo hace desde la central hacia los teléfonos y también, desde la PC, agregada a la red, hacia los teléfonos para luego acceder a los equipos por medio de web utilizando la dirección IPv6 de cada uno. Finalmente se muestra el registro de los teléfonos en la central telefónica con la cuenta creada en IPv6.

#### 5.1.3.1 Teléfono Yealink SIP-T28P.

En la Figura 36 se muestra el resultado del ping desde la central telefónica hacia la IPv6 configurada en un teléfono de esta serie:



```
[root@elx ~]# ping6 2800:68:19: 9
PING 2800:68:19: 9(2800:68:19: 9) 56 data bytes
64 bytes from 2800:68:19: 9: icmp_seq=0 ttl=64 time=2.70 ms
64 bytes from 2800:68:19: 9: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.650 ms
64 bytes from 2800:68:19: 9: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.557 ms
64 bytes from 2800:68:19: 9: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.572 ms
64 bytes from 2800:68:19: 9: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.547 ms
64 bytes from 2800:68:19: 9: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.570 ms
--- 2800:68:19: 9 ping statistics --- ping satisfactorio
6 packets transmitted, 6 received, 0% packet loss, time 5005ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.547/0.933/2.703/0.792 ms, pipe 2
[root@elx ~]#
```

**Figura 36.** Ping a IPv6 de Teléfono SIP-T28P.

Fuente: Captura de pantalla realizada en la central telefónica del DDTI

Realizando el ping desde la PC del administrador se tiene un resultado satisfactorio como se puede observar en la Figura 37; además, el acceso vía web al equipo se puede ver en la Figura 38:

```

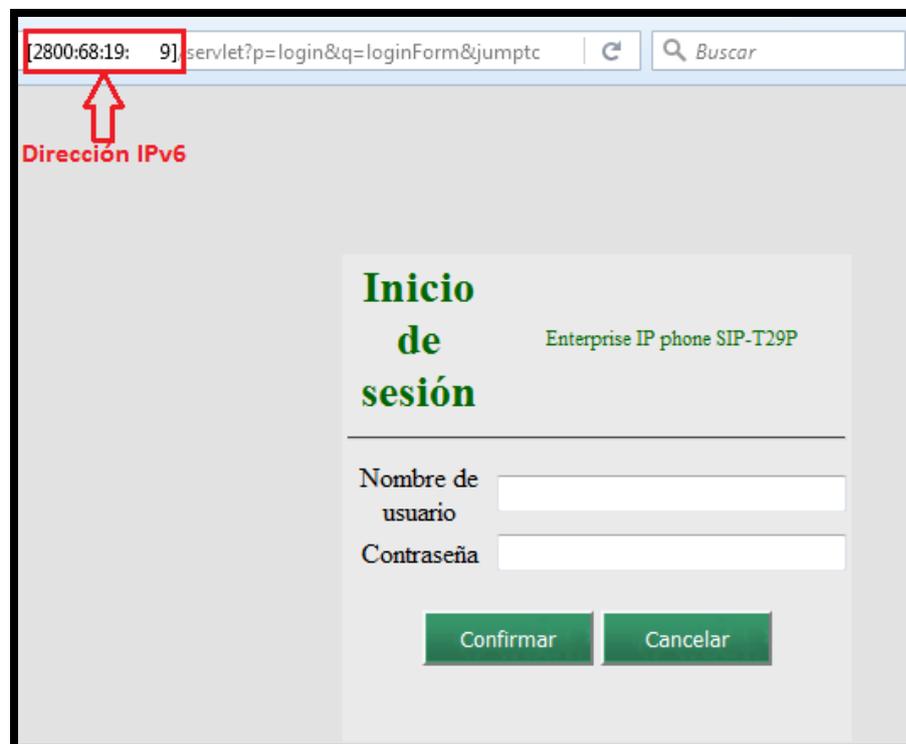
tiempo=4ms Control-C                               Resultado del ping
^C
C:\Users\NETWORK MANAGER>ping 2800:68:19: [redacted] 9
Haciendo ping a 2800:68:19: [redacted] 9 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 2800:68:19: [redacted] 9: tiempo=1ms ping
Respuesta desde 2800:68:19: [redacted] 9: tiempo=1ms
Respuesta desde 2800:68:19: [redacted] 9: tiempo=1ms satisfactorio
Respuesta desde 2800:68:19: [redacted] 9: tiempo=1ms

Estadísticas de ping para 2800:68:19: [redacted] 9:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 1ms, Media = 1ms

C:\Users\NETWORK MANAGER>ping 2800:68:19: [redacted] 9 -t
Haciendo ping a 2800:68:19: [redacted] 9 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 2800:68:19: [redacted] 9: tiempo<1m
Respuesta desde 2800:68:19: [redacted] 9: tiempo=1ms

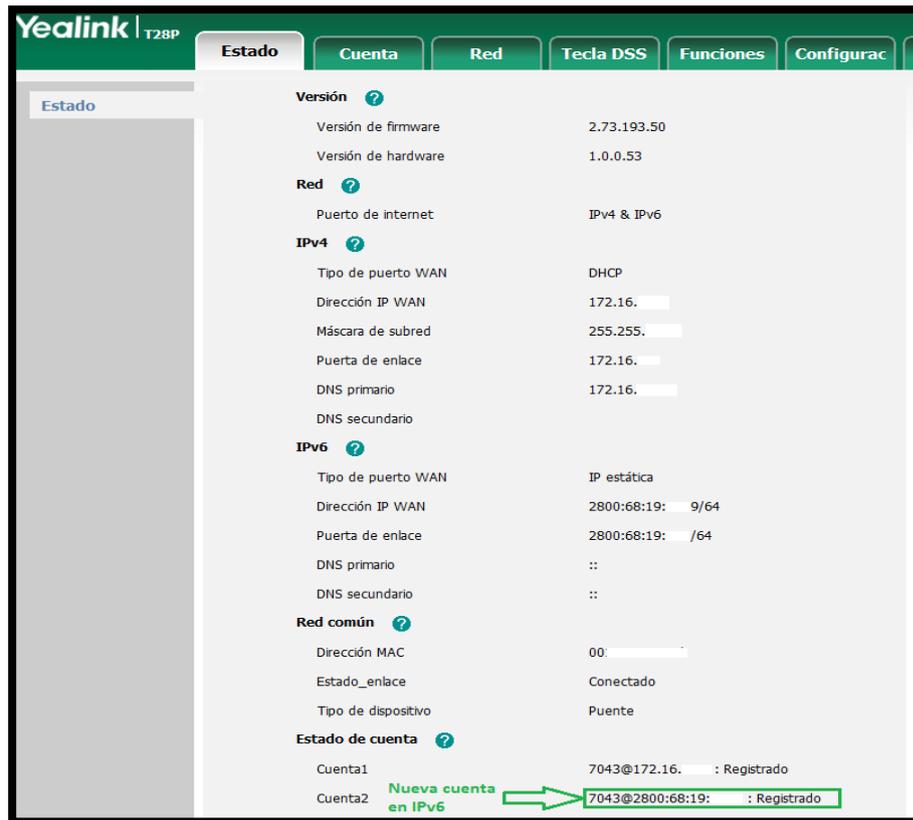
```

**Figura 37.** Resultado ping desde la PC al teléfono SIP-T28P  
**Fuente:** captura realizada desde la PC del administrador de redes del DDTI



**Figura 38.** Acceso web al teléfono mediante IPv6.  
**Fuente:** Captura de pantalla realizada desde la PC del administrador de redes del DDTI

A continuación, en la Figura 39, se puede observar que el teléfono se ha registrado a la central telefónica con la nueva cuenta creada en IPv6.



**Figura 39.** Registro de la cuenta IPv6 en el teléfono.  
Fuente: Captura de pantalla del estado del teléfono.

### 5.1.3.2 Teléfono Yealink SIP-T46G.

En la Figura 40 se muestra el resultado del ping realizado desde la central telefónica:

```
[root@elx ~]# ping6 2800:68:19:1 1 resultado del ping
PING 2800:68:19:1 (2800:68:19:1) 56 data bytes
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=0 ttl=64 time=0.692 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.570 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.606 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.613 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.527 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.553 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.547 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.736 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.734 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=9 ttl=64 time=0.720 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=10 ttl=64 time=0.717 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=11 ttl=64 time=0.697 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=12 ttl=64 time=0.670 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=13 ttl=64 time=0.542 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=14 ttl=64 time=0.560 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=15 ttl=64 time=0.996 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=16 ttl=64 time=0.626 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=17 ttl=64 time=0.595 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=18 ttl=64 time=0.571 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=19 ttl=64 time=0.525 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=20 ttl=64 time=0.592 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=21 ttl=64 time=0.533 ms
64 bytes from 2800:68:19:1: 1: icmp_seq=22 ttl=64 time=0.610 ms
--- 2800:68:19:1 51 ping statistics ---
23 packets transmitted, 23 received, 0% packet loss, time 22014ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.525/0.631/0.996/0.108 ms, pipe 2
ping satisfactorio
```

**Figura 40.** Ping a Teléfono SIP-T46G  
Fuente: Captura de pantalla realizada desde la PC de administración de red del DDTI

Realizando el ping desde la PC del administrador se tiene como resultado lo que muestra la Figura 41:

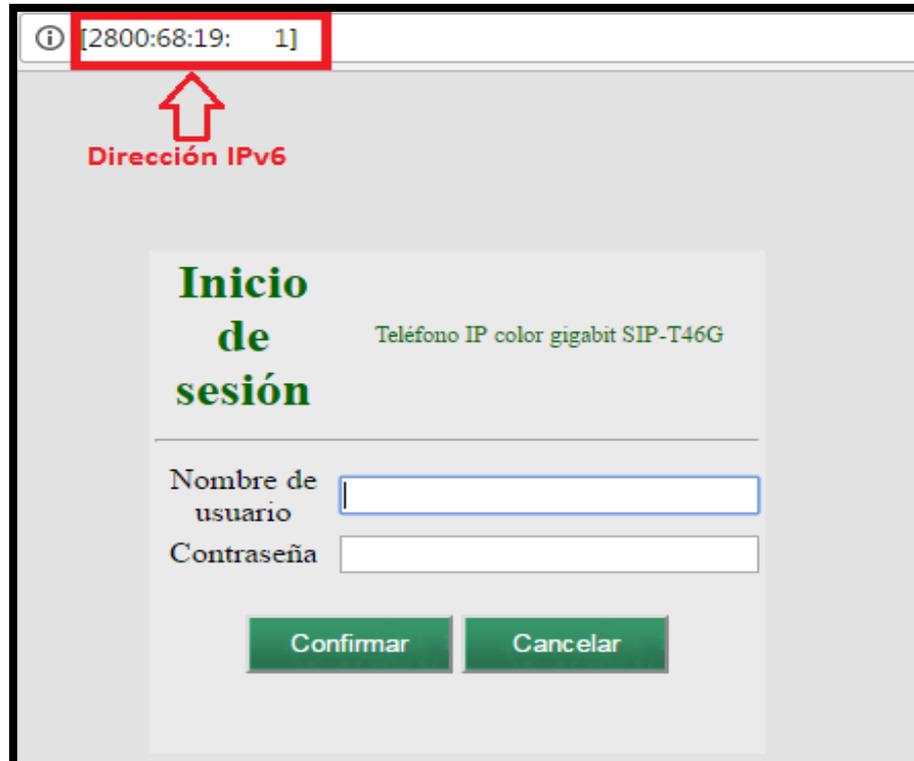
```

Control-C
^C
Resultado del Ping
C:\Users\NETWORK MANAGER>ping 2800:68:19: [redacted] 1
Haciendo ping a 2800:68:19: [redacted] 1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 2800:68:19: [redacted] 1: tiempo=1ms Ping
Respuesta desde 2800:68:19: [redacted] 1: tiempo=1ms
Respuesta desde 2800:68:19: [redacted] 1: tiempo=1ms satisfactorio
Respuesta desde 2800:68:19: [redacted] 1: tiempo=1ms
Estadísticas de ping para 2800:68:19: [redacted] 1:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 1ms, Máximo = 1ms, Media = 1ms
C:\Users\NETWORK MANAGER>
  
```

**Figura 41.** Resultado ping desde la PC al teléfono SIP-T46G

Fuente: Captura de pantalla realizada en la PC del administrador de red del DDTI.

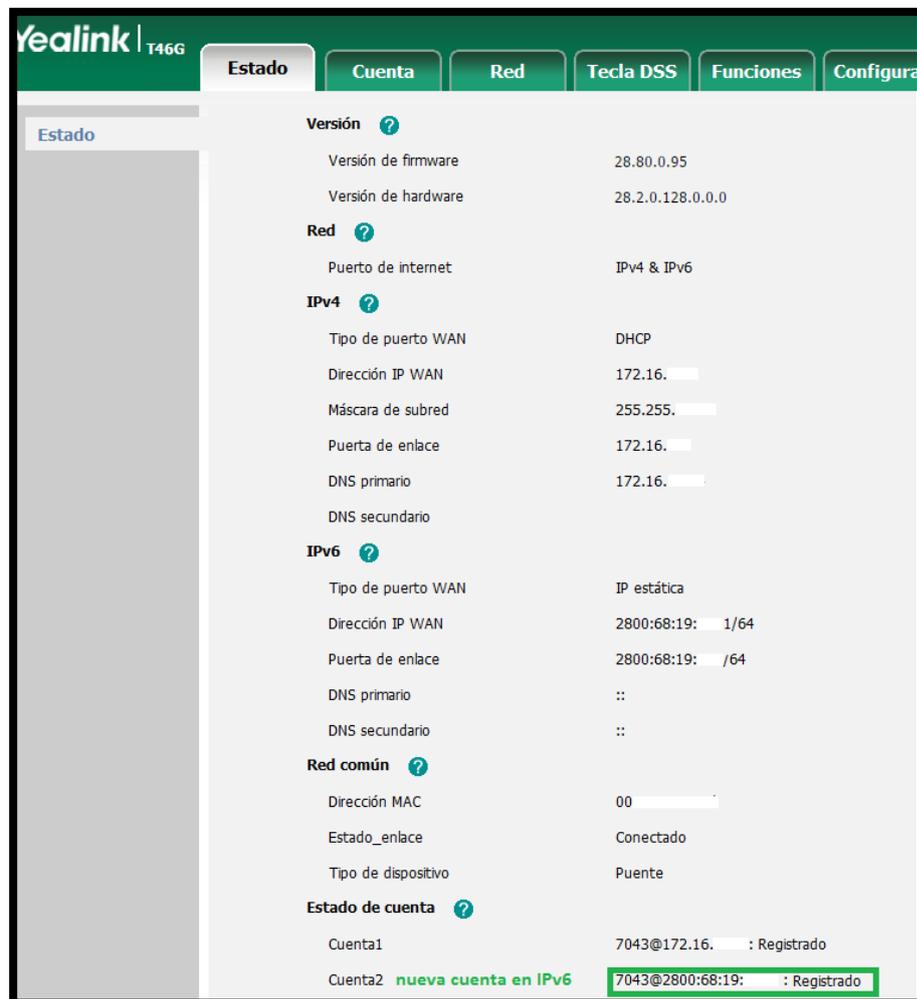
El resultado del ping en IPv6 es satisfactorio. Se verifica el acceso hacia el equipo mediante la web, esto se puede observar en la Figura 42:



**Figura 42.** Acceso web al teléfono con la dirección IPv6.

Fuente: Captura de pantalla realizada desde la PC del administrador de red del DDTI

A continuación, en la Figura 43, se puede observar que el teléfono se ha registrado a la central telefónica con la nueva cuenta creada en IPv6.

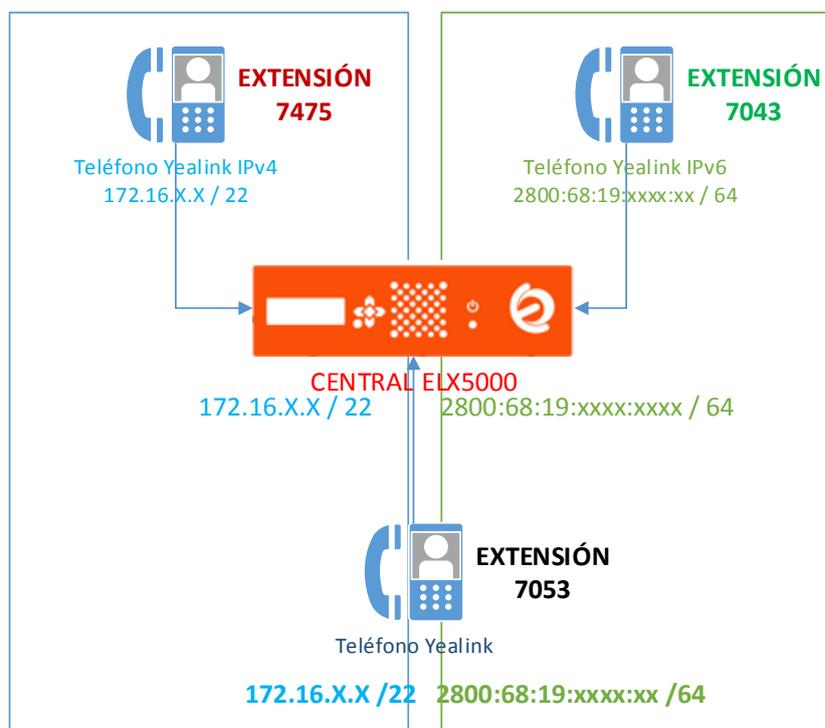


**Figura 43.** Registro de la nueva cuenta IPv6 del teléfono.  
Fuente: Captura de pantalla del estado del teléfono.

Con estas pruebas se puede verificar que existe la comunicación entre los dispositivos de la red en el sistema de telefonía IP utilizando el protocolo IPv6 y se puede proceder a realizar las diferentes pruebas de funcionamiento del sistema de telefonía IP en la universidad.

## 5.2 Prueba de Funcionamiento del Sistema de Telefonía en IPv4 y en IPv6 (DUAL STACK)

En esta parte únicamente se evidencia los resultados que demuestran la operatividad conjunta (Dual Stack) que existe en el sistema tanto en IPv4 como en IPv6. Para esto se hace uso del capturador de paquetes Wireshark (proceso de captura de paquetes ver Anexo E) en el que se puede observar el proceso del establecimiento de sesión SIP en una llamada realizada entre dos clientes en IPv4 y otra de un cliente en IPv4 a un cliente en IPv6. Para esto se realiza la demostración utilizando la siguiente topología (ver Figura 44) y realizando la configuración de port mirroring en el switch Nexus (ver Anexo D):



**Figura 44.** Topología en doble pila.

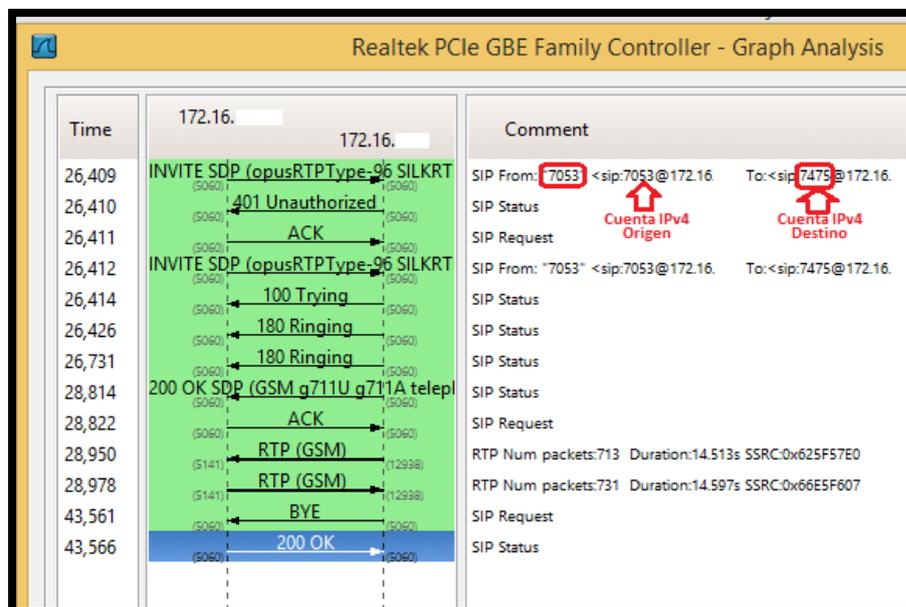
Fuente: Realizada para la demostración del funcionamiento de Dual Stack

Como se puede observar, se tiene tres extensiones telefónicas: la extensión 7053 está configurada en IPv4 e IPv6, la extensión 7475 está configurada en IPv4 y la extensión 7043 está configurada en IPv6. Se procede a realizar llamadas desde la extensión 7053 hacia las

demás respectivamente, esto se lo puede observar en las capturas realizadas del establecimiento de conexión en cada caso.

#### LLAMADA IPv4 A IPv4.

En la Figura 45 se visualiza el origen de la llamada que es la extensión 7053 configurada en IPv4 y destino de la llamada que es la extensión 7475 también configurada en IPv4. Se puede observar el inicio y establecimiento de conexión, luego se ve el intercambio de paquetes y por último la terminación de la llamada, mostrando de esta manera que se realiza la llamada y que existe la comunicación.

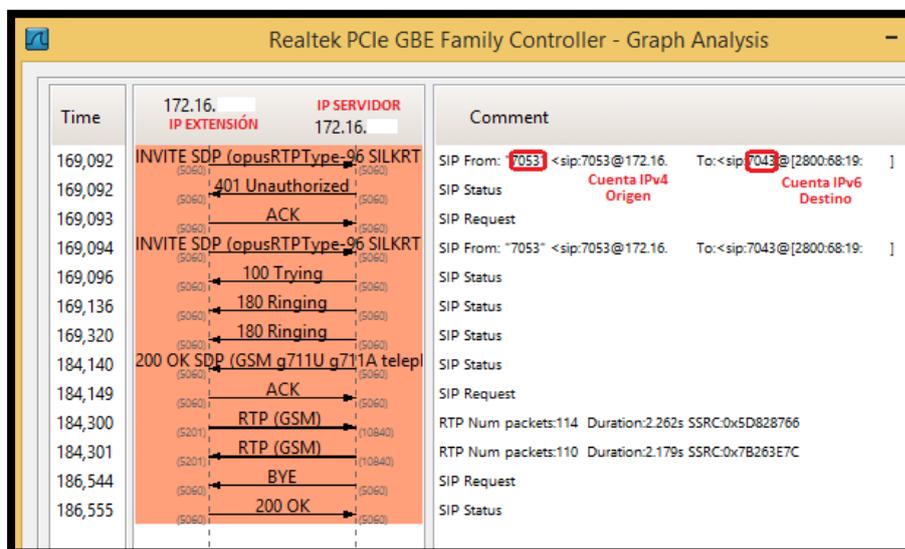


**Figura 45.** Establecimiento de conexión e intercambio de paquetes de la llamada IPv4.  
Fuente: Captura realizada desde la PC del administrador de la red del DDTI

#### LLAMADA DE 7053 IPv4 A 7043 IPv6.

De igual forma, en la Figura 46, se muestra el origen de la llamada, que es la extensión 7053, registrada con una dirección IPv4 y el destino de la llamada, que es la extensión 7043 que se encuentra registrada con una dirección en IPv6; además, se muestra el proceso del inicio, establecimiento, intercambio y finalización de la comunicación, de

esta forma se verifica que se realiza la llamada sin ningún inconveniente y que existe la comunicación tanto en IPv4 e IPv6 al mismo tiempo.



**Figura 46.** Establecimiento de conexión e intercambio de paquetes de llamada IPv4 a IPv6  
Fuente: Captura realizada desde la PC del administrador de la red del DDTI

### 5.3 Desactivación del Protocolo IPv4 en los equipos terminales y Pruebas de funcionamiento en IPv6 nativo

Este proceso se lo realiza de la siguiente forma: El direccionamiento IPv4 en la central telefónica Elx5000 y en la VLAN de voz en el switch Zeus, no se eliminó en sus configuraciones, la razón fue porque así lo decidieron los administradores de la red de la universidad, con la intención de tener un respaldo en IPv4 del sistema ante futuras eventualidades y para realizar pruebas a futuro en IPv4.

En los equipos terminales, luego de verificar que se encontraban conectados al sistema y el correcto funcionamiento de los equipos en IPv6, se procede a desactivar la cuenta IPv4 (cuenta 1) configurada en cada teléfono (ver Anexo B), dejando operativa la cuenta IPv6 (cuenta 2) en el equipo, finalmente se procede a realizar las pruebas de funcionamiento en IPv6 nativo.

Las pruebas que se presentan a continuación garantizan el verdadero funcionamiento del sistema de telefonía IP de la Universidad Técnica del Norte con el uso de IPv6. Para comprobar su funcionalidad se realizan llamadas entre dispositivos terminales o extensiones internas, así mismo llamadas hacia números telefónicos externos hacia la PSTN o la red celular, y desde la PSTN o red celular hacia una extensión de la red interna de la universidad.

### 5.3.1 Pruebas de funcionamiento del sistema en IPv6 nativo.

Para poder demostrar el funcionamiento correcto del sistema de telefonía IP se utiliza la herramienta Wireshark, que permite capturar el tipo de tráfico que se genera dentro de una red, también se puede ver el proceso de interconexión que existe entre dos dispositivos dentro de la red. Es una herramienta muy valiosa que permite ver eficazmente el funcionamiento del protocolo IPv6 dentro de la red.

### 5.3.2 Llamadas internas entre extensiones telefónicas.

Para verificar el funcionamiento se realiza una llamada entre extensiones configuradas en los clientes terminales (ver Figura 47) y con Wireshark se procede a verificar el tráfico en IPv6 que se genera, el proceso del establecimiento de conexión con el intercambio de paquetes y el flujo de tráfico. La llamada se realiza entre las extensiones 7053 y 7048.

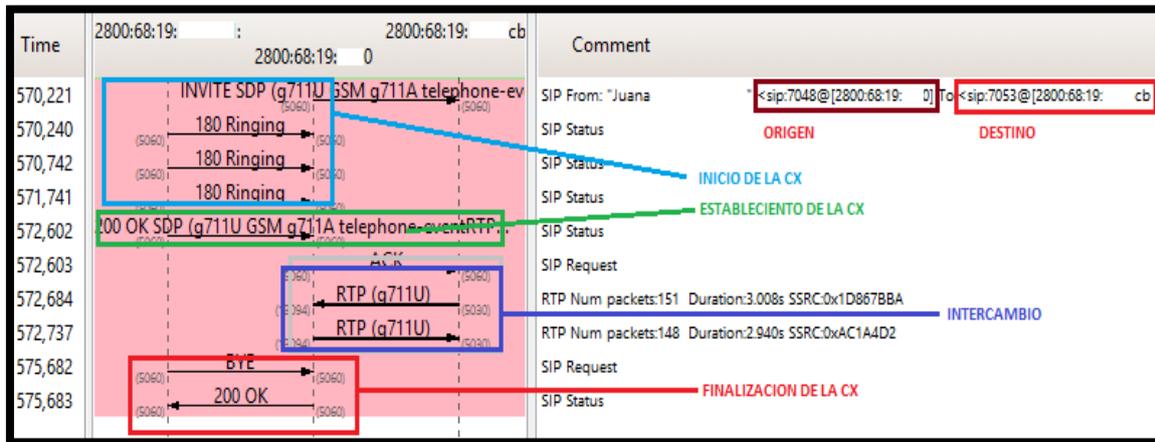
Initial Speaker	From	To	Protocol	Packets	State
2800:68:19: : d1	"7053" <sip:7053@[2800:68:19: 0]	<sip:7048@[2800:68:19: 0]	SIP	11	CANCELLED
2800:68:19: : d1	"7053" <sip:7053@[2800:68:19: 0]	<sip:7048@[2800:68:19: 0]	SIP	11	COMPLETED
2800:68:19: :	"Juana" <sip:7048@[2800:68:19: 0]	<sip:7053@[2800:68:19: : cb]	SIP	8	COMPLETED

ORIGEN DE LLAMADA
DESTINO DE LLAMADA
LLAMADA COMPLETADA

Total: Calls: 3 Start packets: 0 Completed calls: 2 Rejected calls: 2

**Figura 47.** Llamada VoIP realizadas entre extensiones: 7048 a 7053 en IPv6.  
Fuente: Captura de pantalla realizada en la PC del administrador de red del DDTI

En la Figura 47 se puede observar que la llamada se realizó con éxito; ahora en la Figura 48 se puede ver el establecimiento de la llamada, el intercambio de paquetes, el flujo de tráfico y la finalización de la comunicación.



**Figura 48.** Establecimiento de una sesión SIP en IPv6 entre extensiones 7048 y 7053  
Fuente: captura de pantalla realizada en la PC del administrador de la red del DDTI

En la prueba de verificación de llamadas internas entre las extensiones configuradas en los teléfonos o equipos terminales ha cumplido con el objetivo, esto permite ver que las configuraciones realizadas en los teléfonos IP, como la dirección estática y la cuenta en IPv6 fueron las adecuadas. Y de esta manera se logra la comunicación entre las oficinas de los diferentes departamentos con los que cuenta la UTN.

### 5.3.3 Llamadas externas hacia la PSTN.

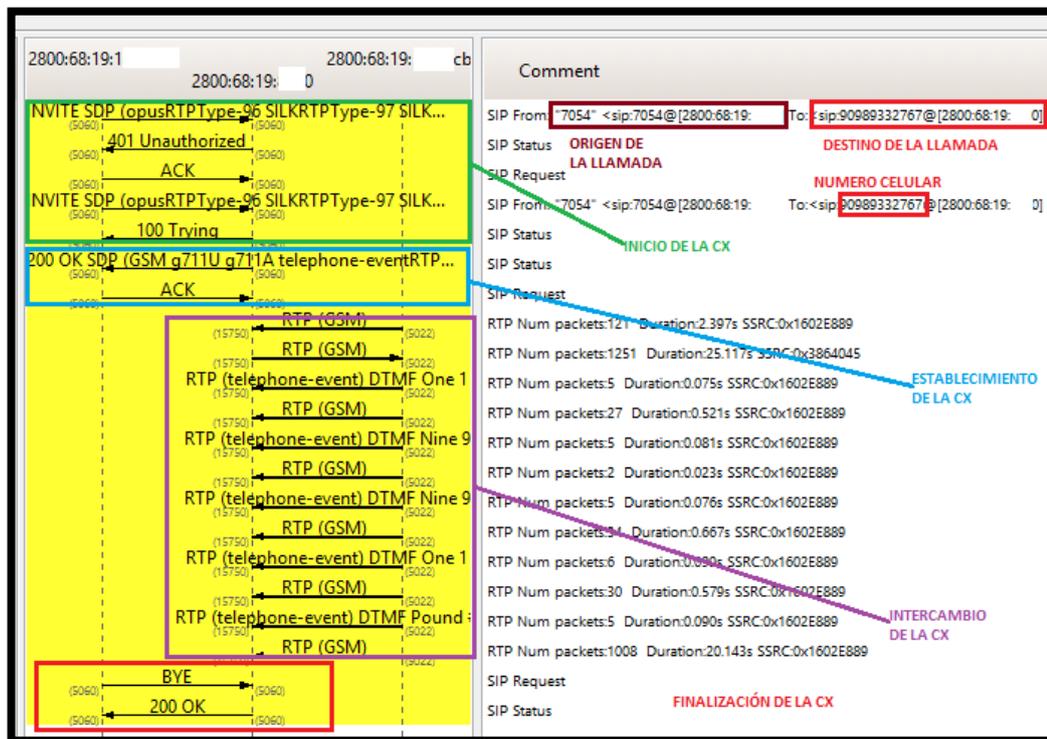
De la igual forma se utiliza la herramienta Wireshark con la cual se puede observar la realización de una llamada entre una extensión de la red interna con un número de la PSTN o externo, con el que se desea comunicarse; en este caso se hace la prueba realizando una llamada desde la extensión 7054 a un teléfono celular de número 0989332767, que le pertenece al administrador de la red, esto se puede observar en la Figura 49.

Detected 5 VoIP Calls. Selected 0 Calls.						
Time	Initial Speaker	From	To	Protocol	Packets	State
0,611346	2800:68:19:1	1: "7054" <sip:7054@[2800:68:19:1]>	<sip:7053@[2800:68:19:1]>	SIP	10	COMPLETED
3,806555	2800:68:19:1	1: "7054" <sip:7054@[2800:68:19:1]>	<sip:7053@[2800:68:19:1]>	SIP	10	CANCELLED
6,893706	2800:68:19:1	1: "7054" <sip:7054@[2800:68:19:1]>	<sip:7053@[2800:68:19:1]>	SIP	10	CANCELLED
1,843556	2800:68:19:1	"Paul Espinel" <sip:8000@[2800:68:19:1]>	<sip:7054@[2800:68:19:1]>	SIP	8	CANCELLED
1,647640	2800:68:19:1	1: "7054" <sip:7054@[2800:68:19:1]>	<sip:90989332767@[2800:68:19:1]>	SIP	9	COMPLETED

ORIGEN DE LA LLAMADA                      DESTINO DE LA LLAMADA

**Figura 49.** Proceso de llamada externa.  
**Fuente:** captura de pantalla realizada en la PC del administrador de la red del DDTI

A continuación en la Figura 50 se muestra el proceso del establecimiento de la sesión SIP entre la extensión y el número telefónico externo. De esta forma se verifica el funcionamiento de las llamadas en IPv6 hacia el exterior de la red universitaria.



**Figura 50.** Establecimiento de una sesión SIP en IPv6 entre una extensión y un número externo.  
**Fuente:** captura de pantalla realizada en la PC del administrador de la red del DDTI

En la prueba de verificación de llamadas hacia el exterior, en este caso a un número celular, permite ver que las llamadas realizan sin problemas y que las configuraciones realizadas en los teléfonos IP, como la dirección estática y la cuenta en IPv6 fueron las adecuadas. De esta manera se logra la comunicación hacia el exterior de la universidad.

### 5.3.4 Llamadas externas hacia la universidad.

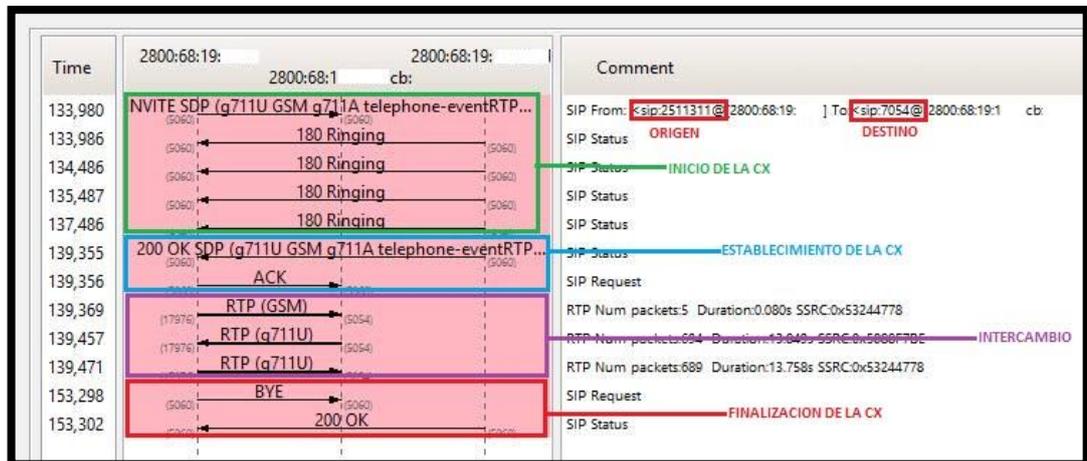
Se procede a verificar las llamadas originadas externamente, sea la red celular o la PSTN hacia la universidad, los resultados son positivos ya que la llamada se realiza sin dificultad. En la Figura 51 se puede observar la realización de la llamada externa del número 2511 311, que pertenece a CNT, hacia la extensión 7053.

From	To	Protocol	Packets	State
"7053" <sip:7053@[2800:68:19: ]	<sip:7048@[2800:68:19: ]	SIP	11	CANCELLED
"7053" <sip:7053@[2800:68:19: ]	<sip:7048@[2800:68:19: ]	SIP	11	COMPLETED
"2511311" <sip:2511311@[2800:68:19: 0]	<sip:7053@[2800:68:19:1 cb]	SIP	8	COMPLETED

**Figura 51.** Proceso de llamada hacia la PSTN

**Fuente:** captura de pantalla realizada en la PC del administrador de la red del DDTI

A continuación en la Figura 52 se muestra el proceso del establecimiento de la sesión SIP entre el número telefónico perteneciente a la PSTN y la extensión telefónica en IPv6. De esta forma se verifica el funcionamiento de las llamadas externas hacia la UTN.



**Figura 52.** Establecimiento de una sesión SIP en IPv6 entre un número en la PSTN y una extensión.

**Fuente:** captura de pantalla realizada en la PC del administrador de la red del DDTI.

En la prueba de verificación de llamadas externas hacia la universidad ha cumplido con el objetivo, esto permite ver que las configuraciones realizadas en la central, en los teléfonos IP como la dirección estática y la cuenta en IPv6 fueron las adecuadas. Y de esta manera se logra

la comunicación desde el exterior de la universidad, sea la PSTN o la red celular, hacia cualquiera de las extensiones de la UTN.

Después de observar el resultado de cada una de las pruebas, se puede determinar que el objetivo principal se ha cumplido, el sistema de telefonía IP de la universidad puede realizar y recibir llamadas telefónicas, tanto internas como externas, teniendo configurado en sus sistemas el protocolo IPv6.

## CAPITULO VI

### ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costo de los equipos utilizados en la migración del sistema de telefonía IP de la UTN del protocolo IPv4 a IPv6 se lo hizo con los equipos que posee la universidad en su sistema de telefonía IP.

En la implementación se hizo uso del mismo segmento de red que posee la universidad para el sistema de telefonía IP, el nuevo direccionamiento en IPv6 se lo realiza sobre los dispositivos y equipo de red existentes. El análisis se basa en el hardware y software que se necesita para cumplir con este proyecto.

#### 6.1 Presupuesto

La migración del sistema de telefonía IP de la universidad se lo realiza mediante la configuración de los diferentes equipos que se mencionan en la Tabla 12:

Tabla 12. *Presupuesto referencial*

<b>PRESUPUESTO DE COSTOS DE HARDWARE Y SOFTWARE</b>			
<b>EQUIPOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO US\$</b>	<b>SUBTOTAL US\$</b>
<b>Hardware</b>			
<b>Elastix Appliances - Elx5000</b>	1	9.826,67	9.826,67
<b>Teléfono Ejecutivo Tipo II Yealink T-28P</b>	184	152,00	27.968,00
<b>Teléfono Operador T-46G</b>	40	224,00	8.960,00
<b>Instalación, configuración, servicios</b>	1	1.460,00	1.460,00
<b>Capacitación</b>	1	5.307,00	5.307,00
<b>TOTAL</b>			<b>53.521,67</b>

Fuente: Proforma de precios de los equipos dados al DDTI (Anexo F).

Los el valor total del equipamiento mencionado en la Tabla 12 es el valor que costaría realizar la implementación de este proyecto, pero como la universidad cuenta con la mayoría de los elementos y con los más principales es por eso que no es necesario la compra de todo el equipamiento, únicamente se tiene que invertir en la compra de los teléfonos que se mencionan en la Tabla 13, que son los equipos que faltan agregar al sistema de telefonía actual.

Tabla 13. *Lista de equipos por adquirir.*

<b>EQUIPOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO US\$</b>	<b>SUBTOTAL US\$</b>
<b>Teléfono Ejecutivo Tipo II Yealink T-28P</b>	114	152,00	17.328,00
<b>Teléfono Operador T-46G</b>	10	224,00	2.240,00
<b>TOTAL</b>			<b>19.568,00</b>

Fuente: Proforma de equipos dados al DDTI

El proyecto no tiene fines de lucro, su finalidad es el de brindar el servicio de telefonía IP a todo el personal que forma parte de la universidad, actualizando la versión del protocolo de internet, que futuro se propone como el protocolo dominante de internet.

## CONCLUSIONES

- Se migró la versión del protocolo de internet (IP) de la versión cuatro (IPv4) a la versión seis (IPv6) en el sistema de telefonía IP de la Universidad Técnica de Norte, con esto se ha dado un paso más en el proceso de migración de los servicios de telecomunicaciones de la universidad hacia el protocolo IPv6.
- Se realizó un direccionamiento en IPv6 con el recurso que posee la universidad por parte de CEDIA, recurso que fue suficiente para satisfacer en gran medida el requerimiento de direcciones a ser configuradas en los equipos que forman parte del sistema de telefonía IP de la institución. De esta forma se pudo asignar una dirección específica a cada elemento.
- Se utilizó el protocolo de señalización SIP, pues tiene ya definidas las características para la transición a IPv6 y permitió la interoperabilidad entre los protocolos IPv4 e IPv6 al utilizar la doble pila, de esta forma aseguró la coexistencia de los dos protocolos implementados en el sistema de telefonía.
- En base a las pruebas de funcionamiento realizadas se tiene conectividad IPv6 en el sistema de telefonía en IP de la universidad, para esto se hizo uso del capturador de paquetes Wireshark, el cual permitió observar los diferentes tipos de tráfico que se generaban en la red, tanto en IPv4 como en IPv6, además del proceso de establecimiento de las sesiones SIP, en cada caso, mientras se realizaban las pruebas de funcionamiento.
- IPv6 resultó ser un protocolo robusto y adecuado al ser implementado en el sistema de telefonía, al ser un protocolo jerárquico permitió tener un plan de direccionamiento ordenado y relacionado con el número de cada extensión telefónica, al contar con IPSec como base brinda mayor seguridad no permite que se escuchen las comunicaciones con la utilización de sniffers o capturadores de paquetes, lo que brinda mayor seguridad.

## RECOMENDACIONES

- Realizar un proceso de verificación de soporte en IPv6 de todos los elementos que intervienen en el sistema que se desea migrar al nuevo protocolo, muchas de la veces no se menciona el soporte en las hojas de datos de los equipos, por lo que hay que investigar con mayor detenimiento el soporte en otras fuentes a más de las hojas de datos de los equipos.
- IPv6 permite varias formas de asignación de direcciones IP en los equipos para su interoperabilidad, si bien es cierto puede funcionar sin dificultades el utilizar estas forma de direccionamiento, es mejor realizar un direccionamiento estático ya que permite tener un registro de las direcciones con sus equipos y de esta manera se facilitaría la administración de los mismos.
- Al momento de realizar un proyecto es necesario tener clara la topología física y lógica del lugar en el que se va a trabajar, sin exceptuar elemento alguno ya que a la postre puede resultar fundamental y necesario en el proyecto, esto permitirá tener en cuenta a todos los elementos y variables.
- Utilizar el mecanismo de transición Dual Stack permite realizar las configuraciones y pruebas de funcionamiento en IPv6 sin afectar la operatividad del sistema y la red en IPv4, sin embargo hay que asegurarse que todos los equipos soporten este mecanismo, en especial aquellos que son más importantes para el proyecto, de otra forma puede haber dificultades y conflictos en la operatividad del sistema.
- El protocolo SIP es el más idóneo a utilizarse para la transmisión de voz en tiempo real utilizando IPv6 ya que tiene definido los parámetros para interactuar con este protocolo,

esto permite darle fluidez a la comunicación sin que haya interrupciones o problemas en la conexión.

- Al momento de hacer las pruebas de verificación del funcionamiento del sistema, para observar el tráfico IP que se genera en la red, es apropiado capturar el tráfico que está cursando en el servidor y no el que pasa por un usuario final. Para esto se hace uso de la configuración del port mirroring en los equipos de la marca Cisco, el cual permite que un puerto de un switch replique el tráfico de otro puerto del mismo switch por el que se genera un tráfico de paquetes.

## GLOSARIO DE TERMINOS

<b>IU:</b>	Unidad de dispositivo de Rack. Altura que ocupa un dispositivo dentro del rack.
<b>ADSL:</b>	Asymmetric Digital Subscriber Line (línea de abonado digital asimétrica)
<b>AEPROVI:</b>	Asociación de empresas proveedoras de servicios de internet, valor agregado, portadores y tecnologías de la información.
<b>ARM</b>	Arquitectura ARM, una familia de microprocesadores producidos por la empresa ARM Holdings.
<b>ARP:</b>	Address Resolution Protocol (protocolo de resolución de direcciones). Protocolo de comunicaciones de la capa de red, responsable de encontrar la dirección de hardware (Ethernet MAC) que corresponde a una determinada dirección IP.
<b>BRS</b>	Tecnología de transmisión de banda estrecha.
<b>CEDIA:</b>	Consortio Ecuatoriano para el Desarrollo de Internet Avanzado
<b>CIDR:</b>	Classless Inter -Domain Routing (enrutamiento entre dominios sin clases)
<b>CODEC</b>	Dispositivo hardware capaz de codificar o decodificar una señal o flujo de datos digitales.
<b>Data center:</b>	Centro de Datos, cuarto de Equipo de redes.
<b>DNS:</b>	Domain Name System (Sistema de nombres de dominio). Sistema de nomenclatura jerárquico descentralizado para dispositivos conectados a redes IP como Internet o una red privada.
<b>Dual Stack:</b>	Mecanismo de coexistencia y transición entre los protocolos IPV4 e IPV6
<b>E1:</b>	Acceso analógico, formato de transmisión digital
<b>FXO:</b>	Foreign eXchange office, Interface usada para conectarse con la PSTN
<b>FXS:</b>	Foreign eXchange Subscriber, interface que se conecta a un teléfono o fax
<b>H.323</b>	Códec de voz de la ITU-T (International Telecommunication Union), define la forma de proveer sesiones de comunicación audiovisual sobre paquetes de red.
<b>IANA:</b>	Internet Assigned Numbers Authority, es la entidad que supervisa la asignación global de direcciones IP
<b>IAX</b>	Es uno de los protocolos utilizados para manejar conexiones VoIP entre servidores Asterisk, y entre servidores y clientes que manejan Asterisk.
<b>ICMP:</b>	Internet Control Message Protocol (protocol de control de mensajes de internet). Protocolo de control y notificación de errores del Protocolo de Internet.
<b>ICMPv6</b>	Internet Control Message Protocol (protocol de control de mensajes de internet versión 6)
<b>ID:</b>	Identificación de algún dispositivo
<b>IETF:</b>	Internet Engineering Task Force (Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet). Organización internacional abierta de normalización, que tiene como objetivos el contribuir a la ingeniería de Internet, actuando en diversas áreas, como transporte, encaminamiento, seguridad.
<b>IP/MPLS:</b>	siglas de Multiprotocol Label Switching (multiprotocolo de conmutación de etiquetas)

<b>IP:</b>	Internet protocol (protocolo de internet).
<b>IPng:</b>	IP Next generation, protocolo de internet de nueva generación
<b>IPSec</b>	Internet Protocol Security. Es un conjunto de protocolos cuya función es asegurar las comunicaciones sobre el Protocolo de Internet (IP) autenticando y/o cifrando cada paquete IP en un flujo de datos.
<b>IPV4:</b>	Internet protocolo versión 4.
<b>IPV6:</b>	Internet protocolo versión 6.
<b>IPV6TF-EC:</b>	IPV6 Trask Force -Ecuador
<b>ISDN</b>	Red Digital de Servicios Integrados. Procede de la Red Digital Integrada y facilita conexiones digitales extremo a extremo para proporcionar una amplia gama de servicios
<b>ISP:</b>	Proveedor de servicios de Internet
<b>ITU</b>	International Telecommunication Union (Unión Internacional de Telecomunicaciones)
<b>IVR</b>	Interactive Voice Response. Sistema telefónico capaz de recibir una llamadas e interactuar con una persona por medio de grabaciones de voz y el reconocimiento de respuestas simples
<b>LAN:</b>	Local Área Network (red de área local). Red de computadoras que abarcan un espacio pequeño reducido.
<b>MAC:</b>	Media Access Control (control de acceso al medio). Identificador de 48 bits (6 bloques hexadecimales) que corresponde de manera única a una tarjeta o dispositivo de red.
<b>MINTEL:</b>	Ministerio de Telecomunicación del Ecuador
<b>NAT:</b>	Network Address Traslation (traducción de direcciones de red), mecanismo utilizado por routers IP para intercambiar paquetes entre dos redes que asignan mutuamente direcciones incompatibles
<b>NDP:</b>	Neighbor Discovery Protocol (protocolo de descubrimiento de vecinos)
<b>NGN:</b>	Next Generation Networking (red de nueva generación)
<b>NIC:</b>	Network Interface Card (Tarjeta interfaz de red)
<b>NTP:</b>	Network Time Protocol. Protocolo de Internet para sincronizar los relojes de los sistemas informáticos a través del enrutamiento de paquetes en redes con latencia variable.
<b>OSI:</b>	Open System Interconnection, es el modelo de interconexión de sistemas abiertos.
<b>PSTN:</b>	Public Switched Telephone Network (Red Telefónica Pública Conmutada)
<b>PXB:</b>	Private Branck eXchange. Es una central telefónica.
<b>QoS</b>	Quality of Service (Calidad de Servicio). Es el uso de técnicas que permiten aumentr el rendimiento promedio de una red de telefonía o de computadoras.
<b>RA:</b>	Router Advertisement (Avisos de Router). Paquetes que envía un router a otro para informarle que es su vecino.
<b>RCTP</b>	Real-time Transport Protocol (Protocolo de Transporte en tiempo real). Creado por la IETF para la transmisión confiable de voz y video a través de Internet.
<b>RFC:</b>	Request for coments (petición de comentarios relacionados con el internet)
<b>Router Discovery:</b>	Mecanismo que utiliza un router para el descubrimiento de rutas
<b>RTP</b>	Real Time Protocol (Protocolo de tiempo Real). Lo mismo que RCTP.

<b>SDP</b>	Session Description Protocol (Protocolo de Descripción de Sesión). Protocolo que describe los parámetros de inicialización de los flujos multimedia.
<b>SIP</b>	Session Initiation Protocol (Protocolo de Inicio de Sesión). Su función es iniciar y terminar sesiones multimedia.
<b>STREAM</b>	Transmisión de elementos multimedia.
<b>T1</b>	Digital Signal 1, abreviado DS1 o T1, un estándar de entramado y señalización para transmisión digital de voz y datos
<b>TCP/IP:</b>	Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet, conjunto de protocolos de red en los que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre computadoras.
<b>TIC:</b>	tecnología de la Informática y Comunicación
<b>Trunking</b>	VTP son las siglas de VLAN Trunking Protocol, un protocolo de mensajes de nivel 2 usado para configurar y administrar VLANs en equipos Cisco.
<b>UDP</b>	User Datagram Protocol es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas
<b>URL</b>	Uniform Resource Locator. Identificador de recursos uniforme.
<b>UTP</b>	Unshielded Twisted Pair (par trenzado sin blindaje). Son cables de pares trenzados sin blindar que se utilizan para diferentes tecnologías de redes locales.
<b>VLAN:</b>	Virtual Local Area Network (red virtual de área local)
<b>VoIP:</b>	Voice over IP. Se refiere a la tecnología de voz sobre IP
<b>Wi-Fi:</b>	Wireless Fidelity, mecanismo de conexión de dispositivos de forma inalámbrica
<b>Wireshark</b>	Es un Sniffer o capturador de paquetes de red. Herramienta multiplataforma utilizada para realizar análisis sobre paquetes de red

## REFERENCIAS

- Baquía. (21 de 3 de 2011). *BAQUÍA*. Obtenido de <http://www.baquia.com/emprendedores/2011-03-21-manual-para-la-transicion-de-ipv4-a-ipv6>
- Cáceres, D. R., & Ortiz, O. P. (2010). *Estudio comparativo de VoIP y telefonía IP en IPv6 e IPv4. Caso Práctico: Implementación de central de telefonía IP. La necesidad de IPv6*. Tesis de Ingeniero no publicada, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Cicileo, G., Gagliano, R., O'Flaherty, C., Olvera, C., Palet, J., Rocha, M., & Vives, Á. (2009). *IPv6 para Todos. Guía de uso y aplicación para diversos entornos*. Buenos Aires: Asociación Civil de Argentinos en Internet.
- EcuRed. (enero de 2012). *EcuRed Conocimiento con todos y para todos*. Recuperado el 11 de 02 de 2016, de <http://www.ecured.cu/VoIPv6>
- Elastix.org. (2006-2015). *elastix*. Recuperado el 22 de 12 de 2015, de <http://elastix.org/index.php/es/appliances.html>
- elastixtech.com. (s.f.). *elastixtech.com*. Recuperado el 7 de diciembre de 2015, de <http://elastixtech.com/fundamentos-de-telefonía/voip-telefonía-ip/>
- Gamboa, F., López, D., & Salcedo, O. (Enero - Junio de 2012). Transporte de voz en entornos IPV4 e IPV6. *Visión Electrónica*, 6(1), 14 - 27. Recuperado el 25 de 5 de 2016, de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/visele/article/view/3743/5953>

- Godoy Trujillo, P. (2014). *Diseño de telefonía IP bajo una plataforma de software libre en el Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Urcuquí. Elementos de la red VoIP*. Tesis de Ingeniera no publicada, Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Hinden, R., Deering, S., Nokia, & Cisco Systems. (Febrero de 2006). *IETF Datatracker*. Recuperado el 4 de noviembre de 2015, de <http://datatracker.ietf.org/doc/rfc4291/>
- Landy, D. (2013). *Propuesta de un Plan de Implementación para la migración a IPv6 en la red de la Universidad Politécnica Salesiana Sede-Cuenca*. Tesis de ingeniero no publicada, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador.
- Méndez Gijón , F., Valdez Besares, J., & López Bautista, D. (2014). Análisis de rendimiento de los protocolos de señalización VOIP SIP e IAX en un entorno DUAL STACK. (L. Villalba, Ed.) *Revista Gerencia Tecnológica Informática*, 13(35), 47-61.
- Miralles, M. (2014). Desarrollo de escenario para el análisis de la movilidad en IPv6. *IPv6. Motivación*. Tesis de Ingeniero no publicada, Universidad de Sevilla, España.
- Palet, J. (2011). *Manual para la transición de IPv4 a IPv6*. Madrid.
- Portal IPv6. (s.f.). *Portal IPv6*. Recuperado el 2 de octubre de 2015, de <http://portalipv6.lacnic.net/que-es/>
- Portal IPv6. (s.f.). *Portal IPv6*. Recuperado el 26 de septiembre de 2015, de <http://portalipv6.lacnic.net/quienes-implementan/>
- Sander, S. (diciembre de 2010). *rediris.es*. Recuperado el 9 de septiembre de 2015, de [http://www.rediris.es/conectividad/IPv6\\_addr\\_plan4.pdf](http://www.rediris.es/conectividad/IPv6_addr_plan4.pdf)
- Tanenbaum, A. (2003). *Redes de computadoras*. México: Pearson Educación.

Task Force Ecuador. (s.f.). *Task Force Ecuador*. Recuperado el 24 de 09 de 2015, de  
<http://ipv6tf.ec/?start=2>

Yealink Inc. (2015). *Yealink*. Recuperado el 11 de julio de 2016, de  
<http://www.yealink.com/index.aspx>

## ANEXOS

## ANEXO A. MAPA DE PUERTOS DE VOZ

En la siguiente tabla se muestra el registro de los puertos de voz cada switch que intervienen en el segmento de telefonía IP en la universidad. La VLAN de voz se propaga por todos los switch Cisco de la universidad por medio de VTP, de forma que la VLAN se encuentra configurada en todo los switches de distribución de la universidad.

Tabla 14. *Mapa de puertos de voz.*

N°	UNIDAD	EXTENCION	SWITCH	PUERTO
<b>OPERADORA</b>				
1	CENTRAL TELEFÓNICA	7000	Atenea	fa 0/0
<b>RECTORADO</b>				
2	RECTOR	7010	Cronos	
3	SECRETARIA	7012	Cronos	Fa 0/6
4	SECRETARIA	7013	Cronos	fa 0/5
5	SECRETARIA	7014	Cronos	fa 0/7
<b>VICERRECTORADO ACADÉMICO</b>				
6	VICERRECTORA ACADÉMICA	7020	Kiss	
7	SECRETARIA	7021	Kiss	Gi 0/14
8	SECRETARIA	7022	Kiss	Gi 0/10
<b>VICERRECTORADO ADMINISTRATIVO</b>				
9	VICERRECTOR ADMINISTRATIVO	7030	Cratos	
10	SECRETARIA	7031	Cratos	fa 0/16
11	SECRETARIA	7032	Cratos	fa 0/4
12	SECRETARIA	7033	Cratos	fa 0/15
<b>DESARROLLO TECNOLÓGICO E INFORMÁTICO</b>				
13	DIRECTOR	7040	Zeus	fa 0/6
14	SECRETARIA	7041	Zeus	fa 0/7
15	ANALISTA DE SISTEMAS - QUIPUX	7042	Zeus	fa 0/8
16	ANALISTA DE SISTEMAS	7043	Zeus	fa 0/9
17	ANALISTA DE SISTEMAS	7044	Zeus	fa 0/10
18	ANALISTA DE SISTEMAS	7045	Zeus	fa 0/11
19	ANALISTA DE SISTEMAS	7046	Zeus	fa 0/12
20	GESTIÓN WEB	7047	Zeus	fa 0/13
21	PROGRAMADORA	7048	Zeus	fa 0/14
22	ANALISTA DE SISTEMAS	7049	Zeus	fa 0/15
23	ANALISTA DE SISTEMAS	7050	Zeus	fa 0/16
24	ANALISTA DE SISTEMAS	7051	Zeus	fa 0/17

25	ANALISTA DE REDES	7052	DDTI-VINICIO	Gi 0/24
<b>SECRETARÍA GENERAL</b>				
26	SECRETARIO GENERAL	7060		
27	SECRETARIA	7061		
<b>BIENESTAR UNIVERSITARIO</b>				
28	DIRECTORA	7070	Morfeo	Fa 0/12
29	SECRETARIA	7071	Morfeo	Fa 0/13
30	ENFERMERA	7072	Morfeo	Fa 0/14
31	ORIENTADORA	7073	Morfeo	Fa 0/15
32	ODONTÓLOGO	7074	Morfeo	Fa 0/16
33	LABORATORIO CLÍNICO	7075	Morfeo	Fa 0/17
34	TRABAJADORA SOCIAL	7076	Morfeo	Fa 0/18
<b>RELACIONES INTERNACIONALES</b>				
35	RELACIONES INTERNACIONALES	7080	Atenea	Fa 0/28
36	RELACIONES INTERNACIONALES	7081	Atenea	fa 0/29
<b>RECURSOS HUMANOS</b>				
37	DIRECTORA	7090	Zeus	fa 4/37
38	SECRETARIA	7091	Zeus	fa 4/38
39	JEFE RECURSOS HUMANOS	7092	Zeus	fa 4/39
40	ANALISTA DE PERSONAL	7093	Zeus	fa 4/40
41	ANALISTA DE PERSONAL	7094	Zeus	fa 4/41
42	OFICINISTA	7095	Zeus	fa 4/42
43	INFORMACION	7096	Zeus	fa 4/43
44	JEFE DE SEGURIDAD	7097	Zeus	fa 4/44
45	TRANSPORTE	7098	Zeus	fa 4/45
46	SECRETARIA	7099	Zeus	fa 4/46
<b>DEPARTAMENTO FINANCIERO</b>				
47	DIRECTOR	7100	Zeus	fa 4/3
48	SECRETARIA	7101	Zeus	fa 4/4
49	CONTADORA	7102	Zeus	fa 4/5
50	AUXILIAR CONTABILIDAD	7103	Zeus	fa 4/6
51	AUXILIAR CONTABILIDAD	7104	Zeus	fa 4/7
52	AUXILIAR CONTABILIDAD	7105	Zeus	fa 4/8
53	ANALISTA DE NÓMINA	7106	Zeus	fa 4/9
54	ANALISTA DE NÓMINA	7107	Zeus	fa 4/10
55	ANALISTA DE NÓMINA	7108	Zeus	fa 4/11
56	TESORERA	7109	Zeus	fa 4/12
57	TESORERA	7110	Zeus	fa 4/13
58	AUXILIAR DE TESORERÍA	7111	Zeus	fa 4/14
59	JEFE PRESUPUESTO	7112	Zeus	fa 4/15
60	AUXILIAR PRESUPUESTO	7113	Zeus	fa 4/16
61	RECAUDACIÓN	7114	Zeus	fa 4/17
<b>DEPARTAMENTO ADQUISICIONES</b>				
62	JEFE ADQUISICIONES	7120	Atenea	fa 0/7
63	SECRETARIA	7121	Atenea	fa 0/8
64	AUXILIAR ADQUISICIONES	7122	Atenea	fa 0/9

65	AUXILIAR ADQUISICIONES	7123	Atenea	fa 0/10
66	ABOGADO	7124	Atenea	fa 0/11
<b>DEPARTAMENTO ALMACEN BODEGA</b>				
67	JEFE ALMACEN BODEGA	7130	Atenea	fa 0/12
68	SECRETARIA	7131	Atenea	fa 0/13
69	GUARDA ALMACEN	7132	Atenea	fa 0/14
70	AYUDANTE DE ALMACEN	7133	Atenea	fa 0/15
71	TÉCNICO ALMACEN BODEGA	7134	Atenea	fa 0/16
72	AYUDANTE DE ALMACEN	7135	Atenea	fa 0/17
<b>UNIDAD DE SEGURIDAD OCUPACIONAL</b>				
73	UNIDAD DE SEGURIDAD OCUPACIONAL	7140	Iris	gi 0/23
74	UNIDAD DE SEGURIDAD OCUPACIONAL	7141	Iris	Gi 0/20
75	SMO - ENFERMERA	7142	Iris	Gi 0/21
76	SUPERVISOR USSOA	7143	Iris	Gi 0/22
<b>DEPARTAMENTO DE PLANEAMIENTO INTEGRAL</b>				
77	DIRECTOR	7150	Eris	fa 0/12
78	SECRETARIA	7151	Eris	fa 0/26
79	ANALISTA ECONÓMICA	7152	Eris	fa 0/16
80	AUXILIAR DE ESTADÍSTICA	7153	Eris	fa 0/21
81	ANALISTA ACADÉMICA	7154	Eris	fa 0/22
82	ANALISTA DE PLANEAMIENTO	7155	Eris	fa 0/23
83	ANALISTA DE PLANEAMIENTO	7156	Eris	fa 0/24
<b>CUICYT</b>				
84	DIRECTOR	7160	Eris	Fa 0/33
85	SECRETARIA	7161	Eris	Fa 0/34
86	ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN	7162	Eris	Fa 0/35
87	ANALISTA FINANCIERA	7163	Eris	Fa 0/36
88	ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN	7164	Eris	Fa 0/37
<b>POSTGRADO</b>				
89	DIRECTOR	7170		
90	SUBDIRECTORA	7171		
91	SECRETARIA DIRECTOR	7172		
92	SECRETARIA SUBDIRECTORA	7173		
93	SECRETARIO ABOGADO	7174		
94	POSTGRADO	7175		
95	POSTGRADO	7176		
96	POSTGRADO	7177		
97	POSTGRADO	7178		
98	SECRETARIA CEIT	7179		
<b>COMUNICACIÓN ORGANIZACIONAL</b>				
99	DIRECTOR	7190		
100	SECRETARIA	7191		
101	PROGRAMACIÓN UTV	7192		
102	TELEVISORA UNIVERSITARIA	7193		

---

<b>103</b>	RADIO UNIVERSITARIA	7194
<b>104</b>	RELACIONES PÚBLICAS	7195
<b>105</b>	RELACIONES PÚBLICAS	7196
<b>PROCURADURÍA GENERAL</b>		
<b>106</b>	PROCURADOR	7200
<b>107</b>	SECRETARIA	7201
<b>108</b>	ABOGADO	7202
<b>CUDIC</b>		
<b>109</b>	DIRECTOR	7210
<b>110</b>	SECRETARIA	7211
<b>111</b>	COORDINADORA	7212
<b>112</b>	DANZA	7213
<b>113</b>	TEATRO	7214
<b>114</b>	MÚSICA	7215
<b>AUDITORÍA INTERNA</b>		
<b>115</b>	AUDITORÍA INTERNA	7220
<b>DEPARTAMENTO DE VINCULACIÓN</b>		
<b>116</b>	DIRECTOR	7230
<b>117</b>	SECRETARIA	7231
<b>118</b>	VINCULACIÓN COLECTIVIDAD	7232
<b>119</b>	OFICINA DEL ESTUDIANTE	7233
<b>120</b>	GIMNASIO	7234
<b>INSTITUTO ALTOS ESTUDIOS</b>		
<b>121</b>	DIRECTOR	7240
<b>122</b>	SECRETARIA	7241
<b>UNIDAD DE MANTENIMIENTO</b>		
<b>123</b>	JEFE UNIDAD DE MANTENIMIENTO	7250
<b>124</b>	SECRETARIA	7251
<b>125</b>	COORDINADORA DE PROYECTOS	7252
<b>ACREDITACIÓN Y EVALUACIÓN</b>		
<b>126</b>	COORDINACIÓN	7260
<b>ASOCIACIÓN DE EMPLEADOS</b>		
<b>127</b>	SECRETARIA	7270
<b>FONDO DE JUBILACIÓN INDEXADA UTN</b>		
<b>128</b>	FONDO DE JUBILACIÓN INDEXADA	7280
<b>ASOCIACIÓN DE PROFESORES</b>		
<b>129</b>	SECRETARIA	7290
<b>BIBLIOTECA</b>		
<b>130</b>	JEFA DE BIBLIOTECA	7300
<b>131</b>	BIBLIOTECARIA	7301
<b>132</b>	PROCESOS TÉCNICOS	7302
<b>133</b>	HEMEROTECA	7303
<b>134</b>	NO VIDENTES	7304
<b>135</b>	VIDEOTECA	7305
<b>136</b>	ANALISTA SISTEMAS	7306

---

137	RECTORADO	7310		
138	VICERRECTORADO	7311		
139	SECRETARIA RECTORADO	7312		
140	SECRETARIA VICERRECTORADO	7313		
141	BIENESTAR ESTUDIANTIL	7314		
<b>CENTRO ACADÉMICO DE IDIOMAS</b>				
142	DIRECTORA	7320		
143	SECRETARIA	7321		
144	SECRETARIA	7322		
<b>ESCUELA DE CONDUCCIÓN UTN</b>				
145	DIRECTOR	7330		
146	SECRETARIA	7331		
<b>SISTEMA NACIONAL DE NIVELACIÓN Y ADMISIÓN</b>				
147	DIRECTOR	7340		
148	SECRETARIA	7341		
<b>EMPRESA PÚBLICA LA U-EMPRENDE</b>				
149	GERENTE GENERAL	7350		
150	COMPRAS PÚBLICAS	7351		
151	ALMACEN UNIVERSITARIO	7352		
152	ANALISTA DE TALENTO HUMANO	7353		
<b>AUDITORIO</b>				
153	AUDITORIO AGUSTÍN CUEVA	7360		
<b>SINDICATO DE TRABAJADORES</b>				
154	SINDICATO DE TRABAJADORES	7370		
<b>FICA</b>				
155	DECANO	7500	Aristóteles	fa 5/3
156	SUBDECANO	7501	Aristóteles	fa 6/43
157	SECRETARIA DECANATO	7502	Aristóteles	fa 5/8
158	SECRETARIA SUBDECANATO	7503	Aristóteles	fa 6/40
159	SECRETARIA ABOGADA	7504	Aristóteles	fa 6/8
160	COORDINACIÓN CIERCOM	7505	Aristóteles	
161	SECRETARIA CIERCOM	7506	Aristóteles	
162	COORDINACIÓN CIME	7507	Aristóteles	
163	SECRETARIA CIME	7508	Aristóteles	fa 5/15
164	COORDINACIÓN CISIC	7509	Aristóteles	fa 6/13
165	SECRETARIA CISIC	7510	Aristóteles	fa 6/25
166	SECRETARIA CIMANELE Y CIMANAU	7511	Aristóteles	fa 6/26
167	SECRETARIA CITEX Y CINDU	7512	Aristóteles	fa 5/46
168	JEFE LABORATORIO COMPUTACIÓN	7513	Galileo	fa 0/18
169	LABORATORIO COMPUTACIÓN	7514	Aristóteles	
170	LABORATORIO CIME - CIERCOM	7515	Aristóteles	
171	DOCENTES CISIC	7516	Aristóteles	
<b>FICAYA</b>				
172	DECANO	7600	Sw-Batman	fa 1/15
173	SUBDECANO	7601	Sw-Batman	fa 1/16
174	SECRETARIA DECANATO	7602	Sw-Batman	fa 1/0

<b>175</b>	SECRETARIA SUBDECANATO	7603	Sw-Batman	fa 1/1
<b>176</b>	SECRETARIO ABOGADO	7604	Sw-Batman	fa 1/2
<b>177</b>	SECRETARIA FORESTAL	7605	Sw-Batman	fa 1/3
<b>178</b>	SECRETARIA RECURSOS NATURALES	7606	Sw-Batman	fa 1/4
<b>179</b>	SECRETARIA AGROINDUSTRIAL	7607	Sw-Batman	fa 1/5
<b>180</b>	SECRETARIA BIOTECNOLOGÍA Y AGRONEGOCIOS	7608	Sw-Batman	fa 1/6
<b>181</b>	LABORATORIO COMPUTACIÓN	7609	Sw-Batman	fa 1/7
<b>182</b>	LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA VEGETAL	7610	Sw-Batman	fa 1/8
<b>183</b>	LABORATORIO GEOMÁTICA	7611	Sw-Batman	fa 1/9
<b>184</b>	LABORATORIO DE ANALISIS FÍSICO QUÍMICOS	7612	Sw-Batman	fa 1/10
<b>185</b>	GRANJA YUYUCOCHA	7613	Sw-Batman	fa 1/11
<b>186</b>	GRANJA LA PRADERA	7614	Sw-Batman	fa 1/12
<b>187</b>	DOCENTE AGROPECUARIA	7615	Sw-Batman	fa 1/13
<b>SALUD</b>				
<b>188</b>	DECANA	7700	Sw-Fleming	fa 0/5
<b>189</b>	SUBDECANA	7701	Sw-Fleming	fa 0/6
<b>190</b>	SECRETARIA DECANATO	7702	Sw-Fleming	fa 0/7
<b>191</b>	SECRETARIA SUBDECANATO	7703	Sw-Fleming	fa 0/8
<b>192</b>	SECRETARIO ABOGADO	7704	Sw-Fleming	fa 0/9
<b>193</b>	COORDINACIÓN NUTRICIÓN	7705	Sw-Fleming	fa 0/10
<b>194</b>	SECRETARIA NUTRICIÓN	7706	Sw-Fleming	fa 0/11
<b>195</b>	COORDINACIÓN ENFERMERÍA	7707	Sw-Fleming	fa 0/12
<b>196</b>	SECRETARIA ENFERMERÍA	7708	Sw-Fleming	fa 0/13
<b>197</b>	COORDINACIÓN TERAPIA FÍSICA	7709	Sw-Fleming	fa 0/14
<b>198</b>	LABORATORIO NUTRICIÓN	7710		
<b>FECYT</b>				
<b>199</b>	DECANO	7800	Aerosmith	fa 0/23
<b>200</b>	SUBDECANA	7801	Aerosmith	fa 0/24
<b>201</b>	SECRETARIA DECANATO	7802	Aerosmith	fa 0/25
<b>202</b>	SECRETARIA SUBDECANATO	7803	Aerosmith	fa 0/8
<b>203</b>	SECRETARIO ABOGADO	7804	Aerosmith	fa 0/4
<b>204</b>	DIRECTOR INSTITUTO EDUCACIÓN FÍSICA	7805	Kiss	Gi 0/9
<b>205</b>	SECRETARIA INSTITUTO EDUCACIÓN FÍSICA	7806	Kiss	gi 0/2
<b>206</b>	PEDAGOGÍA	7807	Aerosmith	fa 0/10
<b>207</b>	SECRETARIA PROGRAMAS SEMIPRESENCIALES	7808	Aerosmith	fa 0/11
<b>208</b>	EDUCACIÓN TÉCNICA	7809	Aerosmith	fa 0/12
<b>209</b>	PRÁCTICA DOCENTE	7810	Aerosmith	fa 0/13
<b>210</b>	PLAN DE CONTINGENCIA	7811	Aerosmith	fa 0/14
<b>211</b>	LABORATORIO COMPUTACIÓN	7812	Aerosmith	fa 0/15
<b>FACAE</b>				
<b>212</b>	DECANA	7900	Sw-Alexandra	fa 0/17

<b>213</b>	SUBDECANO	7901	Sw-Alexandra	fa 0/6
<b>214</b>	SECRETARIA DECANATO	7902	Sw-Alexandra	fa 0/7
<b>215</b>	SECRETARIA SUBDECANATO	7903	Sw-Andrea	fa 0/5
<b>216</b>	SECRETARIO ABOGADO	7904	Sw-Andrea	fa 0/6
<b>217</b>	COORDINACIÓN MERCADOTECNIA	7905	Sw-Andrea	fa 0/7
<b>218</b>	SECRETARIA MERCADOTECNIA	7906	Sw-Alexandra	fa 0/12
<b>219</b>	SECRETARIA CONTABILIDAD	7907	Sw-Alexandra	fa 0/13
<b>220</b>	SECRETARIA CONTABILIDAD SEMIPRESENCIAL	7908	Sw-Alexandra	fa 0/14
<b>221</b>	SECRETARIA ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	7909	Sw-Alexandra	fa 0/15
<b>222</b>	SECRETARIA GASTRONOM, DERECHO Y TURIS.	7910	Sw-Alexandra	fa 0/16
<b>223</b>	COORDINACIÓN TURISMO	7911	Sw-Alexandra	fa 0/3
<b>224</b>	LABORATORIO COMPUTACIÓN	7912	Sw-Alexandra	fa 0/4

Fuente: Mapeo de puertos realizado en el DDTI de la UTN

## ANEXO B. PROCESO DE REGISTRO Y CONFIGURACIÓN DE LOS TELÉFONOS EN IPV6.

A continuación se presenta el proceso para la configuración IPv6 de los teléfonos de la marca Yealink y el posterior registro de los mismos, la forma de acceder es la misma para las dos series de teléfonos: Yealink SIP-T46G y Yealink SIP-T28P

### ACCESO WEB A LOS TELÉFONOS.

- Se ingresa la dirección IPv4 del equipo en el URL de un explorador como muestra la figura:

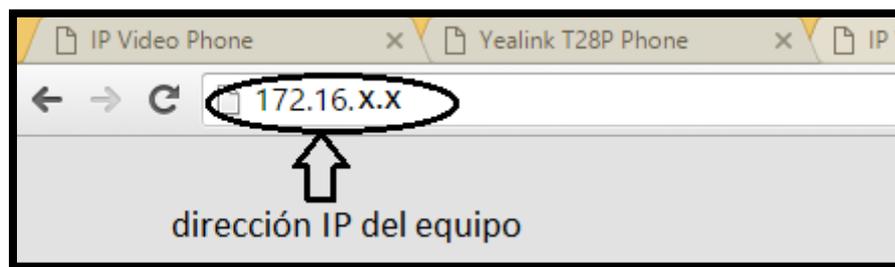


Figura 53. Acceso Web a los teléfonos Yealink

- Aparecerá la ventana para el ingreso de las credenciales: usuario y contraseña.

A screenshot of a login page for an Enterprise IP phone SIP-T29P. The page has a light gray background. At the top left, the text 'Inicio de sesión' is written in green. To the right, 'Enterprise IP phone SIP-T29P' is written in a smaller font. Below this, there are two input fields: 'Nombre de usuario' and 'Contraseña'. At the bottom, there are two green buttons: 'Confirmar' and 'Cancelar'.

Figura 54. Ingreso de credenciales en los teléfonos

- Aparecerá la información que indica el estado general con los parámetros configurados en el teléfono, con el estado de la cuenta, dirección configurada, versión del firmware, etc.

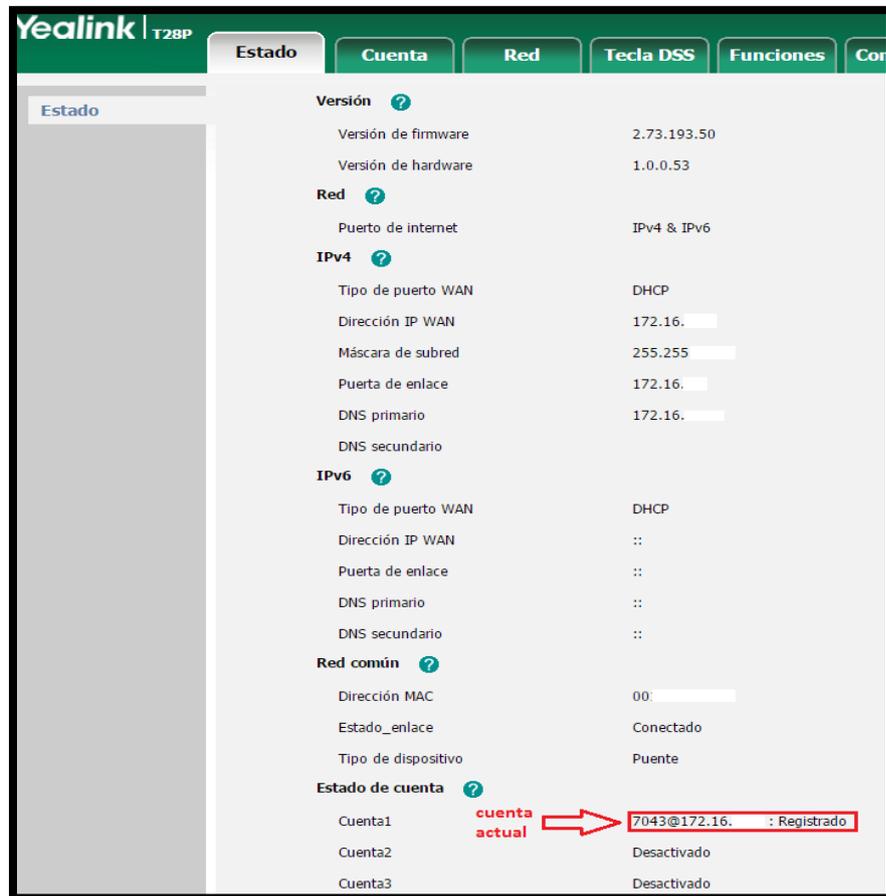
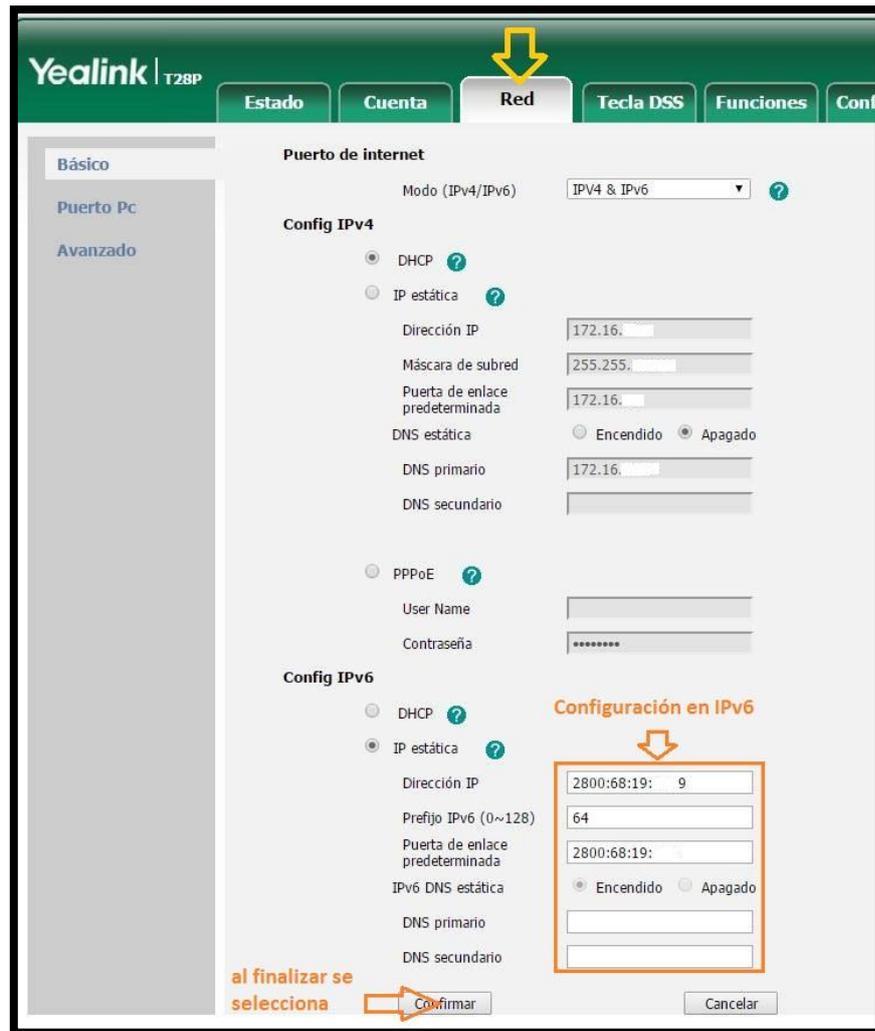


Figura 55. Estado del teléfono Yealink

## CONFIGURACIÓN DE IPv6 EN LOS TELEFONOS

- Para poder configurar la dirección IPv6 en el teléfono se selecciona la casilla RED que se muestra en la opciones de configuración, aparecerá los casilleros para la configuración de red en IPv4 e IPv6, se procede a llenar los espacios que se refieren a IPv6: dirección, prefijo y puerta de enlace, como muestra la figura:



**Figura 56.** Configuración de IPv6 en el teléfono

- Una vez configurado el direccionamiento, el equipo se reinicia automáticamente y hay que esperar unos minutos hasta que el equipo haya actualizado su información.
- Para acceder nuevamente al equipo se lo puede hacer utilizando la dirección IPv4 o IPv6, realizando el proceso de acceso Web mostrado al principio de este anexo.

### CONFIGURACIÓN DE CUENTA EN IPv6

- Para configurar la nueva cuenta IPv6 en el teléfono se selecciona la opción “cuenta” y aparecerán los casilleros con la cuenta 1, en este caso esta cuenta ya se encontraba configurada. Se crea la cuenta 2 con los mismos parámetros que tiene la cuenta 1 y se selecciona la pestaña en activado; en servidor SIP1 se ingresa la dirección IPv6 de la

central telefónica, al final se selecciona confirmar para guardar todos los parámetros configurados.

The screenshot shows the 'Cuenta' configuration page for 'Cuenta 2'. The 'Etiqueta' field is set to 'MARIA', 'Nombre de registro' is '7043', and 'Nombre de usuario' is '7043'. The 'ip de la central telefónica' field is set to '2800:68:19:'. The 'Confirmar' button is highlighted with a red arrow and the text 'al finalizar se selecciona Confirmar'.

**Figura 57.** Configuración de cuenta IPv6 en el teléfono.

- En la central telefónica, en la opción de PBX (ver Anexo C), en el panel del operador aparecerá la nueva cuenta registrada con su dirección IPv6 respectiva como muestra la figura:



**Figura 58.** Registro de la cuenta IPv6 en la central telefónica

## DESACTIVACIÓN DE CUENTA IPv4

- Para desactivar la cuenta 1 que está en IPv4, en la configuración de cuenta, se selecciona cuenta 1 y en la pestaña que dice “línea activa” se selecciona la opción que dice desactivado, al final de la pantalla, siempre para guardar algún cambio en las configuraciones, hay que seleccionar el botón que dice confirmar.



Figura 59. Desactivación de la cuenta 1 IPv4 en el teléfono

- Finalmente, en el estado del teléfono se puede observar que únicamente se encuentra registrada la nueva cuenta en IPv6 y la cuenta 1 se muestra como desactivada.

Yealink T28P

Estado Cuenta Red Tecla DSS Funciones Conf

Estado

**Versión** ?

Versión de firmware 2.73.193.50

Versión de hardware 1.0.0.53

**Red** ?

Puerto de internet IPv4 & IPv6

**IPv4** ?

Tipo de puerto WAN DHCP

Dirección IP WAN 172.16. [ ]

Máscara de subred 255.255. [ ]

Puerta de enlace 172.16. [ ]

DNS primario 172.16. [ ]

DNS secundario [ ]

**IPv6** ?

Tipo de puerto WAN IP estática

Dirección IP WAN 2800:68:19: [ ] 9/64

Puerta de enlace 2800:68:19: [ ] /64

DNS primario ::

DNS secundario ::

**Red común** ?

Dirección MAC 00 [ ]

Estado\_enlace Conectado

Tipo de dispositivo Puente

**Estado de cuenta** ?

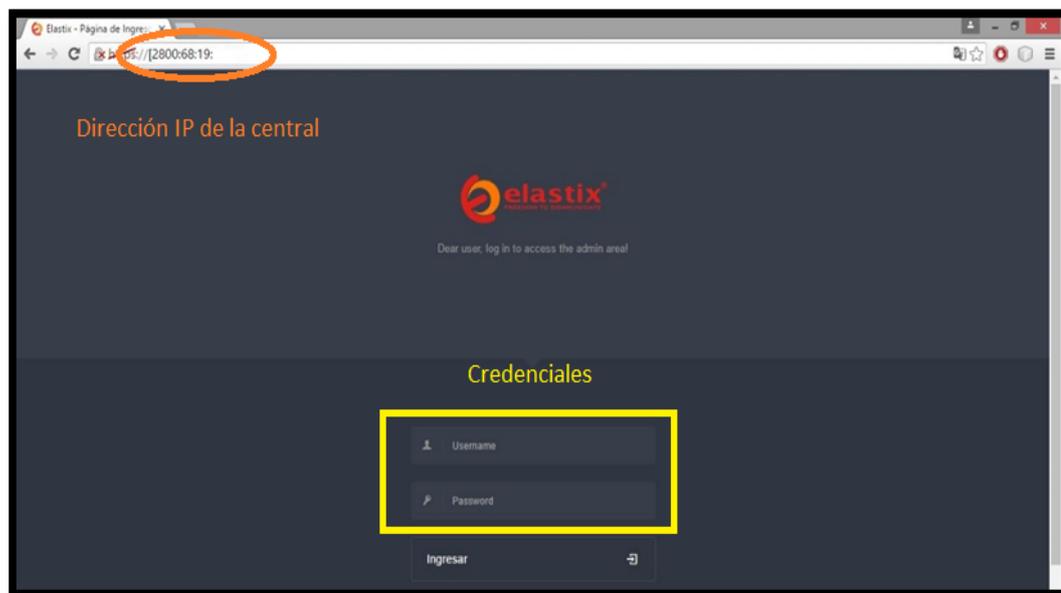
Cuenta1		Desactivado
Cuenta2	<b>Nueva cuenta creada</b>	7043@2800:68:19: [ ] : Registrado
Cuenta3		Desactivado

Figura 60. Estado del teléfono con la cuenta en IPv6.

## ANEXO C. PROCESO DE CREACIÓN DE EXTENSIONES SIP EN LA CENTRAL ELASTIX ELX5000

El objetivo de este anexo es mostrar los pasos a seguir al momento de crear una extensión telefónica, que luego será registrada en un equipo terminal (anexo B); además se podrá verificar que la configuración en IPv6 no interviene en este proceso, como se ha mencionado en el capítulo III.

- Se ingresa la dirección IP, sea IPv4 o IPv6 en la URL de un buscador para el acceso vía web como se muestra en la figura, posteriormente se ingresan las credenciales: usuario y contraseña, para ingresar en el menú de configuración.



**Figura 61.** Ingreso vía Web a la central telefónica

- Una vez dentro del menú que presenta la central se selecciona “PBX” y luego “Configuración PBX”



**Figura 62.** Ingreso al menú de configuraciones de la central

- Luego, se elige la opción de “Dispositivo SIP genérico” y se selecciona el botón “enviar”, para de esta forma ingresar al menú de opciones de la nueva extensión.



**Figura 63.** Tipo de extensión a ser creada

- A continuación se muestran los casilleros para ser llenados con los datos que tendrá la extensión telefónica a ser creada. Se escribe el número de extensión, el nombre de la persona a cargo de la extensión, la clave que será la misma que se ingresará en la cuenta del teléfono para esa extensión.

PBX / Configuración PBX

Básico

- Extensiones
- Códigos de funcionalidades
- Rutas Salientes
- Troncales

Control de Llamadas entrantes

- Rutas Entrantes
- DIDs Canal DAHDI
- Anuncios
- Lista negra
- Fuente de Búsqueda CallerID
- Control de Flujo de Llamadas
- Sigueme
- IVR
- Prioridades de Cola
- Colas
- Grupos de Timbrado
- Condiciones de Tiempo
- Grupos Horarios

Opciones Internas & Configuración

- Conferencias
- Idiomas
- Otras Aplicaciones
- Otros Destinos
- Música en Espera
- Conjuntos de PIN
- Paginación e Intercomunicación
- Estacionamiento
- Grabaciones del Sistema
- Correo de Voz Masivo

Acceso Remoto

- Devolver Llamada
- DISA

Opción

- FreePBX® Sin embeber

## Add SIP Extension

- Añadir extensión

Extensión del usuario

Nombre para mostrar

CID Num Alias

Alias SIP

- Opciones de la extensión

CID saliente

Asterisk Dial Options   Override

Ring Time

Call Forward Ring Time

Outbound Concurrency Limit

Llamada en espera

Internal Auto Answer

Call Screening

Pinless Dialing

CID de emergencia

- Assigned DID/CID

Descripción del DID

Añadir DID entrante

Añadir CID saliente

- Opciones del dispositivo

Este dispositivo usa la tecnología sip.

secret

dtmfmode

**Figura 64.** Configuración de extensión, usuario y clave de la extensión a ser creada.

- También se ingresa la clave para el buzón de voz, las iniciales del idioma a elegir y al final se selecciona el botón enviar para crear la extensión.

**Figura 65.** Configuración de buzón de voz e idioma de una extensión telefónica en Elastix.

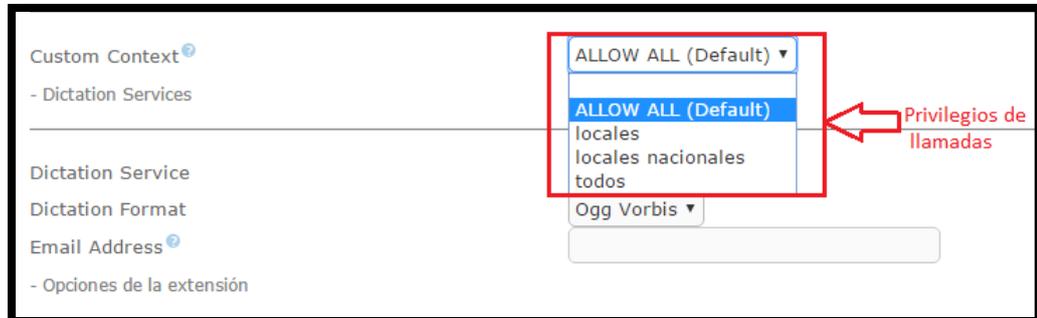
- En la parte derecha de la pantalla aparecen todas la extensiones que se han creado, se procede a buscar la creada recientemente, se selecciona a la extensión que se ha creado.

Celene	<7022>
Ney	<7030>
Diana	<7031>
Elcira	<7032>
Pamela	<7033>
Juan	<7040>
Samia	<7041>
Sayeli	<7042>
Maria	<7043>
Lenin	<7044>
Luis	<7045>
Evelin	<7046>
Alex	<7047>
Juana	<7048>
Kleber	<7049>
Juan	<7050>
Javier	<7051>
Vinicio	<7052>
Edison	<7053>
<b>EDISON CARLOSAMA</b>	<b>&lt;7054&gt;</b>
Luis Chilibriano	<7055>

**Figura 66.** Extensiones creadas en la central telefónica

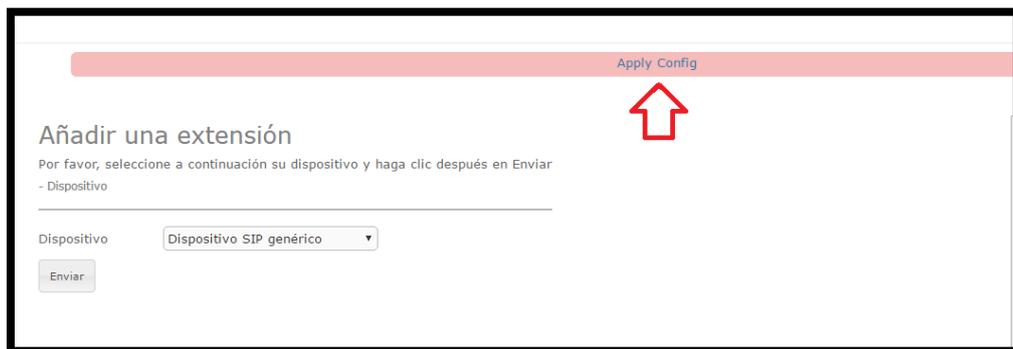
- Se configura los privilegios de las llamadas que tendrá el usuario de esta extensión, los privilegios se refiere al tipo de llamadas que puede realizar el usuario de la

extensión, como pueden ser: locales (internas dentro de la universidad), locales nacionales (hacia la PSTN, fuera de la universidad) y todas (sin restricción). En la parte final se selecciona el botón enviar.



**Figura 67.** Configuración de privilegios de llamadas para una extensión en Elastix.

- En la parte superior aparecerá un mensaje marcado con color rosa que dice aplicar configuración, hay que seleccionarlo para que se guarden todos los parámetros configurados.



**Figura 68.** Aplicación de confirmación de parámetros configurados

- Finalmente se dirige a PBX, Panel del operador y se observa la extensión creada junto con las demás extensiones, además también se puede observar con qué tipo de dirección se ha registrado con la central telefónica. En la siguiente figura se puede observar la nueva extensión 7054 que se creó.

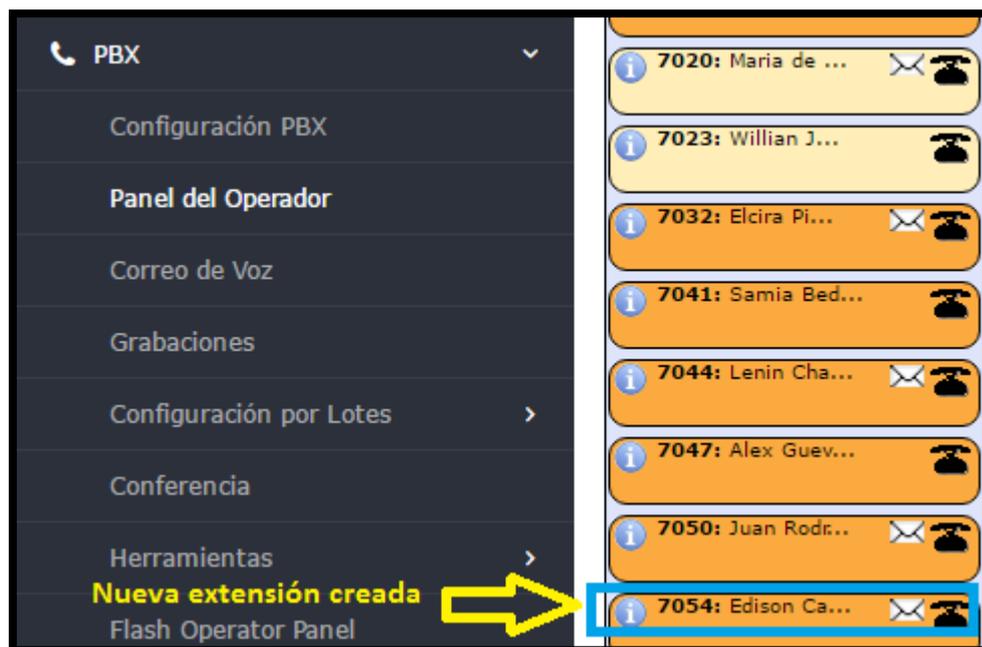
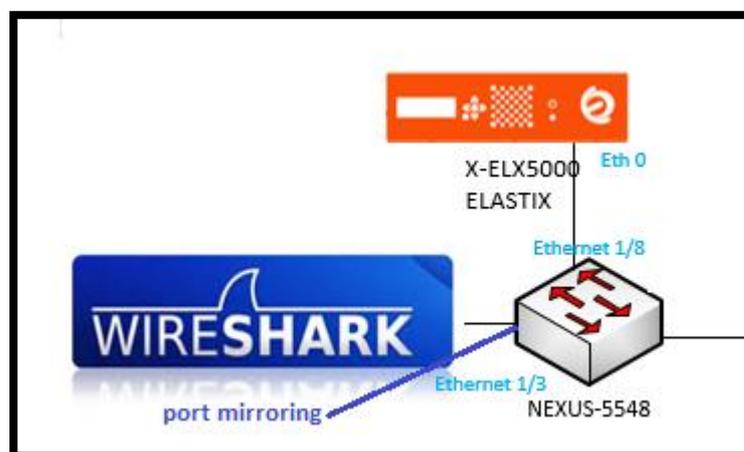


Figura 69. Registro de la extensión en la central telefónica.

## ANEXO D CONFIGURACION DE PORT MIRRORING EN EL SW NEXUS

La configuración del Port Mirroring es propio de Cisco. Lo que permite es observar el tráfico de paquetes que se está generando en un puerto determinado de un switch, que por lo general está conectado a algún otro equipo. El port mirroring duplica esa información en otro puerto que se encuentra libre y en el cual se puede conectar un sniffer o capturador de paquetes y de esta forma ver el tráfico que se genera en dicho puerto.

En este proyecto se realiza la configuración de port mirroring en el Switch Nexus que es el que se conecta con la central de Elastix Elx 5000 y por este puerto pasa todo el tráfico de voz que genera el sistema de telefonía IP de la universidad. El switch utiliza el puerto Ethernet 1/8 para conectarse con el puerto eth0 del Elx 5000, pero el switch tiene un puerto disponible que es el Ethernet 1/3 que es el que se utiliza para duplicar la información que pasa por el Ethernet 1/8.



**Figura 70.** Topología para realizar el port mirroring.

Para lo cual, después de verificar que el puerto Ethernet 1/3 también se encuentre en modo acceso para la VLAN de voz, de no ser así se realiza lo siguiente:

```
interface Ethernet1/3
switchport
switchport access vlan X
```

```
switchport mode access
spanning-tree portfast
```

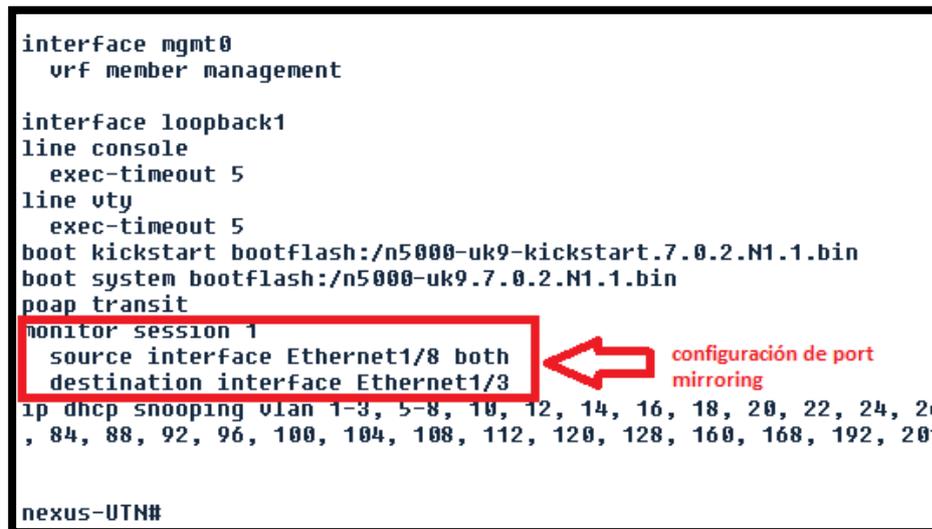
Para configurar el port mirroring se ejecuta la siguiente línea de comandos en el

Switch Nexus:

Se habilita el mirroring en las interfaces:

```
nexus-UTN #configure terminal
nexus-UTN(config)#
nexus-UTN(config)#monitor session 1 source interface Ethernet
1/8
nexus-UTN(config)#monitor session 1 destination interface
Ethernet 1/3
```

Para verificar la configuración se realiza un show running config, el cual muestra todas las configuraciones realizadas en el switch.



```
interface mgmt0
  vrf member management

interface loopback1
line console
  exec-timeout 5
line vty
  exec-timeout 5
boot kickstart bootflash:/n5000-uk9-kickstart.7.0.2.N1.1.bin
boot system bootflash:/n5000-uk9.7.0.2.N1.1.bin
poap transit
monitor session 1
  source interface Ethernet1/8 both
  destination interface Ethernet1/3
ip dhcp snooping vlan 1-3, 5-8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78, 80, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94, 96, 98, 100, 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138, 140, 142, 144, 146, 148, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196, 198, 200
nexus-UTN#
```

Figura 71. Verificación de configuración del port mirroring en el Nexus.

Además se puede realizar el show monitor session 1 que muestra la configuración específica del port mirroring en el switch.

```
nexus-UTN# sh monitor session 1
  session 1
-----
type           : local
state          : down (Session admin shut)
acl-name       : acl-name not specified
source intf    :
  rx           : Eth1/8
  tx           : Eth1/8
  both        : Eth1/8
source VLANs   :
  rx          :
source USANS   :
  rx          :
destination ports : Eth1/3

Legend: f = forwarding enabled, l = learning enabled
nexus-UTN#
```

**Figura 72.** Estado de la configuración del port mirroring en el switch Nexus.

Después de realizar estas configuraciones se conecta al puerto Ethernet 1/3 del Nexus una PC con Wirwshark, que es con el que se va a proceder a verificar el tipo de tráfico que está generando en el puerto que se conecta al Elx 5000, en este caso importa la verificación de tráfico de voz en IPv6.

## ANEXO E. PROCESO DE CAPTURA DE PAQUETES CON WIRESHARK

Wireshark es un capturador de paquetes o sniffer, en este proyecto es utilizado para observar el tráfico que se genera en IPv6. Continuación se presenta el proceso que se realiza para obtener las capturas de pantalla documentadas en el capítulo cinco, como son: el registro de llamadas y las sesiones SIP.

Al abrir el programa se muestra la pantalla siguiente.

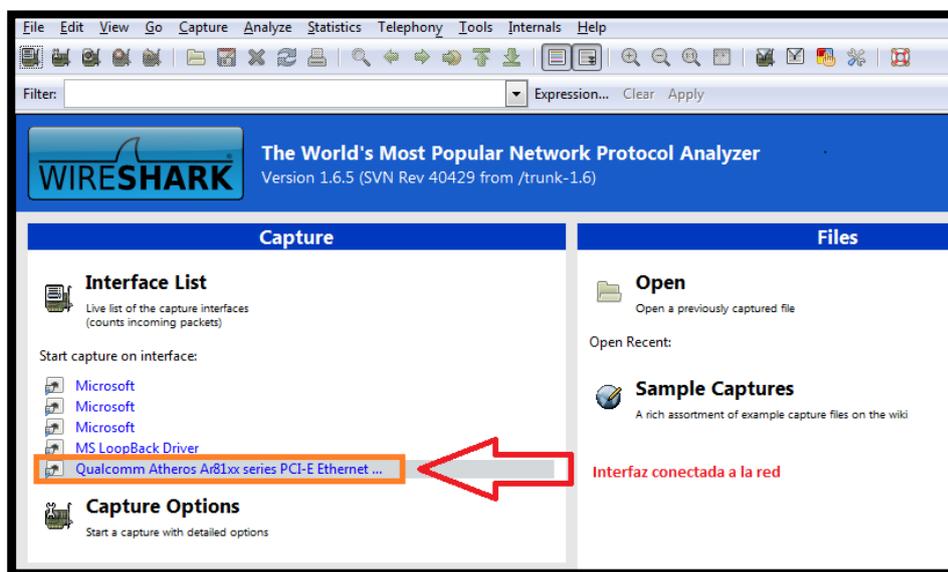


Figura 73. Selección de la interfaz conectada a la red.

Después de realizar las pruebas de funcionamiento se procede a capturar el tráfico que ha generado dicha prueba. Para eso, en la parte superior del programa, se selecciona la opción “telephony”, como muestra la figura siguiente.

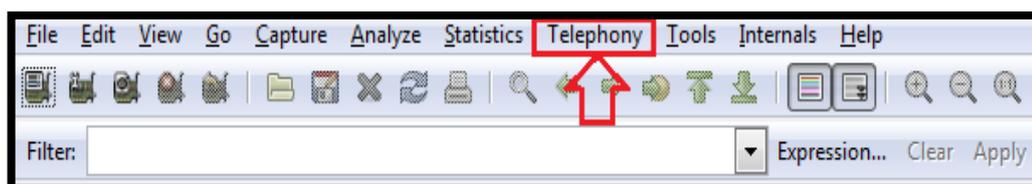


Figura 74. Barra de opciones de Wireshark.

Se despliega una barra de opciones, de la cual se elige la opción “VoIP Calls”

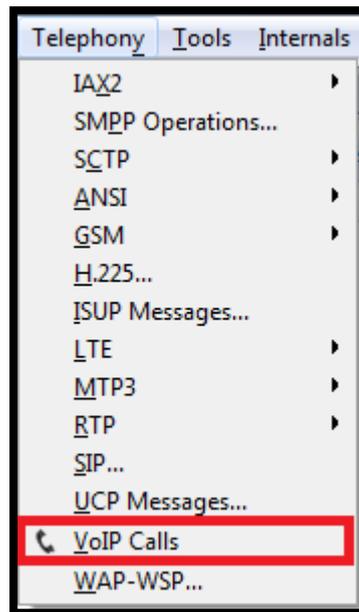


Figura 75. Opciones de telefonía de Wireshark.

A continuación aparece el registro de las llamadas que se han realizado, como se muestra en las pruebas de funcionamiento de este documento; se selecciona la casilla “Flow”, la cual permite observar la sesión SIP.

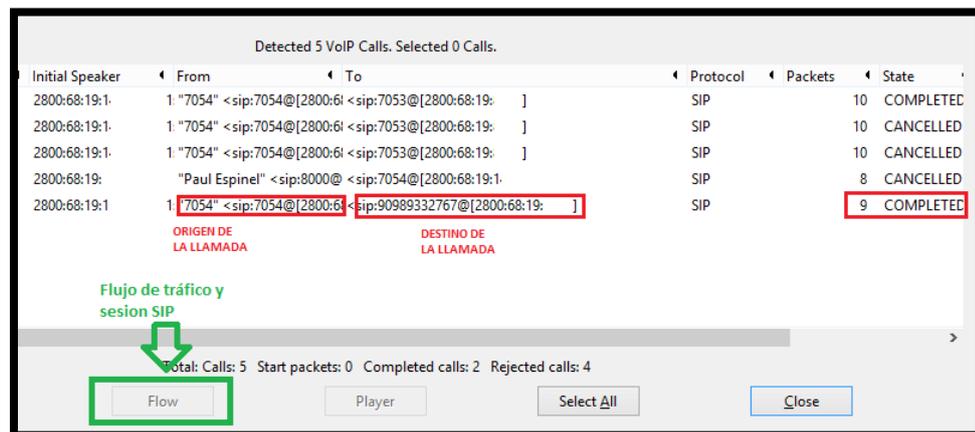
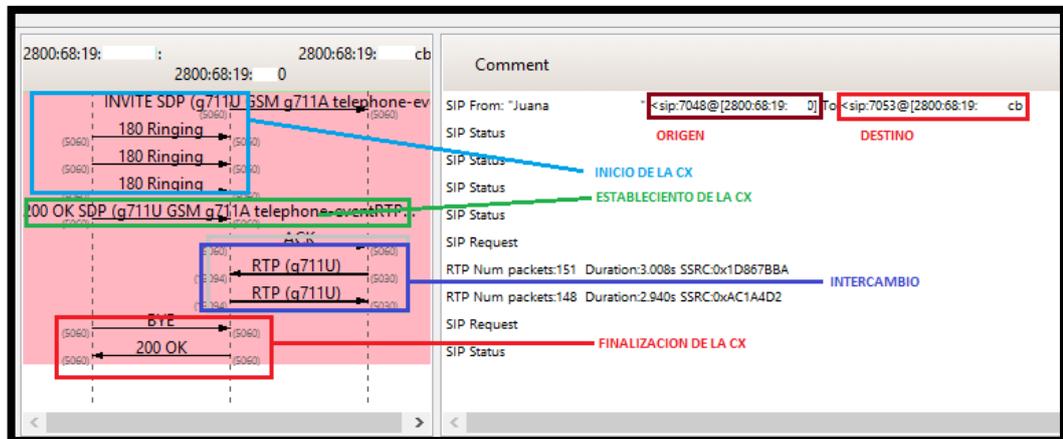


Figura 76. Registro de llamadas realizadas.

En la sesión SIP se puede ver que una llamada telefónica se realiza satisfactoriamente, al cumplir con los pasos para la interconexión de una llamada entre dos usuarios finales de telefonía, los pasos que garantizan que una llamada se ha realizado sin

inconvenientes son los siguientes: inicio, establecimiento, intercambio y finalización de la comunicación.



**Figura 77.** Proceso de una sesión SIP en una llamada telefónica.



## ANEXO G. VERSIÓN DE IOS DEL SWITCH CISCO CATALYST 4510

La figura 78 muestra la versión de IOS del switch Catalyst 4510, de la familia 4500. Esta versión de IOS soporta el protocolo IPv6. Para esto se ejecutó el comando: *show version*.

```
SW-ZEUS-PRIMARIO>sh ver
SW-ZEUS-PRIMARIO>sh version
Cisco IOS Software, IOS-XE Software, Catalyst 4500 L3 Switch Software (cat4500es8-UNIVERSALK9-M), Version 03.06.00.E RELEASE SOFTWARE (fc3)
Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport
Copyright (c) 1986-2014 by Cisco Systems, Inc.
Compiled Fri 27-Jun-14 05:55 by prod_rel_team

Cisco IOS-XE software, Copyright (c) 2005-2014 by cisco Systems, Inc.
All rights reserved. Certain components of Cisco IOS-XE software are
licensed under the GNU General Public License ("GPL") Version 2.0. The
software code licensed under GPL Version 2.0 is free software that comes
with ABSOLUTELY NO WARRANTY. You can redistribute and/or modify such
GPL code under the terms of GPL Version 2.0.
(http://www.gnu.org/licenses/gpl-2.0.html) For more details, see the
documentation or "License Notice" file accompanying the IOS-XE software,
or the applicable URL provided on the flyer accompanying the IOS-XE
software.

ROM: 15.1(1r)SG4
SW-ZEUS-PRIMARIO uptime is 2 days, 35 minutes
Uptime for this control processor is 2 days, 37 minutes
System returned to ROM by reload
Running default software
Jawa Revision 3, RadTrooper Revision 0x0.0x41, Conan Revision 0x1449

Last reload reason: Reload command
```

**Figura 78.** Versión del switch Cisco Catalyst 4510.