

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

REDISEÑO DE LA RED DE LA CORPORACIÓN CELEC EP - TRANSELECTRIC PARA INCORPORAR UN SISTEMA DE TELEFONÍA IP

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y REDES DE INFORMACIÓN

DANIEL ALEJANDRO CÓRDOVA RODRÍGUEZ
soliddaniel_snakeeater@hotmail.com

DIRECTOR: ING.MÓNICA VINUEZA R. MSc.
monica.vinueza@epn.edu.ec

Quito, Marzo 2015

DECLARACIÓN

Yo, **DANIEL ALEJANDRO CÓRDOVA RODRÍGUEZ**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

DANIEL CÓRDOVA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Daniel Alejandro Córdova Rodríguez**, bajo mi supervisión.

Ing. Mónica Vinueza Rhor MSc.
DIRECTORA DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme el regalo de la vida y despertarme todos los días, gozando de salud y vida. Le agradezco por permitirme haber nacido en esta generación junto a mis padres, hermanas, familiares, amigos y compañeros que han estado presentes en este viaje que es la vida.

A mis padres quienes con su esfuerzo, dedicación, amor y sacrificio me acompañan siempre, inculcándome su sabiduría y buen proceder.

A mis hermanas que con su amor, siempre se han preocupado y me han apoyado en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis familiares, que me han apoyado en todo momento y siempre han estado pendientes de mí.

A mi directora, la Ing. Mónica Vinuesa por su paciencia, comprensión y su desinteresada dedicación en la culminación de este proyecto.

A la Ing. Ana Zurita y todo el departamento de Gerencia de Telecomunicaciones de la corporación CELEC EP – TRANSELECRIC, por su apoyo en la elaboración de este proyecto.

A todos mis amigos y compañeros que ayudaron en el desarrollo de este proyecto.

Daniel

DEDICATORIA

A mis padres Héctor y Cecilia, por estar siempre junto a mí brindándome su amor incondicional, enseñarme a valorar la vida, ser humilde, buscar las palabras adecuadas ante situaciones difíciles y sobre todo superar las dificultades que se presentan en el camino. Ustedes son y serán siempre mi fuerza, mi voluntad y mi ejemplo a seguir, los amo.

A mis hermas, Vanessa y Andrea, por apoyarme siempre en los buenos y malos momentos. Gracias por permitirme protegerlas y ser parte de su vida.

A mi segunda mamá Yoly, que a pesar de la distancia siempre la tengo presente, gracias por su apoyo y su amor.

A mi ángel Segundo, quien compartió y enseñó muchas cosas durante sus días junto a mí.

Daniel

CONTENIDO

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	1
1.1 DEFINICIÓN DE TELEFONÍA IP	1
1.2 COMPONENTES DE TELEFONÍA IP	2
1.3 PROTOCOLOS DE TELEFONÍA IP	3
1.3.1 PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN	4
1.3.1.1 Protocolo de señalización H.323	4
1.3.1.2 Protocolo de señalización SIP	14
1.3.1.3 Protocolo de señalización IAX.....	20
1.3.2 PROTOCOLOS DE TRANSPORTE	24
1.3.2.1 RTP	24
1.3.2.2 RTCP	27
1.4 CÓDECS.....	31
1.4.1 FUNCIONAMIENTO DE UN CÓDEC	31
1.4.1.1 Muestreo	32
1.4.1.2 Cuantificación.....	32
1.4.1.3 Codificación.....	33
1.4.1.4 Decodificación.....	33
1.4.2 CÓDECS UTILIZADOS EN VOIP	33
1.4.2.1 G.711	33
1.4.2.2 G.729	35
1.4.3 NUEVOS CÓDECS UTILIZADOS	35
1.4.3.1 G.711.1	35
1.4.3.2 G.729.1	36
1.4.3.3 G.722.1	36
1.4.3.4 G.722.2 o AMR-WB (<i>Adaptive Wideband</i>)	37
1.5 ARQUITECTURAS DE TELEFONÍA IP	37
 CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE LA RED ACTUAL Y OBTENCIÓN	
DE REQUERIMIENTOS.....	45
2.1 ANÁLISIS DE LA RED EXISTENTE	45

2.1.1	ANTECEDENTES.....	45
2.1.2	ESTADO ACTUAL DE LA RED DE DATOS DE CELEC EP - TRANSELECTRIC.....	50
2.1.3	EQUIPOS DE CONECTIVIDAD	58
2.1.3.1	Capa de acceso	58
2.1.3.2	Capa de core.....	60
2.1.3.3	Elementos activos	61
2.1.4	DIRECCIONAMIENTO Y ENRUTAMIENTO	66
2.1.5	ANÁLISIS DE TRÁFICO.....	67
2.1.5.1	Niveles de tráfico en los enlaces de los switches de acceso hacia los switches de core	68
2.1.5.2	Niveles de tráfico en los enlaces de los routers hacia los switches de core.....	68
2.1.5.3	Niveles de tráfico en el enlace hacia el acceso a internet.....	68
2.1.6	ANÁLISIS DE LA RED DE DATOS	69
2.1.7	ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA TELEFÓNICO DE LA CORPORACIÓN CELEC EP – TRANSELECTRIC	70
2.1.7.1	Descripción del equipamiento actual.....	71
2.1.7.2	Capacidades de las centrales telefónicas	76
2.1.8	ANÁLISIS DE TRÁFICO DE VOZ.....	77
2.1.9	ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA RED TELEFÓNICA.....	82
2.2	DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS	84
2.2.1	NÚMERO DE EXTENSIONES IP.....	84
2.2.2	NÚMERO DE TRONCALES PARA INTERACTUAR CON LAS REDES PÚBLICAS.....	86
2.2.3	SELECCIÓN DEL CÓDEC	89
2.2.4	SERVICIOS SUPLEMENTARIOS	89
2.2.4.1	Conexión IP con otra red de telefonía	89
2.2.4.2	Sistema de tarificación.....	90
2.2.4.3	Servicio de presencia	91
2.2.4.4	Servicio de audioconferencia	91
2.2.4.5	Servicio de correo de voz.....	91
2.2.4.6	Servicio de mensajería unificada	91
2.2.5	REDUNDANCIA	92

2.2.6	EQUIPOS A SER UTILIZADOS.....	92
2.2.6.1	Switches.....	93
2.2.6.2	Routers.....	94
2.2.6.3	Centrales telefónicas IP	95
2.2.6.4	Teléfonos IP	96
2.2.6.5	Softphones	98

CAPÍTULO 3: REDISEÑO DE LA RED DE LA CORPORACIÓN

	CELEC EP - TRANSELECTRIC.....	99
3.1	PREDICCIONES DE TRÁFICO DE VOZ.....	99
3.2	DIRECCIONAMIENTO IP	105
3.3	PLAN DE NUMERACIÓN	108
3.4	REDISEÑO DE LA RED DE LA CORPORACIÓN CELEC EP - TRANSELECTRIC	110
3.4.1	TRÁFICO FUTURO A NIVEL DE ENLACES LAN Y WAN	110
3.5	REDUNDANCIA.....	115
3.5.1	REDUNDANCIA DEL SISTEMA DE TARIFACIÓN	116
3.5.2	REDUNDANCIA DE FUENTES DE PODER	116
3.5.3	REDUNDANCIA DE CONEXIONES.....	117
3.5.3.1	Redundancia a nivel LAN	117
3.5.3.2	Redundancia a nivel WAN	117
3.5.4	REDUNDANCIA TELÉFONOS IP	118
3.6	DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE TELEFONÍA IP	121
3.6.1	PROCESO DE UNA LLAMADA.....	124
3.6.2	ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS A OBTENER.....	125
3.6.2.1	Teléfonos IP	125
3.6.2.2	Softphones	126
3.6.2.3	Centrales IP	126
3.7	MIGRACIÓN	129
3.8	ESQUEMA DE INTERCONEXION DE EQUIPOS PARA LA TELEFONIA IP	132
3.9	COSTO DEL PROYECTO, CONSIDERANDO TRES MARCAS DE EQUIPOS.....	134

3.9.1	COSTO DEL PROYECTO BAJO LA MARCA CISCO	134
3.9.2	COSTO DEL PROYECTO BAJO LA MARCA AVAYA	139
3.9.3	COSTO DEL PROYECTO BAJO LA MARCA ELASTIX.....	141
3.10	SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN	143
CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO.....		146
4.1	PROTOTIPO	146
4.1.1	ASTERISK.....	146
4.1.2	INSTALACIÓN DE ASTERISK	147
4.1.3	CÓDECS DE AUDIO DE ASTERISK	148
4.1.4	CONFIGURACIÓN DE ASTERISK.....	150
4.1.4.1	Registro SIP	150
4.1.4.2	Fichero de configuración sip.conf.....	150
4.1.4.3	Configuración del archivo sip.conf	151
4.1.4.4	Dialplan	154
4.1.4.5	Estructura del dialplan.....	154
4.1.4.6	Contextos	154
4.1.4.7	Extensión	156
4.1.4.8	Configuración del archivo extensions.conf	157
4.1.5	REGISTRO DE UN TELÉFONO IP	159
4.1.6	REGISTRO DE UN SOFTPHONE:.....	162
4.1.7	CONFIGURACIÓN DE LOS ROUTERS.....	167
4.1.8	PRUEBAS DEL PROTOTIPO.....	170
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		180
5.1	CONCLUSIONES	180
5.2	RECOMENDACIONES	182

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTO TEÓRICO

Figura 1.1 Componentes de telefonía IP	2
Figura 1.2 Protocolos de Telefonía IP	3
Figura 1.3 Estructura de un terminal H.323.....	5
Figura 1.4 Establecimiento de una llamada H.323.....	12
Figura 1.5 Establecimiento de una llamada SIP	19
Figura 1.6 Establecimiento de una llamada IAX2.....	21
Figura 1.7 Formato de una trama F de IAX2	22
Figura 1.8 Formato de una trama M de IAX2	23
Figura 1.9 Encabezado del protocolo RTP.....	25
Figura 1.10 Longitud de la cabecera UDP	26
Figura 1.11 Cabecera RTCP	31
Figura 1.12 Proceso de muestreo	32
Figura 1.13 Códec G.711	36
Figura 1.14 Arquitectura TDM tradicional	37
Figura 1.15 Solución tradicional para una red de voz	39
Figura 1.16 Solución compatible con una red de datos.....	39
Figura 1.17 Solución de voz sobre paquetes	39
Figura 1.18 Interconexión punto a punto entre PBX corporativas	40
Figura 1.19 PBX compatibles con IP.....	41
Figura 1.20 Modelo de ubicación única.....	42
Figura 1.21 Varias sucursales con procesamiento de llamadas independiente ...	43
Figura 1.22 Varias sucursales con procesamiento de llamadas distribuido	44
Figura 1.23 Varias sucursales con procesamiento de llamadas centralizado	44

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE LA RED ACTUAL Y OBTENCIÓN DE REQUERIMIENTOS

Figura 2.1 Estructura actual de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC	49
Figura 2.2 Diagrama de la red WAN de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC	52
Figura 2.3 Diagrama de la red LAN del edificio matriz de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC.....	54
Figura 2.4 Distribución física de la red LAN del edificio matriz.....	56
Figura 2.5 Red telefónica antigua de la Corporación CELEC EP-TRANSELECTRIC	74
Figura 2.6 Intensidad de tráfico convencional del edificio matriz.....	79

Figura 2.7 Intensidad de tráfico convencional en el edificio de Calderón (COT).....	80
---	----

CAPÍTULO 3: REDISEÑO DE LA RED DE LA CORPORACIÓN CELEC EP - TRANSELECTRIC

Figura 3.1 Encapsulamiento de una trama IP en una red LAN	100
Figura 3.2 Encapsulamiento de una trama IP en una red WAN.....	101
Figura 3.3 Rediseño de la Red LAN de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC	112
Figura 3.4 Rediseño de la Red WAN de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC	114
Figura 3.5 Redundancia en el edificio matriz de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC	119
Figura 3.6 Red de fibra óptica de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC	120
Figura 3.7 Red de Telefonía IP de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC	123
Figura 3.8 Esquema de interconexión del sistema de telefonía IP en un edificio	133
Figura 3.9 Esquema de interconexión del sistema de telefonía IP en una subestación	133

CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO

Figura 4.1 Códecs de audio de asterisk	149
Figura 4.2 Códecs de audio de asterisk después de instalar el códec G.729	149
Figura 4.3 Llamada realizada en Asterisk	156
Figura 4.4 Búsqueda de un contexto.....	157
Figura 4.5 Prototipo del sistema de telefonía IP.....	158
Figura 4.6 Pantalla de ingreso a la configuración del teléfono IP.....	159
Figura 4.7 Pantalla de configuración de cuenta (Parte 1)	159
Figura 4.8 Pantalla de configuración de cuenta (Parte 2)	160
Figura 4.9 Pantalla de configuración de cuenta (Parte 3)	160
Figura 4.10 Pantalla para guardar las configuraciones realizadas	161
Figura 4.11 Pantalla de reinicio del teléfono IP	161
Figura 4.12 Acceso al Softphone Ekiga	162
Figura 4.13 Ventana del softphone ekiga	163
Figura 4.14 Ventana para agregar una nueva cuenta de usuario	163
Figura 4.15 Pestaña para añadir una cuenta SIP.....	163
Figura 4.16 Ventana para configurar los parámetros del usuario.....	164

Figura 4.17 Ventana de confirmación de creación del usuario.....	164
Figura 4.18 Ventana de estado de conexión del usuario	164
Figura 4.19 Ventana del softphone zoiper.....	165
Figura 4.20 Pestaña para crear una nueva cuenta	165
Figura 4.21 Ventana para seleccionar el tipo de cuenta	166
Figura 4.22 Ventana para configurar los parámetros de usuario.....	166
Figura 4.23 Ventana de configuración del nombre de la cuenta	166
Figura 4.24 Ventana de confirmación de creación de la cuenta de usuario	167
Figura 4.25 Llamada de mrodriguez a azurita	170
Figura 4.26 Llamada de mrodriguez a pcriollo	170
Figura 4.27 Llamada de mrodriguez a dcordova	170
Figura 4.28 Llamada de mrodriguez a jfernandez.....	171
Figura 4.29 Llamada de mrodriguez a jmorales	171
Figura 4.30 Llamada de mrodriguez a lpolo	171
Figura 4.31 Llamadas de mrodriguez a ntituaña	171
Figura 4.32 Llamada de azurita a mrodriguez.....	171
Figura 4.33 Llamada de azurita a pcriollo	171
Figura 4.34 Llamada de azurita a dcordova	171
Figura 4.35 Llamada de azurita a jfernandez	172
Figura 4.36 Llamada de azurita a jmorales	172
Figura 4.37 Llamada de azurita a lpolo	172
Figura 4.38 Llamada de azurita a ntituaña	172
Figura 4.39 Llamada de pcriollo a mrodriguez	172
Figura 4.40 Llamada de pcriollo a azurita	172
Figura 4.41 Llamada de pcriollo a dcordova	172
Figura 4.42 Llamada de pcriollo a jfernandez.....	173
Figura 4.43 Llamada de pcriollo a jmorales.....	173
Figura 4.44 Llamada de pcriollo a lpolo.....	173
Figura 4.45 Llamada de pcriollo a ntituaña	173
Figura 4.46 Llamada de dcordova a mrodriguez.....	173
Figura 4.47 Llamada de dcordova a azurita	173
Figura 4.48 Llamada de dcordova a pcriollo	173
Figura 4.49 Llamada de dcordova a jfernandez	174
Figura 4.50 Llamada de dcordova a jmorales	174
Figura 4.51 Llamada de dcordova a lpolo	174
Figura 4.52 Llamada de dcordova a ntituaña	174
Figura 4.53 Llamada de jfernandez a mrodriguez.....	174
Figura 4.54 Llamada de jfernandez a azurita	174
Figura 4.55 Llamada de jfernandez a pcriollo.....	174
Figura 4.56 Llamada de jfernandez a dcordova	175
Figura 4.57 Llamada de jfernandez a jmorales	175
Figura 4.58 Llamada de jfernandez a lpolo	175
Figura 4.59 Llamada de jfernandez a ntituaña	175

Figura 4.60 Llamada de jmorales a mrodriguez	175
Figura 4.61 Llamada de jmorales a azurita	175
Figura 4.62 Llamada de jmorales a pcriollo.....	175
Figura 4.63 Llamada de jmorales a dcordova	176
Figura 4.64 Llamada de jmorales a jfernandez	176
Figura 4.65 Llamada de jmorales a lpolo	176
Figura 4.66 Llamada de jmorales a ntituaña	176
Figura 4.67 Llamada de lpolo a mrodriguez	176
Figura 4.68 Llamada de lpolo a azurita	176
Figura 4.69 Llamada de lpolo a pcriollo.....	176
Figura 4.70 Llamada de lpolo a dcordova	177
Figura 4.71 Llamada de lpolo a jfernandez	177
Figura 4.72 Llamada de lpolo a jmorales	177
Figura 4.73 Llamada de lpolo a ntituaña	177
Figura 4.74 Llamada de ntituaña a mrodriguez	177
Figura 4.75 Llamada de ntituaña a azurita	177
Figura 4.76 Llamada de ntituaña a pcriollo	177
Figura 4.77 Llamada de ntituaña a dcordova	178
Figura 4.78 Llamada de ntituaña a jfernandez	178
Figura 4.79 Llamada de ntituaña a jmorales	178
Figura 4.80 Llamada de ntituaña a lpolo	178

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTO TEÓRICO

Tabla 1. 1 Tabla de códecs utilizados en telefonía IP	34
---	----

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE LA RED ACTUAL Y OBTENCIÓN DE REQUERIMIENTOS

Tabla 2.1 Departamentos del edificio matriz de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC	50
Tabla 2.2 Departamentos de las Subestaciones	51
Tabla 2.3 Características de los switches de acceso CISCO Catalyst 2960-24TTL.....	59
Tabla 2.4 Características de los switches de acceso CISCO Catalyst 2960-48TC-L	59
Tabla 2.5 Características de los switches de core	60
Tabla 2.6 Switches de acceso de la red de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC	61
Tabla 2.7 Switches de core de la red de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC	61
Tabla 2.8 Routers de la red de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC	62
Tabla 2.9 Servidores que brindan servicios generales a la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC	63
Tabla 2.10 Direccionamiento IP en el edificio matriz.....	66
Tabla 2.11 Tráfico promedio de 6 meses en los enlaces de los switches de acceso hacia los switches de core	68
Tabla 2.12 Tráfico promedio de 6 meses en los enlaces de los routers hacia los switches de core	68
Tabla 2.13 Tráfico promedio de 6 meses en el enlace hacia internet	68
Tabla 2.14 Lista de centrales telefónicas actuales de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC.....	70
Tabla 2.15 Especificaciones de la central telefónica ECS-6384.....	71
Tabla 2.16 Especificaciones de la central telefónica ECS-6300A	72
Tabla 2.17 Especificaciones de la central telefónica SOPHO IS-3030.....	73
Tabla 2.18 Especificaciones de la central telefónica CONSONO MD110	73
Tabla 2.19 Puertos troncales, analógicos y digitales, existentes en las centrales telefónicas que conforman el sistema de telefonía actual.....	76

Tabla 2.20 Intensidad de tráfico telefónico convencional en las dependencias de la corporación CELEC EP - TRNASELECTRIC	80
Tabla 2.21 Intensidad de tráfico telefónico celular en las dependencias de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC	81
Tabla 2.22 Intensidades de tráfico telefónico convencional, celular y número de circuitos troncales correspondientes	82
Tabla 2.23 Número de empleados en las subestaciones y en el edificio de Calderón	85
Tabla 2.24 Número de empleados en el edificio matriz	86
Tabla 2.25 Número total de troncales	87

CAPÍTULO 3: REDISEÑO DE LA RED DE LA CORPORACIÓN CELEC EP - TRANSELECTRIC

Tabla 3.1 Características del códec G.711	99
Tabla 3.2 Características del códec G.729	99
Tabla 3.3 Tráfico telefónico futuro en las subestaciones y en el edificio de Calderón	102
Tabla 3.4 Tráfico telefónico futuro en el edificio matriz de la corporación	103
Tabla 3.5 Tráfico telefónico futuro hacia el router TRANSELECTRIC-9	103
Tabla 3.6 Tráfico telefónico futuro hacia el router ROUTER_TE_FO	104
Tabla 3.7 Tráfico telefónico futuro hacia el router TRANS_CALD	104
Tabla 3.8 Tráfico telefónico futuro hacia el router STA_ROSA	105
Tabla 3.9 División de subredes en la corporación	105
Tabla 3.10 Direccionamiento IP de voz	107
Tabla 3.11 Plan de numeración para el edificio calderón y subestaciones	109
Tabla 3.12 Plan de numeración para el edificio matriz	110
Tabla 3.13 Tráfico estimado en los enlaces LAN	111
Tabla 3.14 Tráfico estimado en los enlaces WAN	111
Tabla 3.15 Troncales IP, celulares y extensiones IP del nuevo sistema de telefonía IP	122
Tabla 3.16 Especificaciones de los teléfonos IP modelo 1	125
Tabla 3.17 Especificaciones de los teléfonos IP modelo 2	125
Tabla 3.18 Especificaciones de los teléfonos IP modelo 3	126
Tabla 3.19 Especificaciones de los softphones	126
Tabla 3.20 Especificaciones de la central IP para el edificio matriz de la corporación	127
Tabla 3.21 Especificaciones de las centrales IP, para las subestaciones y el edificio de Calderón (COT)	128
Tabla 3.22 Cotización del servidor para call manager	134
Tabla 3.23 Cotización de licencia para virtualizar el servidor	134
Tabla 3.24 Cotización de licencia para mensajería unificada	134

Tabla 3.25 Cotización de licencias de telefonía, video, presencia, mensajería ..	135
Tabla 3.26 Cotización de licencias de telefonía estándar	135
Tabla 3.27 Cotización de gateway de voz	136
Tabla 3.28 Cotización de router remoto tipo 1	136
Tabla 3.29 Cotización para teléfono modelo 1	136
Tabla 3.30 Cotización de router remoto tipo 2	137
Tabla 3.31 Cotización de router remoto tipo 3	137
Tabla 3.32 Cotización para teléfono modelo 2	138
Tabla 3.33 Cotización de router remoto tipo 4	138
Tabla 3.34 Cotización para teléfono modelo 3	138
Tabla 3.35 Cotización del sistema de tarifación	138
Tabla 3.36 Costo total de la solución CISCO	139
Tabla 3.37 Cotización de servidores de telefonía IP	139
Tabla 3.38 Cotización de licenciamiento	140
Tabla 3.39 Cotización para adaptadores telefónicos de la serie 1600	140
Tabla 3.40 Cotización para teléfono modelo 1	140
Tabla 3.41 Cotización para teléfono modelo 2	140
Tabla 3.42 Cotización para teléfono modelo 3	141
Tabla 3.43 Costo total de la solución AVAYA	141
Tabla 3.44 Cotización del servidor ELX5000	141
Tabla 3.45 Cotización del servidor ELX3000	142
Tabla 3.46 Cotización del teléfono modelo 2	142
Tabla 3.47 Cotización del teléfono modelo 3	142
Tabla 3.48 Cotización del teléfono modelo 1	142
Tabla 3.49 Cotización del sistema de tarifación	142
Tabla 3.50 Costo total de la solución ELASTIX	143
Tabla 3.51 Comparación de las soluciones de CISCO, AVAYA y ELASTIX, para un sistema de telefonía IP	144

CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO

Tabla 4.1 Códecs de asterisk	148
Tabla 4.2 Parámetros de los teléfonos IP	152
Tabla 4.3 Parámetros de los Softphones	153
Tabla 4.4 Parámetros de configuración de un teléfono IP	161

RESUMEN

Al ser la comunicación una necesidad indispensable en todas las organizaciones, el presente proyecto de titulación busca cubrir los aspectos de diseñar un sistema de telefonía IP para la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, integrando la red de voz y datos según los requerimientos de la misma, y presentar un prototipo que simule dicho diseño a baja escala.

En el Capítulo I, se describe la teoría relacionada con la telefonía IP; se detallan conceptos como componentes de telefonía IP, protocolos de señalización (H.323, SIP, IAX), protocolos de transporte (RTP, RTCP), códecs de voz, códecs utilizados en VoIP, etc. Además se describen las diferentes arquitecturas con las que se puede diseñar un sistema de telefonía IP.

En el Capítulo II, se analiza la red existente de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, la determinación de los requerimientos del sistema de telefonía IP y la selección de los equipos a utilizar. En un inicio se describe y analiza la situación actual de los sistemas de voz y datos, para poder determinar la factibilidad de implementar un sistema de telefonía IP con sus diferentes componentes.

Se estudian los diferentes equipos de conectividad con los que actualmente cuenta la corporación, y se determina cuáles de ellos servirán para el nuevo sistema de telefonía IP, sin necesidad de reemplazarlos.

En el Capítulo III, se realiza el rediseño de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC. Inicialmente se realizan las predicciones de tráfico tanto a nivel LAN como WAN de acuerdo a los códecs de voz seleccionados para cada ambiente. Se realiza el nuevo direccionamiento IP, separando en tráfico de voz del de datos a través de VLANs.

En el diseño del nuevo sistema de telefonía IP, se indica la arquitectura seleccionada con sus diferentes componentes. Se determina el número de

centrales IP, troncales para conectarse a la PSTN, troncales celulares y las especificaciones de los equipos a utilizar.

En este capítulo se presenta un presupuesto referencial para el sistema de telefonía IP, comparando las soluciones: CISCO, AVAYA y ELASTIX, con sus respectivos componentes y licenciamiento.

En el Capítulo IV, se realiza la implementación de un prototipo, el cual simula el comportamiento y funcionamiento de un sistema de telefonía IP a baja escala. Se indican las configuraciones de la plataforma utilizada, registro de teléfonos IP, configuraciones de equipos de ruteo y pruebas realizadas con su correspondiente análisis.

En el Capítulo V, se presentan las conclusiones obtenidas al finalizar el presente proyecto de titulación, así como las recomendaciones orientadas hacia la factible implementación de este proyecto en la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC.

En la parte final se incluyen los anexos, que muestran información completa sobre los reportes de tráfico tanto de red de voz como de datos, de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC. Se muestran las características de los equipos utilizados para la implementación del prototipo y las diferentes proformas comerciales para cada solución indicada.

PRESENTACIÓN

Actualmente las redes IP y la telefonía móvil son los dos grandes servicios que captan la mayor atención dentro del ámbito de las telecomunicaciones, esto se ve claramente reflejado en el número de personas que día a día se suman en la utilización de dichos servicios. La utilización de la telefonía IP como alternativa frente a la telefonía convencional se debe principalmente, a la reducción de los costos en las llamadas y a la posibilidad de brindar servicios adicionales a través de este servicio.

La telefonía IP, permite realizar llamadas telefónicas convencionales a través de redes IP, además de interactuar con la PSTN (*Public Switched Telephone Network*), facilitando el diseño de redes integradas de voz y datos con servicios suplementarios de datos.

Por tal motivo la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC se ha visto en la necesidad de integrar este tipo de servicio en su red de datos corporativa, para poder brindar el servicio de telefonía IP y servicios suplementarios a todas las entidades y subestaciones que la conforman.

Para la implementación de un sistema de telefonía IP, es necesario identificar los recursos, materiales y tecnologías que se deben utilizar para conseguir la comunicación tanto dentro como fuera de la corporación, la selección de estos elementos dependerá única y exclusivamente de los requerimientos y servicios adicionales que se quieran brindar, además de la confiabilidad y la disponibilidad de la red de datos.

Los recursos, materiales y tecnologías solucionarán los requerimientos y servicios suplementarios que requiere cubrir la corporación, de acuerdo al diseño del nuevo sistema de telefonía IP, en función de la arquitectura seleccionada, y un presupuesto referencial con diferentes soluciones que permitan la implementación del sistema propuesto de acuerdo a la disponibilidad económica de la corporación.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 DEFINICIÓN DE TELEFONÍA IP^[1]

La telefonía IP (*Internet Protocol*) también llamada telefonía por Internet, es el servicio telefónico que se basa en la tecnología de VoIP (*Voice Over Internet Protocol*) para permitir realizar llamadas telefónicas comunes, sobre redes IP o diferentes redes de datos, utilizando distintos elementos como por ejemplo: gateways, teléfonos convencionales, teléfonos IP, hubs telefónicos, PC's (*Personal Computers*), etc.

Una de las grandes ventajas que brinda la telefonía IP, es su integración con la red de datos, permitiendo ofrecer una gran variedad de funcionalidades inexistentes en la telefonía convencional y reducir los costos de facturación por el arrendamiento de líneas telefónicas. El tráfico de Voz sobre IP puede propagarse por cualquier red IP, incluyendo aquellas conectadas a Internet.

La función principal de la telefonía IP es la transmisión de voz y datos, de forma que transporta la voz convertida inicialmente en datos, entre dos puntos distantes. Entre las redes que se han desarrollado para transmitir voz a través de una red de datos se tiene:

- ❖ CDMA (*Code Division Multiple Access*)
- ❖ TDMA (*Time Division Multiple Access*)
- ❖ GPRS (*General Radio Packet Service*)
- ❖ ATM (*Asynchronous Transfer Mode*)

Este tipo de redes se basan en la conmutación de circuitos, ya que para realizar una comunicación entre dos puntos se necesita mantener el circuito físico mientras dure la llamada.

1.2 COMPONENTES DE TELEFONÍA IP ^[6]

Existen diferentes componentes en un sistema de telefonía IP tales como:

Terminales.- Los terminales son los dispositivos finales de la comunicación, que permiten establecer una conversación en tiempo real de forma bidireccional.

Gateway.- El gateway también conocido como pasarela, realiza la función de enlace entre la RTC (Red Telefónica Conmutada) y la red IP. El trabajo del Gateway es ofrecer una forma de comunicación entre un dispositivo no IP con otro IP.

Gatekeeper.- El gatekeeper es una parte fundamental en la red de telefonía IP, ya que actúa conjuntamente con los gateways y se ocupa de ejecutar funciones de control de ancho de banda, reservación de ancho de banda, control de llamada para autorización o rechazo de llamadas, etc.

Señalización.- La señalización realiza la función de determinar el estado de la persona a quien se llama, que puedes ser libre u ocupada y de esta forma establecer o no la llamada.

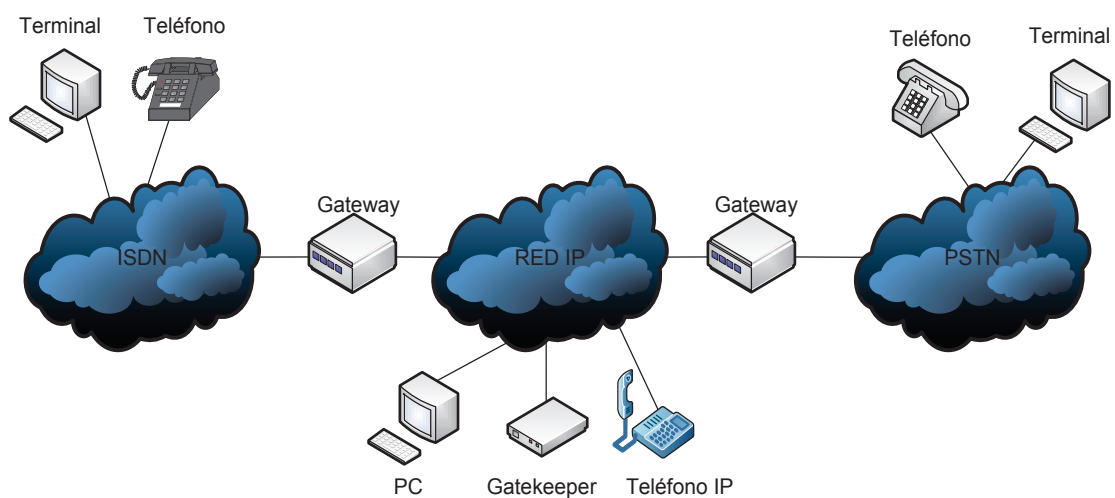


Figura 1. 1 Componentes de telefonía IP ^[6]

1.3 PROTOCOLOS DE TELEFONÍA IP ^[7]

Para brindar el servicio de telefonía IP, se requiere protocolos que transporten la información del usuario en tiempo real, además de su correspondiente señalización a través de protocolos que aseguren el establecimiento, mantenimiento, modificación y terminación de las llamadas de voz sobre las redes IP. Para esto se debería negociar el tipo de codificador a utilizar, los parámetros de empaquetamiento de la voz, el intercambio de números de puerto por medio de los cuales se llevará a cabo la comunicación, etc.

La voz y la señalización tienen diferentes requerimientos de transporte sobre la red, por lo tanto el tráfico de información de usuario es tratado de forma diferente a como se la hace con el tráfico de señalización a través de la red IP.

Por este motivo se han desarrollado varias soluciones para cumplir dichos requerimientos. Existen diferentes tipos de protocolos de señalización, siendo transportados sobre TCP (*Transmission Control Protocol*) o UDP (*User Datagram Protocol*).

La figura 1.2 muestra la estructura de los diferentes protocolos que utiliza la telefonía IP.

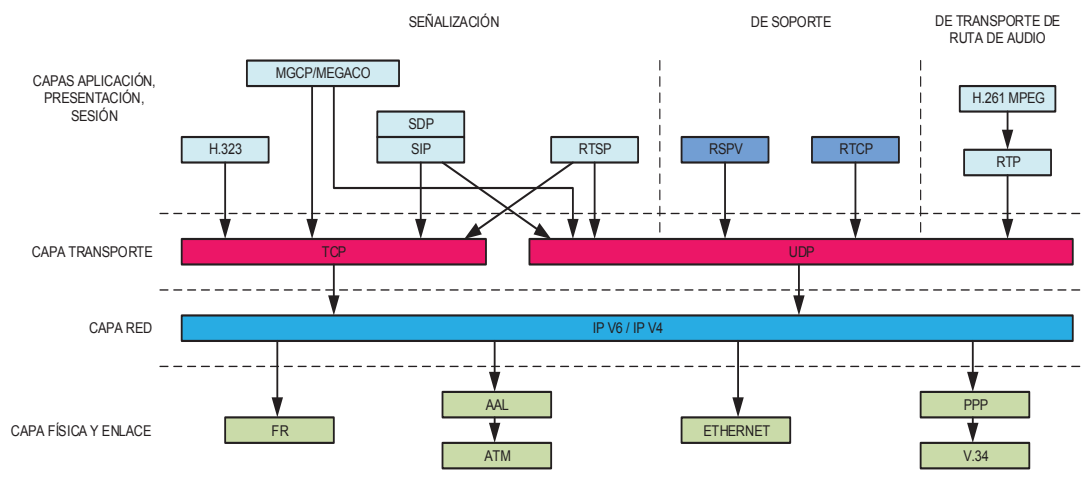


Figura 1. 2 Protocolos de Telefonía IP ^[7]

1.3.1 PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN

Los protocolos de señalización surgen ante la necesidad de calidad de servicio y una gestión de recursos, que asegure la optimización de la capacidad de transporte de la voz. Entre ellos están:

1.3.1.1 Protocolo de señalización H.323 ^[8]

El estándar H.323 es un conjunto de normas y protocolos, recomendado por el ITU-T (*International Telecommunication Union*) y diseñado para permitir transmisiones multimedia en redes LANs (*Local Area Network*) basadas en el protocolo IP.

H.323 fue diseñado con el objetivo principal de proporcionar a los usuarios, la transferencia de tráfico multimedia sobre redes de conmutación de paquetes, en tiempo real.

H.323 es independiente de la topología de red, permitiendo usar más de un canal para voz, video y datos al mismo tiempo. Está basado en el protocolo ISDN (*Integrated Services for Digital Network*) permitiendo ser compatible con situaciones en las que se combina el trabajo entre IP e ISDN.

La última recomendación sobre el estándar H.323 realizada por ITU-T se la realizó en el mes de diciembre del 2009.

Esta recomendación define los siguientes componentes:

- Terminal
- Gateway
- Gatekeeper
- MC (*Controlador Multipunto*)
- MP (*Procesador Multipunto*)
- MCU (*Unidad de control multipunto*)

1.3.1.1.1 Terminal^[8]

Un terminal H.323 es un extremo de la red, que facilita las comunicaciones bidireccionales en tiempo real con otro terminal H.323, gateway o MCU. Esta comunicación consta de señales de control, indicaciones, audio, video y/o datos entre los dos terminales. Un terminal H.323 puede proveer sólo voz, voz y datos, voz y video o voz, datos y video conjuntamente.

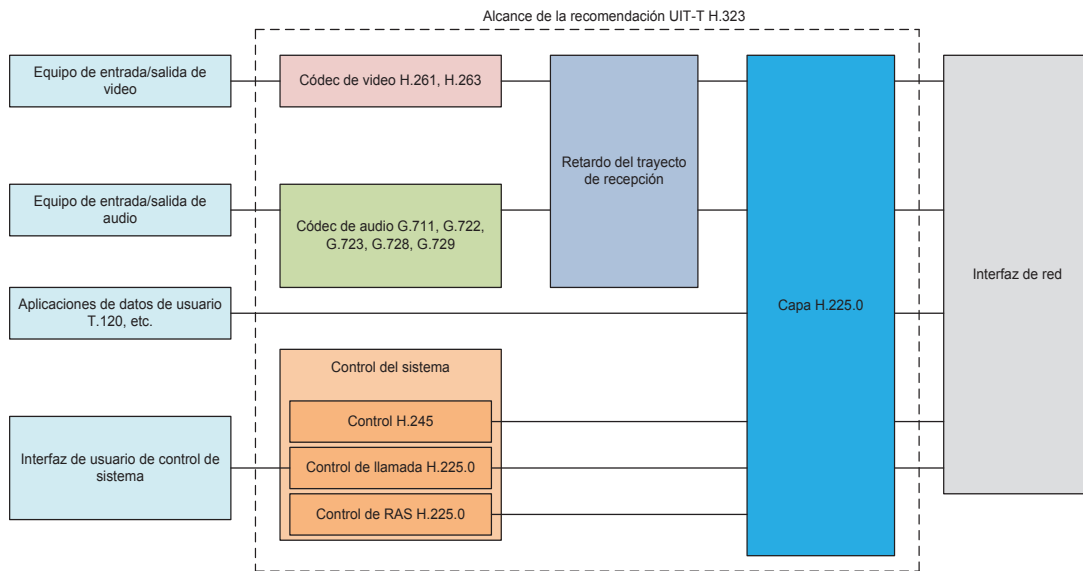


Figura 1. 3 Estructura de un terminal H.323^[9]

Un terminal H.323 consta de:

- ❖ Equipos de adquisición de información

Son un conjunto de dispositivos de audio, video, aplicaciones de datos, interfaces de usuario e interfaces de red asociados entre sí.

- ❖ Códec de video

Es aquel que codifica el video a partir de una fuente de video (como una cámara) para transmisión y decodifica el código de video recibido, que es la salida hacia una presentación visual del video. El códec de video es opcional.

❖ Códec de audio

Es aquel que codifica la señal de audio del micrófono para transmisión y decodifica el código de audio recibido que es la salida hacia el altavoz. Todos los terminales H.323 tendrán un códec de audio y serán capaces de codificar y decodificar señales vocales de conformidad con la recomendación UIT-G.711. El terminal H.323 puede opcionalmente, enviar más de un canal de audio al mismo tiempo, por ejemplo para transportar las señales de dos idiomas.

❖ Canal de datos

Es aquel que soporta aplicaciones telemáticas tales como pizarras electrónicas, transferencia de imágenes fijas, intercambio de ficheros, acceso a bases de datos, conferencias audiográficas, etc. La aplicación de datos normalizada para conferencia audiográfica en tiempo real es la recomendación UIT-T.120.

❖ Retardo del trayecto de recepción

El retardo del trayecto de recepción incluye el retardo añadido a los flujos de datos, para mantener la sincronización y tener en cuenta la fluctuación de la llegada de los paquetes de red. Las tramas pueden ser retardadas opcionalmente en el trayecto de procesamiento del receptor, para mantener la sincronización con otras tramas. Los puntos extremos de recepción pueden agregar el retardo que haga falta en el trayecto de audio, para poder lograr la sincronización con el movimiento de los labios.

❖ Unidad de control del sistema

Se encarga de proporcionar la señalización para un funcionamiento adecuado del terminal H.323. Permite el control de la llamada, el intercambio de capacidad, la señalización de instrucciones e indicaciones, facilita mensajes de apertura y descripción completa del contenido de los canales lógicos. Está formada de tres bloques principales:

- ❖ **Función de control H.245.-** Esta función utiliza el canal de control H.245 para llevar los mensajes de control de extremo a extremo que dirige el funcionamiento del terminal H.323, incluyendo el intercambio de capacidades, apertura y cierre de canales lógicos, peticiones de modo periférico, mensajes de control de flujo, instrucciones e indicaciones generales.

Los mensajes H.245 son de cuatro tipos: de petición, respuesta, instrucción e indicación. Los mensajes de petición y respuesta son utilizados por las entidades de protocolo. Los mensajes de instrucción requieren una acción específica, pero no una respuesta. Los mensajes de indicación son informativos solamente y no requieren ninguna acción o respuesta.

- ❖ **Función de señalización RAS.-** La función de señalización RAS (*Registration, Admission and Status*) utiliza mensajes H.225.0 para llevar a cabo los procedimientos de registro, admisiones, cambios de anchura de banda, situación y liberación entre puntos extremos y controladores de acceso.

El canal de señalización RAS es independiente del canal de señalización de llamada y del canal de control H.245. El canal de señalización RAS se abre antes de que se establezca cualquier otro canal entre puntos extremos H.323.

- ❖ **Función de señalización de llamada.-** La función de señalización de llamada utiliza la señalización de llamada H.225.0 para establecer una conexión entre dos puntos extremos H.323.

El canal de señalización de llamada es independiente del canal RAS y del canal de control H.245. Los procedimientos de apertura del canal lógico H.245 no se utilizan para establecer el canal de señalización de llamada. El canal de señalización de llamada se abre antes del establecimiento del canal H.245 y de cualquier otro canal lógico entre puntos extremos H.323.

❖ Capa H.225.0

Se encarga de dar formato a los canales lógicos de video, audio, datos o control transmitidos. Estos canales lógicos son unidireccionales e independientes en cada sentido de la transmisión a excepción del canal lógico de datos, que puede ser bidireccional y están asociados mediante el procedimiento de apertura de canal lógico bidireccional de la recomendación UIT-H.245. Además de los canales lógicos, los puntos extremos H.323 utilizan dos canales de señalización para el control de llamada y las funciones relacionadas con el control de acceso.

❖ Interfaz de la red por paquetes

La interfaz de la red por paquetes es específica de la implementación. La interfaz de red deberá proporcionar los servicios descritos en la recomendación UIT-T H.225.0. El servicio de extremo a extremo fiable, como por ejemplo: TCP, SPX (*Sequenced Packet Exchange*) es obligatorio para el canal de control H.245, los canales de datos y el canal de señalización de llamada. El servicio extremo a extremo no fiable como por ejemplo: UDP, IPX (*Internetwork Packet Exchange*) es obligatorio para los canales de audio, los canales de video y el canal RAS.

1.3.1.1.2 Gateway^[8]

El gateway proporciona la conversión adecuada entre formatos de transmisión y entre procedimientos de comunicaciones. Esta conversión se especifica en la recomendación UIT-T H.246. La conversión entre formatos de video, audio y datos también puede efectuarse en el gateway. Por lo general, la finalidad del gateway es reflejar las características de un punto extremo de la red IP a un punto extremo de la red de conmutación y viceversa de forma transparente.

1.3.1.1.3 Gatekeeper^[8]

El gatekeeper tiene la función de traducir las direcciones y controlar el acceso a la red por parte de los terminales H.323, gateways y MCUs. El gatekeeper puede

además ofrecer otros servicios a los terminales, gateways y MCUs, como por ejemplo: la gestión de ancho de banda, localización de los gateways y control de llamadas en los puntos extremos. El gatekeeper puede ser opcional en un sistema H.323.

El Gatekeeper debe prestar los siguientes servicios:

Conversión de dirección.- El gatekeeper efectuará la conversión de dirección alias a dirección transporte. Esto se debe hacer utilizando un cuadro de conversión que se actualiza mediante los mensajes de registro. También son posibles otros métodos de actualización del cuadro de conversión.

Control de admisiones.- El gatekeeper será el encargado de autorizar el acceso a la red utilizando mensajes ARQ/ACF/ARJ (*Admission Request, Admission Confirm, Admission Reject*) H.225.0. La autorización del acceso puede basarse en la autorización de llamada, en la anchura de banda o en algún otro criterio que se deja a decisión del fabricante. También puede ser una función nula que admita todas las peticiones.

Control de ancho de banda.- El gatekeeper será el encargado de soportar mensajes BRQ/BRJ/BCF (*Bandwidth Request, Bandwidth Reject, Bandwidth Confirm*). Esto puede basarse en la gestión del ancho de banda. También puede ser una función nula que acepte todas las peticiones de cambio de ancho de banda.

Gestión de zona.- El gatekeeper proporcionará las funciones anteriores para terminales, MCU y gateways que se hayan registrado a través del canal de registro, admisión y estado (RAS).

El gatekeeper puede prestar funciones opcionales como:

- ❖ Señalización de control de llamada.
- ❖ Autorización de llamada.

- ❖ Gestión de ancho de banda.
- ❖ Gestión de llamada.
- ❖ Modificación del alias de dirección.
- ❖ Conversión de los dígitos marcados.
- ❖ Estructura de datos de información de gestión del Gatekeeper
- ❖ Reserva de ancho de banda para terminales que no pueden efectuar esta función.
- ❖ Servicio de directorio.

1.3.1.1.4 Controlador Multipunto^[8]

El MC (*Controlador Multipunto*) es el encargado de proporcionar funciones de control para soportar conferencias entre tres o más puntos extremos de una conferencia multipunto.

El MC lleva a cabo el intercambio de capacidades con cada uno de los puntos extremos de una conferencia multipunto y envía un conjunto de capacidades a los puntos extremos de la conferencia, indicando los modos de funcionamiento en los que pueda transmitir. El controlador multipunto puede revisar el conjunto de capacidades que envía a los terminales como consecuencia de la incorporación de terminales a la conferencia o el abandono de terminales de la misma, u otros motivos.

De esta manera, el controlador multipunto determina el modo de comunicación seleccionado para la conferencia. El modo de comunicación seleccionado puede ser común para todos los puntos extremos de la conferencia, o de manera alternativa algunos de ellos pueden tener un modo de comunicación seleccionado distinto del de los otros puntos extremos.

1.3.1.1.5 Procesador Multipunto^[8]

El MP (*Procesador Multipunto*) recibe flujos de audio, video y/o datos de los puntos extremos que participan en una conferencia multipunto centralizada o

híbrida. El procesador multipunto procesa estos flujos de medios y los devuelve a los puntos extremos.

Las comunicaciones entre el Controlador Multipunto y el Procesador Multipunto no están sujetas a normalización.

El Procesador multipunto puede procesar uno o más tipos de flujo de medios.

1.3.1.1.6 Unidad de control multipunto [8]

La MCU (*Unidad de control multipunto*) se define como un punto extremo que da soporte a conferencias multipunto, y deberá estar formada por un MC y cero o más MP.

La unidad de control multipunto utiliza los mensajes y diferentes procedimientos H.245, para implementar características similares a las que indica la recomendación UIT-T H.243.

Una MCU típica que soporta conferencias multipunto centralizadas, consta de un MC y de un MP de audio, video y datos.

Una MCU típica, que soporta conferencias multipunto descentralizadas, consta de un MC y de un MP de datos que soporte la recomendación UIT-T T.120.

1.3.1.1.7 Establecimiento de la llamada H.323 [8]

Durante el establecimiento de una llamada H.323 hay diferentes procesos y protocolos que se ejecutan en forma secuencial, los mismos que cumplen una función determinada al momento de entablar este tipo de llamadas entre dos terminales.

En la figura 1.4 se analizará detalladamente el establecimiento de una llamada H.323 con sus diferentes fases.

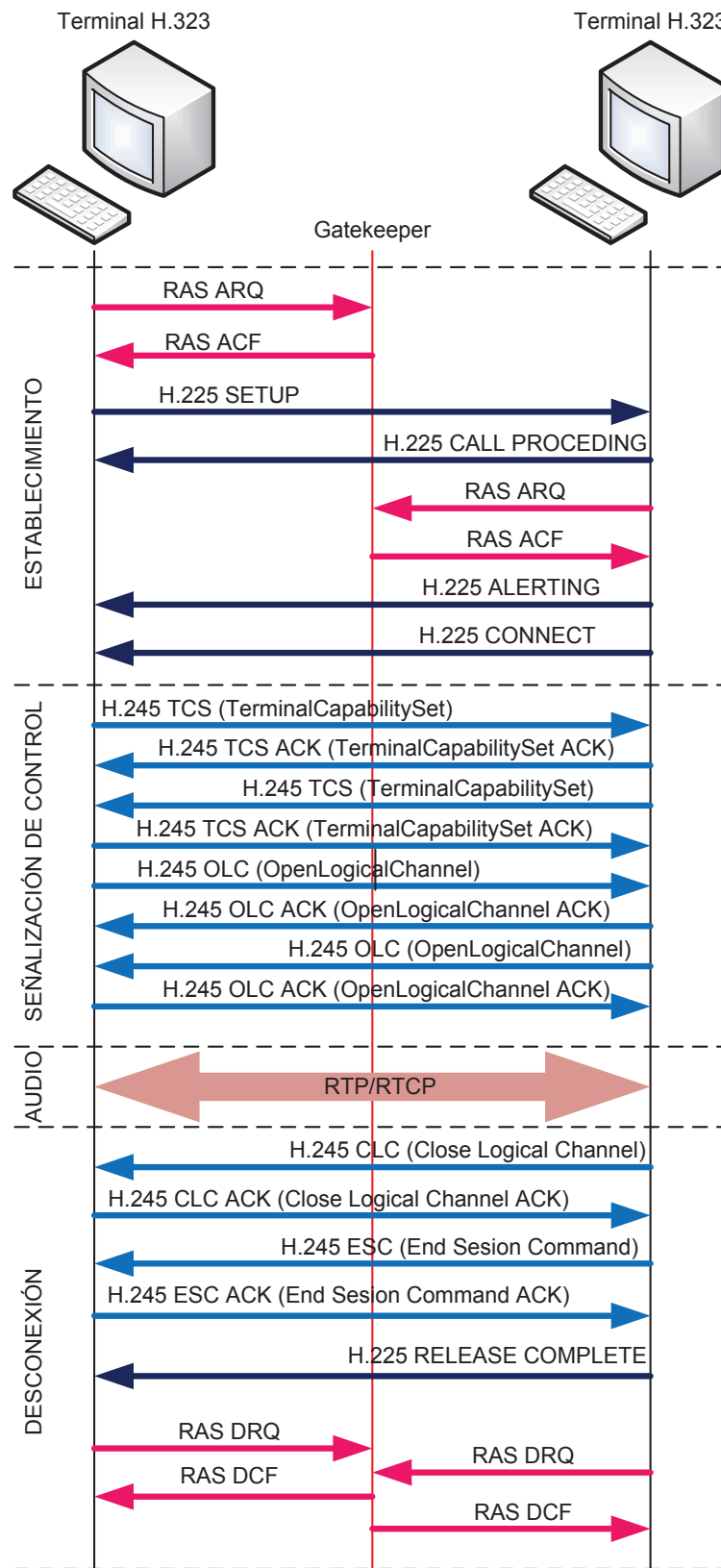


Figura 1. 4 Establecimiento de una llamada H.323 [8]

Fases:

❖ Establecimiento

En esta fase uno de los terminales se registra en el gatekeeper haciendo uso del protocolo RAS (*Registration, Admission and Status*) con los mensajes ARQ (*Admission Request*) y ACF (*Admission Confirm*).

Posteriormente se utiliza el protocolo H.225, para enviar un mensaje de **SETUP** para iniciar una llamada H.323.

Dentro de la información que contiene el mensaje se encuentra la dirección IP, número de puerto, alias del llamante o la dirección IP y número de puerto del llamado.

El terminal llamado, contesta con un **CALL PROCEEDING**, indicando del intento de establecer una llamada. En este instante el segundo terminal tiene que registrarse con el gatekeeper utilizando el protocolo RAS de forma similar al primer terminal.

El mensaje de **ALERTING** sugiere el inicio de la fase de generación de tono y finalmente, el mensaje **CONNECT** indica el inicio de la conexión.

❖ Señalización de control:

En esta fase se establece una negociación mediante el protocolo H.245 (protocolo de control de conferencia), el intercambio de los mensajes (peticiones y respuestas) entre los dos terminales determina quién será master y quien será slave, las capacidades de los participantes, códecs de audio y video a utilizar en la llamada.

En el final de la negociación se abre el canal de comunicación, en este caso las direcciones IP y el puerto.

Los principales mensajes H.245 que se utilizan en la señalización de control son:

TCS (*Terminal Capability Set*).- Se utiliza para el intercambio de capacidades soportadas por los terminales que intervienen en una llamada.

OLC (*Open Logical Channel*).- Se utiliza para abrir el canal lógico de información que contiene los parámetros, para permitir la recepción y codificación de los datos. Además incluye la información del tipo de datos que serán transportados.

❖ Audio

Los terminales comienzan la comunicación y el intercambio de audio o video mediante el protocolo RTP/RTCP (*Real-Time Transport Protocol, RTP Control Protocol*).

❖ Desconexión

En esta fase cualquiera de los integrantes activos en la comunicación puede iniciar el proceso de finalización de llamada por medio de mensajes *Close Logical Channel* y *End Session Command* de H.245. Luego utilizando H.225, se cierra la conexión con el mensaje **RELEASE COMPLETE**. Finalmente se liberan los registros con el gatekeeper utilizando mensajes del protocolo RAS.

1.3.1.2 Protocolo de señalización SIP ^[10]

El protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*) es un protocolo desarrollado por el grupo MMUSIC (*Multiparty Multimedia Session Control*) del IETF (*Internet Engineering Task Force*), con el propósito de ser el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario, donde intervienen elementos multimedia.

La finalidad de SIP es el establecimiento, modificación y finalización de las sesiones.

SIP funciona conjuntamente con los protocolos RTP y SDP (*Session Description Protocol*).

El protocolo SDP describe el contenido multimedia de la sesión, es decir qué direcciones IP, puertos y códecs se usarán durante la comunicación.

El protocolo RTP es el portador para el contenido de voz y vídeo que intercambian los participantes en una sesión establecida por SIP. SIP se diseñó en base al modelo de Internet. Es un protocolo de señalización extremo a extremo, es decir toda la lógica es guardada en los dispositivos finales, exceptuando el enrutamiento de los mensajes SIP.

El estado de la conexión es también almacenado en los dispositivos finales. La capacidad de distribución y su gran escalabilidad, agrega una sobrecarga en la cabecera de los mensajes, producto de tener que enviar toda la información entre los dispositivos finales.

SIP basa su funcionamiento en mensajes de petición y mensajes de respuesta, además de utilizar muchos conceptos de estándares anteriores, como por ejemplo los protocolos HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) y SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*).

Las funciones básicas del protocolo SIP, definidas en la RFC 3261 (*Request For Comment*) pueden ser extendidas utilizando otras RFCs, agregando al protocolo funciones más potentes.

Entre las funciones básicas del protocolo se encuentran:

- Determinar la ubicación de los usuarios, incluyendo movilidad.
- Establecer, modificar y finalizar sesiones multipartitas entre usuarios.

El protocolo SIP se basa en el modelo cliente-servidor y es transaccional. El cliente hace peticiones (*request*), que el servidor atiende y genera uno o más

respuestas, dependiendo del método de la petición. Por ejemplo para iniciar una sesión el cliente hace una petición con el método **INVITE** en donde indica con que usuario se quiere establecer la sesión.

El servidor responde, rechazando o aceptando esa petición en una serie de respuestas. Las respuestas llevan un código de estado, que informa acerca de si las peticiones fueron resueltas con éxito o si se produjo un error. La petición inicial y todas sus respuestas forman una transacción.

SIP es parecido a HTTP ya que comparten muchos códigos de estado y algunos de sus principios de diseño, es decir que SIP sigue una estructura de petición-respuesta.

1.3.1.2.1 Componentes SIP ^[10]

SIP soporta diferentes funcionalidades para el establecimiento y finalización de las sesiones multimedia como por ejemplo: localización, disponibilidad, utilización de recursos y formas de negociación.

Para implementar dichas funcionalidades, existen distintos componentes en SIP. Los dos elementos fundamentales que se necesitan son los agentes de usuario (UA) y los servidores.

UA (User Agent).- Se conforma de dos partes, el UAC (*User Agent Client*) y el UAS (*User Agent Server*). Un UAC es una entidad lógica que difunde peticiones SIP y recibe respuestas a esas peticiones. Un UAS es una entidad lógica que difunde respuestas a las peticiones SIP.

Estas entidades lógicas se encuentran en todos los agentes de usuario, de esta forma permiten la comunicación entre diferentes agentes de usuario por medio de comunicaciones de tipo cliente-servidor.

Servidores.- Los servidores SIP pueden ser de tres tipos:

❖ Proxy Server

Retransmite solicitudes y decide a qué otro servidor debe enviarlas, modificando los campos de la solicitud en caso de que sea necesario.

Es una entidad intermedia que actúa como cliente y servidor al mismo tiempo, con el propósito de establecer llamadas entre los usuarios.

Este servidor funciona de forma similar a la de un Proxy HTTP, el cual encamina las peticiones que recibe de otras entidades más cercanas al destinatario.

Existen dos tipos de Proxy Server:

- ❖ **Statefull Proxy.-** Este servidor sostiene el estado de las transacciones durante el procesamiento de las peticiones. Puede permitir la división de una petición en varias (*forking*), con el objetivo de localizar la llamada en forma paralela y obtener la mejor respuesta para enviarla al usuario que realizó la llamada.
- ❖ **Stateless Proxy.-** Este servidor no sostiene el estado de las transacciones durante el procesamiento de las peticiones, lo único que realiza es el reenvío de mensajes.

❖ Registrar Server

Es un servidor que admite peticiones de registro de los usuarios y guarda la información de estas, para proveer un servicio de localización y traducción de direcciones en el dominio que controla.

❖ Redirect Server

Es un servidor que difunde respuestas de dirección a las peticiones que recibe, además de encaminar las peticiones hacia el siguiente servidor.

1.3.1.2.2 Mensajes SIP^[10]

SIP es un protocolo que usa una semántica parecida a la del protocolo HTTP. Los UAC efectúan las peticiones y los UAS devuelven las respuestas a las peticiones de los clientes. SIP define la comunicación por medio de dos tipos de mensajes. Las solicitudes conocidas como métodos y las respuestas conocidas como códigos de respuesta, utilizan el formato de mensaje genérico definido en el RFC 2822.

1.3.1.2.3 Métodos SIP^[10]

Las peticiones SIP son diferenciadas por la línea inicial del mensaje, llamada Reques-Line, la cual contiene el nombre del método, el identificador del destinatario de la petición Request-URI y la versión del protocolo SIP. Hay seis métodos básicos SIP, que describen las peticiones de los clientes, las cuales son:

INVITE: Permite invitar un usuario o servicio para participar en una sesión o para cambiar parámetros en una sesión ya existente.

ACK: Asegura el establecimiento de una sesión.

OPTION: Pide información sobre las capacidades de un servidor.

BYE: Indica la finalización de una sesión.

CANCEL: Cancela una petición pendiente.

REGISTER: Registra al User Agent.

Existen otros métodos adicionales que pueden ser utilizados, como los métodos *INFO*, *SUBSCRIBER*, etc.

1.3.1.2.4 Comunicación SIP^[10]

En una llamada SIP hay varias negociaciones SIP. Una negociación SIP se realiza por medio de un intercambio de mensajes entre el cliente y el servidor. Está formada de varias peticiones y respuestas, que posteriormente se agrupan en la misma transacción a través del parámetro CSeq.

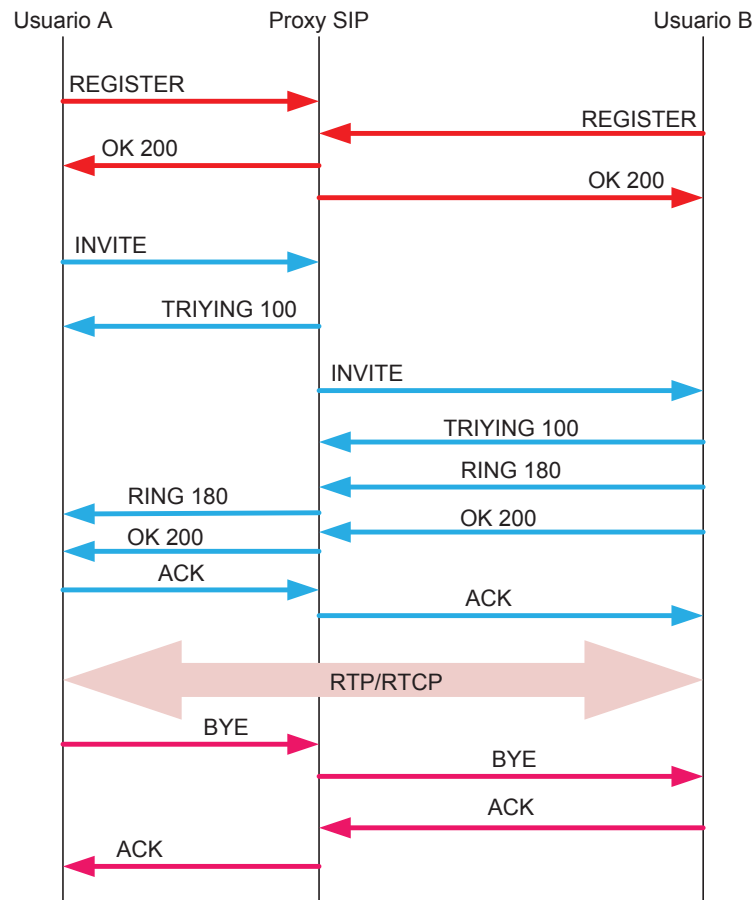


Figura 1. 5 Establecimiento de una llamada SIP ^[10]

Registro de los usuarios.- Se realiza en las dos primeras transacciones. Los usuarios necesitan registrarse para poder ser localizados por otros usuarios. En este caso los terminales envían una petición *REGISTER*, donde los campos from y to corresponden al usuario registrado. El servidor Proxy que funciona como *Register*, verifica si el usuario puede ser autenticado y envía un mensaje de OK en caso de ser positivo.

Establecimiento de sesión.- Es la siguiente transacción. En esta sesión se envía una petición *INVITE* del usuario A al proxy. Inmediatamente el proxy envía un *TRYING 100* para detener las retransmisiones y reenvía la petición al usuario B. El usuario B envía un Ringing 180 cuando el teléfono empieza a sonar y a la vez es reenviado por el proxy hacia el usuario A. Finalmente, el mensaje *OK 200* indica que se ha aceptado la llamada.

Protocolo de transporte RTP.- Este protocolo entra en funcionamiento el momento que la llamada está establecida, haciendo uso de los parámetros como los puertos, direcciones, códecs, etc., establecidos en la negociación mediante el protocolo SDP.

Finalización de sesión.- Es la última transacción. Esta finalización se realiza utilizando una única petición BYE enviada al Proxy, que posteriormente se reenvía al usuario B. Este usuario contesta con un *OK* 200 para indicar que se ha recibido el mensaje final correspondiente.

1.3.1.3 Protocolo de señalización IAX ^[11]

El protocolo IAX (*Inter Asterisk eXchange*), fue diseñado como un protocolo de conexiones VoIP entre servidores Asterisk, y hoy en día se lo utiliza también para conexiones entre clientes y servidores que soporten este tipo de protocolo. La versión actual de este protocolo es IAX2, ya que la primera versión ha quedado obsoleta. IAX puede soportar otro tipo de conexiones como por ejemplo video. Los objetivos de IAX son:

- ❖ Minimizar el ancho de banda utilizado en las transmisiones de control y multimedia de VoIP.
- ❖ Evitar problemas de NAT (*Network Address Translation*)
- ❖ Soporte para transmitir planes de marcación.

Una de las ventajas que presenta este protocolo, es que es binario a diferencia de SIP que es un protocolo de texto, lo que permite que los mensajes usen menor ancho de banda.

Para superar los problemas de NAT el protocolo usa como protocolo de transporte UDP, usualmente en el puerto 4569 (IAX1 usaba el puerto 5036), y tanto la información de señalización como los datos viajan conjuntamente, por lo tanto lo hace menos susceptible a problemas de NAT y le permite atravesar los routers y firewalls de manera más sencilla.

1.3.1.3.1 Comunicación IAX2 ^[11]

Una llamada IAX o IAX2 tiene tres fases:

- ❖ **Establecimiento de la llamada.-** El terminal A inicia una conexión y envía un mensaje de *NEW*. El terminal B responde con un mensaje *ACCEPT* y el terminal A le responde con un mensaje *ACK*. A continuación el terminal B da las señales de *RINGING* y el terminal A contesta con un *ACK* para confirmar la recepción del mensaje. Finalmente, el terminal B acepta la llamada con un mensaje *ANSWER* y el terminal A confirma este mensaje.
- ❖ **Flujo de datos o de audio.-** Se envían los frames M y F hacia los dos terminales con la información vocal. Los frames M son mini-frames que contienen solo una cabecera de 4 bytes para reducir el uso de ancho de banda. Los frames F son frames completos que incluyen información de sincronización. Este flujo de datos utiliza el mismo protocolo UDP que utilizan los mensajes de señalización, evitando de esta forma los problemas de NAT.
- ❖ **Liberación de la llamada o desconexión.-** La liberación de la conexión se la realiza enviando un mensaje de *HANGUP*, que luego será confirmado con un *ACK* (*Acknowledgement*).

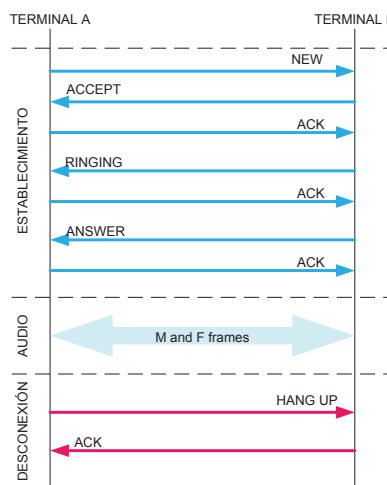


Figura 1. 6 Establecimiento de una llamada IAX2 ^[11]

1.3.1.3.2 Tipo de tramas ^[11]

Los mensajes o tramas que se envían en IAX2 son binarios, por lo que cada bit o conjunto de bits tiene un significado específico.

Existen dos tipos de mensajes principalmente:

- ❖ **Full Frames o Tramas F.-** Estas tramas tienen la particularidad, de que deben ser respondidas en forma explícita. Es decir cuando un usuario envía a otro usuario una trama F, el receptor debe contestar confirmando que ha recibido dicha trama.

Formato de una trama F de IAX2:

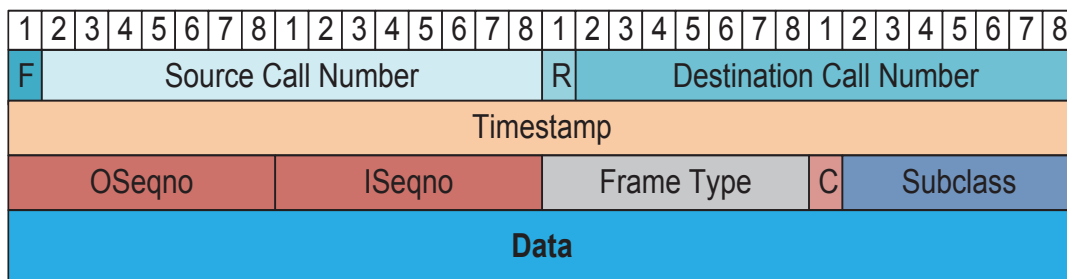


Figura 1. 7 Formato de una trama F de IAX2 ^[11]

F: Bit que indica si la trama es F (full frame) o no. Si esta puesto en 0 no es una trama F, si esta puesto 1 es una trama F.

Source Call Number (Número de llamada de origen): 15 bits que identifican la conversación de origen, entre las comunicaciones multiplexadas por la misma línea.

R: Bit de retransmisión. Se pone en 1 cuando la trama es retransmitida.

Destination Call Number (Número de llamada de destino): Realiza la misma función que el Source Call Number, pero para identificar el destino.

Timestamp (Marca de tiempo): Utilizado para marcar el tiempo en cada paquete.

Oseqno (Secuencia de salida): Número de secuencia de salida de 8 bits. Inicia en 0 y se va incrementando con cada mensaje.

Iseqno (Secuencia de entrada): Número de secuencia de entrada de 8 bits. Inicia en 0 y se va incrementando con cada mensaje.

Frame Type (Tipo de trama): Identifica la clase de trama.

C: Puesto en 0 indica que el campo subclase está formado de 7 bits, es decir un solo mensaje. Puesto en 1 indica que el campo subclase está formado de 14 bits, es decir dos mensajes consecutivos.

Subclass (Subclase): Indica la subclase del mensaje.

Data (Datos): Datos que se envían en formato binario.

- ❖ **Mini Frames o Tramas M.-** Estas tramas envían la información con la menor cantidad de sobrecarga en la cabecera. Estas tramas no se responden y si alguna de ellas se pierde de la descarta.

Formato de una trama M de IAX2:

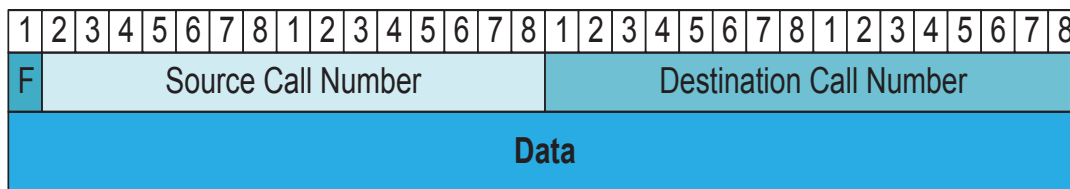


Figura 1. 8 Formato de una trama M de IAX2 ^[11]

El significado de los campos es parecido al de las tramas F. Para las tramas M el bit F esta puesto en cero y el timestamp está limitado a 16 bits

para disminuir la carga de la cabecera. Los clientes son los encargados de llevar un timestamp de 32 bits si lo desean, pero deben sincronizarlo enviando una trama F.

1.3.2 PROTOCOLOS DE TRANSPORTE

1.3.2.1 RTP ^[12]

RTP son las siglas de *Real-time Transport Protocol*, que en español se traduciría como (Protocolo de Transporte en Tiempo real). RTP es un protocolo de nivel de sesión que se utiliza para la transmisión de información en tiempo real, como por ejemplo audio y video, extremo a extremo sobre una red de paquetes.

RTP permite:

- ❖ Determinar el tipo de información transportada.
- ❖ Agregar marcadores temporales que permitan determinar el momento de emisión del paquete. De esta manera, la aplicación destino estará en la capacidad de sincronizar los flujos, medir los retardos y la fluctuación.
- ❖ Añadir números de secuencia a la información transportada para detectar la pérdida de paquetes y ser capaz de entregar los paquetes a la aplicación destino.

RTP utiliza como protocolo de transporte a UDP. RTP funciona conjuntamente con su protocolo de control RTCP. RTP envía los datos y RTCP brinda servicios de control y otras funciones.

RTP tolera una gran variedad de aplicaciones multimedia y está diseñado para agregar más aplicaciones sin modificar el protocolo.

Para cada tipo de aplicación, RTP define un perfil (*profile*) y uno o más formatos (*formats*). El perfil provee información para confirmar el entendimiento de los campos del header de RTP, para dicho tipo de aplicación.

El formato indica cómo los datos que siguen al header deben ser interpretados.

RTP integra un fundamento de arquitectura de protocolos llamado ALF (*Application Level Framing*). El propósito y servicio de este fundamento es que la aplicación es quien conoce mejor sus necesidades. Por este motivo RTP deja muchos de los detalles del protocolo al perfil y los formatos específicos a la aplicación.

1.3.2.1.1 Encabezado RTP ^[12]

La siguiente figura muestra el encabezado utilizado por el protocolo RTP:

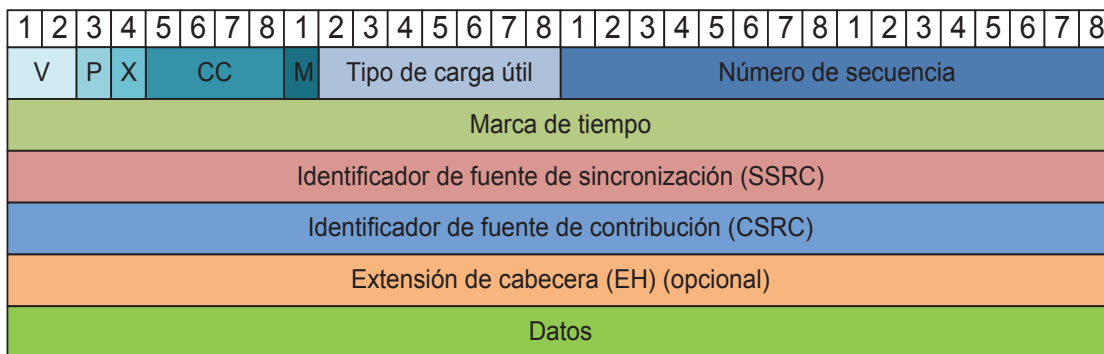


Figura 1. 9 Encabezado del protocolo RTP ^[12]

Los campos V, P, X, CC, M, PT, sequence number, timestamp y SSRC, siempre se encuentran presentes y los identificadores de fuente son utilizados sólo en situaciones específicas.

Después de la cabecera básica, puede haber extensiones opcionales para la cabecera (*Extension header*).

Al final el header o cabecera es seguido por los datos (*payload*) que envía RTP y su formato es definido por la aplicación.

El header de RTP, busca la forma de transportar únicamente aquellos campos que son necesarios para varios tipos de aplicaciones.

V (versión): Está formada de 2 bits, que identifican la versión del protocolo.

P (padding): Esta formado de 1 bit, el cual informa que se ha aplicado relleno a los datos de RTP para completar un bloque de cierto tamaño. El último byte en el mensaje UDP informa que tamaño posee el padding.

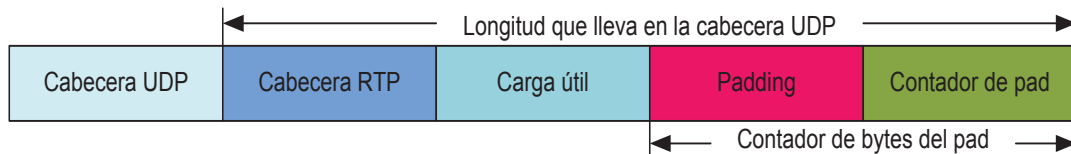


Figura 1. 10 Longitud de la cabecera UDP ^[12]

De esta forma se obtiene un header RTP pequeño. La longitud de los datos se puede determinar a partir de la información del header del protocolo de la capa inferior, en este caso UDP.

X (extensión): Esta formado de 1 bit, que es utilizado para indicar la existencia de un header de extensión, que puede ser específico para una aplicación determinada y sigue al header principal.

CC (CSRC count): Esta formado de 4 bits, que cuentan el número de fuentes contribuyentes, agregadas en el header de RTP.

M (marker): Está formado por 1 bit, el cual es utilizado para indicar el frame. Es decir que puede indicar el inicio de una conversación en RTP.

PT (payload type): Esta formado de 7 bits, los cuales indican qué clase de dato multimedia se está enviando.

El posible uso de este campo, es autorizar a una aplicación pasar de un esquema de codificación a un esquema basado en la información sobre la disponibilidad de recursos en la red. El uso preciso del bit M y del bit PT, dependen del perfil de cada aplicación.

Sequence number: Esta formado de 16 bits, los cuales se utilizan para permitir al receptor de un stream RTP detectar paquetes perdidos o que hayan llegado en desorden. Por este motivo RTP deja que la aplicación, determine cómo actuar ante la pérdida de un paquete.

Timestamp: Esta formado de 32 bits, que permiten al receptor representar las muestras en los intervalos de tiempo adecuados, además de sincronizar diferentes media streams.

SSRC (Synchronization Source): Esta formado de 32 bits, este campo identifica de forma única una sola fuente en un stream RTP, es decir que identifica la fuente de sincronización. Si el conteo CSRC es cero, entonces la fuente de carga útil es la fuente de sincronización. Si el conteo CSRC es diferente a cero, entonces el SSRC identifica al mezclador.

CSRC: Esta formado de 32 bits cada uno. Este campo determina las fuentes contribuyentes para la carga útil. El número de fuentes contribuyentes está señalado por el campo de la cuenta CSRC, en el cual puede haber más de 16 fuentes contribuyentes. Si existen fuentes contribuyentes múltiples, entonces la carga útil será los datos mezclados de esas fuentes.

EH: La medida de este campo debe ser $CC \times 32$ en bits.

Datos: La medida de los datos debe ser de $X \times ((EHL + 1) \times 32)$ donde EHL es la longitud de la extensión del header en unidades de 32 bits.

1.3.2.2 RTCP ^[12]

RTCP son las siglas de *Real time control protocol*. RTCP es un protocolo que provee información de control que está asociado con un flujo de datos para una aplicación multimedia. Trabaja conjuntamente con RTP en el envío y empaquetado de datos multimedia, pero no transporta ningún dato por sí mismo. RTCP se usa para enviar paquetes de control a los miembros de una sesión

multimedia de streamig. El principal objetivo de RTCP es informar sobre la calidad de servicio que provee RTP. Este protocolo reúne estadísticas de la conexión, información de bytes enviados, paquetes enviados, paquetes perdidos, jitter, etc.

RTCP tiene tres funciones principales:

- ❖ **Información del desarrollo de una aplicación.-** Esta función es muy útil para aplicaciones de velocidad adaptiva, como por ejemplo reducir la congestión utilizando un esquema de compresión más agresivo o enviar un stream de más alta calidad cuando exista poca congestión. Esta función permite también diagnosticar problemas de red.

- ❖ **Correlacionar y sincronizar diferentes media streams procedentes del emisor.-** Esta función permite evitar colisiones utilizando SSRC diferentes, cuando se tiene un stream de audio y video provenientes de un mismo emisor. Por tal motivo RTCP utiliza el concepto de nombre canónico (CNAME (*Canonical Name*)) que se designa al emisor. Este nombre canónico es asociado a varios valores SSRC, de esta forma se garantiza que streams que tienen diferente SSRC se puedan sincronizar y ordenar de una manera correcta.

- ❖ **Transferir la identidad de un emisor.-** Esta función permite transmitir la identidad de un emisor en el paquete de descripción de la fuente.

1.3.2.2.1 *Tipos de paquetes RTCP*^[12]

RTCP define varios tipos de paquetes, de los cuales tenemos:

SR (Sender Report): Permiten al emisor activo en una sesión, notificar sobre estadísticas de recepción y trasmisión.

RR (Receiver Report): Permiten a los receptores que no son emisores, en una sesión notificar estadísticas sobre la recepción.

SDES (*Source Description*): Contiene los CNAMEs y otros datos que especifican la información de los emisores.

BYE: Permite a un integrante, indicar el fin de su participación en una sesión.

Paquetes de control propios de la aplicación: Varios paquetes RTCP pueden ser transportados en un mismo mensaje UDP.

En transmisiones multicast, la información de control puede consumir un considerable ancho de banda. Para solventar este problema RTCP ha creado un mecanismo para disminuir la transmisión de información de control a medida que se agreguen más nodos a la conferencia.

El principio básico de este mecanismo es limitar la cantidad de tráfico RTCP a un pequeño porcentaje del tráfico de datos de RTP. Se recomienda asignar mayor ancho de banda RTCP a los emisores activos, cuando gran parte de los integrantes deseen ver los reportes enviados por ellos.

El momento en el que un integrante conoce cuánto ancho de banda puede consumir con el tráfico RTCP, la aplicación empieza a enviar reportes de forma periódica en la tasa adecuada. Los reportes del emisor (SR) y los reportes del receptor (RR) se diferencian, debido a que los SR incluyen información adicional sobre el emisor.

Las dos clases de reportes contienen información sobre los datos que fueron recibidos de todas las fuentes en el intervalo de reporte más reciente.

La información adicional en un reporte de emisor consta de:

- Un timestamp que incluye el tiempo real del día cuando el reporte fue creado.
- Un timestamp RTP que corresponde al instante en que el reporte fue creado.
- Un apilamiento de paquetes y bytes enviados por ese emisor desde que inició la transmisión.

Los reportes de emisor (SR) como los de receptor (RR) incluyen un bloque de datos por fuente, que ha sido atendido desde el último informe. Cada bloque incluye las siguientes estadísticas para la fuente determinada:

- Su SSRC.
- La fracción de paquetes de datos que se han perdido, desde que fue enviado el último informe de la fuente.
- El número total de paquetes perdidos con origen en esta fuente, desde la primera vez que fue escuchada.
- El número de secuencia más alto recibido desde esta fuente.
- El Jitter.
- Último timestamp recibido a través de RTCP desde afuera.
- Retraso desde el último informe de emisor recibido a través de RTCP por la fuente.

Los receptores están en la capacidad de deducir muchas cosas a partir de estadísticas sobre el estado de la sesión. Los receptores pueden observar si otros receptores están recibiendo mejor calidad de otro emisor que la que ellos disponen.

Estos indicadores permitirían darse cuenta, si se debe reservar recursos o si existe un problema de la red que debe ser estudiado.

Paquete de descripción de la fuente: Contiene como mínimo el SSRC y el CNAME del emisor.

El nombre canónico es derivado de tal forma que todas las aplicaciones que difunden media streams que necesiten ser sincronizadas, seleccionarán el mismo CNAME aunque puedan seleccionar diferentes SSRC. Esto posibilita al receptor identificar el media stream que viene del mismo emisor.

Se puede agregar otros datos en este paquete, como el nombre de usuario y su e-mail.

1.3.2.2.2 Cabecera RTCP ^[12]

La cabecera RTCP está formada de los siguientes campos:

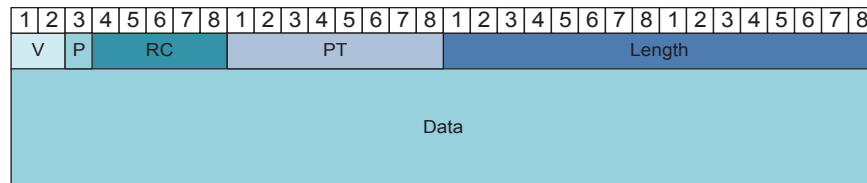


Figura 1. 11 Cabecera RTCP ^[12]

V (versión).- Esta formado de 2 bits, que indican la versión RTP, y que es la misma tanto en los paquetes RTCP como RTP.

P (padding).- Esta formado de 1 bit, el cual al estar activado indica que el paquete contiene algunos bits de *padding* al final, que no forman parte de la información de control. El último byte del *padding* indica cuántos bytes de *padding* no se deben tomar en cuenta.

RC (reception count).- Esta formado de 5 bits, los cuales indican el número de bloques de informes de receptor contenidos en este paquete.

PT (packet type).- Esta formado de 8 bits, los cuales indican el tipo de paquete RTCP.

Length.- Este campo está formado de 16 bits, los cuales indican la longitud del paquete RTCP.

1.4 CÓDECS

1.4.1 FUNCIONAMIENTO DE UN CÓDEC ^[13]

La comunicación de voz es analógica, mientras que la red de datos es digital. Por este motivo se debe hacer una conversión de la señal analógica-digital.

Este procedimiento de conversión analógica digital o modulación por impulsos codificados (PCM (*Pulse Code Modulation*)), se realiza mediante:

- ❖ Muestreo
- ❖ Cuantificación
- ❖ Codificación
- ❖ Decodificación

1.4.1.1 Muestreo ^[13]

El proceso de muestreo se basa en tomar valores instantáneos de una señal analógica, a intervalos de tiempo iguales. A estos valores instantáneos se los denomina muestras. El muestreo se ejecuta siempre a un ritmo uniforme, que viene dado por la frecuencia de muestreo.

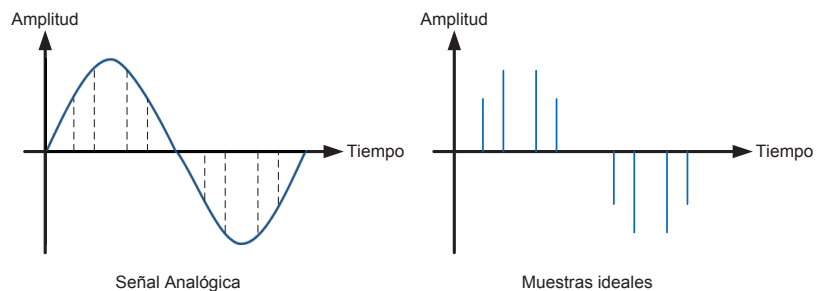


Figura 1. 12 Proceso de muestreo ^[13]

1.4.1.2 Cuantificación ^[13]

La cuantificación es el proceso por el cual se dan valores discretos, a las amplitudes de las muestras obtenidas en el proceso de muestreo. Existen varias formas de muestreo entre las cuales tenemos:

- Cuantificación uniforme.
- Cuantificación no uniforme.
- Cuantificación diferencial.
- Cuantificación diferencial delta y ADPCM (*Adaptive delta PCM*).

1.4.1.3 Codificación ^[13]

Es el proceso por el cual se representa una muestra cuantificada, utilizando sucesiones de 1s y 0s lógicos.

1.4.1.4 Decodificación ^[13]

Es el proceso por el cual se recobra las muestras, a partir de la señal numérica proveniente de la línea.

A la reunión de un codificador y de un decodificador en un mismo equipo, se lo conoce con el nombre de códec.

1.4.2 CÓDECS UTILIZADOS EN VoIP

El término códec describe la tecnología de cifrado y descifrado de una señal. En el ámbito de VoIP se refiere al algoritmo utilizado para convertir la voz, posiblemente proveniente de la PBX (*Private Branch Exchange*) o del teléfono a datos para la transmisión sobre una red IP.

La calidad de la voz depende mucho del códec seleccionado, ya que este emplea diferentes algoritmos de compresión y determinado ancho de banda.

En la tabla 1.1 se puede observar los diferentes códecs de voz, más utilizados actualmente.

En la actualidad los tres códecs que son más utilizados para transmitir voz sobre IP son:

1.4.2.1 G.711 ^[13]

Es la recomendación de la ITU-T para codificar la voz a 64 kbps utilizando PCM (Modulación por Codificación de Pulsos).

Nombre	Estandarizado	Descripción	Bit rate (kb/s)	Muestreo Sampling Rate (Khz)	Frame Size (ms)
G.711	ITU-T	PCM (<i>Pulse code modulation</i>)	64	8	20
G.711.1	ITU-T	PCM (<i>Pulse code modulation</i>)	80-96	8	
G.721	ITU-T	ADPCM (<i>Adaptive differential pulse code modulation</i>)	32	8	
G.722	ITU-T	7 kHz Codificación de audio dentro de 64 kbit/s	64	16	
G.722.1	ITU-T	Codificación a 24 y 32 kbit/s para sistemas con baja pérdida de paquetes	24/32	16	20
G.722.2	ITU-T	AMR-WB (<i>Adaptive Multi-Rate Wideband Codec</i>)	23.85/23.05/ 19.85/18.25/ 15.85/14.25	16	20
G.723	ITU-T	Extensión de la norma G.721 a 24 y 40 kbit/s para aplicaciones en circuitos digitales.	24/40	8	
G.723.1	ITU-T	Codificador de voz de doble velocidad para transmisión en comunicaciones multimedia a 5,3 y 6,3 kbit / s	5,3/6,3	8	30
G.726	ITU-T	ADPCM (<i>Adaptive differential pulse code modulation</i>)	16/24/32/40	8	20
G.727	ITU-T	5-, 4-, 3- y 2- muestra embebida. ADPCM (<i>Adaptive differential pulse code modulation</i>)	Variable 16-40		
G.728	ITU-T	Codificación de señales vocales a 16 kbit/s utilizando LD-CELP (<i>low-delay code excited linear prediction</i>)	16	8	2,5
G.729	ITU-T	Codificación de señales vocales a 8 kbit/s utilizando CS-ACELP (<i>conjugate-structure algebraic-code-excited linear-prediction</i>)	8	8	10
G.729.1	ITU-T	Codificación de señales vocales a 8 kbit/s utilizando CS-ACELP (<i>conjugate-structure algebraic-code-excited linear-prediction</i>)	8/12/14/16/ 18/20/22/24/ 26/28/30/32	8	10
GSM 06.10	ETSI	RPE-LTP (RegularPulse Excitation Long-Term Predictor)	13	8	22,5
LPC10	Gobierno de USA	Codec lineal-predictivo	2,4	8	22,5
Speex		CELP (<i>Code excited linear prediction</i>)	8,16,32	2.15-24.6 (NB) 4-44.2 (WB)	30 (NB) 34 (WB)
iLBC		<i>Internet Low Bitrate Codec</i>	13,33, 15,20	8	30
DoD CELP	American DoD (<i>Department of Defense</i>)		4,8	0	30
EVRC	3GPP2	<i>Enhanced Variable Rate CODEC</i>	9.6/4.8/1.2	8	20
DVI4	IMA (<i>Interactive Multimedia Association</i>)	Usa ADPCM (<i>Adaptive Delta Pulse Code Modulation</i>)	32	Variable	
L16		Muestras de datos de audio sin comprimir	128	Variable	
SILK	Skype	Muestras de datos de audio sin comprimir	6-40	Variable	20

Tabla 1. 1 Tabla de códecs utilizados en telefonía IP ^[13]

A este códec se lo denomina descompresor, y utiliza el mismo ratio de muestreo de la telefonía tradicional. G.711 tiene una puntuación de 4,2 en MOS (*Mean Opinion Score*), sin embargo utiliza una gran cantidad de ancho de banda para la transmisión. Este códec es más aceptado en ambientes LAN.

1.4.2.2 G.729 ^[13]

Es la recomendación de la ITU-T, la cual describe el algoritmo para el codificador de voz a 8 Kbps usando CS-ACELP (Predicción lineal de código algebraico excitado en estructura conjugada). Este códec muestrea la señal analógica a 800 Hz y utiliza un tamaño de cuadro de 10 ms.

Este códec tiene una puntuación de 4,0 en MOS. G.729 es el códec utilizado habitualmente para instalaciones de VoIP en ambientes WAN. G.729 ofrece una alta compresión, por lo que requiere menor ancho de banda y mantiene una buena calidad de voz.

MOS es la opinión conceptual de calificación que proporciona una medida numérica de calidad de la voz humana en el destino final del circuito.

1.4.3 NUEVOS CÓDECS UTILIZADOS ^[13]

En los últimos años se están haciendo presentes versiones mejoradas de los códecs clásicos como por ejemplo: G.711, G.721 y G.729.

1.4.3.1 G.711.1 ^[13]

Este códec fue aprobado por la ITU-T en marzo del 2008. La finalidad de esta nueva versión es que permita funcionar con la infraestructura G.711 existente mejorando la calidad de la señal.

G.711.1 provee dos capas adicionales a G.711. La primera capa incrementa la calidad de G.711 en bajas frecuencias (bandas de 50 a 300 Hz), que usualmente no se transmiten con la norma G.711. La segunda capa incrementa la calidad de las altas frecuencias (banda de 4 a 7 KHz).

Se pueden agregar una o ambas capas aumentando el bitrate de 64 Kbps hasta 80 o 96 Kbps.

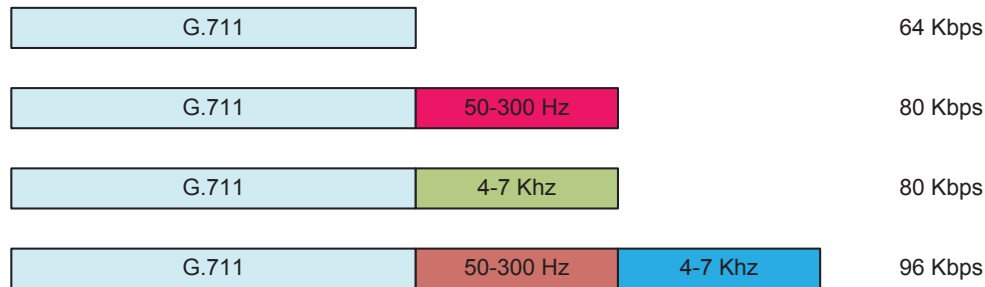


Figura 1. 13 Códec G.711 ^[13]

Al añadir estas capas se introduce un retraso de 5 ms. Este estándar está enfocado para multiconferencias y teléfonos de VoIP.

1.4.3.2 G.729.1 ^[13]

Este estándar mejora el códec G.729 al añadir capas que permiten aumentar la calidad del sonido a bajas y altas frecuencias, para englobar la banda desde los 50 Hz hasta los 7 KHz, a costa de incrementar el bitrate (cantidad de información que se manda por segundo). G.729.1 tiene hasta 12 capas.

La capa principal de G.729.1 es compatible con G.729 y posee un bitrate de 8 Kbps. La segunda capa llega hasta los 12 Kbps. Por cada nueva capa se agregan 2 Kbps hasta llegar a los 32 Kbps. A estas velocidades máximas se podría transmitir música con una calidad aceptable.

Este estándar está enfocado para teléfonos IP, centralitas, softphones, call centers, gateways, equipos de grabación de voz o servidores de contestadores automáticos.

1.4.3.3 G.722.1 ^[13]

Este estándar también es conocido como SIREN 7, el cual entrega un ancho de banda entre 50 Hz y 7 KHz, además de operar con un bitrate de 24 Kbps o 32 Kbps. Se lo utiliza para operaciones de manos libres en sistemas de VoIP HD con poca pérdida de paquetes.

El anexo G.722.1 C o SIREN 14 permite utilizar un ancho de banda de hasta 14 khz operando con un bitrate de 24, 32 y 48 Kbits/s.

1.4.3.4 G.722.2 o AMR-WB (*Adaptive Wideband*) ^[13]

Este códec se lo utiliza principalmente para la compresión de voz en tecnología móvil de tercera generación.

Este códec posee 9 bitrates diferentes, y se basa en el principio ACELP (*Algebraic Code Excited Linear Prediction*), soportando transmisión discontinua DTX, usando algoritmos de detección de voz VAD (*Voice Activity Detection*) y confort de ruido CNG (*Comfort noise Generation*).

El códec funciona con un framesize de 20 ms e introduce un retardo de 25 ms.

1.5 ARQUITECTURAS DE TELEFONÍA IP ^[2]

Previo al análisis de los diferentes tipos de arquitecturas de telefonía IP existentes, se debe revisar la estructura de una red de voz tradicional. Una red de este tipo presenta la configuración que muestra la figura 1.14.

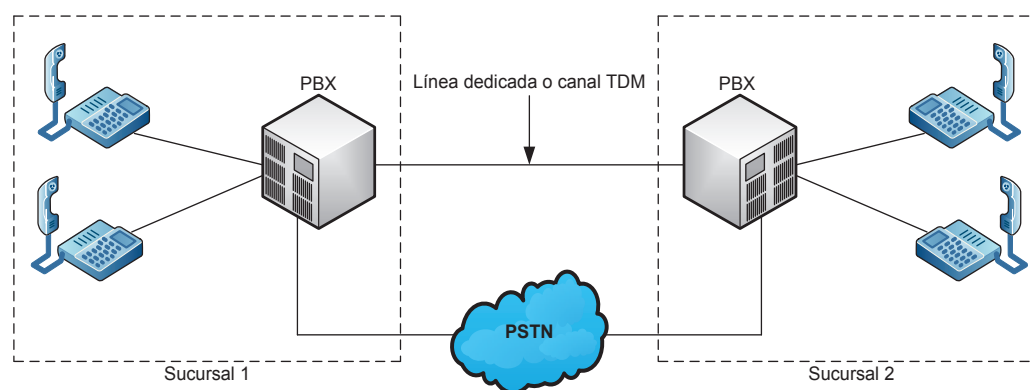


Figura 1. 14 Arquitectura TDM tradicional ^[2]

La función básica de una PBX es poner en contacto las llamadas procedentes de las líneas troncales de la PSTN (*Public Switched Telephone Network*) con una

extensión en particular de la propia PBX. Adicionalmente, la PBX conmuta las llamadas procedentes de otra PBX, así como llamadas entre extensiones de la misma PBX. Comúnmente, estas líneas de interconexión entre PBX han sido en un inicio líneas analógicas alquiladas y posteriormente líneas digitales.

Estas conexiones digitales pueden ser enlaces E1 dedicados exclusivamente a la interconexión de PBX o ciertos canales TDM que multiplexen video, voz y datos. En cualquiera de los dos escenarios, el problema es que el ancho de banda de cada circuito de voz debe estar reservado, independientemente de que este siendo utilizado o no.

Una solución mucho más eficaz es dividir el tráfico de voz en paquetes (celdas o tramas), de modo que los diferentes tipos de tráfico queden entrelazados.

De esta manera se tienen dos formas de desplegar una red de voz sobre paquetes, en función de la influencia que la red de voz tenga sobre la red de datos.

Este grado de influencia permite distinguir entre soluciones compatibles con voz sobre paquetes y soluciones de voz diseñadas exclusivamente para trabajar sobre paquetes.

En el primer caso la única modificación que sufre la red de voz corporativa es la aparición de una pasarela y la interconexión entre las diferentes sucursales, que ahora se llevará a cabo a través de la red de paquetes. Este diseño hace posible seguir amortizando inversiones anteriores.

Por otra parte, en una solución de voz sobre paquetes, la PBX es remplazada por un servidor de telefonía y todos los teléfonos se cambian por teléfonos especiales para voz sobre datos y por softphones, aunque este diseño puede hacer uso de pasarelas para los faxes y teléfonos analógicos.

En las figuras 1.15, 1.16 y 1.17 se indican todas estas posibilidades.

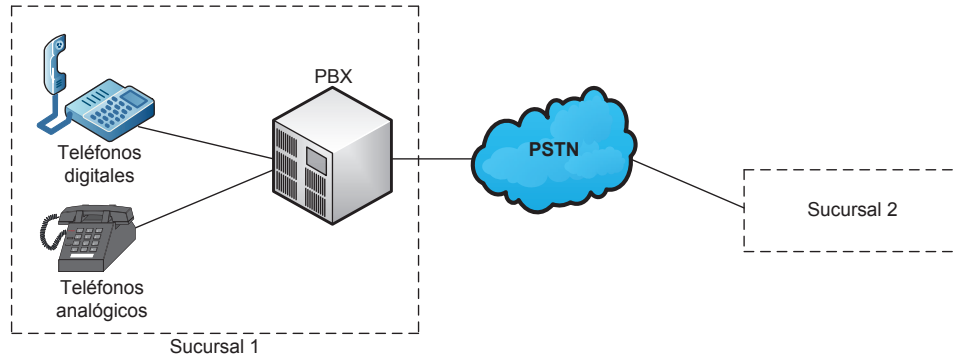


Figura 1. 15 Solución tradicional para una red de voz [2]

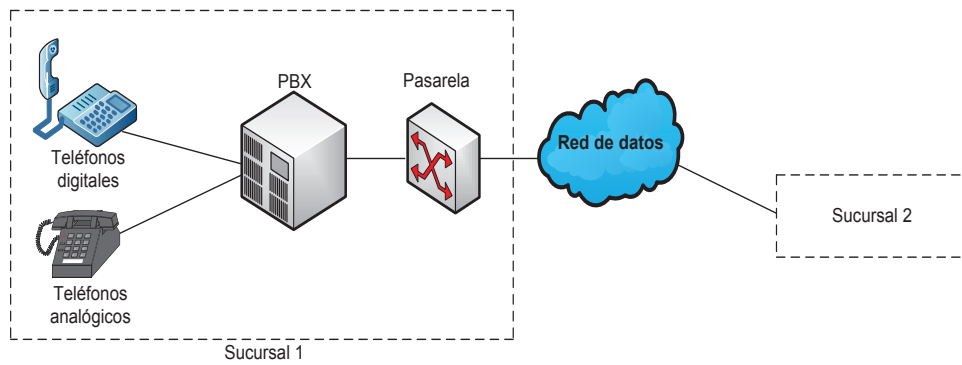


Figura 1. 16 Solución compatible con una red de datos [2]

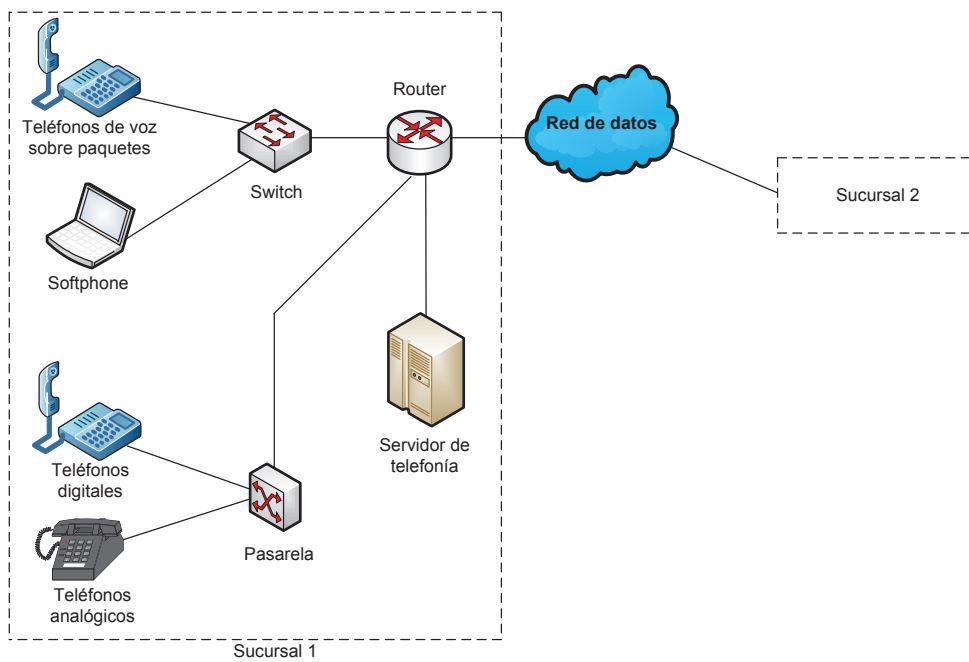


Figura 1. 17 Solución de voz sobre paquetes [2]

Definidas estas posibilidades, ahora se puede analizar las diferentes arquitecturas disponibles al momento de implementar una solución de voz sobre paquetes.

Interconexión punto a punto entre las PBX corporativas

En esta arquitectura se interconectan las PBX a través de una red de datos, utilizando la red de paquetes únicamente para el transporte de voz. También se conoce como arquitectura tool-bypass.

La pasarela convierte la información y la señalización de la red de datos a un formato adecuado y soportado por la red de paquetes.

Esta pasarela se conecta directamente al router y no tiene por qué considerarse como un equipo separado, ya que puede incorporarse en el propio router o en la misma PBX.

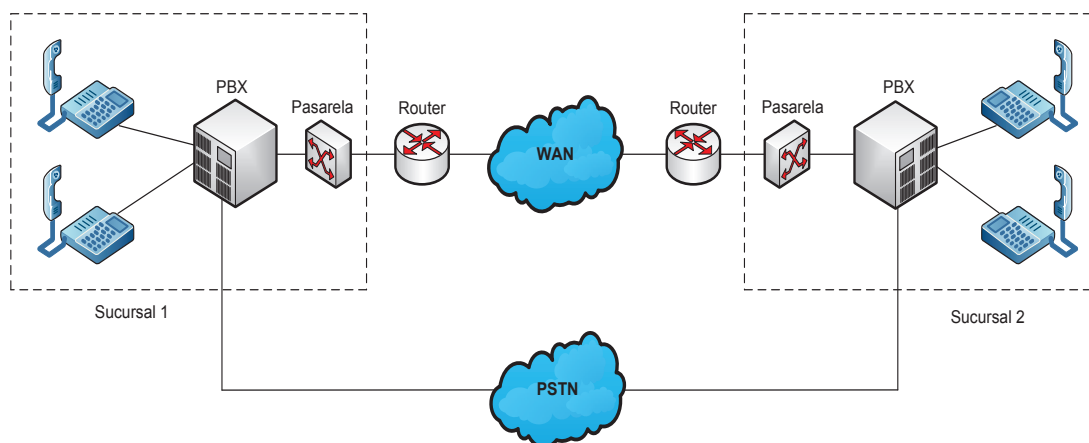


Figura 1. 18 Interconexión punto a punto entre PBX corporativas [2]

Interconexión de las centrales de conmutación del operador

Esta arquitectura es muy similar a la anterior, en la cual se utiliza la red de conmutación de paquetes para conectar entre sí las centrales de conmutación del operador en lugar de las PBX de una determinada empresa.

Centrales compatibles con IP (IP-PBX)

Esta arquitectura consiste en la utilización de PBX que permiten la conexión de teléfonos IP a la vez que mantienen la posibilidad de conectar teléfonos tradicionales. En este caso también es necesario el empleo de una pasarela

Una IP-PBX realiza similares funciones que una PBX. La diferencia radica en que, mientras las PBX comunes son de carácter propietario, una IP-PBX tiene un carácter mucho más abierto.

Una IP-PBX puede construirse sobre una PC que tenga cualquier distribución de sistema operativo y que tenga las tarjetas específicas.

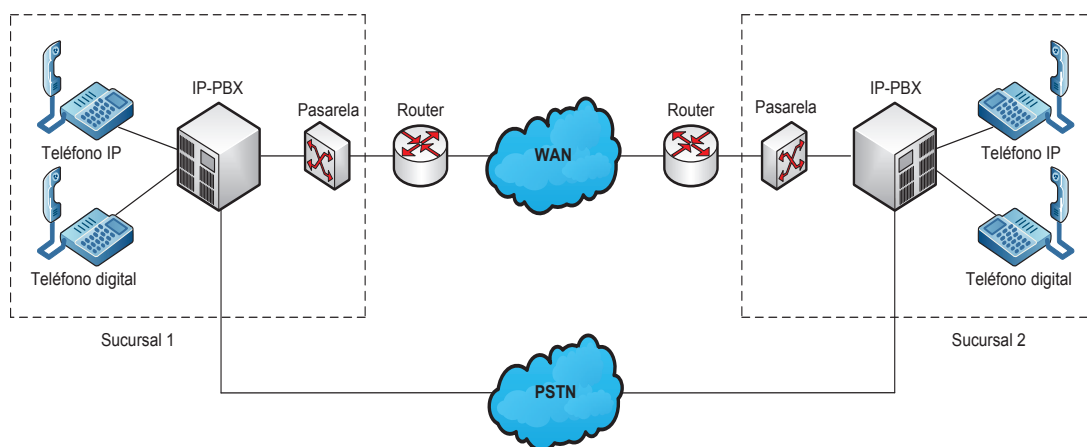


Figura 1. 19 PBX compatibles con IP ^[2]

Conectividad IP extremo a extremo

En esta arquitectura, todos los dispositivos de usuario se conectan entre sí y con el exterior a través de la LAN.

Se utiliza un componente nuevo que se va a encargar de las funciones de control de llamadas, enrutamiento de llamadas y tarificación, este es el servidor de telefonía.

Este dispositivo puede implementarse, como un equipo físico o como una aplicación de software.

En función de cómo se maneje el control de llamadas, se puede tener cuatro modelos de implementación:

❖ **Modelo de ubicación única**

Este modelo se da, cuando se desea diseñar una solución de voz sobre paquetes en la matriz de una empresa con una única sucursal. En este caso la PSTN se utiliza para enrutar únicamente las llamadas externas.

❖ **Varias sucursales con procesamiento independiente de llamadas**

En este caso, se dispone de varias sucursales cada una de las cuales gestiona las llamadas de forma independiente. Las diferentes sucursales se interconectan entre sí a través de la PSTN.

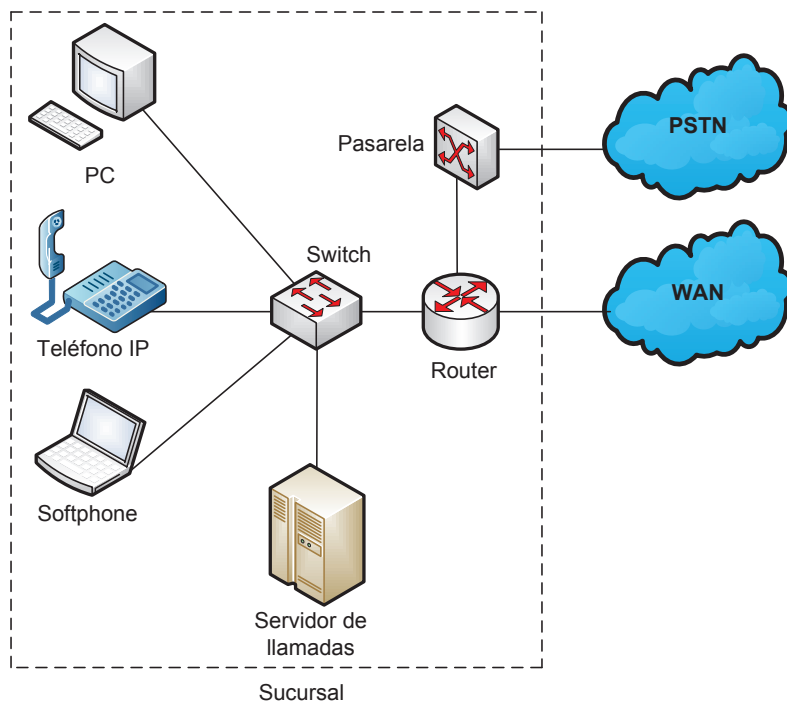


Figura 1. 20 Modelo de ubicación única ^[2]

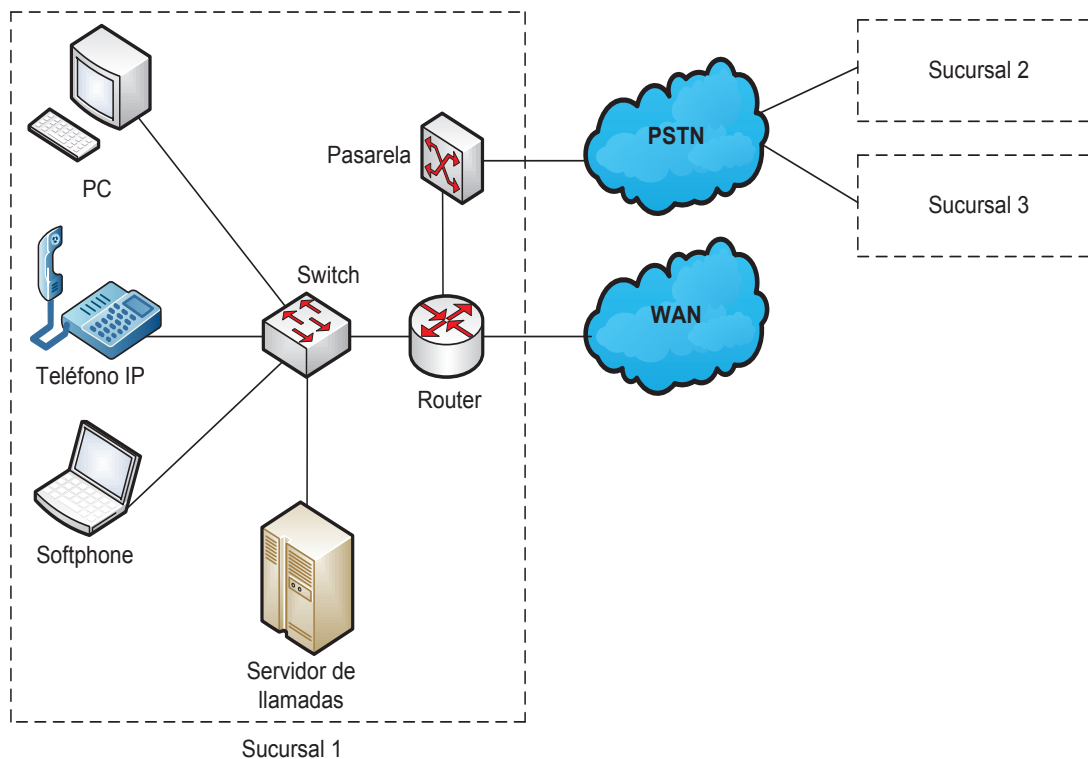


Figura 1. 21 Varias sucursales con procesamiento de llamadas independiente [2]

❖ *Varias sucursales con procesamiento distribuido de llamadas*

En este caso, cada una de las sucursales dispone de un servidor de telefonía independiente, cuyo ambiente de control y administración abarca la sucursal a la que pertenece.

Las llamadas se enrutarán por la WAN, salvo en dos casos excepcionales en que lo harán a través de la PSTN. Cuando la WAN no esté disponible y cuando el control de admisión determine que no hay el suficiente ancho de banda para transportar las llamadas con la QoS requerida, las llamadas se enrutarán por la PSTN.

La principal ventaja de este modelo es que el procesamiento local de las llamadas permite que el servicio ofrecido a los usuarios sea el mismo, independiente de que la red de datos esté disponible o no.

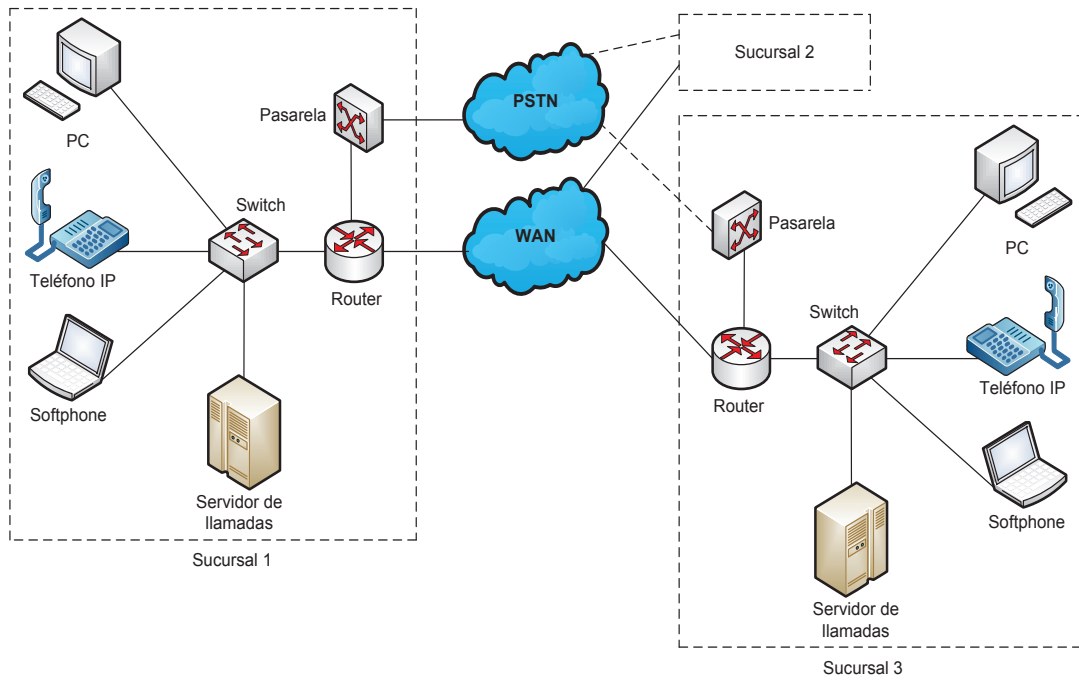


Figura 1. 22 Varias sucursales con procesamiento de llamadas distribuido [2]

❖ **Varias sucursales con procesamiento de llamadas centralizado:**

En este caso el servidor de telefonía está ubicado en la sucursal principal.

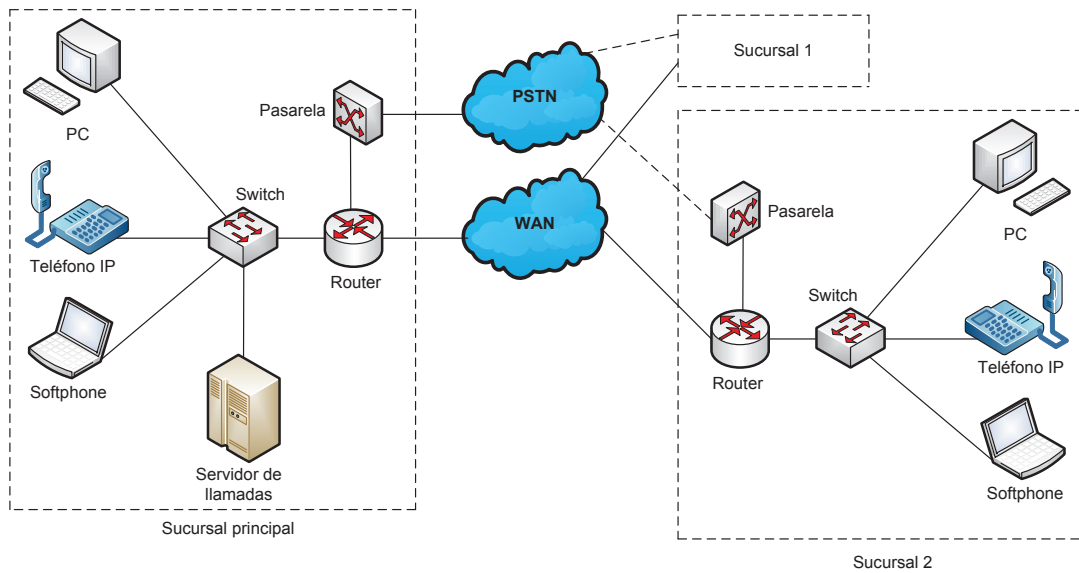


Figura 1. 23 Varias sucursales con procesamiento de llamadas centralizado [2]

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE LA RED ACTUAL Y OBTENCIÓN DE REQUERIMIENTOS

2.1 ANÁLISIS DE LA RED EXISTENTE

2.1.1 ANTECEDENTES ^[T1]

La corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC es responsable de la operación del SNT (*Sistema Nacional de Transmisión*), con el propósito de transportar la energía eléctrica, que se genera en las centrales hidroeléctricas, térmicas y de otro tipo de energías renovables, las mismas que se encuentran alrededor de todo el país.

La red de datos de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, fue implementada en el año del 2003, utilizando una topología de red tipo árbol para la interconexión de las diferentes subestaciones y dependencias, que se encuentran ubicadas alrededor de todo el país.

El servicio de internet es contratado a la empresa Colombiana Transnexa desde el año 2003. La velocidad de contratación es de 10 Mbps.

El edificio matriz de la corporación se encuentra ubicado en la ciudad de Quito, y es el encargado de manejar todas las comunicaciones entre las diferentes dependencias. A este edificio se interconecta el edificio del COT (*Centro de Operaciones de Transmisión*) ubicado en Carapungo y las diferentes subestaciones que se encuentran en varias partes del país.

La figura 2.1 muestra en forma más detalla la estructura actual de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC.

ESTRUCTURA ACTUAL DE LA CORPORACIÓN CELEC EP - TRANSELECTRIC

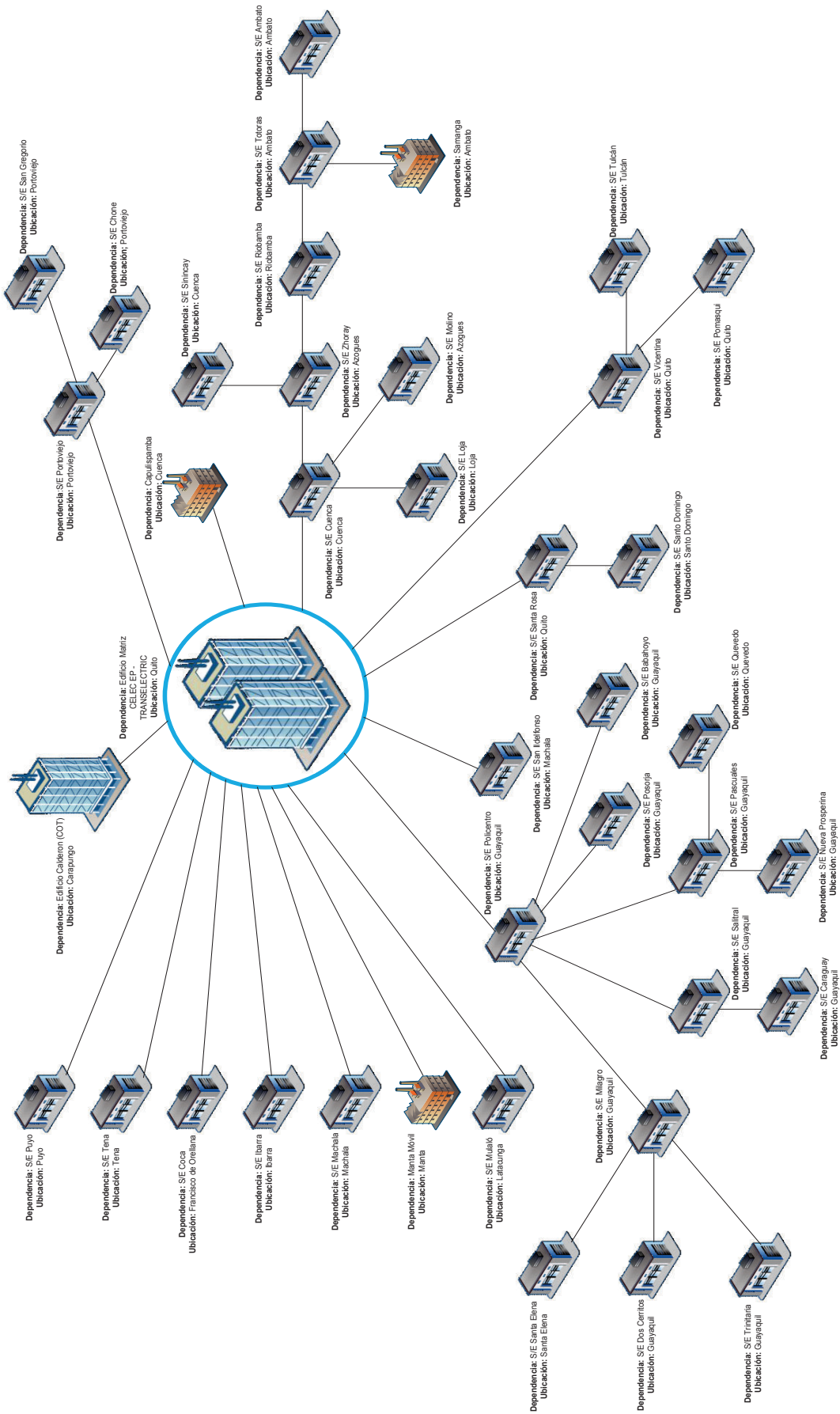


Figura 2. 1 Estructura actual de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC

2.1.2 ESTADO ACTUAL DE LA RED DE DATOS DE CELEC EP - TRANSELECTRIC

En la actualidad la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, tiene una infraestructura conformada mayormente por equipos de la marca CISCO. Cuenta con capa de acceso y capa de core, dividiendo su funcionamiento en estas dos únicas capas. En la figura 2.2 se muestra la red WAN (*Wide Area Network*) de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, y en la figura 2.3 se muestra la red LAN (*Local Area Network*) del edificio matriz que conforma la red WAN.

La red del edificio matriz de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC se encuentra dividida en dos zonas A y B, las cuales son definidas de acuerdo al lugar que ocupan dentro del edificio matriz.

Las tablas 2.1 y 2.2 muestran los diferentes departamentos con que cuenta la corporación tanto en el edificio matriz como en la diferentes subestaciones.

Departamentos del edificio matriz:

Piso	Departamentos de la zona A	Departamentos de la zona B
10	Gerencia	Comunicación
9	CELEC	CELEC
8	Gerencia de Expansión	Líneas de Transmisión
7	Gerencia de operación	Explotación
6	Contabilidad	Vicepresidencia Administrativa
5	Telecomunicaciones	Sistemas
4	Adquisiciones	Seguros
3	Gerencia de Telecomunicaciones	Expansión
2	UNASS	Jurídico
1	Departamento Médico	CELEC

Tabla 2. 1 Departamentos del edificio matriz de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC ^[T1]

Departamentos de las subestaciones:

Dependencia	Departamento
S/E Caraguay	Sala de operaciones
S/E Esclusas	Sala de operaciones
S/E Trinitaria	Sala de operaciones
S/E Montecristi	Sala de operaciones
S/E San Gregorio	Sala de operaciones
S/E Portoviejo	Sala de operaciones
S/E Salitral	Sala de operaciones
S/E Policentro	Sala de operaciones
S/E Santa Elena	Sala de operaciones
S/E Nueva Prosperina	Sala de operaciones
S/E Santo Domingo	Sala de operaciones
S/E Quevedo	Sala de operaciones
S/E Pascuales	Sala de operaciones
S/E Dos Cerritos	Sala de operaciones
S/E San Idelfonso	Sala de operaciones
S/E Machala	Sala de operaciones
S/E Milagro	Sala de operaciones
S/E Santa Rosa	Sala de operaciones
S/E Tulcán	Sala de operaciones
S/E Pomasqui	Sala de operaciones
S/E Vicentina	Sala de operaciones
S/E Ambato	Sala de operaciones
S/E Totoras	Sala de operaciones
S/E Riobamba	Sala de operaciones
S/E Zhoray	Sala de operaciones
S/E Molino	Sala de operaciones
S/E Cuenca	Sala de operaciones
S/E Loja	Sala de operaciones
S/E Ibarra	Sala de operaciones
S/E Agoyán	Sala de operaciones
S/E Baños	Sala de operaciones
S/E Gualaceo	Sala de operaciones
S/E Puyo	Sala de operaciones
S/E Tena	Sala de operaciones
S/E Coca	Sala de operaciones
S/E Macas	Sala de operaciones
S/E Mendez	Sala de operaciones
S/E Limón	Sala de operaciones
S/E Sinincay	Sala de operaciones
Edificio Calderón	Sala de operaciones
S/E Mulaló	Sala de operaciones
S/E Posorja	Sala de operaciones
S/E Babahoyo	Sala de operaciones
S/E Chone	Sala de operaciones

Tabla 2. 2 Departamentos de las Subestaciones

DIAGRAMA DE LA RED WAN DE LA CORPORACIÓN CELEC EP - TRANSELECTRIC

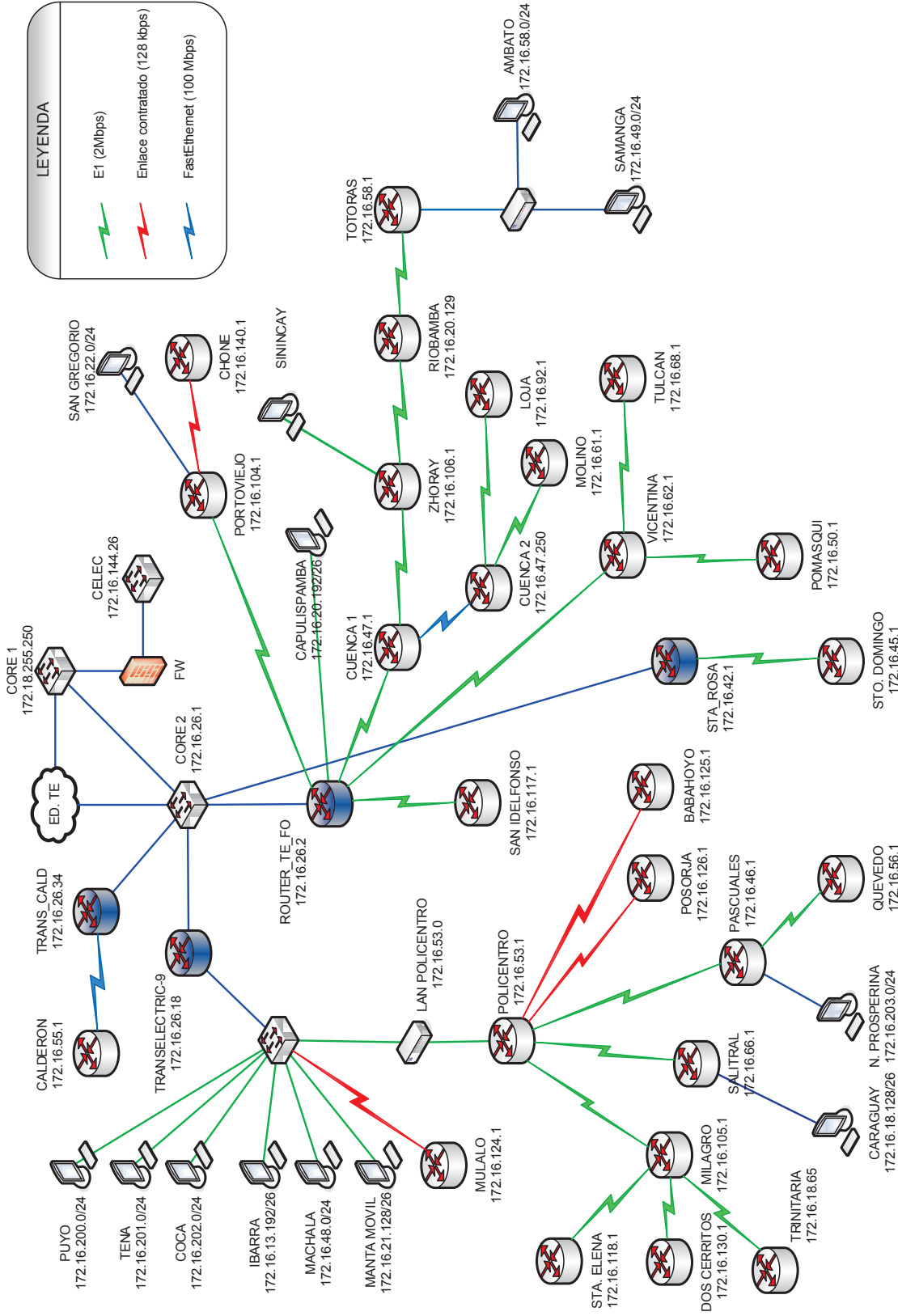


Figura 2. 2 Diagrama de la red WAN de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC [T1]

Funcionamiento

La red WAN de la corporación CELEC EP - TRANSELCTRIC, utiliza una topología en árbol, ya que tiene varias ramificaciones hacia los diferentes nodos que la conforman. Este tipo de topología es difícil de configurar ya que los datos son recibidos por todas las estaciones sin importar el destinatario, por este motivo se debe integrar un mecanismo que permita identificar al receptor de los mensajes. Esta configuración facilita la resolución de problemas, ya que la falla en un nodo no implica la interrupción de las comunicaciones entre las estaciones.

Esta red basa su funcionamiento en la interconexión de las diferentes subestaciones a través de los routers: TE-CAL, ENLACES CONTRATADOS, TE FO Y STA ROSA. Dichos routers se conectan al switch de core 2 CISCO Catalyst WS-C4506-E, mediante enlaces de 100 Mbps.

Actualmente la red WAN tiene 4 enlaces contratados de 128 Kbps con distintos proveedores, para conectarse con la subestaciones de: MULALO, POSORJA, BABAHOYO y CHONE.

Los enlaces hacia las demás subestaciones son de 2 Mbps, a excepción de: CARAGUAY, NUEVA PROSPERINA, SAN GREGORIO, AMBATO y SAMANGA, que son de 100 Mbps.

Todos los routers que conforman la red WAN, manejan el protocolo SNMP (*Simple Network Management Protocol*), facilitando el intercambio de información de administración entre ellos. Permitiendo a los administradores supervisar el comportamiento de la red, resolver problemas presentados y planificar un crecimiento futuro.

Actualmente la red WAN está conformada por 44 subestaciones, las cuales se encuentran ubicadas a lo largo de todo el país. Dichas subestaciones son operadas por personal de la corporación en turnos rotativos, para verificar y supervisar el correcto funcionamiento de las mismas.

ESTADO ACTUAL DE LA RED DEL EDIFICIO MATRIZ DE LA CORPORACIÓN CELEC EP TRANSELECTRIC

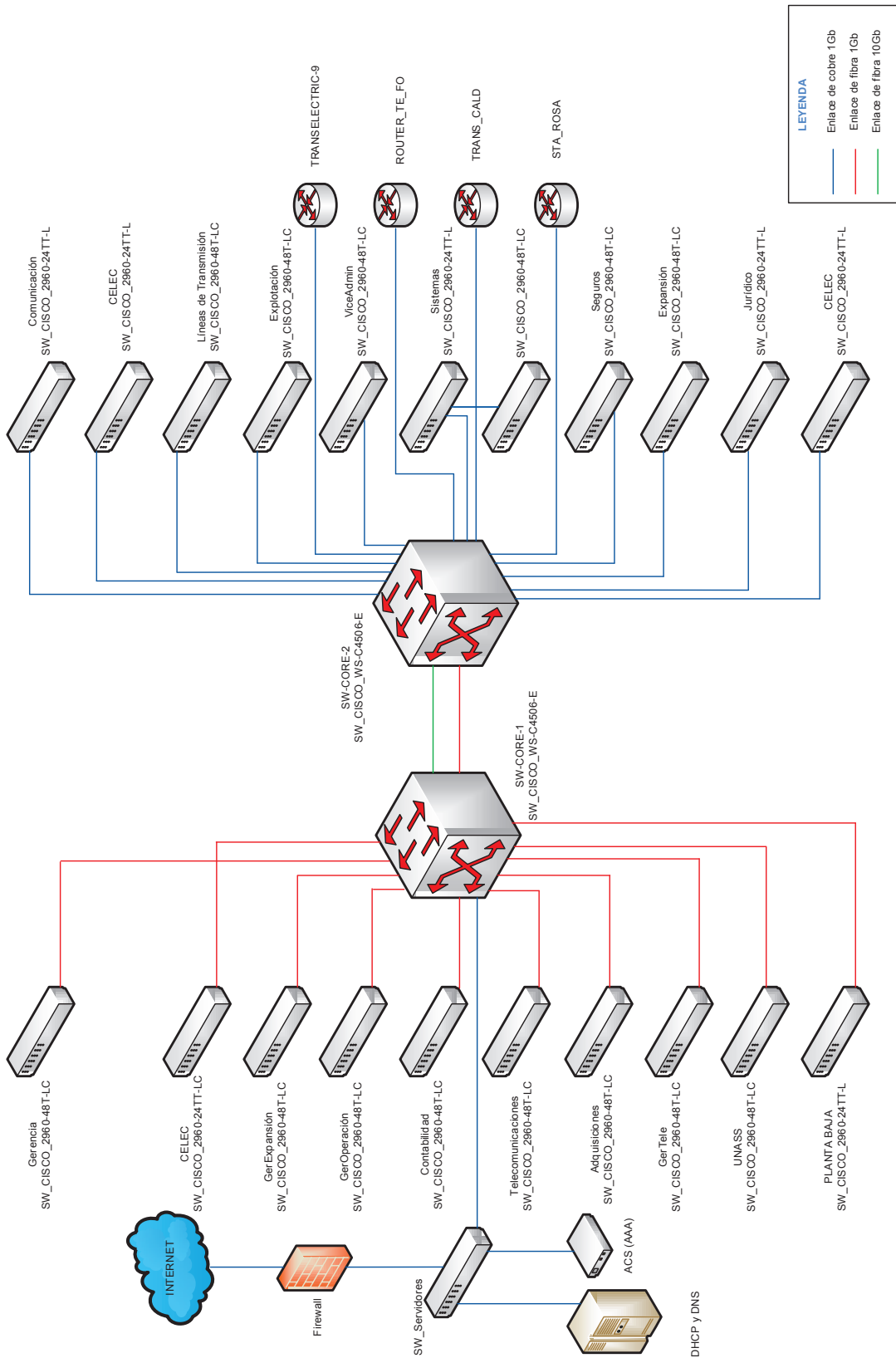


Figura 2. 3 Diagrama de la red LAN del edificio matriz de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC [M1]

Funcionamiento

La red LAN del edificio matriz de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, utiliza una topología en estrella extendida, ya que conecta todos los nodos con un nodo central, permitiendo agregar nuevos dispositivos fácilmente y realizar una reconfiguración rápida.

Actualmente cuenta con switches de acceso CISCO Catalyst 2960-24TT-L y CISCO Catalyst 2960-48TC-L, en cada piso. Los switches que se encuentran en el lado izquierdo del edificio, se conectan al switch de core 1 CISCO Catalyst WS-C4506-E, y los que se encuentran en el lado derecho se conectan al switch de core 2.

Los enlaces hacia el switch de core 1, son de 1 Gbps a través de fibra óptica y los enlaces hacia el switch de core 2, son de 1Gbps a través de cable de cobre.

En el quinto piso se encuentran los dos switches de core, que se comportan como los dos nodos centrales de toda la red, intercambiando información con cada uno de los switches de distribución. Entre estos existe un enlace de 10 Gbps a través de fibra óptica.

La red LAN maneja el protocolo RADIUS (*Remote Authentication Dial-In User Service*) para servicios de red, y el protocolo TACAS+ (*Terminal Access Controller Access Control System*) para la administración de dispositivos.

Dentro de los métodos de autenticación de 802.1x, se utiliza la autenticación basada en credenciales del directorio activo para equipos del personal de la corporación y MAB (*MAC Authentication Bypass*), para la autenticación de periféricos que no posean capacidad de control de acceso a la red basado en puertos.

El switch de core 1 tiene conexión con los servidores de la corporación, que proporcionan diferentes servicios a los usuarios de la red.

DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LA RED LAN DEL EDIFICIO MATRIZ

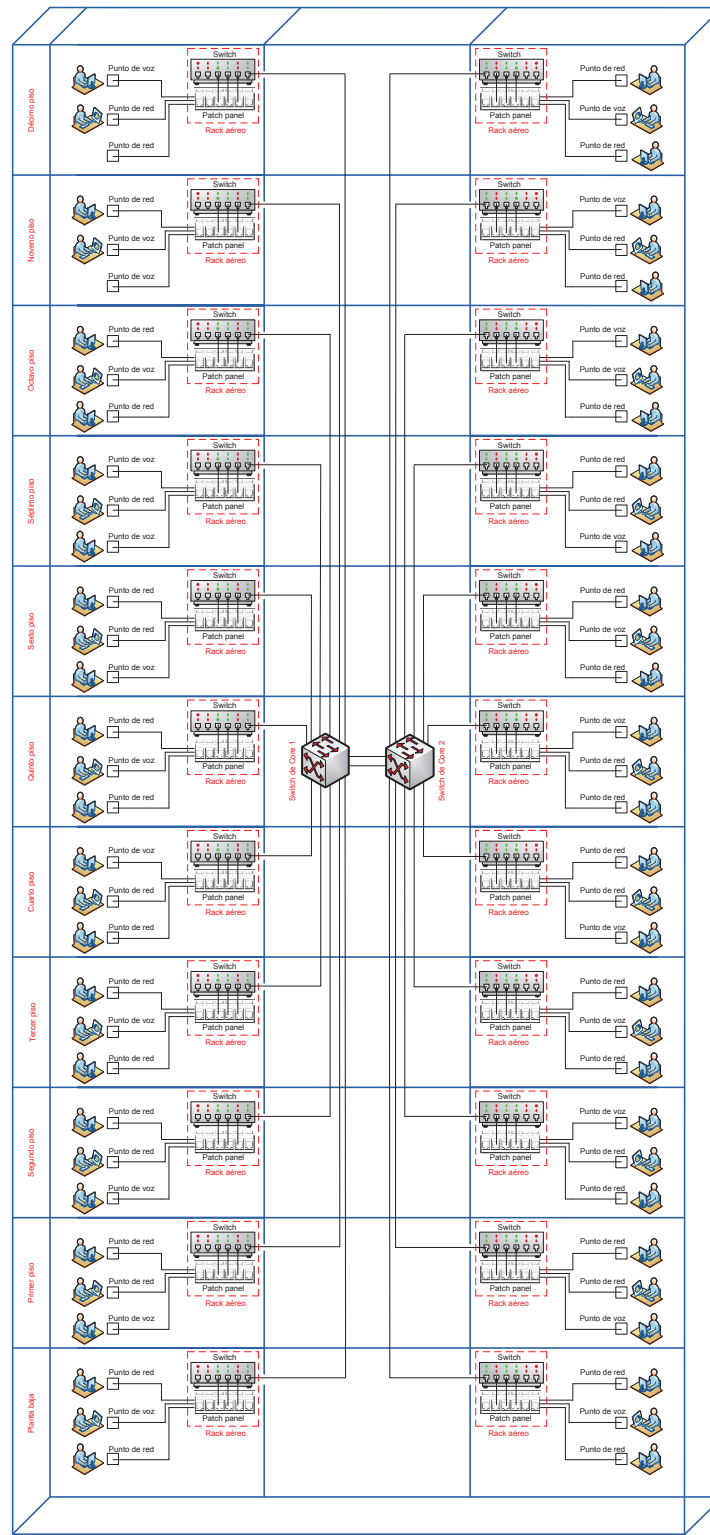


Figura 2. 4 Distribución física de la red LAN del edificio matriz

La figura 2.4 muestra la distribución física de la red LAN en el edificio matriz de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC. Como se puede observar cada estación de trabajo de los distintos departamentos, tiene puntos de red y voz que se conectan al patch panel, el cual se encuentra ubicado en el rack aéreo asignado para cada departamento.

La identificación de los diferentes puntos de voz y datos, está formada de tres partes: la primera identifica el piso y la zona que ocupa, la segunda si es de voz o datos y la tercera que número de punto es; por ejemplo "4A_D_02", es el punto de datos número 2 ubicado en el cuarto piso de la zona A.

Los puntos de red y de voz de cada patch panel se conectan a los switches de distribución respectivos. Estos switches de distribución se conectan a los switches de core1 y core2, dependiendo de su ubicación.

El cuarto de equipos principal se encuentra ubicado en el quinto piso, en este se encuentran todos los equipos de telecomunicaciones conjuntamente con sus sistemas de soporte.

El cableado horizontal que utilizan todos los departamentos es cable UTP (*Unshielded Twisted Pair*) categoría 5e, el cual es protegido y dirigido a través de canaletas.

El cableado vertical, también llamado cableado de backbone, está conformado por dos tipos de enlaces. Los switches de distribución ubicados en el lado B del edificio matriz, se conectan al switch de core 2 a través de cable UTP categoría 5e.

Los switches ubicados en el lado A, se conectan al switch de core 1 a través de cable de fibra óptica monomodo.

Los diferentes equipos de conectividad que conforman la red LAN de la corporación, se detallarán más adelante.

Como se puede observar en las figuras 2.2 y 2.3, la red de datos está formada por 2 switches de core, 21 de acceso, y ninguno de distribución. La identificación de los switches, está formada de tres partes: la primera identifica el tipo de dispositivo, la segunda si es de core o de acceso y la tercera en que piso y zona del edificio se encuentra; por ejemplo el switch “SW_ACCESO_2A”, es un switch de acceso ubicado en el segundo piso de la zona A.

La red de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, permite realizar video conferencias, con cualquier parte del país, ya que su router de borde maneja BGP (*Border Gateway Protocol*).

2.1.3 EQUIPOS DE CONECTIVIDAD

2.1.3.1 Capa de acceso ^[T1]

Esta capa está formada por 21 switches CISCO de la serie Catalyst 2960, exactamente 9 switches CISCO Catalyst 2960-24TT-L ^[1] y 12 switches CISCO Catalyst 2960-48TC-L ^[2]. Estos switches conmutan paquetes a nivel de la capa 2 del modelo OSI (*Open System Interconnection*), y tienen la capacidad de brindar calidad de servicio QoS (*Quality of Service*), necesario para el servicio de telefonía IP.

La capa de acceso funciona como una interfaz para proporcionar acceso a la red, por parte de dispositivos finales como impresoras, computadoras y teléfonos IP. La finalidad de esta capa es facilitar un medio de conexión entre los dispositivos y la red, además de verificar que dispositivos pueden hacer uso de la misma.

Esta capa realiza entre otras, funciones tales como:

- Creación de dominios de colisión separados (*Segmentación*).
- Asociación de VLAN's (*Virtual Local Area Network*).
- Políticas y control de acceso a la red.
- Bloqueo de puertos.

Característica	Detalle
Nivel de conmutación	2
Calidad de servicio	Estándar 802.1p
Velocidad de conmutación de paquetes	6.5 Mpps
Protocolo Spanning Tree	IEEE 802.1D
(MTBF) (Tiempo Medio entre Fallos)	407,707 horas
DRAM	64 MB
Direcciones MAC configurables	8000
Grupos IGMP configurables	255
Máximo número de VLAN's (802.1Q)	255
Número de puertos	- 24 puertos Ethernet 10/100 Mbps - 2 puertos Ethernet 10/100/1000 Mbps
Velocidad de backplane	32 Gbps
Monitoreo	Estándares RMON I y II, SNMP v1, v2c y v3.
LLDP	IEEE 802.1ab

Tabla 2. 3 Características de los switches de acceso CISCO Catalyst 2960-24TTL

[1]

Característica	Detalle
Nivel de conmutación	2
Calidad de servicio	Estándar 802.1p
Velocidad de conmutación de paquetes	6.5 Mpps
Protocolo Spanning Tree	IEEE 802.1D
(MTBF) (Tiempo Medio entre Fallos)	336,409 horas
DRAM	64 MB
Direcciones MAC configurables	8000
Grupos IGMP configurables	255
Máximo número de VLAN's (802.1Q)	255
Número de puertos	- 48 puertos Ethernet 10/100 Mbps - 2 puertos de uso dual 10/100/1000 Mbps
Velocidad de backplane	32 Gbps
Monitoreo	Estándares RMON I y II, SNMP v1, v2c y v3.
LLDP	IEEE 802.1ab

Tabla 2. 4 Características de los switches de acceso CISCO Catalyst 2960-48TC-

L^[2]

En cada switch de acceso, que conforma la red WAN de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, se tienen creadas VLAN's, para segmentar la red de acuerdo a los departamentos y funciones que necesita la red WAN.

2.1.3.2 Capa de core ^[T1]

Esta capa está formada por 2 switches CISCO de la serie Catalyst 4500, exactamente 2 switches CISCO Catalyst WS-C4506-E ^[3].

Estos switches conmutan paquetes a nivel de la capa 2, 3 y 4 del modelo OSI, con una velocidad de conmutación de paquetes de 48 Mbps (*Megabits per second*), una velocidad de backplane de 64 Gbps (*Gigabits per second*), además de brindar calidad de servicio QoS y asignación de ancho de banda, lo cual es necesario para el servicio de Telefonía IP.

Característica	Detalle
Nivel de conmutación	2, 3, 4
Velocidad de conmutación de paquetes	48 Mbps
Protocolo Spanning Tree	IEEE 802.1D
(MTBF) (Tiempo Medio entre Fallos)	710,119 horas
Direcciones MAC configurables	30000
Máximo número de VLAN's (802.1Q)	4096
Número de puertos	24 Gbps / 48 Gbps
Velocidad de backplane	64 Gbps
Monitoreo	Estándares RMON I y II, SNMP v1, v2c y v3
Escalabilidad de ancho de banda por ranura de tarjeta de línea	Hasta 48 Gbps en todas las ranuras
Número de módulos de suministro de energía	2
Trunking y etiquetado de VLAN	IEEE 802.1Q, IEEE 802.3ad
Protocolo Spanning Tree	IEEE 802.1D, IEEE 802.1w, IEEE 802.1s

Tabla 2. 5 Características de los switches de core ^[3]

2.1.3.3 Elementos activos ^[T1]

A continuación se describen los elementos activos que conforman la red de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, entre los cuales se encuentran los dispositivos de conectividad y los servidores, que se detallan a continuación.

2.1.3.3.1 Escalabilidad actual en los equipos de conectividad

❖ Switches de acceso

Dispositivo	Modelo	Interfaces (Usadas/ Disponibles)	Porcentaje de puertos libres
Switch/2A	Catalyst 2960-48-TC-L	(18/30)	62,5%
Switch/2B	Catalyst 2960-24-TT-L	(12/12)	50%
Switch/3A	Catalyst 2960-48-TC-L	(17/31)	64,58%
Switch/3B	Catalyst 2960-48-TC-L	(13/35)	72,92%
Switch/4B	Catalyst 2960-24-TT-L	(11/13)	54,17%
Switch/5A	Catalyst 2960-48-TC-L	(10/38)	79,17%
Switch/5B	Catalyst 2960-48-TC-L	(18/30)	62,5%
Switch/5B_1	Catalyst 2960-24-TT-L	(10/14)	58,33%
Switch/6A	Catalyst 2960-48-TC-L	(31/17)	35,42%
Switch/6B	Catalyst 2960-48-TC-L	(24/24)	50%
Switch/7A	Catalyst 2960-48-TC-L	(14/34)	70,83%
Switch/7B	Catalyst 2960-48-TC-L	(20/28)	58,33%
Switch/8A	Catalyst 2960-48-TC-L	(15/33)	68,75%
Switch/8B	Catalyst 2960-48-TC-L	(31/17)	35,42%
Switch/9A	Catalyst 2960-24-TT-L	(10/14)	58,33
Switch/9B	Catalyst 2960-24-TT-L	(11/13)	54,17%
Switch/10A	Catalyst 2960-24-TT-L	(7/17)	70,83%
Switch/10B	Catalyst 2960-24-TT-L	(11/13)	54,17%
Switch/PB	Catalyst 2960-48-TC-L	(20/28)	58,33%
Switch/PB_1	Catalyst 2960-24-TT-L	(10/14)	58,33%
Switch/SUB	Catalyst 2960-24-TT-L	(9/15)	62,5%

Tabla 2. 6 Switches de acceso de la red de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC ^[T1]

❖ Switches de core

Dispositivo	Modelo	Interfaces (Usadas/ Disponibles)	Porcentaje de puertos libres
SW_CORE_1	WS-C4506-E	(13/11)	45,83%
SW_CORE_2	WS-C4506-E	(26/22)	45,83%

Tabla 2. 7 Switches de core de la red de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC ^[T1]

❖ Routers

Dispositivo	Modelo	Interfaces FE (Usadas/ Disponibles)	Porcentaje de puertos libres	Interfaces Seriales (Usadas/ Disponibles)	Porcentaje de puertos libres
Router/Totoras	Cisco 1721	(1/0)	0%	(1/0)	0%
Router/Riobamba	Cisco 1721	(1/0)	0%	(2/0)	0%
Router/Zhoray	Cisco 1721	(1/0)	0%	(2/0)	0%
Router/Cuenca	Cisco 1841	(4/2)	25%	(2/0)	0%
Router/Loja	Cisco 1721	(1/0)	0%	(1/0)	0%
Router/Molino	Cisco 1841	(1/1)	50%	(1/0)	0%
Router/Tulcán	Cisco 1721	(1/0)	0%	(1/0)	0%
Router/Vicentina	Cisco 1841	(2/0)	0%	(3/0)	0%
Router/Pomasqui	Cisco 1721	(1/0)	0%	(1/2)	66,67%
Router/Mulaló	Cisco C805	(1/0)	0%	(1/0)	0%
Router/Sta. Rosa	Cisco 1841	(2/0)	0%	(2/0)	0%
Router/Sto. Domingo	Cisco 1841	(2/0)	0%	(1/0)	0%
Router/San Idelfonso	Cisco 1841	(2/0)	0%	(1/0)	0%
Router/TE FO	Cisco 2620MX	(4/0)	0%	(4/0)	0%
Router/Quevedo	Cisco 1841	(2/0)	0%	(2/0)	0%
Router/Pascuales	Cisco 1841	(2/0)	0%	(2/1)	33,33%
Router/TE-CAL	Cisco 871	(3/2)	40%	(0/0)	0%
Router/Portoviejo	Cisco 1841	(2/0)	0%	(1/0)	0%
Router/Chone	Cisco 1721	(1/0)	0%	(1/0)	0%
Router/Posorja	Cisco C805	(1/0)	0%	(1/0)	0%
Router/Policentro	Cisco 1721	(1/0)	0%	(4/0)	0%
Router/Babahoyo	Cisco 1601	(1/0)	0%	(1/0)	0%
Router/Salitril	Cisco 1841	(2/0)	0%	(0/2)	100%
Router/Sta. Elena	Cisco 1841	(2/0)	0%	(1/0)	0%
Router/Milagro	Cisco 1721	(1/0)	0%	(4/0)	0%
Router/Dos cerritos	Cisco 1841	(1/1)	50%	(1/0)	0%
Router/Trinitaria	Cisco 1841	(2/0)	0%	(1/0)	0%

Tabla 2. 8 Routers de la red de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC ^[T1]❖ Servidores ^[T2]

Actualmente en la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, existen varios tipos de servidores, los cuales realizan distintas funciones, motivo por el cual se los debe clasificar, para identificar cuáles de ellos intervienen en el dimensionamiento de la red integrada de voz y datos.

A los servidores se los puede clasificar como servidores generales y específicos. Los servidores específicos soportan un grupo determinado de usuarios, y ofrecen servicios tales como: archivos compartidos, procesadores de texto, servidores

proxys, bases de datos, etc.; estos servicios se los utiliza a nivel de acceso, lo cual no influye en el dimensionamiento y por este motivo este tipo de servidores no serán analizados.

Un servidor general es aquel que soporta a todos los usuarios de la red, brindando servicios como: correo electrónico, Internet, DNS, DHCP; estos servicios son requeridos por gran parte de los usuarios, por ser funciones comunes.

A continuación se listan los servidores generales, que posee la corporación.

Servidor	Marca	Modelo	Sistema Operativo	Procesador	Memoria RAM	Velocidad de la tarjeta de red (Mbps)
Firewall 1	HP	Proliant DL 380 G5	Secure Pataform	Intel Xeon E5320, 1.86 Ghz	2.0 Gb	10/100
Firewall 2	HP	Proliant DL 380 G5	Secure Pataform	Intel Xeon E5320, 1.86 Ghz	2.0 Gb	10/100
Websense	HP	Proliant DL 380 G4	Windows Server 2003	Intel(R) Xeon(TM) CPU 3.40GHz	1.0 Gb	10/100
Antivirus	HP	Proliant DL 380 G4	Linux	Intel(R) Xeon(TM) CPU 3.40GHz	2.0 Gb	10/100
DHCP	HP	Proliant DL 380 G4	Linux	Intel(R) Xeon(TM) CPU 3.40GHz	2.0 Gb	10/100
DNS	HP	Proliant DL 360	Linux Centos 5.3	Intel(R) Xeon(TM) CPU 3.60GHz	2.0 Gb	10/100
Flexline	HP	Proliant DL 380 G4	Windows Server 2003	Intel(R) Xeon(TM) CPU 3.40GHz	4.0 Gb	10/100
Intranet	HP	Proliant DL 380 G4	Windows Server 2003	Intel(R) Xeon(TM) CPU 3.40GHz	2.0 Gb	10/100
Project	HP	Proliant ML 370 G3	Windows Server 2003	Intel(R) Xeon(TM) CPU 3.20GHz	2.0 Gb	10/100
Antispam	IBM	Internet Security Systems	Software propietario	Intel(R) Xeon(TM) CPU 2.80GHz	2.0 Gb	10/100

Tabla 2. 9 Servidores que brindan servicios generales a la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC ^[T2]

Firewall (Cortafuegos) 1 y 2.- La función principal de estos servidores, es bloquear el acceso no autorizado a la red interna de la corporación, y permitir al mismo tiempo comunicaciones autorizadas. Todos los mensajes que entren o salgan de la intranet de la corporación pasan a través de estos cortafuegos, los cuales examinan cada mensaje y bloquean aquellos que no cumplan con las políticas de seguridad creadas.

Websense.- Este servidor protege la red de la corporación, bloqueando el acceso a sitios asociados con spyware, phishing, keylogging, robo de información, y otras

amenazas. Este servidor aumenta la productividad de cada uno de los empleados de la corporación ya que bloquea cualquier navegación a sitios web que no estén relacionados con la corporación.

Este servidor guarda en su base de datos más de 90 categorías web personalizables.

Antivirus.- Este servidor se encarga de bajar las actualizaciones de los antivirus instalados en cada máquina de la corporación, además de actualizar su base de datos con los nuevos tipos de virus que existen.

Las máquinas de la corporación ejecutan periódicamente tareas de análisis y puesta en cuarentena de los virus encontrados, gracias a las tareas programadas en el servidor de antivirus.

Este servidor cuenta con una consola de administración específica para este propósito.

DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*).- Este servidor permite a los usuarios de la red, adquirir sus parámetros de configuración automáticamente.

Este servidor tiene un listado de direcciones IP dinámicas, que las va asignando a los usuarios según estas se encuentren libres.

El servidor es capaz de almacenar información respecto a que usuario fue asignado una dirección IP, que tiempo hizo uso de ella y a quien posteriormente fue asignada.

DNS (*Domain Name System*).- La función principal de este servidor, es la traducción de nombres de dominio a direcciones IP y viceversa.

El servidor DNS emplea una base de datos jerárquica y distribuida, la cual guarda información concerniente a nombres de dominio.

El servidor DNS, también permite la ubicación de los servidores de correo electrónico de su respectivo dominio.

Este servidor tiene la capacidad de reenviar las peticiones de los usuarios, a otro servidor si no posee la dirección solicitada.

Flexline.- La función de este servidor es brindar un conjunto de aplicaciones definidas para ayudar y facilitar los procesos administrativos y de gestión de la corporación.

Este servidor permite una administración más eficiente de la información, vincular datos provenientes de distintas áreas de la corporación.

Este servidor maneja información Contable y Comercial, además de un control presupuestario y financiero.

Intranet.- Este servidor contiene carpetas compartidas en las cuales se encuentran instaladores de programas que sirven para las diferentes áreas de la corporación.

Este servidor también contiene drivers para los diferentes periféricos que se pueden encontrar dentro de la red.

En este servidor se encuentra el servicio de directorio, el cual utiliza distintos protocolos tales como: LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*), DNS, DHCP, etc., y se encarga de manejar el dominio de toda la red de la corporación.

Project.- Este servidor se encarga de la administración de proyectos. Guarda la información del proyecto en una base de datos, protegiendo el acceso no autorizado y la corrupción o mal funcionamiento de dicho proyecto.

Este servidor proporciona la capacidad de elaborar informes sobre las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos.

Este servidor además guarda calendarios individuales, tablas y campos, para que de esa forma los usuarios accedan a la última versión del proyecto cada vez que se conectan a Microsoft Project.

Antispam.- Este servidor se encarga de prevenir la recepción de “correo basura”, es decir los mensajes no solicitados, no deseados o de remitente desconocido, en los buzones de correo electrónico de los diferentes usuarios de la corporación.

2.1.4 DIRECCIONAMIENTO Y ENRUTAMIENTO ^[M1]

La asignación de direcciones IP a las redes y subredes de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, se lo realiza mediante VLSM (*Variable Length Subnet Mask*), con la finalidad de tener redes seguras y jerárquicas.

VLAN ID	Nombre	Subred	Descripción
121	CUARENTENA	172.16.3.192 / 26	Cuarentena
11	UNASS	172.16.23.0 / 26	Planta Baja
10	CELEC	172.16.23.64 / 26	Subsuelo
13	GerTele	172.16.23.128 / 26	Segundo piso A
12	Jurídico	172.16.23.192 / 26	Segundo piso B
15	Adquisiciones	172.16.24.0 / 26	Tercer piso A
14	Expansión	172.16.24.64 / 26	Tercer piso B
1	Administrativa	172.16.24.128 / 26	Administración de equipos
16	Seguros	172.16.24.192 / 26	Cuarto piso B
17	Telecomunicaciones	172.16.25.0 / 26	Quinto piso A
18	Sistemas	172.16.25.64 / 26	Quinto piso B
19	Contabilidad	172.16.25.128 / 26	Sexto piso A
20	ViceAdmin	172.16.25.192 / 26	Sexto piso B
21	GerOperación	172.16.27.0 / 26	Séptimo piso A
22	Explotación	172.16.27.64 / 26	Séptimo piso B
23	GerExpansión	172.16.27.128 / 26	Octavo piso A
24	Líneas de Transmisión	172.16.27.192 / 26	Octavo piso B
25	CELEC 1	172.16.31.0 / 26	Noveno piso A
26	CELEC 2	172.16.31.64 / 26	Noveno piso B
27	Gerencia	172.16.31.128 / 26	Décimo piso A
28	Comunicación	172.16.31.192 / 26	Décimo piso B

Tabla 2. 10 Direccionamiento IP en el edificio matriz ^[M1]

También se utilizan direcciones IP fijas, para establecer conexión con las diferentes subestaciones de trabajo.

La red de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, está formada por 21 subredes y 21 VLANS, una por cada switch de acceso del edificio matriz.

El enrutamiento del tráfico de las VLANs, entre las diferentes subredes y dominio VTP lo realizan los switches de core. El enrutamiento del tráfico en la capa de core, está dado por rutas estáticas.

2.1.5 ANÁLISIS DE TRÁFICO

Las mediciones de tráfico de la mayoría de enlaces y dispositivos de la red de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, se las realizó mediante el uso del protocolo SNMP (*Simple Network Management Protocol*) habilitado en los switches y routers de la red.

Para realizar dichas mediciones se utilizó el programa PRTG (*Paessler Router Traffic Grapher*) configurado en el equipo que maneja la gestión de la red de la corporación.

El análisis de los niveles de tráfico, se los realizó en los puertos que se enlazan hacia el nivel de core y acceso a internet, de los distintos switches de acceso y core.

El análisis de tráfico se lo realizó desde el mes de Octubre de 2012 hasta el mes de Abril de 2013, en el cual se detalla:

- ❖ Tráfico de entrada, salida y total hacia internet.
- ❖ Tráfico de entrada, salida y total de los enlaces WAN.
- ❖ Tráfico de la red LAN.

En el (*anexo A*) se muestran las mediciones de tráfico detalladas de cada enlace.

2.1.5.1 Niveles de tráfico en los enlaces de los switches de acceso hacia los switches de core

Enlace	Tráfico de entrada [Kbits/s]	Tráfico de salida [Kbits/s]	Tráfico Total [Kbits/s]
SW_ACCESO_10A – SW_CORE_1	0,065	720,947	721,012
SW_ACCESO_9A – SW_CORE_1	973,169	63,797	1.036,966
SW_ACCESO_8A – SW_CORE_1	1.012,461	43,973	1.056,435
SW_ACCESO_7A – SW_CORE_1	954,520	30,230	984,751
SW_ACCESO_6A – SW_CORE_1	1.204,439	120,585	1.325,024
SW_ACCESO_5A – SW_CORE_1	1.455,803	108,033	1.563,836
SW_ACCESO_3A – SW_CORE_1	821,234	1,801	823,035
SW_ACCESO_2A – SW_CORE_1	860,602	55,441	916,044
SW_ACCESO_PB – SW_CORE_1	755,383	1,161	756,544
SW_ACCESO_PB_1 – SW_CORE_1	794,519	13,122	807,641
SW_ACCESO_10B – SW_CORE_2	913,666	41,003	954,669
SW_ACCESO_9B – SW_CORE_2	850,528	34,954	885,482
SW_ACCESO_8B – SW_CORE_2	907,674	46,634	954,308
SW_ACCESO_7B – SW_CORE_2	1.057,672	65,073	1.122,745
SW_ACCESO_6B – SW_CORE_2	747,432	5,251	752,684
SW_ACCESO_5B_1 – SW_CORE_2	972,129	105,865	1.077,994
SW_ACCESO_4B – SW_CORE_2	752,959	2,206	755,165
SW_ACCESO_3B – SW_CORE_2	925,132	42,789	967,922
SW_ACCESO_2B – SW_CORE_2	1.414,651	589,519	2.004,170
SW_ACCESO_SUB – SW_CORE_2	803,376	8,454	811,830
SW_CORE_1 – SW_CORE_2	8.978,649	14.067,200	23.045,849

Tabla 2. 11 Tráfico promedio de 6 meses en los enlaces de los switches de acceso hacia los switches de core ^[P1]

2.1.5.2 Niveles de tráfico en los enlaces de los routers hacia los switches de core

Enlace	Tráfico de entrada [Kbits/s]	Tráfico de salida [Kbits/s]	Tráfico Total [Kbits/s]
TRANSELECTRIC-9 – SW_CORE_2	3.487,014	820,360	4.307,373
ROUTER_TE_FO – SW_CORE_2	2.016,321	354,548	2.370,869
TRANS_CALD – SW_CORE_2	1.799,357	5.314,025	7.113,383
STA_ROSA – SW_CORE_2	419,072	185,582	604,655

Tabla 2. 12 Tráfico promedio de 6 meses en los enlaces de los routers hacia los switches de core ^[P1]

2.1.5.3 Niveles de tráfico en el enlace hacia el acceso a internet

Enlace	Tráfico de entrada [Kbits/s]	Tráfico de salida [Kbits/s]	Tráfico Total [Kbits/s]
Internet (Hacia el router de Transnexa)	876,149	6.398,172	7.274,321

Tabla 2. 13 Tráfico promedio de 6 meses en el enlace hacia internet ^[P1]

2.1.6 ANÁLISIS DE LA RED DE DATOS

Actualmente la red de la corporación brinda servicio a cerca de **793** usuarios a través del servicio de DHCP y algunas direcciones IP estáticas. Estos usuarios principalmente hacen uso del servicio de internet.

Como se puede observar en la tabla 2.11, los niveles de tráfico entre la capa de acceso y de core no superan los 30 Mbits/s, considerando que estos enlaces soportan hasta 1 Gbit/s solo se está utilizando un 3% de la capacidad total.

Actualmente, la fuente redundante del switches de core 2, se encuentra dañada, por lo que si sufriera algún desperfecto la fuente primaria, todos los equipos conectados en dicho switch, permanecerían incomunicados con el resto de la red de la corporación.

Por tal motivo se debería reemplazar la fuente secundaria, para brindar una mayor redundancia a la red de la corporación.

Uno de los inconvenientes que se presenta en la red de la corporación es la conexión de switches de pequeña escala, a nivel de la capa de acceso. Esto provoca desequilibrio en la red, compartición del ancho de banda y disminución del rendimiento de la red. Estos factores afectan la implementación de voz sobre IP, ya que a pesar de dimensionar correctamente los enlaces para este tipo de servicio, los usuarios al entablar un llamada por voz sobre IP, pueden notar que la comunicación no es clara, que se produce eco, que se corta la comunicación, etc.

Esto se debe a la latencia y pérdida de datos, que se genera al momento de compartir el ancho de banda con dispositivos conectados en la capa de acceso, que no estaban especificados en el diseño inicial; es decir equipos conectados sin previo aviso a los administradores de red o de forma no autorizada.

Del presenta análisis se concluye que la red de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, está en la capacidad de brindar el servicio de telefonía IP, con

niveles de prestación excelentes. Cabe recalcar que se necesitan políticas para el incremento de la red tanto a nivel de la capa de acceso como de core, para proteger las operaciones de la red, de daños no intencionados o deliberados.

Estas políticas ayudarán a prevenir, autenticar, tomar las acciones adecuadas y necesarias ante posibles conexiones no autorizadas de cualquier equipo en la red de la corporación. Además de estudiar el impacto y comportamiento de la red al agregar un equipo de forma autorizada.

2.1.7 ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA TELEFÓNICO DE LA CORPORACIÓN CELEC EP – TRANSELECTRIC ^[T1]

Actualmente la red telefónica de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, está conformada por 15 centrales telefónicas, las cuales se encuentran repartidas en las distintas subestaciones y dependencias de todo el país.

Los lugares donde se encuentran instaladas las centrales telefónicas son:

Lista de Centrales Telefónicas	Plan de numeración		
	Prefijo	Comienzo	Fin
Vicentina	22	2200	2299
Edificio Matriz	21	2100	2199
Santa Rosa	33	3300	3399
Pucará	34	3400	3499
Santo Domingo	61	6100	6199
Totoras	35	3500	3599
Agoyán	36	3600	3699
Quevedo	66	6600	6699
Salitral	77	7700	7799
Pascuales	70	7000	7099
Molino	40	4000	4099
Cuenca	42	4200	4299
San Idelfonso	81	8100	8199
Milagro	80	8000	8099

Tabla 2. 14 Lista de centrales telefónicas actuales de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC.

A continuación se indican las marcas de las centrales telefónicas:

ECS (*Electronic call selector*)-6384

ECS-6300A

SOPHO IS-3030

CONSONO MD110

2.1.7.1 Descripción del equipamiento actual

2.1.7.1.1 ECS-6384^[G1]

La central telefónica ECS-6384 está formada por un sistema de 48 puertos. Esta central puede ser ampliada a 8 unidades por rack, teniendo una capacidad máxima de 384 puertos. Utiliza 8 bits, para la modulación por codificación de pulsos y codificación de voz. Proporciona capacidades sin bloquear la interconexión entre todos los puertos.

La central telefónica ECS-6384 puede formarse de uno a ocho ECS. Está diseñada para brindar el servicio de telefonía básica, conmutación remota y servicio de PABX.

Tecnología	- Puede ser controlada por un programa almacenado. - Posee memoria ROM y RAM. - Batería de respaldo para la memoria RAM.
Modulación	- PCM (<i>Pulse Code Modulation</i>) (2.048 MHZ).
Control	- Procesos distribuidos, a través de un microprocesador.
Capacidad del sistema	- 384 puertos máximo, en incrementos de 48 puertos por ECS.
Tráfico	- 36 CCS (<i>Cent Call Second</i>).
Transmisión	- Interna: Formato digital PCM 8 bits. - Externa: Crosstalk: -75 dB Inserción de pérdida Línea a línea: 0.5 dB Línea a troncal: 60 dB Balanceo longitudinal: 40 dB Impedancia nominal: 600 ohm
Alimentación	Alimentación primaria: 115/230 VAC, 50-60 Hz.

Tabla 2. 15 Especificaciones de la central telefónica ECS-6384 ^[G1]

2.1.7.1.2 ECS-6300A ^[G2]

La central telefónica ECS-6300A, es un sistema telefónico de conmutación modular, diseñada para proporcionar un servicio de conmutación telefónica en los lugares que requieren hasta 63 terminales.

Los terminales pueden ser cualquier combinación de 2 hilos de abonado, o 4 hilos *E&M troncales*, diseñados para interfaces portadoras estándar.

La central telefónica ECS-6300, se utiliza para conectar, cualquier abonado local, utilizando 4 hilos de conmutación para minimizar las pérdidas y reducir el ruido en la línea.

Alimentación	- Voltaje de entrada: 42 a 56 vdc - Corriente: 1.5 a 3.0 amp.
Tiempo de liberación Emisor/Receptor	- Fracaso al marcar: 10 seg. - Fracaso al completar la marcación: 20 seg.
Retardo en el tono de marcación	- Menos de 3 seg. En el 99% de intentos.
Tipo de señalización	- DTMF (<i>Dual Tone Multi-Frequency</i>).
Protección	- Fusible en la parte frontal de la fuente de alimentación.
Interface troncal	- 4 hilos con control E&M.
Frecuencias DTMF	- 697 Hz, 770 Hz, 852 Hz, 941 Hz, 1209 Hz, 1336 Hz y 1477 Hz
Niveles de las interfaces de 4 hilos	- Recepción: + 7 dBm - Envío: - 16 dBm

Tabla 2. 16 Especificaciones de la central telefónica ECS-6300A ^[G2]

2.1.7.1.3 SOPHO IS-3030 ^[S1]

La central telefónica SOPHO IS 3030, está basada en un diseño de núcleo ISDN, el cual facilita las conexiones digitales extremo a extremo, proporcionando un amplio conjunto de servicios.

La central telefónica SOPHO IS 3030, proporciona diferentes interfaces para la conexión a la red pública a través de tarjetas para troncales analógicas, en función del entorno de la red del usuario.

Alimentación	- AC: 100 V a 240 V, 47 a 63 Hz - DC: 42 a 60V - Estándar (IEC) 60950-1
Condiciones Ambientales	- Temperatura: -5° to +45°C - Humedad: 10 to 85%
Modulación	- PCM (<i>Pulse Code Modulation</i>).
Extensiones inalámbricas	- DECT (GAP estándar) - WLAN (SIP estándar)
Recomendaciones	- G.703, G.704, G.706, G.707, G.711, G.712-G.715, T I.430, I.431, ITU-T Q.93x, Q.95x, K.20.
Extensiones Analógicas	- Marcación por Tono / Pulso.
Conmutación	- Multiplexación por división de tiempo (TDM), matriz de conmutación, usando ranuras de tiempo de 64 Kbits/s.

Tabla 2. 17 Especificaciones de la central telefónica SOPHO IS-3030 ^[S1]

2.1.7.1.4 CONSONO MD110 ^[C1]

La central telefónica CONSONO MD110, permite una completa interconexión con equipos de telefonía, utilizando módulos de interfaz de línea, que pueden ser distribuidos y administrados, desde un terminal utilizando la interfaz propietaria MD110.

El sistema MD110 CONSONO ofrece una variedad de aplicaciones opcionales que proporcionan mejores funciones de procesamiento de llamadas, incluyendo una interfaz de switch a computadora, ACD (*Automatic call distributor*), sistema de mensajería de voz y servicio de emergencia 911.

Alimentación	- Voltaje de Entrada: 115/230 VAC \pm 15% o 50 a 60 Hz. - Voltaje de salida: hasta 24A @ -48 VCC.
Condiciones Ambientales	- Temperatura de funcionamiento: 41 a 104°F (5 a 40°C). - Humedad relativa: 20 a 80% sin condensación.
Número máximo de canales	- 23 en los países que utilizan un T1, como estándar digital. - 30 en los países que utilizan un E1, como estándar digital.
Marcación Rápida	- Acceso rápido a las personas o grupos que se llaman con frecuencia, con sólo unas pocas pulsaciones de teclas.
Repetición del último número	- Esta característica de ahorro de tiempo hace posible llegar al último número marcado, con sólo pulsar una tecla.
Terminales troncales soportados	- E&M - Digital T1 - Digital E1 - ISDN (T1 y E1)

Tabla 2. 18 Especificaciones de la central telefónica CONSONO MD110 ^[C1]

ESTADO ACTUAL DE LA RED TELEFÓNICA DE TRANSELECTRIC

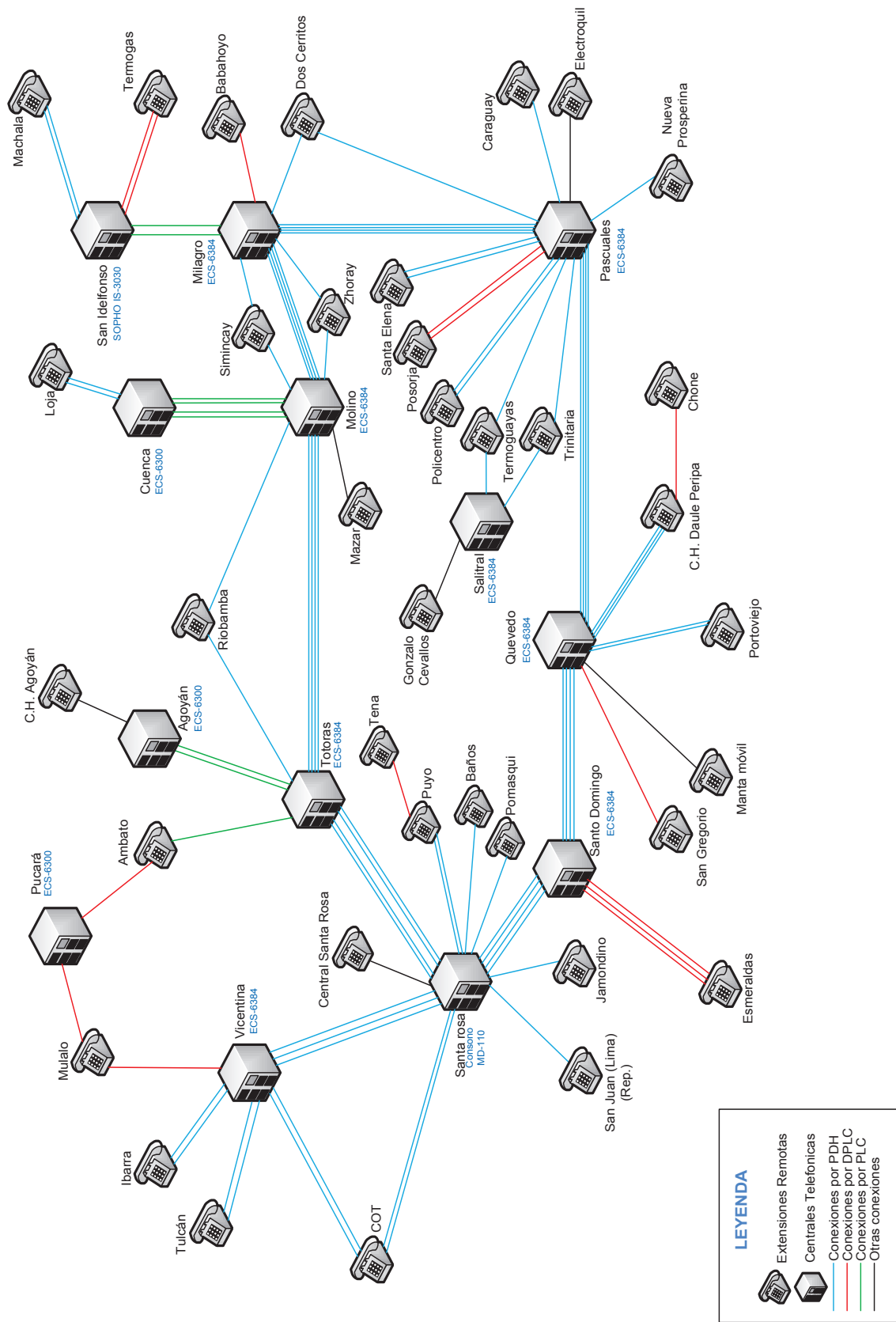


Figura 2. 5 Red telefónica antigua de la Corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC [71]

Funcionamiento

La red telefónica de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC está conformada por 15 centrales telefónicas, de las cuales la gran mayoría fueron creadas en el año de 1980.

Actualmente, parte de la red telefónica funciona utilizando la tecnología PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*), DPLC (*Digital Power Line Carrier*), PLC (*Power Line Carrier*) y otras conexiones.

Otra parte de la red funciona, utilizando 235 líneas fijas, 26 troncales analógicas y 10 troncales celulares.

Las conexiones a las subestaciones que no poseen centrales telefónicas se las realiza a través de extensiones remotas desde la subestación más cercana.

El plan de marcación actual consta de 4 dígitos. Los dos primeros dígitos son para distinguir la subestación a la cual se está llamando y los dos siguientes son para la extensión específica.

Las subestaciones de: Mulaló, Ambato, San Gregorio, Chone, Santa Elena y Babahoyo se conectan a la red de telefonía a través de conexiones por DPLC (*Digital Power Line Carrier*).

Las llamadas hacia números convencionales, celulares e interprovinciales no se realizan por las troncales adecuadas, ya que no se cuenta con un mecanismo de enrutamiento de llamadas adecuado, para poder bloquear o permitir la realización de las mismas de acuerdo al número de destino.

Una desventaja de la red telefónica actual, es que si una central telefónica falla o sufre algún desperfecto se pierde comunicación con un número considerable de subestaciones, ya que no existen caminos secundarios que puedan ser utilizados en caso de presentarse los problemas mencionados.

2.1.7.2 Capacidades de las centrales telefónicas

A continuación se indica la capacidad que tienen las centrales telefónicas en las distintas subestaciones y edificio matriz.

Subestación	Tarjeta	Tipo	Números de tarjetas	Números de puertos por tarjeta	Total de puertos
Vicentina	19C850940P13	Troncales	3	2	6
	19C850940P12	Extensiones analógicas	4	4	16
Santa Rosa	TLU 74	Troncales	4	4	16
	ELU 22	Extensiones analógicas	6	8	48
Pucará	CLT63A2	Troncales	1	2	2
	CLC63A2	Extensiones analógicas	2	4	8
Santo Domingo	19C850940P13	Troncales	4	2	8
	19C850940P12	Extensiones analógicas	5	4	20
Totoras	19C850940P13	Troncales	5	2	10
	19C850940P12	Extensiones analógicas	2	4	8
Agoyán	CLT63A2	Troncales	1	2	2
	CLC63A2	Extensiones analógicas	1	4	4
Quevedo	19C850940P13	Troncales	4	2	8
	19C850940P12	Extensiones analógicas	3	4	12
Salítral	19C850940P13	Troncales	1	2	2
	19C850940P12	Extensiones analógicas	3	4	12
Pascuales	19C850940P13	Troncales	5	2	10
	19C850940P12	Extensiones analógicas	7	4	28
Molino	19C850940P13	Troncales	6	2	12
	19C850940P12	Extensiones analógicas	4	4	16
Cuenca	CLT63A2	Troncales	2	2	4
	CLC63A2	Extensiones analógicas	2	4	8
San Idelfonso	ATU-EM03	Troncales	1	4	4
	ALC-A03	Extensiones analógicas	2	8	16
Milagro	19C850940P13	Troncales	5	2	10
	19C850940P12	Extensiones analógicas	3	4	12
Edificio Matriz	TMDNH	Troncales	5	24	120
	SLMAE	Extensiones analógicas	9	24	216
	SLMO	Extensiones digitales	2	24	48
TOTAL			102	162	686

Tabla 2. 19 Puertos troncales, analógicos y digitales, existentes en las centrales telefónicas que conforman el sistema de telefonía actual

El sistema telefónico de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC provee el servicio de voz a 472 extensiones, que se encuentran en las subestaciones y edificios pertenecientes a la corporación, de los cuales 424 son del tipo analógico y 48 digitales.

2.1.8 ANÁLISIS DE TRÁFICO DE VOZ

Para el presente análisis, fueron considerados los datos obtenidos del detalle de llamadas realizadas, desde el mes de noviembre de 2012 hasta enero de 2013, proporcionado por la CNT (*Corporación Nacional de Telecomunicaciones*).

Este análisis se lo realiza para determinar la hora del día con mayor ocupación del sistema, denominada como hora pico. La intensidad del tráfico telefónico generado es de suma importancia al momento de dimensionar la nueva red telefónica.

El intervalo de tiempo considerado en este análisis va desde las seis de la mañana hasta las veinticuatro horas, debido al horario de trabajo que tiene la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC.

Mediante los datos obtenidos se calcula la intensidad de tráfico (A) de cada hora; este parámetro tiene como unidad el Erlang, que es igual a una llamada de una hora de duración, considerada en una hora determinada. A se puede calcular de dos formas:

$$A = \frac{T_o}{3600s}$$

Ecuación 2. 1

$$A = C * T$$

Ecuación 2. 2

Dónde:

- ❖ A : Es la intensidad de tráfico en Erlangs.
- ❖ T_o : Es el tiempo total de ocupación en segundos.

- ❖ C : Es el número de llamadas por segundo, obtenido de la división de las llamadas monitoreadas durante una hora.
- ❖ T : Es el tiempo medio de llamada, proviene de la división de T_o para el número de llamadas.

Aplicando los segundos consumidos de las llamadas realizadas en cada hora del día sobre la ecuación 2.1, se obtiene la intensidad de tráfico telefónico:

$$A = \frac{60s}{3600s}$$

$$A = 0,017 \text{ Erlangs}$$

En el anexo B se muestran las tablas de la intensidad de tráfico tanto convencional como celular, de las diferentes dependencias de la corporación CELEC EP -TRANSELECTRIC.

El análisis del tráfico de voz, se lo realiza tanto para llamadas convencionales (locales, regionales y nacionales), como celulares.

A través de este análisis, se determina el número de circuitos troncales que requiere la central telefónica, para poder interactuar con las redes públicas (PSTN y Celular), además de brindar un nivel de servicio aceptable para el usuario y evitar la pérdida de llamadas cuando estén saturadas las líneas.

La tabla 2.26 (*Anexo B*) muestra la intensidad de tráfico convencional generado en el Edificio Matriz de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, en cada hora de los días del presente estudio.

Para determinar la hora con mayor intensidad de tráfico telefónico, se seleccionaron los valores más altos de dicha tabla, correspondiente a todos los días de los meses de noviembre 2012, diciembre de 2012 y enero de 2013.

Posteriormente se identificaron los picos más altos de intensidad de tráfico telefónico en cada mes del presente estudio, siendo diciembre el mes en el que se generó la mayor cantidad de tráfico telefónico con 13,121 Erlangs.

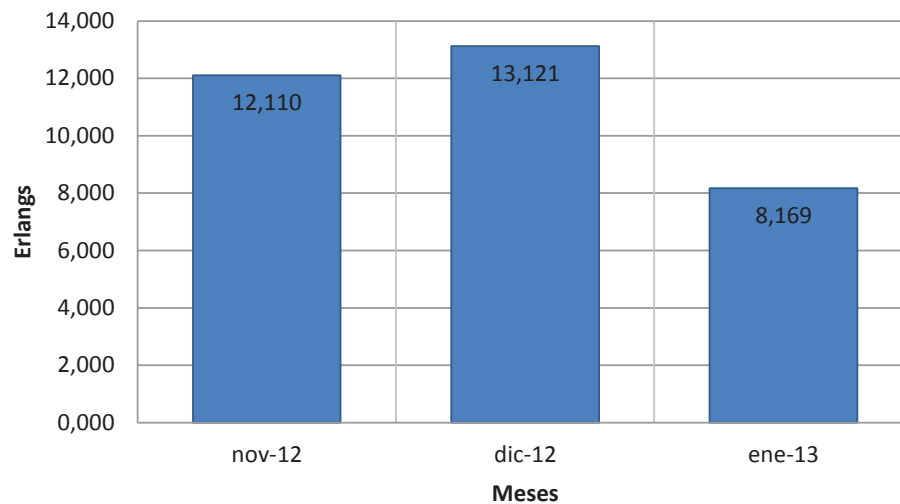


Figura 2. 6 Intensidad de tráfico convencional del edificio matriz

Por lo tanto el día viernes 7 de diciembre en el intervalo de tiempo de 11 AM a 12 PM se produce la mayor cantidad de tráfico telefónico con **13,121 Erlangs**, convirtiéndose en la hora del día con mayor ocupación también llamada hora pico.

La tabla 2.28 (*Anexo B*) muestra la intensidad de tráfico convencional generado en el edificio de Calderón (COT) de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, en cada hora de los días del presente estudio.

Para determinar la hora con mayor intensidad de tráfico telefónico, se realiza el mismo procedimiento que se siguió con el edificio matriz, obteniendo como resultado que en el mes de enero se generó la mayor intensidad de tráfico telefónico con 1,745 Erlangs.

Por lo tanto el día sábado 19 de enero en el intervalo de tiempo de 17 PM a 18 PM se produce la mayor cantidad de tráfico telefónico con **1,745 Erlangs**, convirtiéndose en la hora del día con mayor ocupación también llamada hora pico.

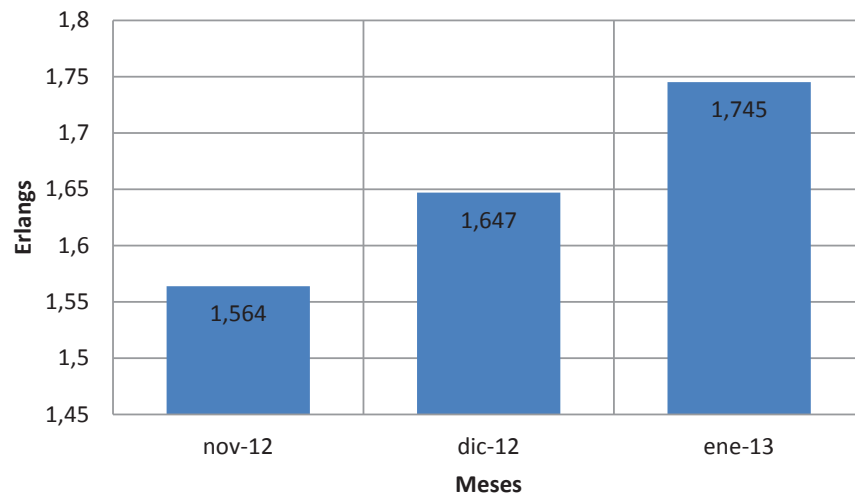


Figura 2. 7 Intensidad de tráfico convencional en el edificio de Calderón (COT)

A continuación se muestran las tablas con los picos más altos de intensidad de tráfico telefónico tanto convencional como celular de las dependencias de la corporación en los tres meses de estudio.

Departamento	Noviembre 2012	Diciembre 2012	Enero 2013
	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]
Edificio matriz	12,110	13,121	8,196
Edificio de Calderon (COT)	1,564	1,647	1,745
Subestación Molino	0,552	0,601	1,092
Subestación Ibarra	5,347	5,747	2,656
Subestación Tena	0,149	0,141	0,169
Subestación Babahoyo	0,713	0,727	0,736
Subestación Policentro	0,176	0,179	0,181
Subestación Posorja	1,254	1,542	1,219
Subestación Trinitaria	0,247	0,267	0,253
Subestación Ambato	1,825	2,176	2,316
Subestación Totoras	1,116	0,871	1,601
Subestación Mulaló	0,538	0,587	0,921
Subestación Pomasqui	0,575	0,718	0,505
Subestación Santa Rosa	0,438	1,015	0,884
Subestación Vicentina	0,403	0,325	0,491
Subestación Tulcán	0,292	0,369	0,399
Subestación Machala	0,834	0,781	0,858

Tabla 2. 20 Intensidad de tráfico telefónico convencional en las dependencias de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC

Departamento	Noviembre 2012	Diciembre 2012	Enero 2013
	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]
Edificio matriz	3,901	2,478	2,755
Edificio de Calderon (COT)	0,511	0,619	0,501
Subestación Molino	0,771	0,783	0,791
Subestación Ibarra	sin salida a celular	sin salida a celular	sin salida a celular
Subestación Tena	0,031	0,067	0,043
Subestación Babahoyo	sin salida a celular	sin salida a celular	sin salida a celular
Subestación Policentro	sin salida a celular	sin salida a celular	sin salida a celular
Subestación Posorja	1,230	1,326	1,243
Subestación Trinitaria	sin salida a celular	sin salida a celular	sin salida a celular
Subestación Ambato	sin salida a celular	sin salida a celular	sin salida a celular
Subestación Totoras	0,406	0,772	0,614
Subestación Mulaló	0,313	0,703	0,256
Subestación Pomasqui	1,362	1,263	1,673
Subestación Santa Rosa	0,622	0,674	0,705
Subestación Vicentina	0,782	0,827	0,704
Subestación Tulcán	0,563	0,517	0,743
Subestación Machala	sin salida a celular	sin salida a celular	sin salida a celular

Tabla 2. 21 Intensidad de tráfico telefónico celular en las dependencias de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC

El número de circuitos troncales que deben utilizar las centrales telefónicas, se determina a través de la tabla Erlang B^[4], la cual para una intensidad de tráfico y un grado de servicio (probabilidad de que una llamada no tenga éxito, debido a que las líneas se encuentran ocupadas, generalmente 1% en telefonía), proporcionado, nos indica el número de circuitos troncales necesarios.

Para el caso del edificio matriz de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, con una intensidad de tráfico telefónico de **13,121 Erlangs** (determinado en la Tabla 2.20) y un GoS (*Grade of service*) del 1%, se determina que es necesario utilizar **22 circuitos troncales**.

Para el caso del edificio de Calderón (COT), con una intensidad de tráfico telefónico de **1,745 Erlangs** y un GoS (*Grade of service*) del 1%, se determina que es necesario utilizar **6 circuitos troncales**.

A continuación se muestra la tabla con el número de circuitos troncales convencionales y celulares, que necesita cada dependencia de la corporación.

Departamento	Intensidad de tráfico convencional A[Erlang]	Número de circuitos troncales para llamadas convencionales	Intensidad de tráfico celular A [Erlang]	Número de circuitos troncales para llamadas celulares
Edificio matriz	13,121	22	3,901	10
Edificio de Calderon (COT)	1,745	6	0,619	4
Subestación Molino	1,092	5	0,791	4
Subestación Ibarra	5,747	12	sin salida a celular	-
Subestación Tena	0,169	3	0,067	2
Subestación Babahoyo	0,736	4	sin salida a celular	-
Subestación Policentro	0,181	3	sin salida a celular	-
Subestación Posorja	1,542	6	1,326	5
Subestación Trinitaria	0,267	3	sin salida a celular	-
Subestación Ambato	2,316	7	sin salida a celular	-
Subestación Totoras	1,601	6	0,772	4
Subestación Mulaló	0,921	5	0,703	4
Subestación Pomasqui	0,718	4	1,673	6
Subestación Santa Rosa	1,015	5	0,705	4
Subestación Vicentina	0,491	4	0,827	4
Subestación Tulcán	0,399	3	0,743	4
Subestación Machala	0,858	4	sin salida a celular	-

Tabla 2. 22 Intensidades de tráfico telefónico convencional, celular y número de circuitos troncales correspondientes

En la tabla 2.22 se muestran las mayores intensidades de tráfico telefónico generadas en los tres meses de estudio, tanto para llamadas convencionales como llamadas celulares.

El número de circuitos troncales, se calculó en base a la intensidad de tráfico telefónico generado por cada dependencia de la corporación durante tres meses y un grado de servicio de 1%.

2.1.9 ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA RED TELEFÓNICA

Las centrales telefónicas de todas las subestaciones fueron diseñadas en el año de 1980 por la compañía General Electric y se encuentran dando servicio a la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, desde hace 15 años.

La red telefónica de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, trabaja con 235 líneas fijas, 26 troncales analógicas provistas por CNT y 10 troncales celulares provistas por Claro.

El cableado telefónico actual se encuentra un poco degradado, generando problemas de ruido e interferencia en las comunicaciones, además de pérdidas de llamadas tanto internas como externas.

Se recomienda utilizar las troncales según el tipo de llamada a realizar, es decir que las troncales celulares deben ser utilizadas única y exclusivamente para realizar llamadas a teléfonos móviles y las troncales analógicas, deben ser utilizadas única y exclusivamente para realizar llamadas convencionales a la PSTN.

Al tener las centrales telefónicas más de 15 años de funcionamiento, pueden presentar problemas de hardware y escalabilidad de nuevos servicios.

Los repuestos para este tipo de centrales ya no existen, y se hace muy difícil reparar algún componente de dichas centrales.

Por estas razones se debe diseñar un nuevo sistema de telefonía, en este caso IP, para cumplir con las necesidades y servicios requeridos por los usuarios actuales y futuros.

La red telefónica actual no cuenta con un sistema de tarificación, que permita identificar las llamadas realizadas y el tiempo que se consume por las diferentes dependencias, siendo imposible identificar cuáles son las llamadas más comunes y cuáles son los enlaces con mayor tráfico a los cuales se les debería brindar redundancia.

Las llamadas entre subestaciones a través de las troncales de la CNT, resultan ser muy costosas, debido a esto la corporación requiere un sistema de telefonía propio para eliminar dichos costos.

El servicio de telefonía actual no brinda servicio a 608 usuarios de la corporación, por lo cual dichos usuarios necesitan acceder al servicio telefónico de forma inmediata.

2.2 DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS

Como se pudo identificar, los niveles de tráfico entre la capa de acceso y de core en el edificio matriz, no superan los 30 Mbits/s, esto quiere decir que solo se está utilizando un 3% de la capacidad total de los enlaces que son de 1 Gbit.

A nivel de la red WAN, los enlaces entre la diferentes subestaciones superan los 10 Mbits/s, a excepción de 5 dependencias, que tienen enlaces con poco ancho de banda. Corrigiendo estos enlaces se tendría el ancho de banda suficiente para el sistema de telefonía IP.

En base al análisis tanto de la red de datos como de la red telefónica, se puede determinar que la red de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, está en la capacidad de soportar un sistema de telefonía IP.

Se debe determinar los parámetros a utilizar, para la obtención de requerimientos tales como:

- ❖ Número de extensiones IP
- ❖ Número de troncales
- ❖ Selección del códec
- ❖ Servicios suplementarios
- ❖ Redundancia
- ❖ Equipos a ser utilizados

2.2.1 NÚMERO DE EXTENSIONES IP

El sistema de telefonía IP debe brindar servicio a toda la nómina de empleados de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, en total 1080 empleados necesitan tener acceso a dicho servicio.

A continuación se indica el número de extensiones IP necesarias para cada dependencia de la corporación:

Dependencia	Número de empleados
Edificio Calderón (COT)	50
S/E Agoyán	40
S/E Ambato	10
S/E Babahoyo	10
S/E Baños	10
S/E Caraguay	10
S/E Chone	10
S/E Coca	10
S/E Cuenca	40
S/E Dos Cerritos	10
S/E Esclusas	10
S/E Gualaceo	10
S/E Ibarra	10
S/E Limón	10
S/E Loja	10
S/E Macas	10
S/E Machala	10
S/E Mendez	10
S/E Milagro	20
S/E Molino	20
S/E Montecristi	10
S/E Mulaló	10
S/E Nueva prosperina	10
S/E Pascuales	40
S/E Policentro	40
S/E Pomasqui	10
S/E Portoviejo	20
S/E Posorja	10
S/E Puyo	10
S/E Quevedo	20
S/E Riobamba	20
S/E Salitral	10
S/E San Gregorio	10
S/E San Idelfonso	10
S/E Santa Elena	10
S/E Santa Rosa	40
S/E Santo Domingo	40
S/E Sinincay	10
S/E Tena	10
S/E Totoras	20
S/E Trinitaria	10
S/E Tulcán	10
S/E Vicentina	10
S/E Zhoray	20
TOTAL	730

Tabla 2. 23 Número de empleados en las subestaciones y en el edificio de Calderón

Centro de costo	Número de empleados
Gerencia	17
CELEC (9no Piso A)	18
Gerencia de expansión	17
Gerencia de operación	18
Contabilidad	18
Telecomunicaciones	17
Adquisiciones	18
Gerencia de Telecomunicaciones	18
UNASS	17
Departamento médico	17
Comunicación	18
CELEC (9no Piso B)	17
Líneas de transmisión	18
Explotación	17
Vicepresidencia administrativa	18
Sistemas	18
Seguros	17
Expansión	17
Jurídico	18
CELEC (Subsuelo)	17
TOTAL	350

Tabla 2. 24 Número de empleados en el edificio matriz

2.2.2 NÚMERO DE TRONCALES PARA INTERACTUAR CON LAS REDES PÚBLICAS

A través del análisis de tráfico telefónico (*tabla 2.22*) se obtuvo el número de troncales necesarias tanto para telefonía convencional, como para telefonía móvil, mostrada en la *tabla 2.25*.

El cálculo de las troncales tanto para llamadas convencionales como para llamadas celulares, de las subestaciones que no poseen centrales telefónicas propias y que únicamente se conectan a la red telefónica de la corporación a través de extensiones remotas, se realizó en función de su operabilidad y relación con las subestaciones que poseen su propia central telefónica.

El propósito de implementar troncales celulares (bases celulares), es discriminar el tipo de llamada que puede ser convencional o celular y en base a este filtro

enrutar la misma a través de su respectiva troncal, permitiendo un ahorro en el costo por llamada.

Departamento	Número de circuitos troncales para llamadas convencionales	Número de circuitos troncales para llamadas celulares
Edificio matriz	22	10
Edificio Calderón (COT)	6	4
S/E Agoyán	5	2
S/E Ambato	7	1
S/E Babahoyo	4	1
S/E Baños	5	2
S/E Caraguay	5	2
S/E Chone	3	1
S/E Coca	3	1
S/E Cuenca	5	2
S/E Dos Cerritos	3	1
S/E Esclusas	5	2
S/E Gualaceo	3	1
S/E Ibarra	12	1
S/E Limón	3	1
S/E Loja	5	2
S/E Macas	3	1
S/E Machala	4	1
S/E Mendez	5	2
S/E Milagro	3	1
S/E Molino	5	4
S/E Montecristi	3	1
S/E Mulaló	5	4
S/E Nueva prosperina	3	1
S/E Pascuales	5	2
S/E Policentro	3	1
S/E Pomasqui	4	6
S/E Portoviejo	5	2
S/E Posorja	6	5
S/E Puyo	5	2
S/E Quevedo	3	1
S/E Riobamba	5	2
S/E Salitral	5	2
S/E San Gregorio	3	1
S/E San Idelfonso	5	2
S/E Santa Elena	5	2
S/E Santa Rosa	5	4
S/E Santo Domingo	5	2
S/E Sinincay	3	1
S/E Tena	3	2
S/E Totoras	6	4
S/E Trinitaria	3	1
S/E Tulcán	3	4
S/E Vicentina	4	4
S/E Zhoray	3	1
TOTAL	216	100

Tabla 2. 25 Número total de troncales

El nuevo sistema de telefonía IP estará en la capacidad de manejar 316 troncales, 216 para acceso a la PSTN y 100 para acceso a la red móvil mediante bases celulares.

El utilizar troncales analógicas en su totalidad implica adquirir software adicional para la conexión de cada uno de los pares telefónicos al sistema, aumentando el costo por arrendamiento mensual de las líneas troncales. Por este motivo las 22 troncales necesarias para el acceso a la PSTN por parte del edificio matriz (tabla 2.25), serán digitales a través de un enlace E1. Las demás centrales telefónicas utilizarán las líneas troncales analógicas, ya que no requieren grandes cantidades de canales para brindar el servicio de comunicación.

La utilización de enlaces digitales, permite flexibilidad al momento de trabajar con troncales y servicios suplementarios prestados por los mismos. La línea troncal de enlace digital E1 permite tener una mejor administración de las llamadas y mayor eficiencia al utilizar un solo par de cables, los cuales soportan hasta 30 llamadas simultáneas con la red exterior, permitiendo asignar 100 o más números telefónicos por enlace. Con el sistema de líneas telefónicas convencionales se necesitarían 30 pares de hilos para cada línea por separado, evitando que estas puedan ser utilizadas por otro tipo de abonados. El E1 además brinda servicios suplementarios como desvío de llamadas, Caller ID, marcación abreviada, etc.

Cuando se realiza o se contesta una llamada a través de un enlace E1, la comunicación utiliza un canal de los 30 disponibles, permitiendo 29 comunicaciones más, ya sean de entrada o de salida utilizando cualquiera de los números telefónicos.

El enlace digital E1 permite tener un máximo de 30 comunicaciones simultáneas a través de un solo número telefónico que generalmente es el de cabecera, esto es debido a que cada una de las llamadas ocupa un canal distinto del enlace. Esta opción es usada para asignar un determinado número de líneas de entrada a la operadora, para que pueda contestar varias llamadas a través de un solo número telefónico. El E1 tiene la característica de realizar DID (*Discado Interno Directo*)

por defecto, lo que permite conmutar un canal E1 directamente a una extensión telefónica asociada a uno de los 100 números telefónicos, es decir que si alguien llama a un número telefónico programado con DID, timbrará directamente a la extensión asignada sin pasar por la operadora.

2.2.3 SELECCIÓN DEL CÓDEC

Los equipos de telefonía IP empleados en una red integrada de voz y datos de un entorno LAN, usan por defecto el códec G.711, proporcionando la más alta calidad de voz. Por este motivo se ha seleccionado este códec para ser utilizado en el ambiente LAN de la corporación, es decir en el edificio matriz ubicado en la ciudad de Quito.

Considerando que en el entorno WAN de la corporación el ruido es despreciable, y la red de datos cuenta con excelentes prestaciones se ha seleccionado el códec G.729, el cual presenta un consumo de ancho de banda moderado, procesamiento medio y una calidad de voz aceptable.

2.2.4 SERVICIOS SUPLEMENTARIOS

Los servicios suplementarios que va a brindar el nuevo sistema de telefonía IP son:

2.2.4.1 Conexión IP con otra red de telefonía

Se considera brindar conexión con otros servidores de comunicaciones, a través de los protocolo H.323, SIP y AIX, garantizando los siguientes servicios:

- ❖ Llamada básica.
- ❖ Llamada en espera.
- ❖ Despliegue del nombre.
- ❖ Despliegue del número de extensión.
- ❖ Desvío de llamadas.

- ❖ Conferencia.
- ❖ Conmutación entre dos llamadas en curso.
- ❖ Rellamada automática.
- ❖ Transferencia normal y ciega.
- ❖ Desvío de llamadas en caso de ocupado y no contestación.
- ❖ Indicación de mensaje en espera

2.2.4.2 Sistema de tarificación

Se considera implementar un sistema de tarificación para todas las centrales telefónicas repartidas en todas las dependencias de la corporación, en especial para la central que se ubicará en el edificio matriz.

Se considera realizar la tarificación vía IP, tomando el CDR (*Call Detail Record*) de las diferentes centrales telefónicas y de la central que se ubicará en el edificio matriz.

El sistema de tarificación deberá manejar distintas tablas de tarificación de acuerdo a la operadora, las cuales pueden ser: CNT, Global Crossing, operadoras celulares, LEVEL (3), etc.

El sistema de tarificación deberá manejar distintas tablas de tarificación de acuerdo a la región, o ciudad donde se encuentra la central a tarifar.

El sistema de tarificación deberá permitir obtener reportes vía web para los usuarios que lo requieran, tales como los jefes de departamento, supervisores, etc.

El sistema de tarificación deberá permitir programar reportes automáticos que sean enviados vial email a diferentes destinos, de forma automática periódicamente.

El sistema de tarificación deberá permitir obtener reportes de tarificación, aplicando distintos filtros como por ejemplo: tipo de llamada, tipo de operadora, región, grupo de usuarios, departamento, etc.

2.2.4.3 Servicio de presencia

Se considera implementar el servicio de presencia, el cual proveerá al usuario de información sobre:

Presencia telefónica de los usuarios: Servicio mediante el cual los usuarios podrán ver el estado actual suyo y de los demás usuarios del sistema telefónico.

Perfil de presencia de los usuarios: Servicio mediante el cual los usuarios podrán ver información acerca de la disponibilidad de otros usuarios y su localización, es decir si están: en la oficina, de viaje, trabajando en casa, de vacaciones, en el almuerzo, etc.

2.2.4.4 Servicio de audioconferencia

Se considera implementar el servicio de audioconferencia, el cual permitirá realizar las siguientes tareas:

- ❖ Almacenar e iniciar una conferencia de audio.
- ❖ Almacenar e iniciar una conferencia web.
- ❖ Almacenar e iniciar una conferencia de audio y web combinadas.
- ❖ Monitorear conferencias iniciadas y en curso.

2.2.4.5 Servicio de correo de voz

Se considera implementar el servicio de correo de voz, que consistirá en una casilla de correo de voz con mensajes de respuesta personalizados y posibilidad de grabar mensajes, que se guardarán por un lapso determinado de tiempo.

2.2.4.6 Servicio de mensajería unificada

Se considera implementar el servicio de mensajería unificada el cual, deberá poder conectarse a una aplicación de correo electrónico, de forma que los

mensajes de voz y fax sean enviados al buzón de cada usuario. Si el usuario borra algún mensaje de su buzón de correo electrónico este también será borrado de su buzón de voz y viceversa.

2.2.5 REDUNDANCIA

Se considera brindar redundancia al nuevo sistema de telefonía IP, principalmente a través de la duplicidad de los elementos de funcionamiento más crítico que conforman dicho sistema.

Los elementos a ser duplicados pueden estar ubicados tanto en el ambiente LAN como el ambiente WAN, dependiendo del tipo de redundancia que se desee brindar.

En este tipo de redundancia, el elemento principal envía paquetes de permanezco activo (*keep alive*), al elemento de respaldo (*stand by*); Si en un lapso determinado de tiempo el elemento de stand by no recibe ninguna señal, este asume inmediatamente las funciones del elemento principal.

También se considera brindar redundancia a nivel de conexiones, para que de esta forma determinados elementos y puntos de red estén conectados a través de varios enlaces, aumentando la confiabilidad y disponibilidad entre los mismos.

Estos elementos, conexiones e implementación de redundancia, serán analizados y estudiados en el diseño del nuevo sistema de telefonía IP, que se realizará posteriormente en el capítulo siguiente.

2.2.6 EQUIPOS A SER UTILIZADOS

El nuevo sistema de telefonía IP utilizará casi toda la infraestructura actual de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, para proveer de conectividad a toda la nómina de usuarios anteriormente indicada; es decir que se utilizarán los enlaces LAN y WAN actuales, excepto los que no soporten el tráfico requerido

para el transporte de voz y datos. A su vez todos los switches de core y switches de acceso también serán reutilizados para este nuevo sistema. Los demás equipos que conformarán el nuevo sistema de telefonía IP serán totalmente nuevos.

A continuación se listan los equipos que se reutilizarán conjuntamente con los equipos nuevos. Estos son:

- ❖ Switches
- ❖ Routers
- ❖ Centrales IP
- ❖ Teléfonos IP
- ❖ Softphones

2.2.6.1 Switches

Los switches que se utilizarán para el nuevo sistema de telefonía IP deberán soportar las siguientes características:

- **Ser administrables a través de telnet, SSH (*Secure Shell*), o conexión serial, utilizando línea de comandos.** Para administrar dichos dispositivos de forma local, en serie, o a través de una conexión remota, dependiendo del escenario que pueda presentarse y las necesidades del administrador.
- **Permitir la administración y creación de VLANs.** Para crear y eliminar VLANs de voz y datos, teniendo la capacidad de segmentar el tráfico de voz del de datos.
- **Manejo de QoS.** Para priorizar el tráfico de voz sobre el tráfico de datos en caso de ser necesario.
- **Gestión de ancho de banda.** Para garantizar el ancho de banda mínimo con el cual se debe brindar el servicio de VoIP.
- **Soportar SNMP.** Para intercambiar información de administración entre los dispositivos de red.

- **Creación de dominios de colisión separados.** Para eliminar el impacto de las colisiones a través de la microsegmentación.
- **Políticas y control de acceso a la red.** Para controlar e identificar la inclusión de dispositivos ajenos a la red y administrar la seguridad dentro de la red.
- **Spanning tree.** Para permitir a los dispositivos de interconexión habilitar o deshabilitar automáticamente los enlaces de conexión, y garantizar la eliminación de bucles.
- **Bloque de puertos.** Para restringir el acceso a los puertos del switch según la dirección MAC.

2.2.6.2 Routers

Los routers que se utilizarán para el nuevo sistema de telefonía IP deberán soportar las siguientes características:

- **Ser administrables a través de telnet, SSH (*Secure SHell*), o conexión serial, utilizando línea de comandos.** Para administrar dichos dispositivos de forma local, en serie o a través de una conexión remota, dependiendo del escenario que pueda presentarse y las necesidades del administrador.
- **Carga controlada.** Para utilizar políticas de encolamiento, clasificar los paquetes en flujos de datos y de esta forma proveer una justa asignación de ancho de banda.
- **Manejo de QoS.** Para priorizar el tráfico de voz sobre el tráfico de datos, en caso de ser necesario.
- **Protocolos: RIP (*Routing Information Protocol*) v1, RIPv2, RIPng, OSPF, PPP, *Static Routing*, RSVP (*Resource Reservation Protocol*).** Para manejar los diferentes protocolos de enrutamiento de red.
- **Ruteo de VLANs.** Para identificar y comunicar distintos dominios de broadcast entre sí.
- **Soportar SNMP.** Para intercambiar información de administración entre los dispositivos de red.

2.2.6.3 Centrales telefónicas IP

Las centrales telefónicas a ser adquiridas serán instaladas en subestaciones y centrales de generación de CELEC EP, por lo cual debe considerarse que estarán en condiciones donde se manejan altos voltajes de 230 kv, 138 kv y 69 kv, lo que provoca una alta inducción sobre los equipos.

Las centrales telefónicas deberán poseer una matriz de conmutación robusta, que permita la interconexión de todos los usuarios de un sistema entre sí de manera simultánea.

Las centrales telefónicas deben estar basadas en tecnologías de conmutación y transmisión digital recientes, además de incorporar tecnologías emergentes en caso de fallar las antes mencionadas.

Las centrales telefónicas deberán poder sincronizarse a un servicio de directorio LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*), de manera que se pueda importar los directorios del servicio de directorios y presentarlo en la pantalla de los teléfonos IP y digitales. De esta manera el usuario podrá hacer búsquedas por nombre en el servicio LDAP y la marcación posterior.

Las centrales telefónicas deberán soportar la configuración de direccionamiento IPv6.

Estándares IP

Los estándares que deben cumplir las centrales telefónicas IP son las siguientes:

- **Protocolo de fax T.38.** Este protocolo permite transmitir faxes sobre una red IP.
- **Protocolos de señalización: SIP, H.323, STUN, NAT y PPP.** Estos protocolos permiten dividir en paquetes los flujos de audio para ser transportados a través de redes IP.

- **Códecs: G.729 y G.711.** Estos códecs sirven para comprimir las señales de audio con el objetivo de ocupar el menor espacio posible, manteniendo una buena calidad final tanto para un ambiente LAN como WAN.
- **Reserva de ancho de banda para voz y datos.** Esta característica permite asegurar que no habrá pérdidas, poca latencia y variación de retardo durante una comunicación.
- **Protocolos de transporte: RTP, RTCP.** Estos protocolos garantizan la llegada de los datos desde el origen hacia el destino cumpliendo los requerimientos de calidad de servicio y ancho de banda.

2.2.6.4 Teléfonos IP

Para el diseño del presente sistema de telefonía IP, se van a seleccionar 3 tipos de modelos de teléfonos IP para las diferentes áreas y funciones que desempeñan cada uno de los empleados de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC.

Modelo 1:

Este modelo debe tener:

- **Display gráfico.** Para poder observar tanto las extensiones como números marcados y las llamadas entrantes.
- **Botones de +/- para ajuste de volumen.** Para ajustar el volumen de las llamadas.
- **Protocolos: 802.1x, DiffServ y IEEE 802.1q.** Protocolos utilizados para: control de acceso, garantizar la calidad de servicio y administración de VLANs.
- **Switch incluido de dos puertos RJ45 10/100Mbps cada uno.** Utilizado para conectar un puerto a la red y el otro a la computadora u otro dispositivo de red.
- **Códecs: G729 y G.711.** Códecs utilizados para comprimir señales de audio en ambientes LAN y WAN respectivamente.

Modelo 2:

Este modelo debe tener:

- **Display gráfico.** Para poder observar tanto las extensiones como números marcados y las llamadas entrantes
- **Botones de funciones fijas.** Para poder devolver la llamadas, realizar transferencias, etc.
- **Botones de +/- para ajuste de volumen.** Para ajustar el volumen de las llamadas.
- **Protocolos: 802.1p, DiffServ y IEEE 802.1q.** Protocolos utilizados para: control de acceso, garantizar la calidad de servicio y administración de VLANs.
- **Switch incluido de dos puertos RJ45 10/100 cada uno.** Utilizado para conectar un puerto a la red y el otro a la computadora u otro dispositivo de red.
- **Códecs: G729 y G.711.** Códecs utilizados para comprimir señales de audio en ambientes LAN y WAN respectivamente.
- **Botones para manejo de extensiones.** Para poder llamar directamente a extensiones específicas sin la necesidad de marcar el número completo.

Modelo 3:

Este modelo debe tener:

- **Display gráfico avanzado.** Para poder observar menús y funciones adicionales del teléfono IP.
- **Botones de funciones fijas.** Para poder devolver la llamadas, realizar transferencias, etc.
- **Botones programables por el usuario.** Para poder configurar funciones específicas requeridas por el usuario a través de un solo botón.
- **Teclas de +/- para ajuste de volumen.** Para ajustar el volumen de las llamadas.

- **Puerto de headset.** Para poder conectar un auricular y utilizarlo en lugar de la bocina telefónica.
- **Protocolos: 802.1x, DiffServ y IEEE 802.1q.** Protocolos utilizados para: control de acceso, garantizar la calidad de servicio y administración de VLANs.
- **Switch incluido de dos puertos RJ45 10/100 cada uno.** Utilizado para conectar un puerto a la red y el otro a la computadora u otro dispositivo de red.
- **Códecs: G729 y G.711.** Códecs utilizados para comprimir señales de audio en ambientes LAN y WAN respectivamente.

2.2.6.5 Softphones

Los softphones que se utilizarán para el nuevo sistema de telefonía IP deberán soportar las siguientes características:

- **Protocolos de señalización: SIP, H.323, IAX.** Estos protocolos permiten dividir en paquetes los flujos de audio para ser transportados a través de redes IP.
- **Códecs: G729 y G.711.** Estos códecs sirven para comprimir las señales de audio, con el objetivo de ocupar el menor espacio posible manteniendo una buena calidad final tanto para un ambiente LAN como WAN.
- **Manejo de cuentas de usuario.** Esta característica permite administrar varias cuentas de usuario para el mismo softphone.
- **Manejo de contactos.** Esta característica permite guardar y editar contactos de usuarios dentro de la red telefónica IP.
- **Protocolos: 802.x y IEEE 802.1q.** Protocolos utilizados para: control de acceso y manejo de VLANs.

CAPÍTULO 3

REDISEÑO DE LA RED DE LA CORPORACIÓN CELEC EP - TRANSELECTRIC

3.1 PREDICCIONES DE TRÁFICO DE VOZ

El ancho de banda requerido para la transmisión de VoIP (*Voice over IP*), a través de la red de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, depende de varios factores tales como: tipo de códec, factor de compresión, supresión de silencio, retardo, tasa de error, entre los principales.

Al tener dos entornos diferentes (LAN y WAN) en la red de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, se debe ser muy cuidadoso al momento de escoger el códec de voz adecuado. El entorno LAN está formado por el edificio matriz de la corporación y el entorno WAN, está formado por las subestaciones que se encuentran repartidas a lo largo de todo el país.

Por este motivo se ha seleccionado el códec de voz G.711 para el entorno LAN, ya que no se requiere gran nivel de compresión.

Codec	Tasa de bits	Payload	Factor de compresión	Paquetes por segundo (PPS)	Período de muestreo	MOS
G.711	64 Kbps	160 Bytes	1	50	20 ms	4.1

Tabla 3. 1 Características del códec G.711 ^[1]

Para el entorno WAN se ha seleccionado el códec de voz G.729, ya que ofrece una alta compresión utilizando poco ancho de banda y brindando una buena calidad de voz.

Codec	Tasa de bits	Payload	Factor de compresión	Paquetes por segundo (PPS)	Período de muestreo	MOS
G.729	8 Kbps	20 Bytes	8	50	20 ms	3.92

Tabla 3. 2 Características del códec G.729 ^[1]

Para que la voz sea transmitida a través de la red en tramas IP, esta debe ser encapsulada primero con el protocolo RTP (*Real-time Transport Protocol*), y posteriormente con el protocolo UDP (*User Datagram Protocol*).

El payload correspondiente al códec G.711 es de 160 bytes, la cabecera a nivel de la capa de enlace está conformada por: 12 bytes de la cabecera RTP, 8 bytes de cabecera UDP, 20 bytes de cabecera IP, 14 bytes de cabecera Ethernet y 4 bytes de FCS (*Frame Check Sequence*).



Figura 3. 1 Encapsulamiento de una trama IP en una red LAN [2]

La longitud total del paquete de VoIP es de 218 bytes, de los cuales 160 bytes son de payload, 40 de las cabeceras (RTP, UDP, IP), 14 bytes de la cabecera ethernet y 4 bytes de FCS.

Con los parámetros obtenidos se procede a calcular el ancho de banda necesario para una comunicación de voz en un entorno LAN, mediante la ecuación 3.1.

$$AB_{requerido} = AB_{codec} \times \frac{longitud_{sobrecarga} + longitud_{encapsulamiento}}{longitud_{sobrecarga}}$$

Ecuación 3. 1

Donde:

- ❖ $AB_{requerido}$ = Ancho de banda requerido para la comunicación de voz IP.
- ❖ AB_{codec} = Ancho de banda del códec de voz.
- ❖ $longitud_{sobrecarga}$ = Longitud del payload.
- ❖ $longitud_{encapsulamiento}$ = Bytes adicionales al payload, necesarios para el transporte de los paquetes.

Aplicando los datos de la tabla 3.1 y figura 3.1 sobre la ecuación 3.1 se obtiene, el ancho de banda necesario, para la voz sobre un entorno LAN:

$$AB_{requerido} = 64 \text{ Kbps} \times \frac{160 \text{ bytes} + 58 \text{ bytes}}{160 \text{ bytes}}$$

$$AB_{requerido} = 87,2 \text{ Kbps}$$

El payload correspondiente al códec G.729 es de 20 bytes, la cabecera a nivel de la capa de enlace está conformada por: 12 bytes de la cabecera RTP, 8 bytes de cabecera UDP, 20 bytes de cabecera IP, 4 bytes de cabecera PPP (*Point-to-point Protocol*) y 2 bytes de FCS.

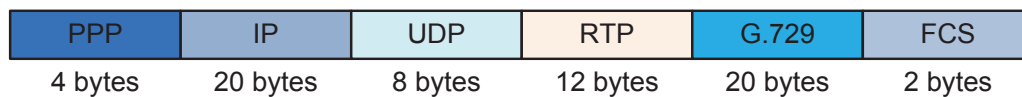


Figura 3. 2 Encapsulamiento de una trama IP en una red WAN ^[2]

La longitud total del paquete de VoIP es de 66 bytes, de los cuales 20 bytes son de payload, 40 de las cabeceras (RTP, UDP, IP), 4 bytes de la cabecera PPP y 2 bytes de FCS.

Aplicando los datos de la tabla 3.2 y la figura 3.2 sobre la ecuación 3.1 se obtiene, el ancho de banda necesario, para la voz sobre un entorno WAN:

$$AB_{requerido} = 8 \text{ Kbps} \times \frac{20 \text{ bytes} + 46 \text{ bytes}}{20 \text{ bytes}}$$

$$AB_{requerido} = 26,4 \text{ Kbps}$$

Para obtener el tráfico de voz que generará cada dependencia de la corporación, se debe multiplicar el número de extensiones estimadas que realizarán llamadas de forma simultánea, por el ancho de banda requerido en un ambiente LAN o en un ambiente WAN.

Departamento	Entorno	Número de extensiones estimadas	Ancho de banda requerido (Kbits/s)	Ancho de banda total (Kbits/s)
Edificio Calderón (COT)	WAN	50	26,4	1.320
S/E Agoyán	WAN	41	26,4	1.082,4
S/E Ambato	WAN	20	26,4	528
S/E Babahoyo	WAN	15	26,4	396
S/E Baños	WAN	21	26,4	554,4
S/E Caraguay	WAN	10	26,4	264
S/E Chone	WAN	11	26,4	290,4
S/E Coca	WAN	16	26,4	422,4
S/E Cuenca	WAN	40	26,4	1.056
S/E Dos Cerritos	WAN	10	26,4	264
S/E Esclusas	WAN	14	26,4	369,6
S/E Gualaceo	WAN	10	26,4	264
S/E Ibarra	WAN	15	26,4	396
S/E Limón	WAN	13	26,4	343,2
S/E Loja	WAN	20	26,4	528
S/E Macas	WAN	11	26,4	290,4
S/E Machala	WAN	16	26,4	422,4
S/E Mendez	WAN	15	26,4	396
S/E Milagro	WAN	35	26,4	924
S/E Molino	WAN	15	26,4	396
S/E Montecristi	WAN	21	26,4	554,4
S/E Mulaló	WAN	10	26,4	264
S/E Nueva prosperina	WAN	11	26,4	290,4
S/E Pascuales	WAN	45	26,4	1.188
S/E Policentro	WAN	50	26,4	1.320
S/E Pomasqui	WAN	16	26,4	422,4
S/E Portoviejo	WAN	30	26,4	792
S/E Posorja	WAN	21	26,4	554,4
S/E Puyo	WAN	10	26,4	264
S/E Quevedo	WAN	26	26,4	686,4
S/E Riobamba	WAN	20	26,4	528
S/E Salitral	WAN	11	26,4	290,4
S/E San Gregorio	WAN	15	26,4	396
S/E San Idelfonso	WAN	10	26,4	264
S/E Santa Elena	WAN	11	26,4	290,4
S/E Santa Rosa	WAN	36	26,4	950,4
S/E Santo Domingo	WAN	34	26,4	897,6
S/E Sirincay	WAN	10	26,4	264
S/E Tena	WAN	11	26,4	290,4
S/E Totoras	WAN	29	26,4	765,6
S/E Trinitaria	WAN	10	26,4	264
S/E Tulcán	WAN	14	26,4	369,6
S/E Vicentina	WAN	15	26,4	396
S/E Zhoray	WAN	24	26,4	633,6
TOTAL		888	1.161,6	23.443,2

Tabla 3. 3 Tráfico telefónico estimado a 5 años, en las subestaciones y en el edificio de Calderón

Departamento	Entorno	Número de extensiones estimadas	Ancho de banda requerido (Kbits/s)	Ancho de banda total (Kbits/s)
Gerencia	LAN	19	87,2	1.656,8
CELEC (9no Piso A)	LAN	24	87,2	2.092,8
Gerencia de Expansión	LAN	23	87,2	2.005,6
Gerencia de Operación	LAN	14	87,2	1.220,8
Contabilidad	LAN	19	87,2	1.656,8
Telecomunicaciones	LAN	24	87,2	2.092,8
Adquisiciones	LAN	14	87,2	1.220,8
Gerencia de telecomunicaciones	LAN	19	87,2	1.656,8
UNASS	LAN	15	87,2	1.308
Departamento médico	LAN	12	87,2	1.046,4
Comunicación	LAN	18	87,2	1.569,6
CELEC (9no Piso B)	LAN	16	87,2	1.395,2
Líneas de transmisión	LAN	14	87,2	1.220,8
Explotación	LAN	13	87,2	1.133,6
Vicepresidencia administrativa	LAN	12	87,2	1.046,4
Sistemas	LAN	15	87,2	1.308
Seguros	LAN	13	87,2	1.133,6
Expansión	LAN	14	87,2	1.220,8
Jurídico	LAN	19	87,2	1.656,8
CELEC (Subsuelo)	LAN	13	87,2	1.133,6
TOTAL		330	1.744	28.776

Tabla 3. 4 Tráfico telefónico estimado a 5 años en el edificio matriz de la corporación

A continuación se indica la cantidad de tráfico que van a soportar los diferentes routers que se conectan al switch de core 2, el cual se encuentra ubicado en el edificio matriz de la corporación.

Router	Dependencia	Tráfico telefónico (Kbits/s)
TRANSELECTRIC-9	S/E Puyo	264
	S/E Tena	290,4
	S/E Coca	422,4
	S/E Ibarra	396
	S/E Machala	422,4
	S/E Santa Elena	290,4
	S/E Dos Cerritos	264
	S/E Milagro	924
	S/E Trinitaria	264
	S/E Salitral	290,4
	S/E Caraguay	264
	S/E Policentro	1.320
	S/E Nueva Prosperina	290,4
	S/E Pascuales	1.188
	S/E Quevedo	686,4
	S/E Esclusas	369,6
	S/E Mulaló	264
	S/E Posorja	554,4
S/E Babahoyo	396	
TOTAL	9.160,8	

Tabla 3. 5 Tráfico telefónico estimado a 5 años hacia el router Transelectric-9

En la tabla 3.5 se suman los tráficos de voz que generarán las subestación que se conectan al router denominado TRANSELECTRIC-9. Esto se realiza para determinar la cantidad de tráfico de voz total que deberá soportar, y de esta forma saber si el enlace entre dicho router y el switch de core 2 es suficiente.

Para la tabla 3.6 se considera los valores de la tabla 3.3 en la columna ancho de banda total. Este procedimiento se realiza para los routers que se conectan al switch de core 2 que se puede observar en la figura 2.2.

Router	Dependencia	Tráfico telefónico (Kbits/s)
ROUTER_TE_FO	S/E San Idelfonso	264
	S/E Portoviejo	792
	S/E San Gregorio	396
	S/E Cuenca	1.056
	S/E Zhoray	633,6
	S/E Riobamba	528
	S/E Totobras	765,6
	S/E Ambato	528
	S/E Loja	528
	S/E Molino	396
	S/E Vicentina	396
	S/E Tulcán	369,6
	S/E Pomasqui	422,4
	S/E Limón	343,2
	S/E Montecristi	554,4
	S/E Gualaceo	264
	S/E Macas	290,4
	S/E Mendez	396
	S/E Sinincay	264
	S/E Agoyán	1.082,4
S/E Baños	554,4	
S/E Chone	290,4	
TOTAL	11.114,4	

Tabla 3. 6 Tráfico telefónico estimado a 5 años hacia el router ROUTER_TE_FO

Router	Dependencia	Tráfico telefónico (Kbits/s)
TRANS_CALD	Edificio Calderón	1.320
TOTAL	TOTAL	1.320

Tabla 3. 7 Tráfico telefónico estimado a 5 años hacia el router TRANS_CALD

Router	Dependencia	Tráfico telefónico (Kbits/s)
STA_ROSA	S/E Santa Rosa	950,4
	S/E Santo Domingo	897,6
TOTAL		1.848

Tabla 3. 8 Tráfico telefónico estimado a 5 años hacia el router STA_ROSA

3.2 DIRECCIONAMIENTO IP

Para realizar el nuevo direccionamiento IP se debe separar el tráfico de voz del de datos, mediante el uso de VLANs mejorando de esta forma el rendimiento de la red en los siguientes aspectos:

Seguridad en la red, ya que solo los usuarios pertenecientes a una misma VLAN se pueden comunicar entre sí. Ancho de banda dedicado, ya que se puede configurar QoS en los puertos brindando mayor ancho de banda a un dispositivo terminal.

Atenuación de la tormenta de broadcast, ya que la división de la red LAN impide que una tormenta de broadcast se propague a toda la red, reduciendo el tráfico innecesario y aumentando el rendimiento.

El direccionamiento IP de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, se lo realiza en función a la dirección privada de clase B 172.16.0.0/16, utilizando la máscara de red 255.255.255.0 o /24 para la creación de subredes, lo cual nos da la posibilidad de tener hasta 256 subredes con un máximo de $2^8 - 2 = 254$ hosts por subred.

Dirección IP clase B	Dirección de Subredes	Subred
172.16.0.0	172.16.0.0/24	1
	172.16.1.0/24	2
	172.16.2.0/24	3
	172.16.3.0/24	4
	.	.
	.	.
	.	.
	172.16.255.0/24	256

Tabla 3. 9 División de subredes en la corporación ^[T1]

En la actualidad están utilizadas 93 de las 256 subredes posibles, definidas en cada uno de los switches de acceso y routers que conforman la red de la corporación.

Las subredes de las subestaciones no se vuelven a subnetear. Las subredes que se utilizan para el edificio matriz de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC se vuelven a subnetear empleando máscara 255.255.255.192 ó /26, obteniéndose 4 subredes por dirección utilizada, con un máximo de $2^6 - 2 = 62$ hosts por cada subred.

De las 4 subredes con máscara 255.255.255.192 se utilizan las 4, asociadas con diferentes VLANs pertenecientes a cada departamento del edificio matriz de la corporación (ver tabla 2.10).

En este diseño se hará uso de 2 subredes con máscara 255.255.255.0 o /24, que no han sido utilizadas todavía, para las extensiones IP de los diferentes departamentos del edificio matriz de la corporación, y cubrir las 350 extensiones que se necesitan para brindar el servicio de telefonía.

Para el presente diseño también se recomienda que las direcciones IP que van a ser asignadas a las diferentes subestaciones, se las subdivide en 4 subredes con máscara 255.255.255.192 con un máximo de $2^6 - 2 = 62$ hosts por cada subred, siendo una de estas utilizada para el tráfico de voz y asociada a su respectiva VLAN. En el presente diseño se utilizó la segunda subred para el tráfico de voz sobre IP.

Para los diferentes departamentos del edificio matriz de la corporación se tomarán las direcciones IP: 172.16.150.0/24 y 172.16.151.0/24.

En la tabla 3.10 se indican las VLANs de voz y direcciones IP, que se utilizarán en la diferentes dependencias, para poder brindar el servicio de telefonía y los servicios suplementarios del mismo, a todos los empleados de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC.

Dirección IP clase B: 172.16.0.0/16			
Dependencia	VLAN	Subred	Dirección a utilizar
S/E Ibarra	Voz-S/E-Ibarra	172.16.13.0/24	172.16.13.64/26
S/E Trinitaria	Voz-S/E-Trinitaria	172.16.18.0/24	172.16.18.64/26
S/E Caraguay	Voz-S/E-Caraguay	172.16.19.0/24	172.16.19.64/26
S/E Riobamba	Voz-S/E-Riobamba	172.16.20.0/24	172.16.20.64/26
S/E Esclusas	Voz-S/E-Esclusas	172.16.21.0/24	172.16.21.64/26
S/E San Gregorio	Voz-S/E-San-Gregorio	172.16.22.0/24	172.16.22.64/26
S/E Montecristi	Voz-S/E-Montecristi	172.16.35.0/24	172.16.35.64/26
S/E Santa Rosa	Voz-S/E-Santa-Rosa	172.16.42.0/24	172.16.42.64/26
S/E Santo Domingo	Voz-S/E-Santo-Domingo	172.16.45.0/24	172.16.45.64/26
S/E Pascuales	Voz-S/E-Pascuales	172.16.46.0/24	172.16.46.64/26
S/E Cuenca	Voz-S/E-Cuenca	172.16.47.0/24	172.16.47.64/26
S/E Machala	Voz-S/E-Machala	172.16.48.0/24	172.16.48.64/26
S/E Baños	Voz-S/E-Baños	172.16.49.0/24	172.16.49.64/26
S/E Pomasqui	Voz-S/E-Pomasqui	172.16.50.0/24	172.16.50.64/26
S/E Agoyán	Voz-S/E-Agoyán	172.16.51.0/24	172.16.51.64/26
S/E Policentro	Voz-S/E-Policentro	172.16.53.0/24	172.16.53.64/26
Edificio Calderón	Voz-Edificio-Calderón	172.16.55.0/24	172.16.55.64/26
S/E Quevedo	Voz-S/E-Quevedo	172.16.56.0/24	172.16.56.64/26
S/E Totoras	Voz-S/E-Totoras	172.16.58.0/24	172.16.58.64/26
S/E Ambato	Voz-S/E-Ambato	172.16.59.0/24	172.16.59.64/26
S/E Molino	Voz-S/E-Molino	172.16.61.0/24	172.16.61.64/26
S/E Vicentina	Voz-S/E-Vicentina	172.16.62.0/24	172.16.62.64/26
S/E Salitral	Voz-S/E-Salitral	172.16.66.0/24	172.16.66.64/26
S/E Tulcán	Voz-S/E-Tulcán	172.16.68.0/24	172.16.68.64/26
S/E Loja	Voz-S/E-Loja	172.16.92.0/24	172.16.92.64/26
S/E Portoviejo	Voz-S/E-Portoviejo	172.16.104.0/24	172.16.104.64/26
S/E Milagro	Voz-S/E-Milagro	172.16.105.0/24	172.16.105.64/26
S/E Sinincay	Voz-S/E-Sinincay	172.16.106.0/24	172.16.106.64/26
S/E Zhoray	Voz-S/E-Zhoray	172.16.107.0/24	172.16.107.64/26
S/E San Idelfonso	Voz-S/E-San-Idelfonso	172.16.117.0/24	172.16.117.64/26
S/E Santa Elena	Voz-S/E-Santa-Elena	172.16.118.0/24	172.16.118.64/26
S/E Mulaló	Voz-S/E-Mulaló	172.16.124.0/24	172.16.124.64/26
S/E Babahoyo	Voz-S/E-Babahoyo	172.16.125.0/24	172.16.125.64/26
S/E Posorja	Voz-S/E-Posorja	172.16.126.0/24	172.16.126.64/26
S/E Dos Cerritos	Voz-S/E-Dos-Cerritos	172.16.130.0/24	172.16.130.64/26
S/E Chone	Voz-S/E-Chone	172.16.140.0/24	172.16.140.64/26
Edificio Transelectric	Voz-edificio-transelectric	172.16.150.0/24	172.16.150.0/24
		172.16.151.0/24	172.16.151.0/24
S/E Puyo	Voz-S/E-Puyo	172.16.200.0/24	172.16.200.64/26
S/E Tena	Voz-S/E-Tena	172.16.201.0/24	172.16.201.64/26
S/E Coca	Voz-S/E-Coca	172.16.202.0/24	172.16.202.64/26
S/E Nueva Prosperina	Voz-S/E-Nueva-Prosperina	172.16.203.0/24	172.16.203.64/26
S/E Gualaceo	Voz-S/E-Gualaceo	172.16.220.0/24	172.16.220.64/26
S/E Limón	Voz-S/E-Limón	172.16.221.0/24	172.16.221.64/26
S/E Mendez	Voz-S/E-Mendez	172.16.222.0/24	172.16.222.64/26
S/E Macas	Voz-S/E-Macas	172.16.228.0/24	172.16.228.64/26

Tabla 3. 10 Direccionamiento IP de voz

Como se puede observar en la tabla 3.10, el edificio matriz de la Corporación utilizará dos direcciones con máscara 255.255.255.0 o /24 para el tráfico de voz, ya que con una no se cubrirían las 350 extensiones necesarias. Las direcciones de las subestaciones se subnetearán a direcciones con máscara 255.255.255.192 o /26; de las cuatro subredes obtenidas se utilizará la subred número dos, para el tráfico de voz.

3.3 PLAN DE NUMERACIÓN

Para el diseño del plan de numeración, se debe decidir el número de dígitos a utilizar para las extensiones. Para esto se debe considerar dos detalles: el prefijo de la dependencia, que en este caso puede ser un departamento o subestación y extensión de la dependencia.

El número de extensiones propuestas para la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, es de 1080. Según los datos obtenidos, se tiene que la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC se constituye de 43 Subestaciones, el edificio de calderón y 20 departamentos en el edificio matriz. Basado en esto, se necesitaría un prefijo de 2 dígitos y una extensión de 2 dígitos. En total en plan de marcación constaría de 4 dígitos.

Con este plan de numeración de 4 dígitos se puede tener hasta 100 dependencias (0-99), cada una con una extensión de dependencia de 100 extensiones (0-99).

El plan de numeración se justifica basado en los siguientes criterios:

El máximo número de extensiones propuestas para ciertos departamentos o subestaciones es de 50 (Edificio Calderón), por lo que con 2 dígitos se cubriría el número de extensiones.

Se disminuye el procesamiento del sistema, ya que el sistema telefónico con 2 dígitos enruta las llamadas a los departamentos o subestaciones

correspondientes y de la misma forma ubica la extensión dentro del departamento o subestación con 2 dígitos, de forma eficiente y rápida. Cabe mencionar que la serie del (0000-0999), no se la utiliza ya que el prefijo “0” se lo utiliza para capturar las líneas troncales asignadas a la central.

Por lo tanto se tiene el siguiente plan de numeración para los diferentes departamentos y subestaciones:

Departamento	Número de extensiones propuestas	Plan de numeración		
		Prefijo de dependencia	Comienzo	Fin
Edificio Calderón (COT)	50	30	3000	3099
S/E Agoyán	40	31	3100	3199
S/E Ambato	10	32	3200	3299
S/E Babahoyo	10	33	3300	3399
S/E Baños	10	34	3400	3499
S/E Caraguay	10	35	3500	3599
S/E Chone	10	36	3600	3699
S/E Coca	10	37	3700	3799
S/E Cuenca	40	38	3800	3899
S/E Dos Cerritos	10	39	3900	3999
S/E Esclusas	10	40	4000	4099
S/E Gualaceo	10	41	4100	4199
S/E Ibarra	10	42	4200	4299
S/E Limón	10	43	4300	4399
S/E Loja	10	44	4400	4499
S/E Macas	10	45	4500	4599
S/E Machala	10	46	4600	4699
S/E Mendez	10	47	4700	4799
S/E Milagro	20	48	4800	4899
S/E Molino	20	49	4900	4999
S/E Montecristi	10	50	5000	5099
S/E Mulaíó	10	51	5100	5199
S/E Nueva prosperina	10	52	5200	5299
S/E Pascuales	40	53	5300	5399
S/E Policentro	40	54	5400	5499
S/E Pomasqui	10	55	5500	5599
S/E Portoviejo	20	56	5600	5699
S/E Posorja	10	57	5700	5799
S/E Puyo	10	58	5800	5899
S/E Quevedo	20	59	5900	5999
S/E Riobamba	20	60	6000	6099
S/E Salitral	10	61	6100	6199
S/E San Gregorio	10	62	6200	6299
S/E San Idelfonso	10	63	6300	6399
S/E Santa Elena	10	64	6400	6499
S/E Santa Rosa	40	65	6500	6599
S/E Santo Domingo	40	66	6600	6699
S/E Sinincay	10	67	6700	6799
S/E Tena	10	68	6800	6899
S/E Totoras	20	69	6900	6999
S/E Trinitaria	10	70	7000	7099
S/E Tulcán	10	71	7100	7199
S/E Vicentina	10	72	7200	7299
S/E Zhoray	20	73	7300	7399

Tabla 3. 11 Plan de numeración para el edificio Calderón y subestaciones

Departamento	Número de extensiones propuestas	Plan de numeración		
		Prefijo de dependencia	Comienzo	Fin
Gerencia	17	10	1000	1099
CELEC (9no A)	18	11	1100	1199
Gerencia de Expansión	17	12	1200	1299
Gerencia de Operación	18	13	1300	1399
Contabilidad	18	14	1400	1499
Telecomunicaciones	17	15	1500	1599
Adquisiciones	18	16	1600	1699
Gerencia de telecomunicaciones	18	17	1700	1799
UNASS	17	18	1800	1899
Departamento médico	17	19	1900	1999
Comunicación	18	20	2000	2099
CELEC (9no B)	17	21	2100	2199
Líneas de transmisión	18	22	2200	2299
Explotación	17	23	2300	2399
Vicepresidencia administrativa	18	24	2400	2499
Sistemas	18	25	2500	2599
Seguros	17	26	2600	2699
Expansión	17	27	2700	2799
Jurídico	18	28	2800	2899
CELEC (Subsuelo)	17	29	2900	2999

Tabla 3. 12 Plan de numeración para el edificio matriz

3.4 REDISEÑO DE LA RED DE LA CORPORACIÓN CELEC EP - TRANSELECTRIC

Para realizar el rediseño de la red de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, se debe conocer la cantidad de tráfico total, que pasará por los enlaces WAN y LAN. Por este motivo se debe sumar la cantidad de tráfico de la red actual, con la cantidad de tráfico de voz futura.

Realizando este procedimiento se puede dar cuenta, si los enlaces con los que cuenta la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, podrán soportar dicha cantidad de tráfico una vez implementado el nuevo sistema de telefonía IP.

3.4.1 TRÁFICO FUTURO A NIVEL DE ENLACES LAN Y WAN

El tráfico futuro que soportarán los enlaces LAN de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, se calcula en base a la tabla 2.11, la cual indica el tráfico

estimado entre los switches de acceso pertenecientes a los diferentes departamentos del edificio matriz y los switches de core, y la tabla 3.3, la cual indica el tráfico telefónico futuro que será generado por cada departamento.

Enlace	Tráfico telefónico [Kbits/s]	Tráfico de datos [Kbits/s]	Tráfico Total	
			[Kbits/s]	[Mbits/s]
SW_ACCESO_10A – SW_CORE_1	1.656,8	721,012	2.377,812	2,322
SW_ACCESO_9A – SW_CORE_1	2.092,8	1.036,966	3.129,766	3,056
SW_ACCESO_8A – SW_CORE_1	2.005,6	1.056,435	3.062,035	2,990
SW_ACCESO_7A – SW_CORE_1	1.220,8	984,751	2.205,551	2,154
SW_ACCESO_6A – SW_CORE_2	1.656,8	1.325,024	2.981,824	2,912
SW_ACCESO_5A – SW_CORE_1	2.092,8	1.563,836	3.656,636	3,571
SW_ACCESO_3A – SW_CORE_1	1.220,8	823,035	2.043,835	1,996
SW_ACCESO_2A – SW_CORE_2	1.656,8	916,044	2.572,844	2,513
SW_ACCESO_PB – SW_CORE_1	1.308	756,544	2.064,544	2,016
SW_ACCESO_PB_1 – SW_CORE_2	1.046,4	807,641	1.854,041	1,811
SW_ACCESO_10B – SW_CORE_2	1.569,6	954,669	2.524,269	2,465
SW_ACCESO_9B – SW_CORE_2	1.395,2	885,482	2.280,682	2,227
SW_ACCESO_8B – SW_CORE_2	1.220,8	954,308	2.175,108	2,124
SW_ACCESO_7B – SW_CORE_2	1.133,6	1.122,745	2.256,345	2,203
SW_ACCESO_6B – SW_CORE_2	1.046,4	752,684	1.799,084	1,757
SW_ACCESO_5B_1 – SW_CORE_2	1.308	1.077,994	2.385,994	2,330
SW_ACCESO_4B – SW_CORE_2	1.133,6	755,165	1.888,765	1,844
SW_ACCESO_3B – SW_CORE_2	1.220,8	967,922	2.188,722	2,137
SW_ACCESO_2B – SW_CORE_2	1.656,8	2.004,170	3.660,97	3,575
SW_ACCESO_SUB – SW_CORE_2	1.133,6	811,830	1.945,43	1,900
SW_CORE_1 – SW_CORE_2	28.776	23.045,849	51.821,849	50,607

Tabla 3. 13 Tráfico estimado en los enlaces LAN

El tráfico futuro que soportarán los enlaces WAN de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, se calcula en base a la tabla 2.12, la cual indica el tráfico promedio entre los routers y el switches de core 2, y las tablas 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8, las cuales indica el tráfico telefónico futuro que será generado por cada subestación.

Enlace	Tráfico telefónico [Kbits/s]	Tráfico de datos [Kbits/s]	Tráfico Total	
			[Kbits/s]	[Mbits/s]
SW_CORE_2 – TRANSELECTRIC-9	9.160,8	4.307,373	13.468,173	13,153
SW_CORE_2 – ROUTER_TE_FO	11.114,4	2.370,869	13.485,269	13,169
SW_CORE_2 – TRANS_CALD	1.320	7.113,383	8.433,383	8,236
SW_CORE_2 – STA_ROSA	1.848	604,655	2.452,655	2,395

Tabla 3. 14 Tráfico estimado en los enlaces WAN

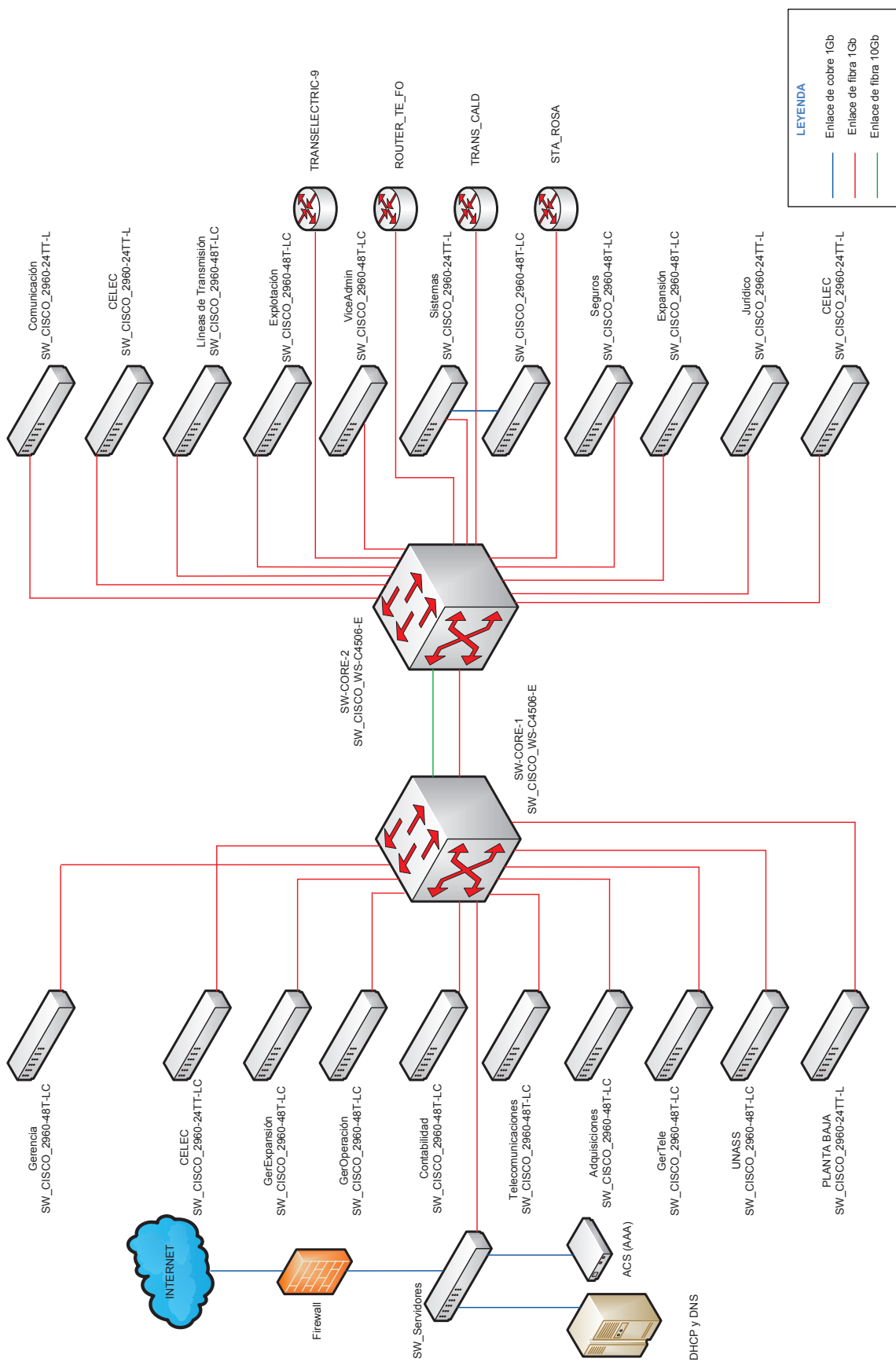


Figura 3. 3 Rediseño de la Red LAN de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC

Como se puede observar en la tabla 3.13, el tráfico total entre los diferentes enlaces de la red LAN, que van desde los switches de distribución hacia los switches de core no sobrepasa los 4 Mbits/s, el único enlace que sobrepasa esta cantidad es el enlace entre los switches de core que tiene un tráfico total de 50,607 Mbits/s.

Los enlaces de la red LAN actualmente están en la posibilidad de soportar tráfico de hasta 1 Gbit/s. Por lo tanto están en la capacidad de soportar el tráfico total que se generará al introducir el nuevo sistema de telefonía IP.

Para el presente rediseño el principal cambio con respecto a la anterior red, es la renovación del cableado vertical correspondiente a la zona B, ya que actualmente el cableado utilizado es UTP categoría 5e y se podría ver afectado por interferencia eléctrica o interferencia de radio frecuencia, disminuyendo el performance del nuevo sistema de telefonía IP.

Por este motivo el nuevo tipo de cableado a ser utilizado será fibra óptica multimodo bajo la recomendación UIT-T G.651.1. Este tipo de fibra es muy utilizada para aplicaciones de corta distancia, por lo que para este ambiente LAN, se convierte en la mejor solución.

Una de las ventajas que adquiriría la red LAN con el nuevo cableado es la transmisión de grandes cantidades de información y el poder tener conversaciones simultáneas.

Este nuevo cableado al tener un diámetro más pequeño que el cable de cobre habitual, lo hará más fácil de instalar en lugares donde ya existen cables y hay poco espacio.

Los desperfectos que pueda presentar la fibra óptica en determinada ocasión, podrán ser localizados fácilmente, permitiendo su reparación rápida y simplificando la labor de mantenimiento, sin tener que degradar la disponibilidad de la red.

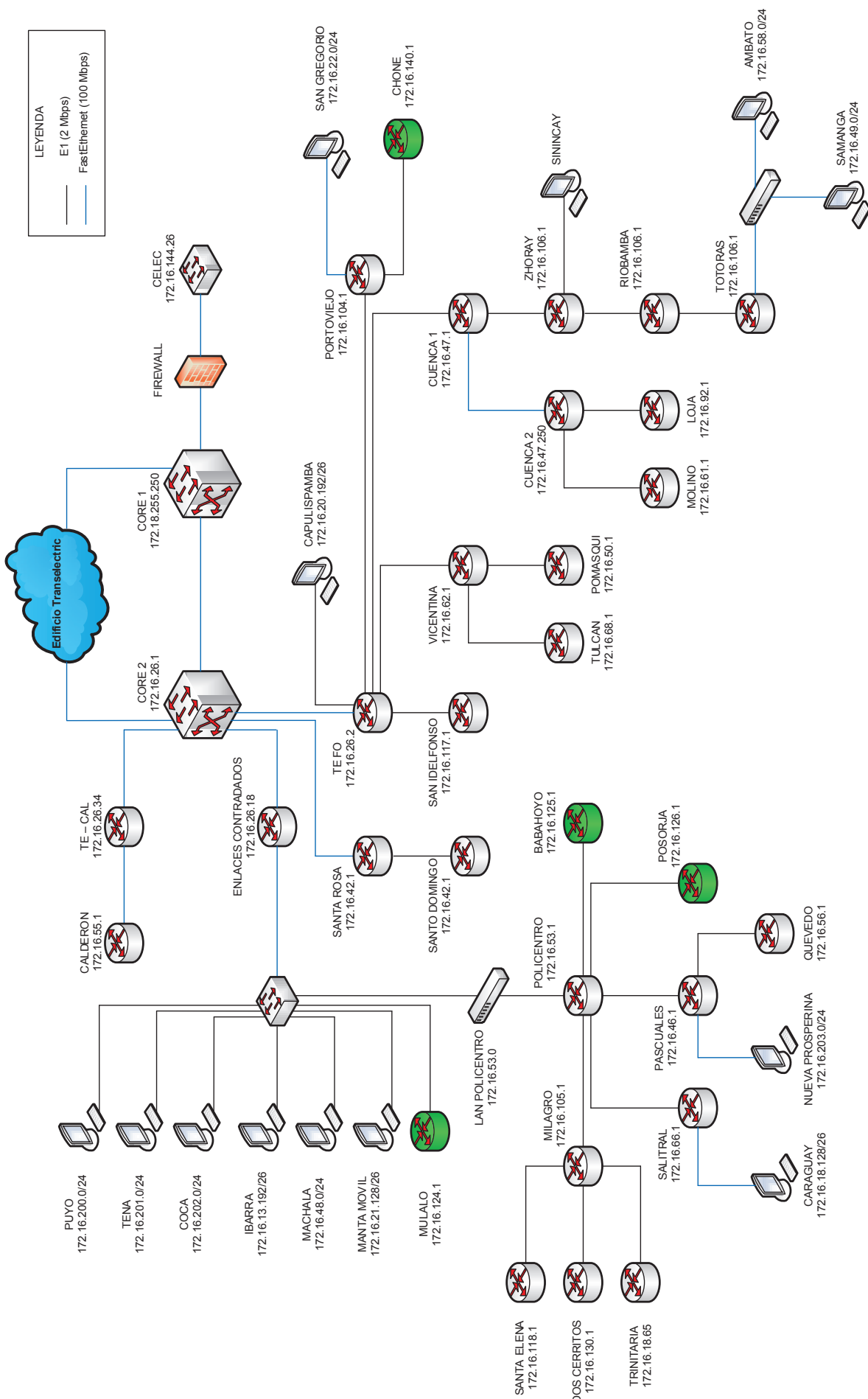


Figura 3. 4 Rediseño de la Red WAN de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC

Como se puede observar en la tabla 3.14, el tráfico total entre los diferentes enlaces WAN que van hacia el switches de core 2 ubicado en el edificio matriz, no sobrepasa los 11 Mbits/s.

Los diferentes enlaces de la red WAN actualmente están en la posibilidad de soportar tráfico de hasta 1 Gbit/s. Por lo tanto están en la capacidad de soportar el tráfico estimado que se generará al introducir el nuevo sistema de telefonía IP.

Para el presente rediseño se mantiene la red WAN actual, cambiando ciertos enlaces que no cuentan con el ancho de banda suficiente para soportar el nuevo sistema de telefonía IP.

Las Subestaciones de Mulaló, Posorja, Babahoyo y Chone, están enlazadas a la red de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, a través de enlaces contratados de 128 Kbit/s. Por lo que no soportarán el tráfico futuro que se generará con el nuevo sistema de telefonía IP. Estos enlaces se deben cambiar y aumentar su capacidad a 2Mbit/s como se tiene en los demás enlaces con otras subestaciones. De esta forma se garantiza que el nuevo sistema de telefonía IP funcione con el suficiente ancho de banda, y se tenga homogeneidad en la red.

Una vez rediseñada tanto la red LAN como la red WAN de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, se está en la capacidad de diseñar el nuevo sistema de telefonía IP que va ser utilizado.

3.5 REDUNDANCIA

La redundancia puede ser brindada de diferentes formas y para diferentes aspectos. El objetivo de la redundancia es tener más de un elemento para realizar una función asignada. La redundancia puede ser de dos formas:

Redundancia activa: En este tipo de redundancia todos los componentes redundantes están activos de forma simultánea mientras brindan un determinado servicio.

Redundancia secuencial: En este tipo de redundancia, el componente redundante solo entra en funcionamiento cuando se le da la disposición, como efecto del mal funcionamiento del componente principal.

En este sistema de telefonía IP se brindará redundancia en los siguientes aspectos:

3.5.1 REDUNDANCIA DEL SISTEMA DE TARIFACIÓN

Debido a la función crítica e indispensable que desempeña dentro del sistema de telefonía IP, se recomienda la utilización de un sistema de tarifación redundante, de tal manera que el sistema de respaldo se mantenga siempre en estado de espera, hasta cuando el sistema primario falle y entre en funcionamiento inmediatamente.

Este intercambio de funciones entre el sistema primario y el sistema de respaldo, se realiza a través de una comunicación constante entre los dos sistemas, enviando señales de keep alive, de tal forma que si el sistema primario deja de emitir esta señal, el sistema de respaldo entienda que debe entrar en funcionamiento.

3.5.2 REDUNDANCIA DE FUENTES DE PODER

Se refiere a los dispositivos que suministran energía eléctrica. Las centrales telefónicas IP contarán con dos fuentes de energía redundantes. En el caso que la fuente primaria sufra algún desperfecto, la fuente de poder de respaldo, inmediatamente se pondrá en funcionamiento.

Se recomienda la utilización de UPS (*uninterruptible power supply*), para proporcionar energía eléctrica durante un apagón y proteger a las centrales telefónicas IP de las subidas y bajadas de tensión que se puedan producir. Este sistema deberá ser revisado periódicamente para comprobar, que la energía almacenada en las baterías sea la adecuada.

Cabe mencionar que cada subestación cuenta con su propio banco de baterías y respectivo cargador, que actúan como fuente de alimentación de emergencia en caso de existir una falla o corte del suministro de energía.

Adicionalmente cada subestación cuenta con un generador eléctrico que funciona como la segunda fuente de alimentación de emergencia en caso de que el banco de baterías no funcione.

3.5.3 REDUNDANCIA DE CONEXIONES

Se refiere a la creación de conexiones similares para dispositivos de funcionamiento crítico en el nuevo sistema de telefonía IP. En este caso los enlaces LAN y WAN, que existen entre las diferentes subestaciones y dependencias de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC.

3.5.3.1 Redundancia a nivel LAN

A nivel de enlaces LAN, específicamente en el edificio matriz de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, se tendrán dos conexiones por cada switch de acceso y router, uno hacia el switch de core 1 y el otro hacia el switch de core 2 (Figura 3.5). Esto garantiza que la red y el sistema de telefonía IP, sigan funcionando ininterrumpidamente si uno de los switches de core dejara de funcionar repentinamente.

Todos los equipos que se tienen actualmente en la red LAN, seguirán siendo utilizados para brindar redundancia a la red. No se necesita de equipamiento adicional para dicho servicio.

3.5.3.2 Redundancia a nivel WAN

A nivel de enlaces WAN se brindará redundancia a través de la red de fibra óptica, que interconecta las diferentes subestaciones de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC (Figura 3.6).

Las subestaciones de: Santa Rosa, Santo Domingo, Quevedo, Pascuales, Milagro, Zhoray, Riobamba y Totoras forman un anillo de fibra, el cual ante la falla de una subestación, cambia el sentido de dirección de la información para que pueda llegar a las demás subestaciones. Esta configuración de red es muy sólida ya que proporciona un acceso distribuido para todas las subestaciones, permitiendo que su rendimiento no se vea afectado cuando muchos usuarios hacen uso de esta.

Adicionalmente ciertas conexiones de fibra óptica entre subestaciones y dependencias de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, son a nivel terrestre y a nivel aéreo, lo que permite tener aún más redundancia a nivel de enlaces WAN.

Las conexiones aéreas se realizan a través del cable de fibra óptica OPGW, el cual es montado sobre las torres de transmisión de energía eléctrica, reduciendo los inconvenientes que se pueden producir por otro tipo de instalaciones que impidan el crecimiento de la red. De esta forma se garantiza una disponibilidad alta y una red muy robusta.

Las conexiones terrestres se realizan a través de la empresa TRANSNEXA S.A., empresa de telecomunicaciones que brinda servicios de transporte y conectividad internacional soportando tráfico de voz y datos IP a través de fibra óptica terrestre, complementadas con salidas internacionales hacia Perú, Colombia y acceso a cables submarinos.

3.5.4 REDUNDANCIA TELÉFONOS IP

La redundancia de los teléfonos IP se brindará a través de un software especial de softphones, el cual realizará las mismas funciones que un teléfono IP. Si un teléfono IP sufriera algún desperfecto o mal funcionamiento, el usuario podrá hacer uso del softphone instalado en su respectivo PC, para poder realizar llamadas tanto dentro, como fuera de la red de la corporación sin ningún inconveniente.

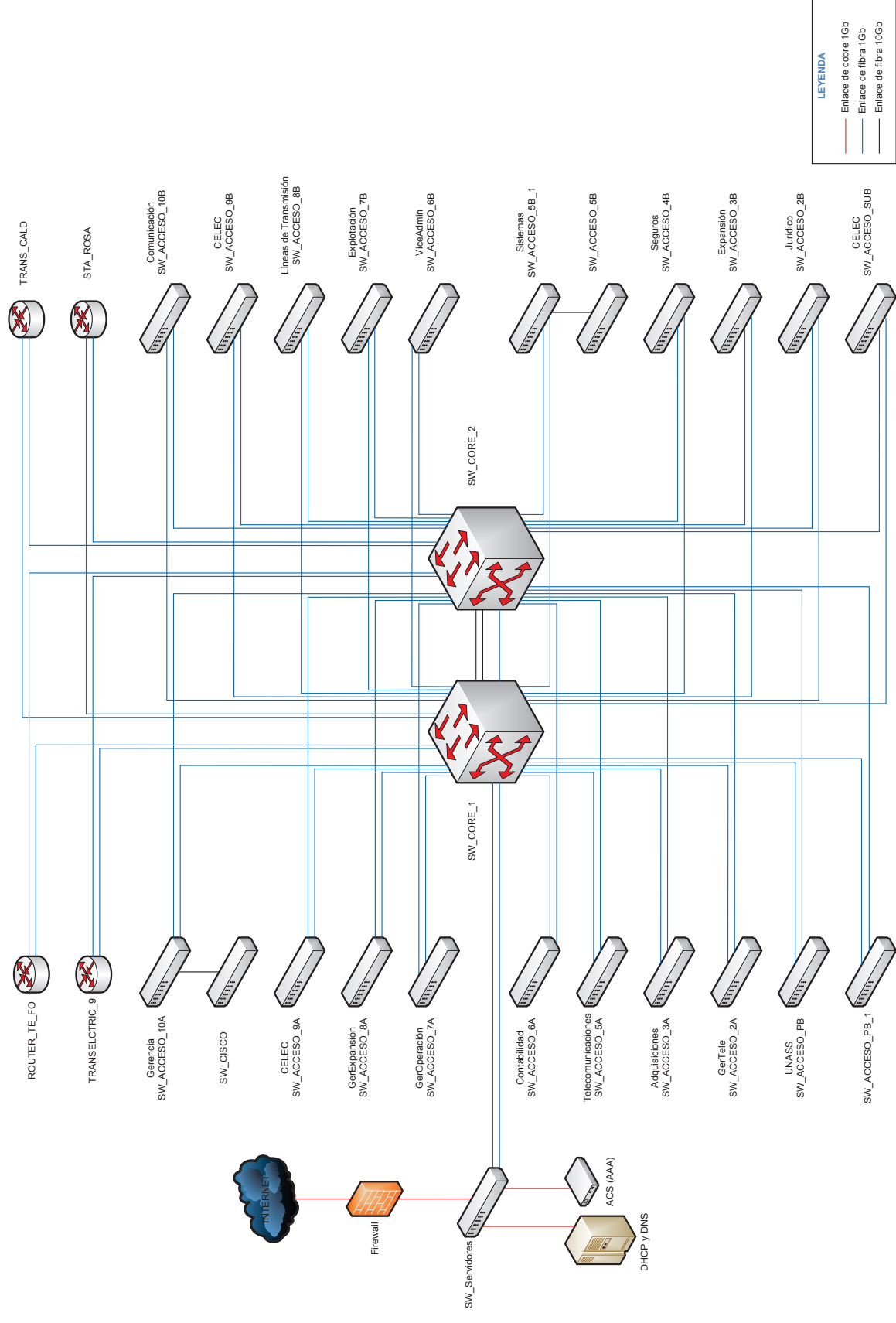


Figura 3. 5 Redundancia en el edificio matriz de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC

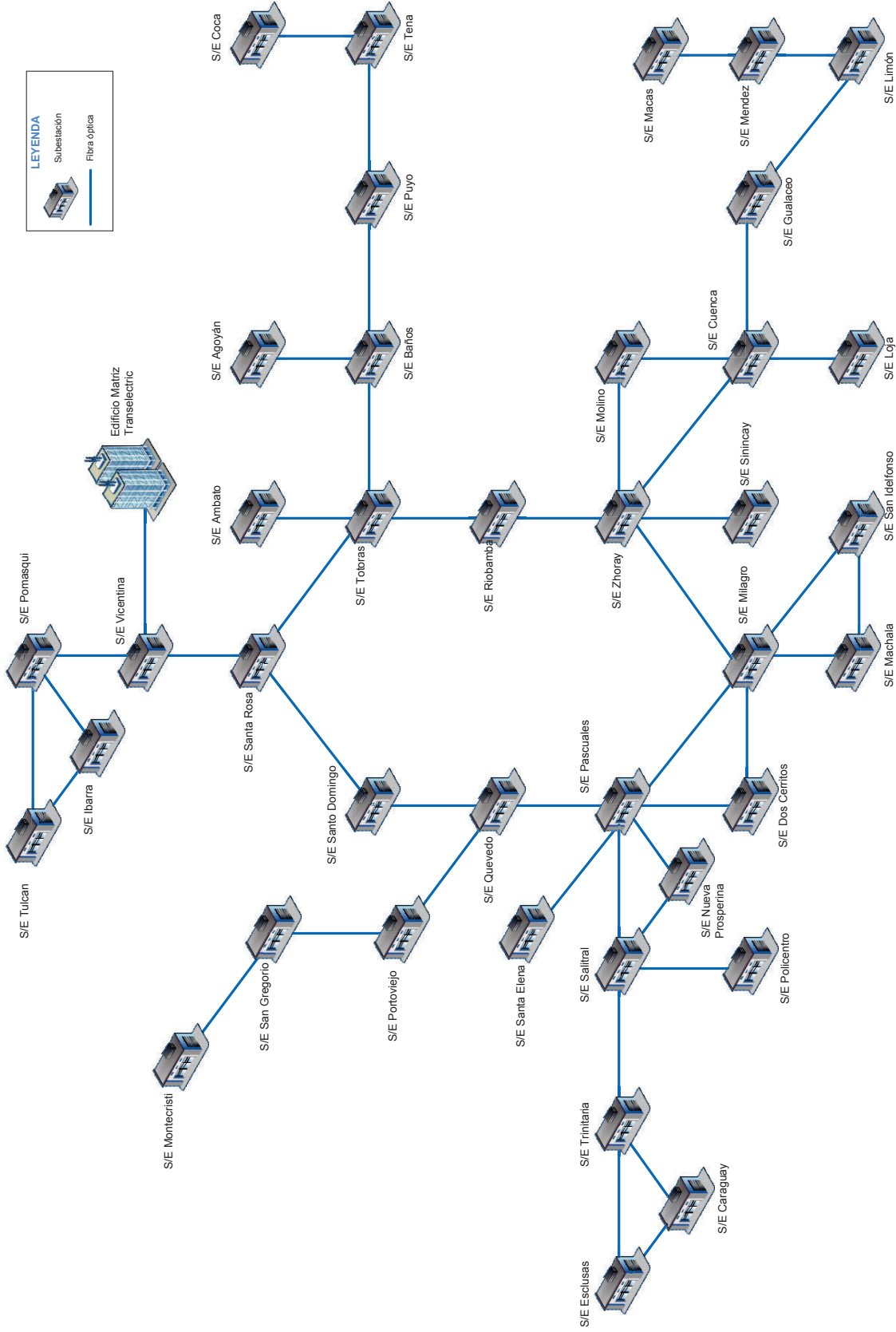


Figura 3. 6 Red de fibra óptica de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC

3.6 DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE TELEFONÍA IP

El nuevo sistema de telefonía IP estará conformado por 45 centrales telefónicas IP, ubicadas en las diferentes subestaciones y dependencias de la corporación. Al contar con una central telefónica IP independiente para cada subestación, el sistema se vuelve distribuido y no centralizado permitiendo de esta manera brindar el servicio de telefonía IP en forma local y global ininterrumpidamente, si otro nodo del sistema falla o sufre algún desperfecto.

La arquitectura que va a manejar el nuevo sistema de telefonía IP, es la conectividad IP extremo a extremo, en la cual todos los dispositivos de usuario se conectan entre sí y con el exterior a través de la red LAN.

En esta arquitectura cada subestación y dependencia de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, contará con un servidor de telefonía IP, el cual se encargará de las funciones de control de llamadas, enrutamiento de llamadas y tarifación de llamadas.

Las llamadas entre las diferentes subestaciones y dependencias, se enrutarán a través de la red WAN. Cuando la red WAN no esté disponible por diferentes factores y cuando el control de admisión determine que no hay el suficiente ancho de banda para transportar las llamadas con la QoS requerida, las llamadas se enrutarán a través de la PSTN. De esta forma se garantiza la total operabilidad del sistema de telefonía IP ante cualquier suceso imprevisto.

Las llamadas entre las diferentes subestaciones se realizarán a través de los teléfonos IP o softphones que serán instalados en las diferentes computadoras, marcando las respectivas extensiones que se crearon en el plan de numeración para este nuevo sistema de telefonía. Las llamadas hacia números convencionales que no sean parte de la red de telefonía IP de la corporación, se realizarán a través de las troncales que se determinaron para conectarse con la PSTN. Estas troncales servirán también para conectar llamadas por parte de personal externo que quiera comunicarse con una entidad de la corporación.

Departamento	Número de circuitos troncales para llamadas convencionales	Número de circuitos troncales para llamadas celulares	Número de extensiones IP
Edificio matriz	22	10	350
Edificio Calderón (COT)	6	4	50
S/E Agoyán	5	2	40
S/E Ambato	7	1	10
S/E Babahoyo	4	1	10
S/E Baños	5	2	10
S/E Caraguay	5	2	10
S/E Chone	3	1	10
S/E Coca	3	1	10
S/E Cuenca	5	2	40
S/E Dos Cerritos	3	1	10
S/E Esclusas	5	2	10
S/E Gualaceo	3	1	10
S/E Ibarra	12	1	10
S/E Limón	3	1	10
S/E Loja	5	2	10
S/E Macas	3	1	10
S/E Machala	4	1	10
S/E Mendez	5	2	10
S/E Milagro	3	1	20
S/E Molino	5	4	20
S/E Montecristi	3	1	10
S/E Mulaló	5	4	10
S/E Nueva prosperina	3	1	10
S/E Pascuales	5	2	40
S/E Policentro	3	1	40
S/E Pomasqui	4	6	10
S/E Portoviejo	5	2	20
S/E Posorja	6	5	10
S/E Puyo	5	2	10
S/E Quevedo	3	1	20
S/E Riobamba	5	2	20
S/E Salitral	5	2	10
S/E San Gregorio	3	1	10
S/E San Idelfonso	5	2	10
S/E Santa Elena	5	2	10
S/E Santa Rosa	5	4	40
S/E Santo Domingo	5	2	40
S/E Sinincay	3	1	10
S/E Tena	3	2	10
S/E Totoras	6	4	20
S/E Trinitaria	3	1	10
S/E Tulcán	3	4	10
S/E Vicentina	4	4	10
S/E Zhoray	3	1	20
TOTAL	216	100	1080

Tabla 3. 15 Troncales IP, celulares y extensiones IP del nuevo sistema de telefonía IP

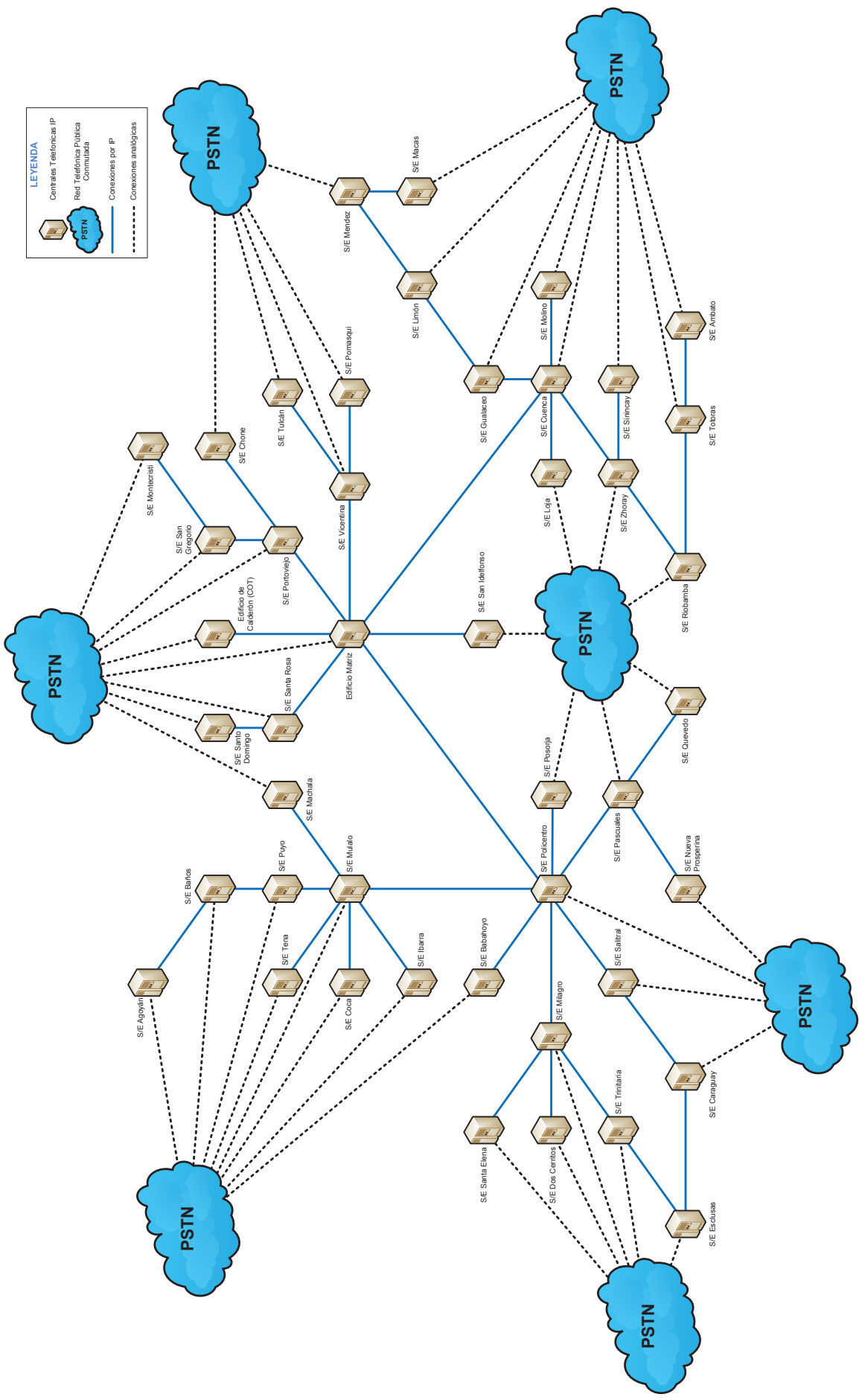


Figura 3. 7 Red de Telefonía IP de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC

Los datos de la tabla 3.15, en cuanto se refiere al número de circuitos troncales para llamadas convencionales y celulares, se obtuvieron del estudio de la intensidad de tráfico telefónico de las dependencias de la corporación, correspondiente a los meses de noviembre de 2102, diciembre de 2012 y enero de 2013, visto anteriormente en el capítulo 2.

Las llamadas hacia números celulares, se realizarán a través de las bases celulares que se conectarán a las centrales telefónicas IP. Para automatizar este proceso, se debe configurar a las centrales para que una vez detectado la marcación de un número celular, enrute dicha llamada por las troncales celulares y no por las troncales convencionales.

Con este nuevo sistema de telefonía, los costos de llamada que se tenía antes se reducirán notablemente ya que las llamadas entre las diferentes dependencias se van a realizar a través de su propia red.

Adicionalmente al tener una red integrada de voz y datos se puede ofrecer una gama de nuevos servicios, que suponen una mejora de la productividad, tanto para los usuarios como el personal del departamento de Telecomunicaciones.

3.6.1 PROCESO DE UNA LLAMADA

Todas las llamadas realizadas por las distintas dependencias de la corporación, se realizarán a través de su propia central IP. Cuando se realice una llamada hacia cualquier dependencia de la corporación, esta será enrutada a través de la red WAN. Cuando se realice una llamada hacia una entidad que se encuentre fuera de la red de la corporación esta será enrutada a través de la PSTN. Las llamadas provenientes de afuera de la red la corporación lo harán a través de la PSTN llegando hasta la central IP, y esta posteriormente la enrutará al receptor correspondiente. Las llamadas hacia líneas celulares de igual manera se realizarán a través de las bases celulares, que se conectarán con la central IP. Todas las centrales IP estarán en la capacidad de discriminar que llamadas deben ser enrutadas a través de la PSTN, de las bases celulares o de la red WAN.

3.6.2 ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS A OBTENER

A continuación se indican las características y número de equipos que se necesitarán obtener, para la implementación del sistema de telefonía IP.

3.6.2.1 Teléfonos IP

El nuevo sistema de telefonía IP utilizará 1080 teléfonos IP. De los cuales 760 serán para personal de ingeniería (tabla 3.18), 256 para personal de secretaría (tabla 3.19) y 64 para personal de gerencia (tabla 3.20). Estos deben cumplir las siguientes especificaciones:

Teléfono IP modelo 1:

Teléfono IP modelo 1	
Característica	Descripción
Códex de voz:	Códec de voz G.711 para ambientes LAN.
	Codec de voz G.729 para ambientes WAN.
Protocolos	Protocolo 802.1x
	Protocolo DiffServ
	Protocolo 802.1q
Protocolos de señalización	Protocolo SIP.
	Protocolo H.323.
	Protocolo IAX.
Switch	De dos puertos rj45 de 10/100 Mbps cada uno.
Botones	+/- para ajuste de volumen.

Tabla 3. 16 Especificaciones de los teléfonos IP modelo 1

Teléfono IP modelo 2:

Teléfonos IP modelo 2	
Característica	Descripción
Códex de voz:	Códec de voz G.711 para ambientes LAN.
	Codec de voz G.729 para ambientes WAN.
Protocolos	Protocolo 802.1x
	Protocolo DiffServ
	Protocolo 802.1q
Protocolos de señalización	Protocolo SIP.
	Protocolo H.323.
	Protocolo IAX.
Switch	De dos puertos rj45 de 10/100 Mbps cada uno.
Botones	+/- para ajuste de volumen.
	Manejo de extensiones.

Tabla 3. 17 Especificaciones de los teléfonos IP modelo 2

Teléfono IP modelo 3:

Teléfono IP modelo 3	
Característica	Descripción
Códex de voz:	Códec de voz G,711 para ambientes LAN.
	Codec de voz G.729 para ambientes WAN.
Protocolos	Protocolo 802.1x
	Protocolo DiffServ
	Protocolo 802.1q
Protocolos de señalización	Protocolo SIP.
	Protocolo H.323.
	Protocolo IAX.
Switch	De dos puertos rj45 de 10/100 Mbps cada uno.
Botones	+/- para ajuste de volumen.
	Funciones fijas.
	Funciones programables.
Puertos	Puerto Headset.

Tabla 3. 18 Especificaciones de los teléfonos IP modelo 3

3.6.2.2 Softphones

El nuevo sistema de telefonía IP utilizará 1080 softphones, que funcionarán como sistema de respaldo en caso de que el teléfono IP sufra algún desperfecto. Estos deben cumplir las siguientes especificaciones:

Softphone	
Característica	Descripción
Códex de voz:	Códec de voz G,711 para ambientes LAN.
	Codec de voz G.729 para ambientes WAN.
Protocolos	Protocolo 802.1x
	Protocolo DiffServ
	Protocolo 802.1q
Protocolos de señalización	Protocolo SIP.
	Protocolo H.323.
	Protocolo IAX.

Tabla 3. 19 Especificaciones de los softphones

3.6.2.3 Centrales IP

El nuevo sistema de telefonía IP contará con 45 centrales telefónicas IP, las cuales deben cumplir las siguientes especificaciones:

**Central telefónica IP para el edificio matriz de la corporación CELEC EP -
TRANSELECTRIC:**

Central Telefónica IP	
Característica	Descripción
Códex de voz:	Códec de voz G,711 para ambientes LAN.
	Codec de voz G.729 para ambientes WAN.
Protocolos de señalización	Protocolo SIP.
	Protocolo H.323.
	Protocolo IAX.
Protocolos de transporte	Protocolo RTP.
	Protocolo RTCP.
Tarificación	Tarificación vía IP.
	Tarificación de acuerdo a la operadora.
	Tarificación de acuerdo a la región.
	Programación de reportes.
	Elaboración de reportes.
Presencia	Presencia telefónica de los usuarios.
	Perfil de presencia de los usuarios.
Audio conferencia	Almacenamiento de una conferencia de audio.
	Almacenamiento de una conferencia de web.
	Monitoreo de conferencias.
Correo de voz	Casilla de correo de voz.
	Grabación de mensajes.
	Mensajes de respuesta personalizables.
Mensajería unificada	Conexión con el correo electrónico
	Envío de mensajes de voz.
	Envío de mensajes de fax.
Conexión con otra red telefónica, brindando:	Llamada básica.
	Llamada en espera.
	Despliegue de nombre.
	Despliegue de número de extensión.
	Desvío de llamadas.
	Conferencia.
	Conmutación entre dos llamadas en curso.
	Rellamada automática.
	Transferencia normal y ciega.
	Desvío de llamadas en caso de ocupado o no contestación.
	Indicación de mensaje en espera.
	Tarjetas
Tarjetas para extensiones IP.	
Tarjetas para conexión con bases celulares (Puertos FXO).	

Tabla 3. 20 Especificaciones de la central IP para el edificio matriz de la corporación

Centrales telefónicas IP para las 43 subestaciones y edificio de Calderón (COT):

Central Telefónica IP	
Característica	Descripción
Códecs de voz:	Códec de voz G,711 para ambientes LAN.
	Codec de voz G.729 para ambientes WAN.
Protocolos de señalización	Protocolo SIP.
	Protocolo H.323.
	Protocolo IAX.
Protocolos de transporte	Protocolo RTP.
	Protocolo RTCP.
Tarifación	Tarifación vía IP.
	Tarifación de acuerdo a la operadora.
	Tarifación de acuerdo a la región.
	Programación de reportes.
	Elaboración de reportes.
Presencia	Presencia telefónica de los usuarios.
	Perfil de presencia de los usuarios.
Audio conferencia	Almacenamiento de una conferencia de audio.
	Almacenamiento de una conferencia de web.
	Monitoreo de conferencias.
Correo de voz	Casilla de correo de voz.
	Grabación de mensajes.
	Mensajes de respuesta personalizables.
Mensajería unificada	Conexión con el correo electrónico
	Envío de mensajes de voz.
	Envío de mensajes de fax.
Conexión con otra red telefónica, brindando:	Llamada básica.
	Llamada en espera.
	Despliegue de nombre.
	Despliegue de número de extensión.
	Desvío de llamadas.
	Conferencia.
	Conmutación entre dos llamadas en curso.
	Rellamada automática.
	Transferencia normal y ciega.
	Desvío de llamadas en caso de ocupado o no contestación.
	Indicación de mensaje en espera.
Tarjetas	Tarjetas para troncales analógicas.
	Tarjetas para extensiones IP.
	Tarjetas para conexión con bases celulares (Puertos FXO).

Tabla 3. 21 Especificaciones de las centrales IP, para las subestaciones y el edificio de Calderón (COT)

3.7 MIGRACIÓN

El proceso de migración se lo debe realizar de forma paulatina y segura, para que no afecte el sistema actual. El nuevo sistema de telefonía IP se lo debe incorporar de forma paralela al sistema de telefonía actual con la que cuenta la corporación.

La migración se la debe realizar por fases, para que el personal de la corporación se adapte de forma adecuada, a esta nueva tecnología.

La migración constará de las siguientes fases:

Fase 1: Pruebas de transmisión de voz sobre los enlaces WAN

Esta fase se puede llevar a cabo con los teléfonos analógicos, centrales telefónicas de las subestaciones y routers existentes en la infraestructura actual.

El requisito principal es utilizar un gateway de voz, para realizar la comunicación entre la red IP y los teléfonos analógicos. La función del gateway es proporcionar interconectividad entre las centrales telefónicas, los teléfonos analógicos y los routers de los diferentes enlaces WAN. Además el gateway realizará tareas de muestreo, digitalización de las señales analógicas y formación de paquetes.

Se deben seleccionar ubicaciones entre las cuales se realizarán las pruebas de transmisión. Las ubicaciones seleccionadas podrán contar con uno o dos teléfonos a la vez. Posteriormente se analizará el tráfico WAN, para determinar cuál fue el aumento en la utilización del ancho de banda. Una vez que los enlaces WAN estén transmitiendo de forma adecuada el tráfico de voz entre las ubicaciones, se pueden aplicar políticas de QoS, en los routers situados en las diferentes ubicaciones para comprobar el efecto del tráfico de datos sobre la calidad de la voz.

En esta fase la voz y los datos se deben combinar solamente sobre los enlaces WAN.

Fase 2: Eliminación de líneas no utilizadas

En esta fase se debe eliminar las líneas que a través de los años han sido olvidadas, que no están siendo utilizadas o ya no se encuentran en funcionamiento.

El nuevo sistema de telefonía IP debe ser instalado en un ambiente completamente nuevo, para ello se deben remover el mayor número de líneas telefónicas que ya no estén siendo utilizadas. De esta forma se garantiza que el nuevo sistema de telefonía IP, este siendo utilizado de forma correcta, al utilizar las líneas telefónicas que verdaderamente se encuentren en funcionamiento.

Se debe solicitar al proveedor de telefonía correspondiente, el retiro las líneas telefónicas que no estén siendo utilizadas, o se encuentren fuera de funcionamiento. De esta forma se limpia el cableado telefónico y elimina posibles confusiones al tratar de ingresar líneas telefónicas a la central, que no estén operativas.

Fase 3: Instalación de las centrales telefónicas IP, en las diferentes Subestaciones

En esta fase se instalarán las centrales telefónicas IP en las diferentes dependencias y subestaciones de la corporación CELEC - EP TRANSELECTRIC. La instalación de cada central telefónica IP, constará de los siguientes procedimientos:

- ❖ Entrega de las diferentes partes que componen la central telefónica IP, en la subestación de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, por parte del proveedor.
- ❖ Instalación de la central telefónica IP.
- ❖ Configuración de la central telefónica IP.
- ❖ Entrega de la central telefónica IP en perfecta operación, al personal técnico de la subestación correspondiente.

- ❖ Pruebas de funcionamiento, supervisadas por personal del departamento de TELECOMUNICACIONES de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC.

Una vez que se encuentren instaladas las centrales telefónicas en todas las Subestaciones de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, se deben realizar pruebas del sistema en conjunto, para verificar su correcto funcionamiento.

Fase 4: Integración de teléfonos IP

Una vez que las redes LAN y WAN, estén correctamente configuradas para brindar el servicio de voz sobre IP, se podrán conectar los teléfonos IP a las diferentes redes conjuntamente con las centrales telefónicas IP. No se requieren cambios en el ruteo y las llamadas telefónicas externas pueden ser conmutadas por las centrales telefónicas existentes. Se puede analizar el tráfico en las diferentes redes, y con la incorporación de más teléfonos IP, se podrá planificar la fase de eliminación del resto de los teléfonos analógicos existentes.

Fase 5: Asignación de los teléfonos IP a la VLAN de voz

En esta fase se asignarán los diferentes teléfonos IP de las diferentes Subestaciones y del edificio matriz de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC a la VLAN de voz.

La asignación de los teléfonos IP a la VLAN de voz, se lo realiza para separar el tráfico de voz del de datos, que generan los diferentes departamentos del edificio matriz y subestaciones de la corporación.

De esta forma se puede dar un trato especial a este tipo de tráfico mediante QoS, ya que a través de este servicio se prioriza el tráfico de voz sobre el de datos, garantizando que la calidad de la voz en las diferentes comunicaciones sea la adecuada, sin ruido ni retrasos.

Fase 6: Capacitación al personal técnico

En esta fase se dará capacitación al personal técnico del departamento de TELECOMUNICACIONES de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC.

La capacitación debe ser orientada a la instalación, funcionamiento, operación, configuración y mantenimiento de las centrales telefónicas IP.

Fase 7: Retirada de las centrales telefónicas analógicas.

Las centrales telefónicas analógicas deberán ponerse fuera de servicio, después de haber realizado los protocolos de pruebas de las diferentes centrales telefónicas IP. Las centrales telefónicas analógicas deberán ser desconectadas y retiradas de las subestaciones en un horario en el cual los usuarios no se encuentren utilizando el sistema de telefonía antiguo, y de esta forma realizar el cambio al nuevo sistema de telefonía IP.

3.8 ESQUEMA DE INTERCONEXION DE EQUIPOS PARA LA TELEFONIA IP

A continuación se indica el esquema de interconexión de los equipos para el nuevo sistema de telefonía IP de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, así como los dispositivos que se utilizaran para la red de voz.

Cada dependencia de la corporación dispondrá de un servidor de telefonía IP independiente, cuyo ambiente de control y administración solo abarcará a la dependencia que pertenece.

Los switches de cada edificio, departamento o dependencia, servirán como medio de interconexión entre: la central telefónica IP, el router, los teléfonos IP, y los PCs de los usuarios en los cuales va a estar instalado el softphone. La central telefónica tendrá conexión a la red interna de la corporación a través de la red WAN y podrá también conectarse con la PSTN.

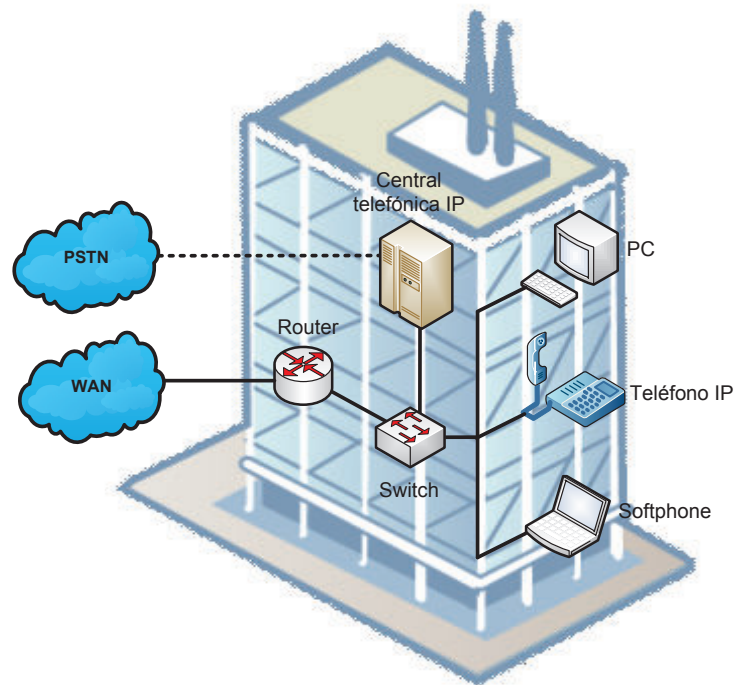


Figura 3. 8 Esquema de interconexión del sistema de telefonía IP en un edificio

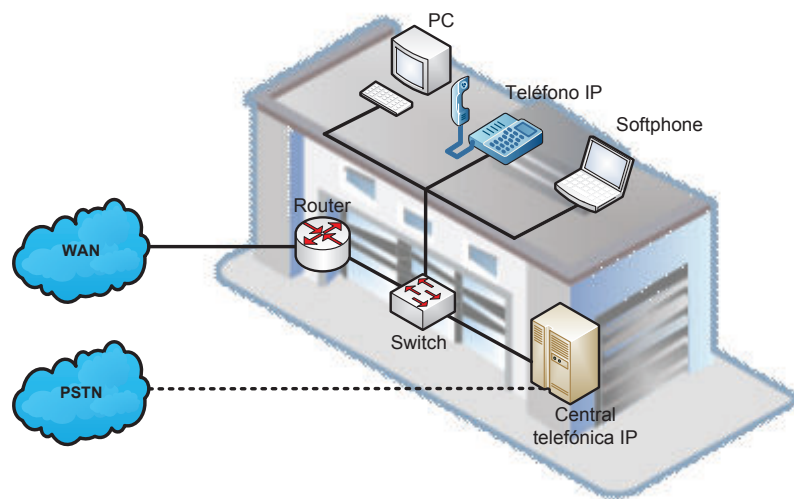


Figura 3. 9 Esquema de interconexión del sistema de telefonía IP en una subestación

Todos los edificios y dependencias de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, se interconectarán entre sí como se muestra en las figuras 3.8 y 3.9.

3.9 COSTO DEL PROYECTO, CONSIDERANDO TRES MARCAS DE EQUIPOS

3.9.1 COSTO DEL PROYECTO BAJO LA MARCA CISCO

A continuación se detallan los costos de los diferentes componentes que conforman el nuevo sistema de telefonía IP, para la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, bajo la marca Cisco.

Servidor para call manager:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
UCUCS-EZ-C220M3S	UCS C220 M3 SFF dual-4-core/3.3 GHz 64 GB RAM 8x300 GB 15K	2	\$ 16.125,76	\$ 32.251,52
CON-SNT-UC220M3S	SMARTNET 8X5XNBD UCS C220 M3 Server	2	\$ 270,02	\$ 540,04
CAB-9K12A-NA	Power Cord 125VAC 13A NEMA 5-15 Plug North America	4	-	-
UCS-CPU-E5-2643	3.30 GHz E5-2643/130W 4C/10MB Cache/DDR3 1600MHz	4	-	-
UCS-HDD300G12F105	300GB 6Gb SAS 15K RPM SFF HDD/hot plug/drive sled mounted	16	-	-
UCS-MR-1X082RY-A	8GB DDR3-1600-MHz RDIMM/PC3-12800/dual rank/1.35v	16	-	-
UCS-RAID9271CV-8I	MegaRAID 9271CV with 8 internal SAS/SATA ports with Supercap	2	-	-
UCSC-HS-C220M3	Heat Sink for UCS C220 M3 Rack Server	4	-	-
UCSC-PCIE-IRJ45	Intel i350 Quad Port 1Gb Adapter	2	-	-
UCSC-PSU-650W	650W power supply for C-series rack servers	4	-	-
UCSC-RAIL1	Rail Kit for C220 C22 C24 rack servers	2	-	-
UCSC-SD-16G-C220	16GB SD Card Module for C220 servers	2	-	-
SUBTOTAL				\$ 32.791,56

Tabla 3. 22 Cotización del servidor para call manager

Licencias para virtualizar el servidor:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
VMW-VS5-ST-1A	VMware vSphere 5 Standard (1 CPU) 1yr Support Required	1	\$ 1.393,28	\$ 1.393,28
CON-ISV1-VS5STD1A	ISV 24X7 VMware vSphere Standard List Price is ANNUAL	1	\$ 344,55	\$ 344,55
UCS-VMW-TERMS	Acceptance of Terms Standalone VMW License for UCS Servers	1	-	-
SUBTOTAL				\$ 1.737,83

Tabla 3. 23 Cotización de licencia para virtualizar el servidor

Licencias para mensajería unificada:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
UNITYCN9-K9	Unity Connection 9.x Software	1	-	-
CON-SES4-UNICN9K9	SC ESS ADV SAS Unity Connection 9.x	1	-	-
UCXN-9X-SC-PORTS	Unity Connection 9.x SpeechConnect Ports	2	-	-
LIC-SPCHVIEW-DEMO	SpeechView Unity Connection Demo for 50 users for 6 months	1	-	-
UNITYCN9-PAK	Unity Connection 9.x PAK	1	-	-
UNITYCN9-STD-USR	One Unity Connection 9.x Voice Messaging User	981	\$ 56,00	\$ 54.936,00
CON-SES4-UNITYSTD	SC ESS ADV SAS One Unity Connection	981	\$ 5,97	\$ 5.856,57
UCSS-U-MSG-1-1	UCSS for Unity or Unity Connection - 1 user One Year Sub	981	\$ 7,47	\$ 7.328,07
SUBTOTAL				\$ 68.120,64

Tabla 3. 24 Cotización de licencia para mensajería unificada

Licencias de telefonía, video, presencia, mensajería:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
L-CUWL-ADDON-STDK9	Unified Workspace Licensing - Top Level for STD	1	-	-
CON-SES4-LCUWLADD	SC ESS ADV SAS Unified Workspace Licensing - Top Level	1	-	-
L-CUP-ONPREM-OPT	Included Cisco Unified Presence On Premise	1	-	-
L-JAB-SDK8-UWL	Jabber for SDK 8.x for CUWL Only	1	-	-
L-WEBCOMM2-UWL	Cisco Web Communicator 2.x for CUWL - 1 Client	1	-	-
L-CUCILYNC-CLN-UWL	Cisco Unified Comm Integration for Lync for CUWL only	1	-	-
L-UPC8-CLIENT-UWL	Unified Personal Communicator 8.0 for CUWL only	1	-	-
L-CUP-86-UWLA	Cisco Unified Presence Add-On 8.6 for CUWL only	1	-	-
L-JAB8MAC-CLNT-UWL	Jabber for Mac 8.x for CUWL Only	1	-	-
L-IPC8-CLIENT-UWL	IP Communicator 8.x for CUWL only	1	-	-
L-JAB9-DSK-UWL	Jabber for Desktop 9.x for CUWL Only	1	-	-
L-LIC-UWL-STD-ADD	Unified Workspace Licensing Standard - 1 user ADDON	99	\$ 242,67	\$ 24.024,33
CON-SES4-LICUWADD	SC ESS ADV SAS Unified Workspace Lic Std 1 user ADDON	99	-	-
L-UNITYCN8-D-UWLA	Unity Connection 8.0 for CUWL Addon only - Domino	1	-	-
L-EXST-DEP-1KTO10K	Total Deployment is between 1000 and 10000 users	1	-	-
L-CUCM-UWL-PAK	Unified Communications Manager UWL PAK	1	-	-
L-CUP-86-UWLA-PAK	Unified Presence 8.6 PAK	1	-	-
L-CUCM-UWL	Unified Communications Manager UWL DLU Bundle	792	-	-
L-CUP-86-UWLA-USR	Unified Presence 8.6 Users	99	-	-
L-UNCN8-UWL-USR-D	Unity Connection 8.x Users - Domino	99	-	-
L-UNCN8-UWLA-PAK	Unity Connection 8.x Addon PAK for CUWL	1	-	-
L-JAB8-MAC-UWL-RTU	Jabber for Mac Right to Use	1	-	-
L-CIPC-UWL-RTU	CIPC UWL RTU	1	-	-
L-JAB9-DSK-UWL-RTU	Jabber for Desktop Right to Use Certificate	1	-	-
L-JAB-SDK8-UWL-RTU	Jabber for SDK Right to Use	1	-	-
L-WEBCOMM2-UWL-RTU	Cisco Web Communicator 2.x for CUWL - RTU	1	-	-
L-CUCILYNC-UWL-RTU	CUCILYNC UWL Right to Use Certificate	1	-	-
L-CUPC-UWL-RTU	CUPC RTU for CUWL	1	-	-
L-LIC-UWL-STD1K	Services Mapping SKU 1K-10K UWL STD users	99	-	-
CON-SES4-UWLST1K	SC ESS ADV SAS Svcs Mapping SKU 1K-10K UWL STD users	99	\$ 11,20	\$ 1.108,8
UCSS-U-UWL-STD-3-1	Cisco UWL STD UCSS - 1 user 3 Year Sub	99	\$ 52,27	\$ 5.174,73
SUBTOTAL				\$ 30.307,86

Tabla 3. 25 Cotización de licencias de telefonía, video, presencia, mensajería

Licencias de telefonía estándar:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
R-UCL-UCM-LIC-K9	Top Level SKU For 9.x/10.x User License - eDelivery	1	-	-
CON-ESW-RUCLUCK9	ESSENTIAL SW Top Level SKU For 9	1	-	-
CCX-90-CMBUNDLE-K9	CCX 9.0 Promo Bundle available only with NEW CUCM or BE6000	1	-	-
JABBER-IM-RTU	Jabber for Everyone Right to Use	1	-	-
LIC-CUCM-9X-ENH	UC Manager Enhanced 9.x License	981	-	-
UCM-PAK	UCM 9X PAK	1	-	-
IPC8-UCM-RTU	IPC8 UCM Right to Use Certificate	1	-	-
JAB-ADR-RTU	Jabber for Android Right to Use	1	-	-
JAB-IPAD-RTU	Jabber for iPad Right to Use	1	-	-
JAB-IPH-RTU	Jabber for iPhone Right to Use	1	-	-
JAB8-MAC-UCM-RTU	JAB8 UCM Right to Use Certificate	1	-	-
IPC8-CLIENT-UCM	IP Communicator User License for 8.x UCM only	1	-	-
JAB-ADR-CLNT-UCM	Jabber for Android UCM Only	1	-	-
JAB-IPAD-UCM	Jabber for iPad UCM Only	1	-	-
JAB-VOICE-ADR-UCM	Jabber Voice for Android UCM Only	1	-	-
JAB-IPH-CLNT-UCM	Jabber for iPhone UCM Only	1	-	-
JAB8-MAC-CLNT-UCM	Jabber for Mac User License 8.x for UCM only	1	-	-
JAB-VOICE-IPH-UCM	Jabber Voice for iPhone UCM Only	1	-	-
CUCM-VERS-9.X	CUCM Software Version 9.X	1	-	-
LIC-CUCM-9X-ENH-A	UC Manager-9.x Enhanced Single User-Under 1K	981	\$ 156,80	\$ 153.820,8
CON-ESW-LICCENHA	ESSENTIAL SW UC Manager-9.x Enhanced Single User-Unde	981	\$ 19,41	\$ 19.041,21
UCSS-U-UCM-A-2-1	UC Manager UCSS - 1 ENH User Two Year Sub Tier A	981	\$ 21,65	\$ 21.238,65
JABBER-IM-ADDON	Jabber for Everyone Additional IM Users	1080	-	-
SUBTOTAL				\$ 194.100,66

Tabla 3. 26 Cotización de licencias de telefonía estándar

Gateway de voz:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
CISCO2921-V/K9	Cisco 2921 Voice Bundle PVDM3-32 UC License PAK FL-CUBE10	1	\$ 3.505,60	\$ 3.505,60
CON-SNT-2921V	SMARTNET 8X5XNBD Cisco 2921 Voice Bundle	1	\$ 564,67	\$ 564,67
PVDM3-32U192	PVDM3 32-channel to 192-channel factory upgrade	1	\$ 4.898,13	\$ 4.898,13
PWR-2921-51-AC	Cisco 2921/2951 AC Power Supply	1	-	-
CAB-AC	AC Power Cord (North America) C13 NEMA 5-15P 2.1m	1	-	-
FL-CUBEE-5	Unified Border Element Enterprise License - 5 sessions	2	-	-
PI-MSE-PRMO-INSRT	Insert Packout - PI-MSE	1	-	-
SL-29-IPB-K9	IP Base License for Cisco 2901-2951	1	-	-
SL-29-UC-K9	Unified Communication License for Cisco 2901-2951	1	-	-
HWIC-BLANK	Blank faceplate for HWIC slot on Cisco ISR	3	-	-
ISR-CCP-EXP	Cisco Config Pro Express on Router Flash	1	-	-
MEM-2900-512MB-DEF	512MB DRAM for Cisco 2901-2921 ISR (Default)	1	-	-
MEM-CF-256MB	256MB Compact Flash for Cisco 1900 2900 3900 ISR	1	-	-
S29UK9-15303M	Cisco 2901-2921 IOS UNIVERSAL	1	-	-
FL-CUBEE-5	Unified Border Element Enterprise License - 5 sessions	2	\$ 560,00	\$ 1.120,00
VVIC3-4MFT-T1/E1	4-Port 3rd Gen Multiflex Trunk Voice/WAN Int. Card - T1/E1	1	\$ 3.285,33	\$ 3.285,33
SM-D-BLANK	Blank faceplate for DW slot on Cisco 2951 and 3925	1	-	-
SM-S-BLANK	Removable faceplate for SM slot on Cisco 290039004400 ISR	1	-	-
SUBTOTAL				\$ 13.373,73

Tabla 3. 27 Cotización de gateway de voz

Router para las Subestaciones con servicio de voz:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
C2901-CME-SRST/K9	2901 Voice Bundle w/PVDM3-16 FL-CME-SRST-25 UC Lic FL-CUBE10	35	\$ 2.534,93	\$ 88.722,55
CON-SNT-2901CMST	SMARTNET 8X5XNBD 2901 Voice Bundle w/ UC License PAK	35	\$ 313,14	\$ 10.959,90
S29UK9-15303M	Cisco 2901-2921 IOS UNIVERSAL	35	-	-
FL-SRST	Cisco Survivable Remote Site Telephony License	35	-	-
VVIC3-1MFT-T1/E1	1-Port 3rd Gen Multiflex Trunk Voice/WAN Int. Card - T1/E1	35	\$ 1.067,73	\$ 37.370,55
PVDM3-16U64	PVDM3 16-channel to 64-channel factory upgrade	35	\$ 1.680,00	\$ 58.800,00
PWR-2901-AC	Cisco 2901 AC Power Supply	35	-	-
CAB-AC	AC Power Cord (North America) C13 NEMA 5-15P 2.1m	35	-	-
FL-CME-SRST-25	Communication Manager Express or SRST - 25 seat license	35	-	-
FL-CUBEE-5	Unified Border Element Enterprise License - 5 sessions	70	-	-
PI-MSE-PRMO-INSRT	Insert Packout - PI-MSE	35	-	-
SL-29-IPB-K9	IP Base License for Cisco 2901-2951	35	-	-
SL-29-UC-K9	Unified Communication License for Cisco 2901-2951	35	-	-
HWIC-BLANK	Blank faceplate for HWIC slot on Cisco ISR	105	-	-
ISR-CCP-EXP	Cisco Config Pro Express on Router Flash	35	-	-
MEM-2900-512MB-DEF	512MB DRAM for Cisco 2901-2921 ISR (Default)	35	-	-
MEM-CF-256MB	256MB Compact Flash for Cisco 1900 2900 3900 ISR	35	-	-
SUBTOTAL				\$ 195.853,00

Tabla 3. 28 Cotización de router remoto tipo 1

Teléfono modelo 1:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
CP-6945-CL-K9	Cisco UC Phone 6945 Charcoal Slimline Handset	760	\$ 287,47	\$ 218.477,20
CP-PWR-CUBE-3	IP Phone power transformer for the 7900 phone series	760	\$ 33,60	\$ 25.536,00
CP-PWR-CORD-NA	Power Cord North America	760	\$ 7,47	\$ 5.677,20
SUBTOTAL				\$ 249.690,40

Tabla 3. 29 Cotización para teléfono modelo 1

Router para la Subestación Ibarra, con servicio de voz:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
C2901-CME-SRST/K9	2901 Voice Bundle w/PVDM3-16 FL-CME-SRST-25 UC Lic FL-CUBE10	1	\$ 2.534,93	\$ 2.534,93
CON-SNT-2901CMST	SMARTNET 8X5XNBD 2901 Voice Bundle w/ UC License PAK	1	\$ 313,14	\$ 313,14
S29UK9-15303M	Cisco 2901-2921 IOS UNIVERSAL	1	-	-
FL-SRST	Cisco Survivable Remote Site Telephony License	1	-	-
FL-CUBEE-5	Unified Border Element Enterprise License - 5 sessions	1	\$ 560,00	\$ 560,00
VVIC3-1MFT-T1/E1	1-Port 3rd Gen Multiflex Trunk Voice/WAN Int. Card - T1/E1	1	\$ 1.067,73	\$ 1.067,73
PVDM3-16U64	PVDM3 16-channel to 64-channel factory upgrade	1	\$ 1.680,00	\$ 1.680,00
PWR-2901-AC	Cisco 2901 AC Power Supply	1	-	-
CAB-AC	AC Power Cord (North America) C13 NEMA 5-15P 2.1m	1	-	-
FL-CME-SRST-25	Communication Manager Express or SRST - 25 seat license	1	-	-
FL-CUBEE-5	Unified Border Element Enterprise License - 5 sessions	2	-	-
PI-MSE-PRMO-INSRT	Insert Packout - PI-MSE	1	-	-
SL-29-IPB-K9	IP Base License for Cisco 2901-2951	1	-	-
SL-29-UC-K9	Unified Communication License for Cisco 2901-2951	1	-	-
HWIC-BLANK	Blank faceplate for HWIC slot on Cisco ISR	3	-	-
ISR-CCP-EXP	Cisco Config Pro Express on Router Flash	1	-	-
MEM-2900-512MB-DEF	512MB DRAM for Cisco 2901-2921 ISR (Default)	1	-	-
MEM-CF-256MB	256MB Compact Flash for Cisco 1900 2900 3900 ISR	1	-	-
SUBTOTAL				\$ 6.155,80

Tabla 3. 30 Cotización de router remoto tipo 2

Router para las Subestaciones de: Policentro, Pascuales, Santo Domingo, Santa Rosa, Cuenca, Agoyán con servicio de voz:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
C2911-CME-SRST/K9	2911 Voice Bundle w/PVDM3-16 FL-CME-SRST-25 UC Lic FL-CUBE10	6	\$ 3.057,60	\$ 18.345,60
CON-SNT-2911CMST	SMARTNET 8X5XNBD 2911 Voice Bundle w/ UC License PAK	6	\$ 451,73	\$ 2.710,38
S29UK9-15303M	Cisco 2901-2921 IOS UNIVERSAL	6	-	-
FL-SRST	Cisco Survivable Remote Site Telephony License	6	-	-
FL-CME-SRST-5	Communication Manager Express or SRST - 5 seat license	18	\$ 126,93	\$ 2.284,74
VVIC3-1MFT-T1/E1	1-Port 3rd Gen Multiflex Trunk Voice/WAN Int. Card - T1/E1	6	\$ 1.067,73	\$ 6.406,38
PVDM3-16U64	PVDM3 16-channel to 64-channel factory upgrade	6	\$ 1.680,00	\$ 10.080,00
PWR-2911-AC	Cisco 2911 AC Power Supply	6	-	-
CAB-AC	AC Power Cord (North America) C13 NEMA 5-15P 2.1m	6	-	-
FL-CME-SRST-25	Communication Manager Express or SRST - 25 seat license	6	-	-
FL-CUBEE-5	Unified Border Element Enterprise License - 5 sessions	12	-	-
PI-MSE-PRMO-INSRT	Insert Packout - PI-MSE	6	-	-
SL-29-IPB-K9	IP Base License for Cisco 2901-2951	6	-	-
SL-29-UC-K9	Unified Communication License for Cisco 2901-2951	6	-	-
HWIC-BLANK	Blank faceplate for HWIC slot on Cisco ISR	18	-	-
ISR-CCP-EXP	Cisco Config Pro Express on Router Flash	6	-	-
MEM-2900-512MB-DEF	512MB DRAM for Cisco 2901-2921 ISR (Default)	6	-	-
MEM-CF-256MB	256MB Compact Flash for Cisco 1900 2900 3900 ISR	6	-	-
SM-S-BLANK	Removable faceplate for SM slot on Cisco 290039004400 ISR	6	-	-
SUBTOTAL				\$ 39.827,10

Tabla 3. 31 Cotización de router remoto tipo 3

Teléfono modelo 2:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
CP-6945-CL-K9	Cisco UC Phone 7975 Gig Ethernet Color	256	\$ 545,07	\$ 139.537,92
CP-PWR-CUBE-3	IP Phone power transformer for the 7900 phone series	256	\$ 33,60	\$ 8.601,60
CP-PWR-CORD-NA	Power Cord North America	256	\$ 7,47	\$ 1.912,32
SUBTOTAL				\$ 150.051,84

Tabla 3. 32 Cotización para teléfono modelo 2

Router para el edificio matriz, con servicio de voz:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
C2921-CME-SRST/K9	2921 Voice Bundle w/PVDM3-32 FL-CME-SRST-25 UC Lic FL-CUBE10	1	\$ 3.878,93	\$ 3.878,93
CON-SNT-2921CMST	SMARTNET 8X5XNBD 2921 Voice Bundle w/ UC License PAK	1	\$ 564,67	\$ 564,67
S29UK9-15303M	Cisco 2901-2921 IOS UNIVERSAL	1	-	-
FL-SRST	Cisco Survivable Remote Site Telephony License	1	-	-
VVIC3-4MFT-T1/E1	4-Port 3rd Gen Multiflex Trunk Voice/WAN Int. Card - T1/E1	1	\$ 3.285,33	\$ 3.285,33
PVDM3-32U192	PVDM3 32-channel to 192-channel factory upgrade	1	\$ 4.898,13	\$ 4.898,13
PWR-2921-51-AC	Cisco 2921/2951 AC Power Supply	1	-	-
CAB-AC	AC Power Cord (North America) C13 NEMA 5-15P 2.1m	1	-	-
FL-CME-SRST-25	Communication Manager Express or SRST - 25 seat license	1	-	-
FL-CUBEE-5	Unified Border Element Enterprise License - 5 sessions	2	-	-
PI-MSE-PRMO-INSRT	Insert Packout - PI-MSE	1	-	-
SL-29-IPB-K9	IP Base License for Cisco 2901-2951	1	-	-
SL-29-UC-K9	Unified Communication License for Cisco 2901-2951	1	-	-
HWIC-BLANK	Blank faceplate for HWIC slot on Cisco ISR	3	-	-
ISR-CCP-EXP	Cisco Config Pro Express on Router Flash	1	-	-
MEM-2900-512MB-DEF	512MB DRAM for Cisco 2901-2921 ISR (Default)	1	-	-
MEM-CF-256MB	256MB Compact Flash for Cisco 1900 2900 3900 ISR	1	-	-
SM-D-BLANK	Blank faceplate for DW slot on Cisco 2951 and 3925	1	-	-
SM-S-BLANK	Removable faceplate for SM slot on Cisco 290039004400 ISR	1	-	-
SUBTOTAL				\$ 12.627,06

Tabla 3. 33 Cotización de router remoto tipo 4

Teléfono modelo 3:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
CP-6945-CL-K9	Cisco UC phone 7931G	64	\$ 261,33	\$ 16.725,12
CP-PWR-CUBE-3	IP Phone power transformer for the 7900 phone series	64	\$ 33,60	\$ 2.150,40
CP-PWR-CORD-NA	Power Cord North America	64	\$ 7,47	\$ 478,08
SUBTOTAL				\$ 19.353,60

Tabla 3. 34 Cotización para teléfono modelo 3

Sistema de tarificación:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
SERV	SACET Intelligence estándar/Sistema de tarificación	1	\$ 5.253,00	\$ 5.253,00
SUBTOTAL				\$ 5.253,00

Tabla 3. 35 Cotización del sistema de tarificación

Costo total del proyecto:

Elemento	Precio
Servidor para Call manager	\$ 32.791,56
Licencias de telefonía, video presencia, mensajería	\$ 30.307,86
Licencias de telefonía estándar	\$ 194.100,66
Licencia para virtualizar el servidor	\$ 1.737,83
Licencias para mensajería unificada	\$ 68.120,64
Gateway de voz	\$ 13.373,73
Router remoto tipo 1 con servicio de voz	\$ 195.853,00
Router remoto tipo 2 con servicio de voz	\$ 6.155,80
Router remoto tipo 3 con servicio de voz	\$ 39.827,10
Router remoto tipo 4 con servicio de voz	\$ 12.627,06
Teléfono modelo 1	\$ 249.690,40
Teléfono modelo 2	\$ 150.051,84
Teléfono modelo 3	\$ 19.353,60
Sistema de tarificación	\$ 5.253,00
SUBTOTAL	\$ 1'019.244,08
IVA (12%)	\$ 122.309,29
TOTAL	\$ 1'141.553,37

Tabla 3. 36 Costo total de la solución CISCO

3.9.2 COSTO DEL PROYECTO BAJO LA MARCA AVAYA

A continuación se detallan los costos de los diferentes componentes que conforman el nuevo sistema de telefonía IP, para la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, bajo la marca Avaya.

Servidores de telefonía IP:

Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
CHASIS IP OFFICE 500 V2	Capacidad máxima de 384 usuarios ya sean analógicos, digitales o IP, 204 enlaces troncales analógicos, 8 enlaces troncales PRI (<i>Primary Rate Interface</i>), 16 enlaces troncales BRI (<i>Basic Rate Interface</i>), 128 enlaces troncales SIP (<i>Session Initiation Protocol</i>).	45	\$ 700,00	\$ 31.500,00
TARJETA SD A-LAW	Tarjeta SD Card de la central donde reside la configuración y el serial para validar licencias, se requiere uno por cada servidor.	45	\$ 60,00	\$ 2.700,00
CABLE DE ALIMENTACION	Cable de poder para IP Office y módulos de extensiones. 18 AWG Amp AC.	45	\$ 15,00	\$ 675,00
KIT PARA MONTAJE EN RACK	Unidad de expansión externa para colocarse en rack.	45	\$ 60,00	\$ 2.700,00
IPO IP500 V2 COMBO CARD ATM V2	Incluye 6 puertos para extensiones digitales, 2 puertos para fxs y 4 puertos troncales para líneas analógicas ATM.	77	\$ 500,00	\$ 38.500,00
IPO 500MC VCM 32 V2	Incluye 4 puertos híbridos, 32 canales de compresión de voz para llamadas a través de VoIP.	2	\$ 900,00	\$ 1.800,00
IPO IP 500 TRNK PRI	Tarjeta hija compatible con IPO 500 VCM para un puerto E1 PRI, habilitado 8 de los 30 canales por defecto, los demás se activan por licencia.	2	\$ 170,00	\$ 340,00
IPO R9 USER/ADMIN SET DVD	DVD que contiene el software para la instalación de la administración y documentación asociada.	3	\$ 25,00	\$ 75,00
IPO IP500 EXP MOD ANLG TRNK 16	Módulo de expansión de 16 troncales analógicas.	2	\$ 2.200,00	\$ 4.400,00
SUBTOTAL				\$ 82.690,00

Tabla 3. 37 Cotización de servidores de telefonía IP

Licenciamiento:

Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
IPO R9 ESSENTIAL EDITION	Licenciamiento básico para funcionalidades primarias de telefonía básica e IP, y necesaria para el licenciamiento Advanced Edition.	45	\$ 850,00	\$ 38.250,00
IPO R9 ADVANCED EDITION	Permite 4 canales de QSIG, H.323 y capacidades de SCN (<i>Switched Circuit Networks</i>). Funcionalidad de red de 4 canales simultáneos. Es necesario contar previamente con la licencia Essential Edition.	8	\$ 2.300,00	\$ 18.400,00
IPO R9 VOICE NETWORKING CHANNELS ADI	Permite 4 canales de QSIG, H.323 y capacidades de SCN, Esta funcionalidad de red de 4 canales simultáneos (no hay límite para el canal de QSIG.)	50	\$ 600,00	\$ 30.000,00
IPO R9 SIP SIP TRNK 10 ADI LIC	Esta licencia se utiliza para poder usar los 10 canales en las líneas troncales SIP agregadas al sistema IP Office. Cuando se utiliza un canal.	8	\$ 1.460,00	\$ 11.680,00
IPO R9 AVAYA IP ENDPOINT 20 ADI LIC	Licencia para 20 teléfonos IP IPO 500 V2. Todos los teléfonos IP de Avaya (incluidos los teléfonos DECT y WiFi) requieren una licencia Avaya IP Endpoint.	21	\$ 1.500,00	\$ 31.500,00
LICENCIA 22 TRONCALES DIGITALES	Licencia para 22 canales E1. Estas licencias se utilizan para activar canales B E1R2 adicionales para las tarjetas IP500 PRI-U configuradas para la operación de E1R2. Cada puerto puede admitir hasta 30 canales B en este modo.	2	\$ 1.420,00	\$ 2.840,00
IPO R9 AV IP ENDPT 20 ADI LIC	Licencia para la habilitación de 20 extensiones IP	54	\$ 720,00	\$ 38.880,00
IP Office Power User	Licencia para la habilitación de 20 usuarios con las funciones de: mensajería instantánea, presencia, mensajería de voz, conferencia y compartición de archivos de escritorio	54	\$ 1.500,00	\$ 81.000,00
SUBTOTAL				\$ 252.550,00

Tabla 3. 38 Cotización de licenciamiento

Adaptadores de poder para teléfonos IP de la serie 1600:

Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
PWR ADPTR 5V 1600 SER IP PHONE US	Adaptador de poder para los teléfonos 1608	1.016	\$ 6,50	\$ 6.604,00
SUBTOTAL				\$ 6.604,00

Tabla 3. 39 Cotización para adaptadores telefónicos de la serie 1600

Teléfono modelo 1:

Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
IP PHONE 1603SW-I BLK	Teléfono 1603 - Usuario Básico	760	\$ 110,00	\$ 83.600,00
SUBTOTAL				\$ 83.600,00

Tabla 3. 40 Cotización para teléfono modelo 1

Teléfono modelo 2:

Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
IP PHONE 1616-I BLK	Teléfono 1616 - Recepción y más avanzados	256	\$ 160,00	\$ 40.960,00
SUBTOTAL				\$ 40.960,00

Tabla 3. 41 Cotización para teléfono modelo 2

Teléfono modelo 3:

Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
9504 TELSET FOR IPO ICON	Teléfono 9504 - Teléfono Digital para Gerencia	64	\$ 128,00	\$ 8.192,00
SUBTOTAL				\$ 8.192,00

Tabla 3. 42 Cotización para teléfono modelo 3

Costo total del proyecto:

Elemento	Precio
Servidores de telefonía IP	\$ 82.690,00
Licenciamiento	\$ 252.550,00
Adaptadores de poder para teléfonos IP de la serie 1600	\$ 6.604,00
Teléfono modelo 1	\$ 83.600,00
Teléfono modelo 2	\$ 40.960,00
Teléfono modelo 3	\$ 8.192,00
SUBTOTAL	\$ 474.596,00
IVA (12%)	\$ 56.951,52
TOTAL	\$ 531.547,52

Tabla 3. 43 Costo total de la solución AVAYA

3.9.3 COSTO DEL PROYECTO BAJO LA MARCA ELASTIX

A continuación se detallan los costos de los diferentes componentes que conforman el nuevo sistema de telefonía IP, para la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, bajo la marca Elastix.

Central Telefónica ELX-5000 para el edificio matriz de la corporación y el edificio del COT (Calderón):

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
ELX5000	Elastix Appliances Puertos Digitales 8 E1/T1/J1. Extensiones (SIP/ IAX) 600. Llamadas concurrentes 250.	2	\$ 5.700,00	\$ 11.400,00
SUBTOTAL				\$ 11.400,00

Tabla 3. 44 Cotización del servidor ELX5000

Central Telefónica ELX-3000:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
ELX3000	Elastix Appliances Puertos Digitales 2 E1/T1/J1. Extensiones (SIP/ IAX) 250. Llamadas concurrentes 80.	43	\$ 4.300,00	\$ 184.900,00
SUBTOTAL				\$ 184.900,00

Tabla 3. 45 Cotización del servidor ELX3000

Teléfono modelo 2:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
D70	DIGIUM teléfono IP HD de nivel ejecutivo con 6 teclas para líneas y 10 teclas de marcación rápida/teclas BLF e información de estatus en tiempo real desplegado en una pantalla LCD	256	\$ 450,00	\$ 115.200,00
SUBTOTAL				\$ 115.200,00

Tabla 3. 46 Cotización del teléfono modelo 2

Teléfono modelo 3:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
D50	DIGIUM teléfono IP HD de nivel medio con 4 teclas para líneas y 10 teclas de marcación rápida/teclas BLF, con una tira de etiquetas de papel de fácil impresión para los contactos más importantes del usuario.	64	\$ 300,00	\$ 19.200,00
SUBTOTAL				\$ 19.200,00

Tabla 3. 47 Cotización del teléfono modelo 3

Teléfono modelo 1:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
D40	DIGIUM teléfono IP HD de nivel básico de 2 líneas	760	\$ 120,00	\$ 91.200,00
SUBTOTAL				\$ 91.200,00

Tabla 3. 48 Cotización del teléfono modelo 1

Sistema de tarificación:

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
D60	Sistema de tarificación de llamadas telefónicas PC SISTEL	1	\$ 4.000,00	\$ 4.000,00
SUBTOTAL				\$ 4.000,00

Tabla 3. 49 Cotización del sistema de tarificación

Costo total del proyecto:

Elemento	Precio
Elastix Appliances Puertos Digitales 8 E1/T1/J1. Extensiones (SIP/IAX) 600. Llamadas concurrentes 250.	\$ 11.400,00
Elastix Appliances Puertos Digitales 2 E1/T1/J1. Extensiones (SIP/IAX) 250. Llamadas concurrentes 80.	\$ 184.900,00
DIGIUM teléfono IP HD de nivel ejecutivo con 6 teclas para líneas y 10 teclas de marcación rápida/teclas BLF e información de estatus en tiempo real desplegado en una pantalla LCD	\$ 115.200,00
DIGIUM teléfono IP HD de nivel medio con 4 teclas para líneas y 10 teclas de marcación rápida/teclas BLF, con una tira de etiquetas de papel de fácil impresión para los contactos más importantes del usuario.	\$ 19.200,00
DIGIUM teléfono IP HD de nivel básico de 2 líneas	\$ 91.200,00
Sistema de tarificación PCSISTEL	\$ 4.000,00
SUBTOTAL	\$ 425.900,00
IVA (12%)	\$ 51.108,00
TOTAL	\$ 477.008,00

Tabla 3. 50 Costo total de la solución ELASTIX

3.10 SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN

A continuación se muestra una tabla comparativa de las diferentes soluciones con sus respectivas características y servicios que presentan, frente a una solución de telefonía IP.

Una vez realizada la comparativa en la tabla 3.51, entre las tres soluciones expuestas anteriormente, en cuanto a características y servicios que presenta cada una, con respecto a los requerimientos necesarios para implementar un sistema de telefonía IP, se describe a continuación las razones por las cuales se seleccionó una de ellas y por qué se descartó las demás.

Solución: CISCO

La solución Cisco a pesar de cumplir con todas las características requeridas para la implementación de un sistema de telefonía IP, requiere cambiar todos los routers ubicados en las diferentes dependencias y subestaciones pertenecientes a la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, debido a que los modelos presentados en la tabla 2.8 (Capítulo 2), no soportan las licencias, para manejar

VoIP. Si se quisiera utilizar esta solución se desperdiciarían los routers antiguos que están totalmente operativos y que no presentan ningún problema, además que se incrementaría notablemente el costo al adquirir nuevos routers que soporten la licencia para el sistema de telefonía IP. Por este motivo se descarta esta solución.

Parámetro	Descripción	CISCO	AVAYA	ELASTIX
Códex de voz:	Códec G.729	√	√	√
	Códec G.711	√	√	√
Conexión IP con otra red de telefonía, garantizando servicios de:	Llamada básica	√	√	√
	Llamada en espera	√	√	√
	Despliegue de nombre	√	√	√
	Despliegue de número de extensión	√	√	√
	Desvío de llamadas	√	√	√
	Conferencia	√	√	√
	Conmutación entre dos llamadas en curso	√	√	√
	Rellamada automática	√	√	√
	Transferencia normal y ciega	√	√	√
	Desvío de llamadas en caso de ocupado y no contestación	√	√	√
	Indicación de mensaje en espera	√	√	√
Protocolos:	H.323	√	√	√
	SIP	√	√	√
	AIX	√	√	√
Sistema de tarificación	Tarificación vía IP	√	√	√
	Tarificación de acuerdo a la operadora	√	√	√
	Tarificación de acuerdo a la región	√	√	√
	Programación de reportes	√	√	√
	Elaboración de reportes	√	√	√
Servicio de presencia	Presencia telefónica de los usuarios	√	√	
	Perfil de presencia de los usuarios	√	√	
Servicio de audioconferencia	Almacenamiento de una conferencia de audio	√	√	√
	Almacenamiento de una conferencia web	√	√	√
	Monitoreo de conferencias	√	√	
Servicio de correo de voz	Casilla de correo de voz	√	√	
	Grabación de mensajes	√	√	√
	Mensajes de respuesta	√	√	
Servicio de mensajería unificada	Conexión con servicio de correo electrónico	√	√	√
	Envío de mensajes de voz	√	√	
	Envío de mensajes de fax	√	√	√

Tabla 3. 51 Comparación de las soluciones de CISCO, AVAYA y ELASTIX, para un sistema de telefonía IP.

Solución: Elastix

La solución Elastix a pesar de cumplir con casi todas las características requeridas para la implementación de un sistema de telefonía IP, no es estable ya que no se encuentra totalmente bien desarrollada. Esta solución instala muchos componentes por default que muchas veces no se los utiliza. Su interfaz gráfica es a veces lenta y pesada, haciendo su administración un poco molesta para el usuario. Algunos componentes no han sido actualizados en mucho tiempo, razón por la cual esta solución ha presentado errores de seguridad. Por todos estos motivos se descarta esta solución.

Solución: Avaya

La solución Avaya cumple con todas las características requeridas para la implementación de un sistema de telefonía IP. Esta solución es muy robusta en cuanto a disponibilidad, ya que puede emplear cualquier dispositivo y estar en cualquier ubicación para entablar una llamada.

Esta solución cuenta con software virtualizado, convirtiéndola en una solución poderosa simple y fácil de gestionar. Al contar con un software virtualizado, la hace capaz de funcionar con otros sistemas de virtualización, ampliando el ambiente en el que se puede desarrollar. Por estas razones fue seleccionada como la solución a ser utilizada.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO

4.1 PROTOTIPO

Para la elaboración del prototipo se utilizó **Asterisk**, el cual es un programa de software libre que brinda todas las funcionalidades de una central telefónica IP. Específicamente se utilizó la versión 1.6.2.24, sobre el sistema operativo Centos 6.3.

4.1.1 ASTERISK ^[A1]

Asterisk es un software PBX que utiliza el concepto de software libre (GPL). Asterisk funciona sobre plataformas Linux y otras plataformas Unix con o sin hardware conectado a la red pública de telefonía (PSTN). Asterisk posibilita la conectividad en tiempo real entre la redes PSTN y VoIP.

Asterisk contiene muchos recursos que solo eran vistos en sistemas de mensajería unificada propietarios y costosos, entre los cuales tenemos:

- ❖ Registro (Log) de llamadas.
- ❖ Buzón de voz.
- ❖ Grabación de llamadas.
- ❖ Desvío de llamadas.
- ❖ Transferencia de llamadas.
- ❖ Salas de conferencias.
- ❖ Música en espera.
- ❖ Gestión de colas (call center).
- ❖ Integración con interfaces de telefonía tradicional a través de tarjetas o gateways FXO, FXS, o digitales (E1, T1, BRI entre otros).
- ❖ IVR.

- ❖ Integración con sistemas de tarificación.
- ❖ Integración con sistemas de síntesis de voz y reconocimiento de habla.

Lo más sobresaliente de asterisk, es su compatibilidad con múltiples protocolos de voz sobre IP como: SIP, H.323, IAX2, MGCP, SCCP, entre otros, con las PSTN.

4.1.2 INSTALACIÓN DE ASTERISK

Para la instalación de asterisk se debe descargar de la página web oficial de asterisk el archivo: asterisk-1.6.2.24.tar.gz, que posteriormente se lo descomprime en el directorio /usr/local/src.

Se abre un terminal de CentOS, y se ejecutan los siguientes comandos:

```
yum install gcc-c++
yum install ncurses-devel
yum install libxml2-devel
yum install sqlite-devel
```

Se dirige al directorio /usr/local/src/asterisk-1.6.2.24, y se ejecuta los siguientes comandos:

- 1) ./configure
- 2) make menuselect
- 3) make
- 4) make install
- 5) make samples
- 6) make config

Se levanta el servicio de asterisk con el comando: **service asterisk start**

Se conecta a la aplicación mediante el comando: **asterisk -r**

4.1.3 CÓDECS DE AUDIO DE ASTERISK ^[A1]

Un códec de audio es un algoritmo escrito en software, que permite la digitalización, compresión y agregación de características como: adaptación a las condiciones de red, niveles de ruido, silencio, microcortes y tolerancia a latencia; para su transmisión y recepción entre terminales que establezcan una comunicación de voz o video.

Entre los principales códecs de audio que soporta asterisk están:

Nombre	Bit rate (kb/s)	Sampling rate (khz)	Características
G.711	64	8	Tiene dos versiones u-law (US, Japón) y a-law (Europa) para muestrear la señal.
G.722	64	16	Divide los 16 Khz en dos bandas cada una usando ADPCM.
G.722.1	24/32	16	Códec para audio HD.
G.723.1	5.6/6.3	8	Parte de H.324 video conferencia.
G.726	16/24/32/40	8	ADPCM; reemplaza a G.721 y G.723.
G.729	8	8	Bajo retardo (15 ms). Existen algunas revisiones del códec (g729a, g729b, etc).
GSM 06.10	13	8	Usada por la tecnología celular GSM.
Speex	8/16/32	2.15-24.6 (NB) 4-44.2 (WB)	Códec configurable para aceptar determinados bitrates y calidad de audio.
SILK	De 6 a 40	Variable	Usado por skype.

Tabla 4. 1 Códecs de asterisk

Los códecs G.729 y G.723.1 son los que utilizan menor ancho de banda, pero para utilizarlos hay que pagar licencias. Sin embargo están disponibles en la red binarios de dichos códecs compilados por Intel.

Al ejecutar el comando **asterisk*CLI> core show translation** se puede observar los diferentes códecs que se pueden utilizar al momento de levantar un sistema de telefonía IP.

```

localhost*CLI> core show translation
Translation times between formats (in microseconds) for one second of data
Source Format (Rows) Destination Format (Columns)

   g723  gsm  ulaw  alaw  g726aal2  adpcm  slin  lpc10  g729  speex  ilbc  g726  g722  siren7  siren14  slin16
g723    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -
gsm      -    -    2    2    1001    2    1    2    -    -    -    3000    2    -    -    3
ulaw     -    2    -    1    1001    2    1    2    -    -    -    3000    2    -    -    3
alaw     -    2    1    -    1001    2    1    2    -    -    -    3000    2    -    -    3
g726aal2 -    2    2    2    -    2    1    2    -    -    -    3000    2    -    -    3
adpcm    -    2    2    2    1001    -    1    2    -    -    -    3000    2    -    -    3
slin     -    1    1    1    1000    1    -    1    -    -    -    2999    1    -    -    2
lpc10    -    2    2    2    1001    2    1    -    -    -    -    3000    2    -    -    3
g729     -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -
speex    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -
ilbc     -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -
g726     -    2    2    2    1001    2    1    2    -    -    -    -    2    -    -    3
g722     -    2    2    2    1001    2    1    2    -    -    -    3000    -    -    -    1
siren7   -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -
siren14  -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -
slin16   -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -
localhost*CLI>

```

Figura 4. 1 Códecs de audio de asterisk

Como se puede observar la configuración original de asterisk, incluye el códec de voz G.711 usado en Estados Unidos, como (ulaw) y usado en Europa como (alaw).

El códec de voz G.729 no viene incluido en la configuración original, ya que no aparecen dígitos y solo aparecen guiones en su correspondiente fila, por tal motivo se debe instalar este códec, para poder implementar el prototipo correctamente.

```

localhost*CLI> core show translation recalc 10
Recalculating Codec Translation (number of sample seconds: 10)

Translation times between formats (in microseconds) for one second of data
Source Format (Rows) Destination Format (Columns)

   g723  gsm  ulaw  alaw  g726aal2  adpcm  slin  lpc10  g729  speex  ilbc  g726  g722  siren7  siren14  slin16
g723    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -
gsm      -    -    300    300    2298    399    299    1498    4598    -    -    2298    1798    -    -    4097
ulaw     -    701    -    1    2001    102    2    1201    4301    -    -    2001    1501    -    -    3800
alaw     -    700    1    -    2000    101    1    1200    4300    -    -    2000    1500    -    -    3799
g726aal2 -    1298    600    600    -    699    599    1798    4898    -    -    2598    2098    -    -    4397
adpcm    -    799    101    101    2099    -    100    1299    4399    -    -    2099    1599    -    -    3898
slin     -    699    1    1    1999    100    -    1199    4299    -    -    1999    1499    -    -    3798
lpc10    -    1398    700    700    2698    799    699    -    4998    -    -    2698    2198    -    -    4497
g729     -    1498    800    800    2798    899    799    1998    -    -    -    2798    2298    -    -    4597
speex    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -
ilbc     -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -
g726     -    1198    500    500    2498    599    499    1698    4798    -    -    -    1998    -    -    4297
g722     -    2398    1700    1700    3698    1799    1699    2898    5998    -    -    3698    -    -    -    2299
siren7   -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -
siren14  -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -    -
slin16   -    5397    4699    4699    6697    4798    4698    5897    8997    -    -    6697    2999    -    -    -
localhost*CLI>

```

Figura 4. 2 Códecs de audio de asterisk después de instalar el códec G.729

Como se puede observar en la figura el códec de voz G.729 se ha instalado correctamente, ya que en su fila se observa las correspondientes traducciones a los diferentes códecs de audio.

4.1.4 CONFIGURACIÓN DE ASTERISK

4.1.4.1 Registro SIP ^[A1]

El registro se basa, en la información emitida por parte de un usuario a la red, sobre donde puede recibir invitaciones de comunicaciones por parte de otros usuarios, lo cual permite que dicho usuario pueda recibir un mensaje en su casa y si posteriormente se dirige al trabajo y se registra nuevamente, el mensaje lo recibirá en el trabajo y no en su casa.

La información que se brinda al instante del registro entre otras es:

- ❖ Nombre de usuario.
- ❖ Dirección ip.
- ❖ Tiempo de validez de registro.

4.1.4.2 Fichero de configuración sip.conf ^[A1]

En el fichero sip.conf se ubican las opciones que serán utilizadas cuando se establezcan llamadas a través del protocolo SIP, además en este fichero se crean los canales SIP.

Canal: Es el medio lógico por el cual se emite una llamada entrante o saliente. Por defecto asterisk soporta una serie de canales, los más importantes son: SIP, IAX y DAHDI. Un canal estará siempre asociado a un terminal telefónico, a una conexión de un proveedor de telefonía o a un servidor de telefonía.

El archivo sip.conf está constituido en tres bloques:

- ❖ Una parte general, donde se define la configuración global del protocolo SIP. Al momento de configurar una extensión o una troncal, si no se definen algunos parámetros, estos serán tomados desde la parte general del archivo. Un ejemplo son los códecs de audio.

- ❖ Un bloque central donde se configura el registro a los proveedores VoIP y/o otros servidores asterisk.
- ❖ Una parte final donde se configuran las extensiones internas, las troncales y las conexiones a otros servidores asterisk.

4.1.4.3 Configuración del archivo sip.conf

Se dirige al terminal de CentOS y se edita el archivo sip.conf, que se encuentra en la ruta: /etc/asterisk.

En este archivo se configura las cuentas de los usuarios, que utilizarán los softphones y teléfonos IP, para el presente prototipo.

Teléfonos IP

```
[dcordova]
type=friend
host=dynamic
secret=dcordova
language=es
context=prototipo
disallow=all
allow=g729
```

```
[mrodriguez]
type=friend
host=dynamic
secret=mrodriguez
language=es
context=prototipo
disallow=all
allow=g729
```

[azurita]
 type=friend
 host=dynamic
 secret=azurita
 language=es
 context=prototipo
 disallow=all
 allow=g729

[pcriollo]
 type=friend
 host=dynamic
 secret=pcriollo
 language=es
 context=prototipo
 disallow=all
 allow=g729

Configuración de parámetros:

Parámetro	Descripción
[dcordova]	Etiqueta que indica el comienzo de la configuración del usuario dcordova.
type=friend	Indica que es un usuario y peer al mismo tiempo.
host=dynamic	Si el terminal se conecta a través de DHCP se pone dynamic. En caso contrario se pone la dirección IP estática.
secret=dcordova	Es la contraseña para la extensión.
language=es	Es el idioma predefinido para los archivos de audio.
context=prototipo	Indica el contexto donde llegarán por defecto todas las llamadas.
disallow=all	Se deshabilita los codecs indicados en las llamadas que se establezcan.
allow=g729	Se habilitan los codecs indicados en las llamadas que se establezcan.

Tabla 4. 2 Parámetros de los teléfonos IP

Softphones

[jfernandez]
 type=friend
 host=dynamic

secret=jfernandez

language=es

context=prototipo

[jmorales]

type=friend

host=dynamic

secret=jmorales

language=es

context=prototipo

[lpolo]

type=friend

host=dynamic

secret=lpolo

language=es

context=prototipo

[ntituaña]

type=friend

host=dynamic

secret=ntituaña

language=es

context=prototipo

Configuración de parámetros:

Parámetro	Descripción
[jfernandez]	Etiqueta que indica el comienzo de la configuración del usuario jfernandez.
type=friend	Indica que es un usuario y peer al mismo tiempo.
host=dynamic	Si el terminal se conecta a través de DHCP se pone dynamic. En caso contrario se pone la dirección IP estática.
secret=dcordova	Es la contraseña para la extensión.
language=es	Es el idioma predefinido para los archivos de audio.
context=prototipo	Indica el contexto donde llegarán por defecto todas las llamadas.

Tabla 4. 3 Parámetros de los Softphones

4.1.4.4 Dialplan ^[A1]

El dialplan es el núcleo de asterisk ya que en este se configura toda la lógica, y se determina como se va a atender las llamadas salientes y entrantes. En lenguaje natural, un ejemplo muy sencillo de un dialplan podría ser el siguiente, cuando un usuario marca un número:

- ❖ Si el número empieza por 0, llamar al destino con un proveedor externo.
- ❖ Si el número tiene 3 cifras y empieza por 1, llamar a un usuario concreto.
- ❖ Si ese usuario, no responde en 60 segundos, reproducir un mensaje de alerta.

4.1.4.5 Estructura del dialplan ^[A1]

El archivo de configuración `extensions.conf` es el más importante para la puesta en marcha de la central asterisk. En él se define todo lo relacionado con el plan de llamadas. Cualquier número marcado desde una extensión será procesado dentro de este archivo.

Al igual que el archivo `sip.conf` está dividido en tres bloques:

- ❖ La parte general donde se configuran algunos parámetros generales.
- ❖ La parte global donde se definen las variables globales que se van a utilizar en la central.
- ❖ Una última parte donde quedan todas las configuraciones de las llamadas.

4.1.4.6 Contextos ^[A1]

Los contextos son colecciones de extensiones agrupadas bajo un criterio común. Se pueden usar para implementar algunas características como:

Seguridad y autenticación: Permitir llamadas a ciertos destinos solo de teléfonos específicos (por ejemplo llamadas internacionales solo desde gerencia).

Inclusive se puede solicitar contraseña para realizar llamadas a algunos números.

Ruteo de llamadas: Rutear las llamadas basadas en su origen.

Contestador automático: Recibir a los llamantes y pedirles que ingresen cierta extensión.

Menús multinivel: Menús para categorías dentro de una empresa como contabilidad, ventas, gerencia, etc.

Privacidad: Crear listas negras de números que no pueden contactar una extensión/extensiones.

Daytime/Nighttime: Variar el comportamiento de las extensiones dependiendo de la hora del día.

Cada contexto se pone con un nombre entre corchetes “[]”. Todas las líneas de un determinado contexto tienen el mismo formato:

exten => extensión,prioridad,comando (parámetros)

El parámetro **extensión** hace referencia al número marcado desde una terminal telefónica.

El parámetro **prioridad** se refiere al orden en que se deben ejecutar las instrucciones. Primero se ejecuta la de prioridad 1, luego la 2 y así sucesivamente.

Asterisk procesa las líneas secuencialmente, comenzando del número más bajo al más alto. Se puede colocar la prioridad n (next), con lo cual asterisk incrementará la prioridad en 1 en cada línea de ejecución.

El parámetro **comando** hace referencia a la acción a ejecutar.

4.1.4.7 Extensión ^[A1]

En asterisk se define como un conjunto de comandos que se ejecutan para realizar una determinada tarea que provee un servicio.

Desde el punto de vista de la programación, una extensión sería el nombre de un script que se ejecuta para proveer una función específica. La extensión puede ser alfanumérica.

En la siguiente figura, se puede observar cuando se cursa una llamada, esta pertenece a un dialplan, dentro de esta pertenecerá a un contexto, y aquí a una extensión que como se dijo es un conjunto de comandos que serán ejecutados en orden.

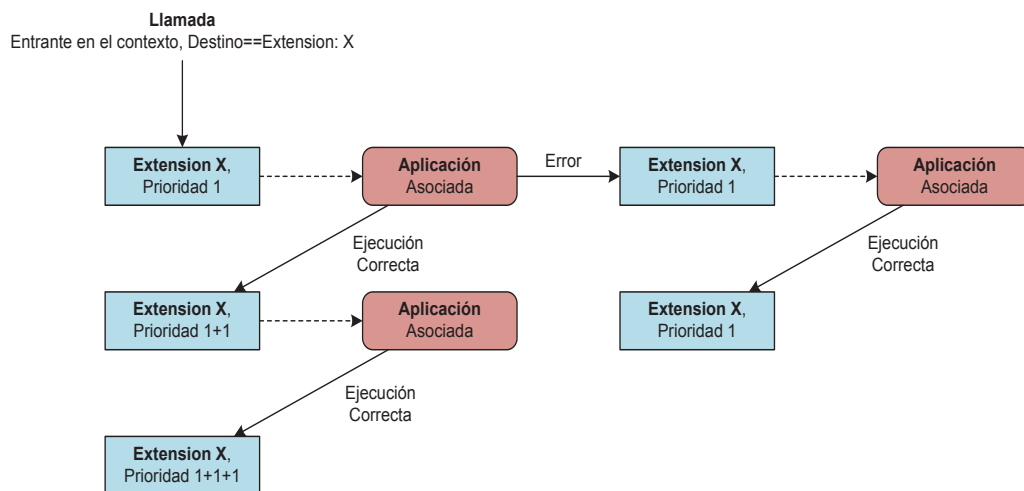


Figura 4. 3 Llamada realizada en asterisk ^[A1]

Cuando se hace una llamada desde un teléfono, asterisk busca a que contexto pertenece dicho canal (en sip.conf o iax.conf) y lo enlaza con el contexto especificado en el dialplan, ejecutando la extensión asociada a ese contexto que fue marcada desde el teléfono.

Como ejemplo se puede observar el siguiente gráfico:

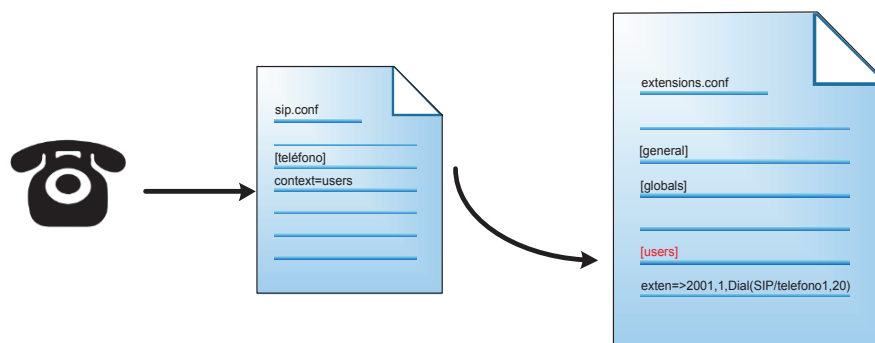


Figura 4. 4 Búsqueda de un contexto ^[A1]

4.1.4.8 Configuración del archivo extensions.conf

Para la configuración de este archivo se debe abrir un terminal de CentOS y se debe editar el archivo extensions.conf, que se encuentra por defecto en la ruta: /etc/asterisk.

En este archivo se configura el número de las extensiones de los diferentes softphones y teléfonos IP, que pertenecerán a los diferentes usuarios (cuyas cuentas se configuraron anteriormente en el archivo **sip.conf**), que conforman el sistema de telefonía IP. Estas extensiones serán creadas, bajo el contexto **prototipo**, que se muestra a continuación:

[prototipo]

exten => 112,1,Dial(SIP/mrodriguez)

exten => 113,1,Dial(SIP/azurita)

exten => 122,1,Dial(SIP/pcriollo)

exten => 123,1,Dial(SIP/dcordova)

exten => 114,1,Dial(SIP/jfernandez)

exten => 115,1,Dial(SIP/jmorales)

exten => 124,1,Dial(SIP/lpolo)

exten => 125,1,Dial(SIP/ntituaña)

Prototipo del sistema de telefonía IP

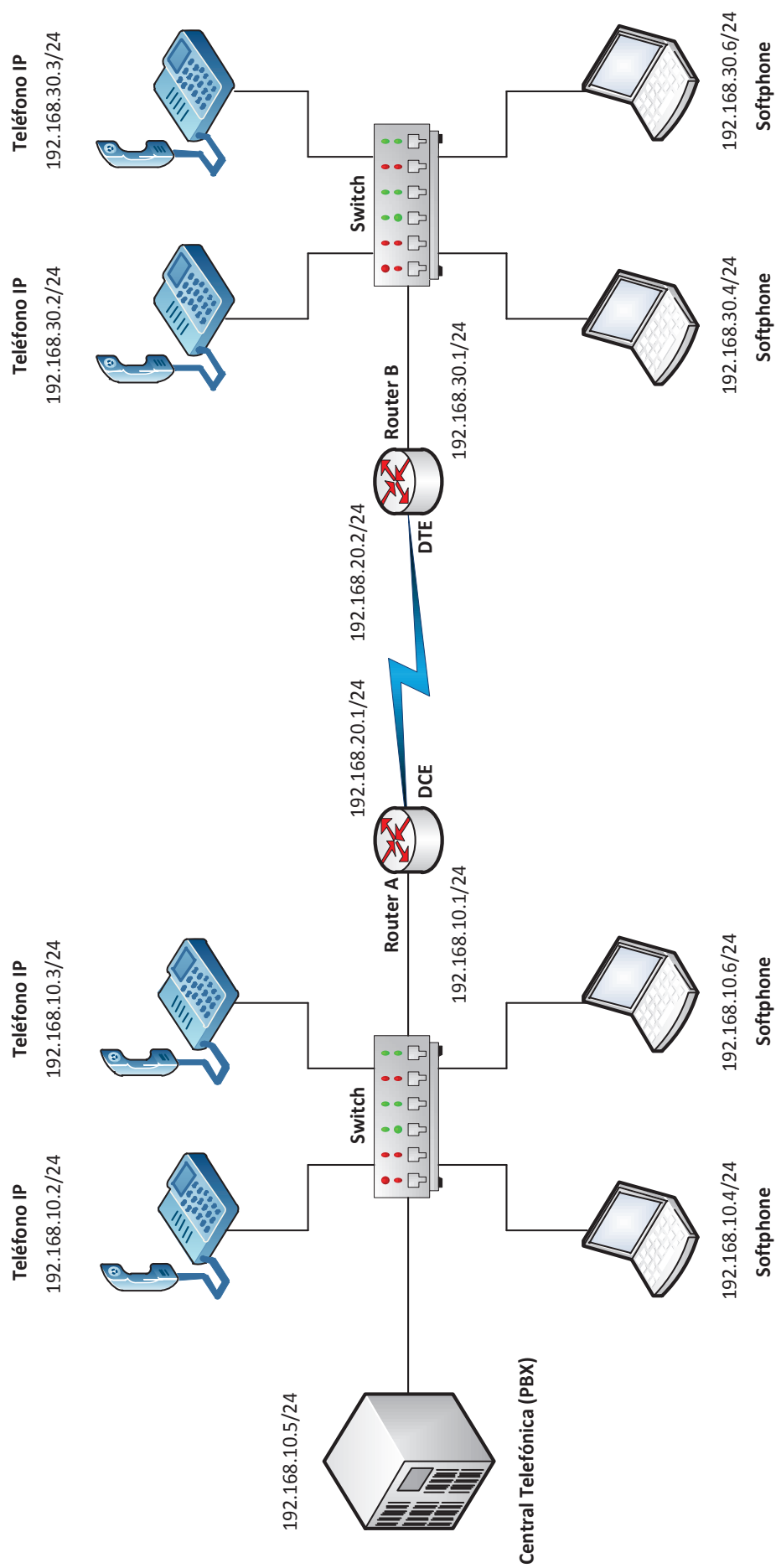


Figura 4. 5 Prototipo del sistema de telefonía IP

4.1.5 REGISTRO DE UN TELÉFONO IP

El registro de un teléfono IP Grandstream, se realiza ingresando la dirección IP del teléfono en cualquier web browser. A continuación se desplegará la siguiente pantalla:

Figura 4. 6 Pantalla de ingreso a la configuración del teléfono IP

En el recuadro de password se debe escribir la contraseña asignada al teléfono IP. A continuación se dirige a la pestaña **ACCOUNT** (Figura 4.7, 4.8 y 4.9), en la cual se deben configurar los parámetros que se indican en la Tabla 4.4.

Figura 4. 7 Pantalla de configuración de cuenta (Parte 1)

SUBSCRIBE for Registration Event:	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes
Proxy-Require:	<input type="text"/>
Voice Mail UserID:	<input type="text"/> (UserID for voice mail system)
Send DTMF:	<input type="checkbox"/> in-audio <input checked="" type="checkbox"/> via RTP (RFC2833) <input type="checkbox"/> via SIP INFO
Early Dial:	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes (use "Yes" only if proxy supports 484 response)
Dial Plan Prefix:	<input type="text"/> (this prefix string is added to each dialed number)
Delayed Call Forward Wait Time:	20 (Allowed range 1-120, in seconds.)
Enable Call Features:	<input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Yes (if yes, call features using star codes will be supported locally)
Call Log:	<input checked="" type="radio"/> Log All Calls <input type="radio"/> Log Incoming/Outgoing only (Missed calls NOT recorded) <input type="radio"/> Disable Call Log
Session Expiration:	180 (in seconds. default 180 seconds)
Min-SE:	90 (in seconds. default and minimum 90 seconds)
Caller Request Timer:	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes (Request for timer when making outbound calls)
Callee Request Timer:	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes (When caller supports timer but did not request one)
Force Timer:	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes (Use timer even when remote party does not support)
UAC Specify Refresher:	<input type="radio"/> UAC <input type="radio"/> UAS <input checked="" type="radio"/> Omit (Recommended)
UAS Specify Refresher:	<input checked="" type="radio"/> UAC <input type="radio"/> UAS (When UAC did not specify refresher tag)
Force INVITE:	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes (Always refresh with INVITE instead of UPDATE)
Enable 100rel:	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes
Account Ring Tone:	<input checked="" type="radio"/> system ring tone <input type="radio"/> custom ring tone 1 <input type="radio"/> custom ring tone 2 <input type="radio"/> custom ring tone 3
Ring Timeout:	60 (in seconds. Between 30-3600, default is 60)
Send Anonymous:	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes (caller ID will be blocked if set to Yes)

Figura 4. 8 Pantalla de configuración de cuenta (Parte 2)

Anonymous Method:	<input checked="" type="radio"/> Use From Header <input type="radio"/> Use Privacy Header
Anonymous Call Rejection:	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes
Auto Answer:	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes
Allow Auto Answer by Call-Info:	<input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Yes
Turn off speaker on remote disconnect:	<input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Yes
Check SIP User ID for incoming INVITE:	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes
Refer-To Use Target Contact:	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes
Disable Multiple Media Attribute in SDP:	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes
Preferred Vocoder: (in listed order)	choice 1: <input type="text" value="G.729A/B"/> choice 5: <input type="text" value="PCMA"/> choice 2: <input type="text" value="PCMA"/> choice 6: <input type="text" value="PCMA"/> choice 3: <input type="text" value="PCMA"/> choice 7: <input type="text" value="PCMA"/> choice 4: <input type="text" value="PCMA"/> choice 8: <input type="text" value="PCMA"/>
SRTP Mode:	<input checked="" type="radio"/> Disabled <input type="radio"/> Enabled but not forced <input type="radio"/> Enabled and forced <input type="radio"/> Optional
Special Feature:	<input type="text" value="Standard"/>
<input type="button" value="Update"/> <input type="button" value="Cancel"/> <input type="button" value="Reboot"/>	
All Rights Reserved Grandstream Networks Inc. 2004-2009	

Figura 4. 9 Pantalla de configuración de cuenta (Parte 3)

Parámetros que se deben configurar:

Parámetro	Función
Account Name: Prototipo	Se configura el nombre de la cuenta a la que va estar asociado el teléfono IP.
SIP Server: 192.168.10.5	Se configura la dirección IP, de la central telefónica IP.
SIP User ID: azurita	Se configura el nombre de la cuenta que se creo en el archivo sip.conf .
Authenticate ID: azurita	Se configura con el mismo nombre del SIP User ID o puede ser diferente.
Authenticate Password: xxxxx	Se configura el password que se creo en el archivo sip.conf a través del parámetro secret .
Name: Anita	Se configura el nombre del usuario propietario del teléfono IP.
SIP Registration: Yes	Se configura esta opción, para que el registro de un usuario sea a través de SIP.
Unregister On Reboot: No	Se configura esta opción, para que el registro de un usuario no sea eliminado al reiniciar el teléfono IP.
local SIP port: 5060	Se configura el puerto por defecto.
SIP Transport: UDP	Se configura el protocolo UDP.
Preferred Vocoder: G.711, G.729	Se configura los códecs que va a utilizar el teléfono IP.
Special Features: Standard	Se configura las características especiales del teléfono IP standard.

Tabla 4. 4 Parámetros de configuración de un teléfono IP.

Todos los demás parámetros se deben dejar con la configuración que viene por defecto.

Al finalizar la configuración de la cuenta, se debe presionar el botón **Update** para guardar todos los parámetros configurados. A continuación se despliega la siguiente pantalla:

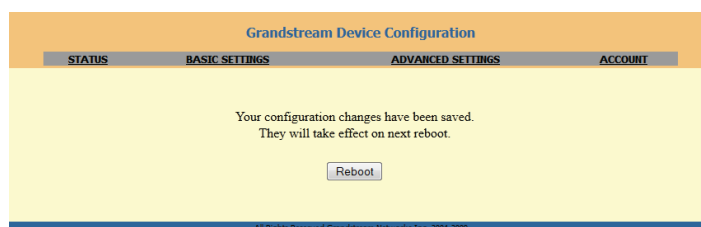


Figura 4. 10 Pantalla para guardar las configuraciones realizadas

Se presiona el botón Reboot para que el teléfono IP se reinicie.



Figura 4. 11 Pantalla de reinicio del teléfono IP

La siguiente pantalla indica que el teléfono IP se está reiniciando, para aplicar y guardar la configuración realizada.

4.1.6 REGISTRO DE UN SOFTPHONE:

Para el presente prototipo se utilizaron dos tipos de softphones:

- ❖ Ekiga
- ❖ Zoiper

Configuración en un Softphone Ekiga

El softphone Ekiga, viene incluido en la distribución de CentOS. Esta aplicación se encuentra en la pestaña Aplicaciones → Internet → Softphone Ekiga. La configuración se muestra a continuación.

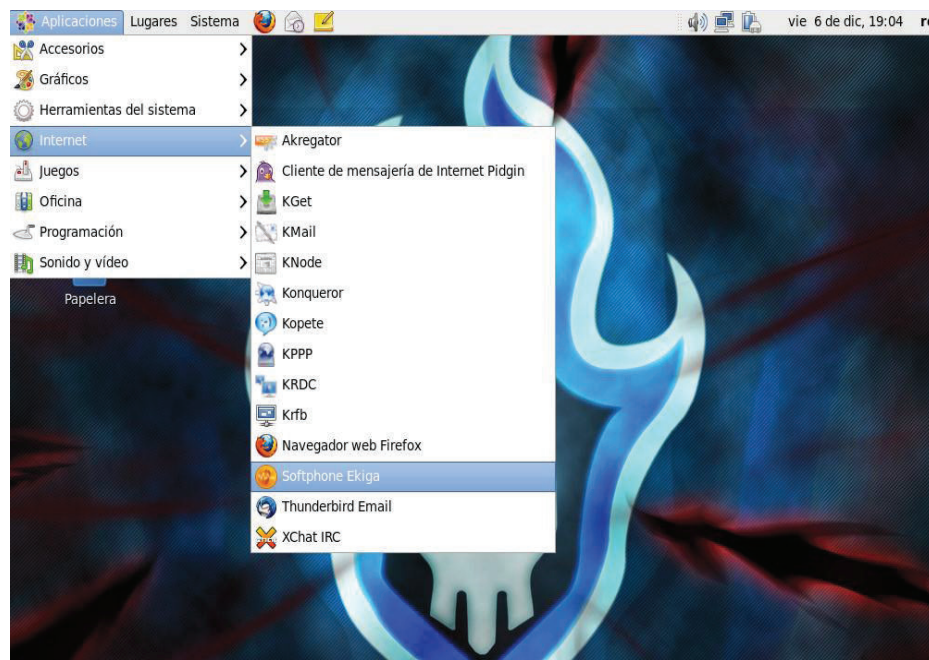


Figura 4. 12 Acceso al Softphone Ekiga

Para agregar una cuenta nueva, se selecciona la pestaña Editar seguida de la opción Cuentas.

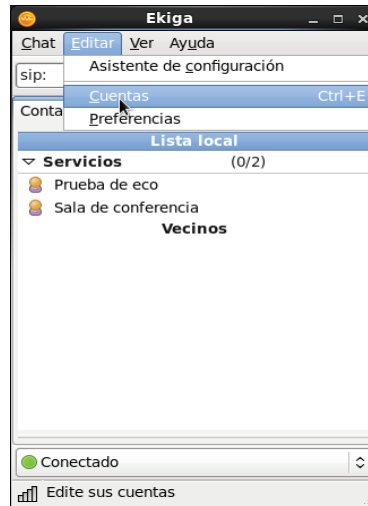


Figura 4. 13 Ventana del softphone ekiga

En esta ventana se puede observar que ninguna cuenta está configurada.

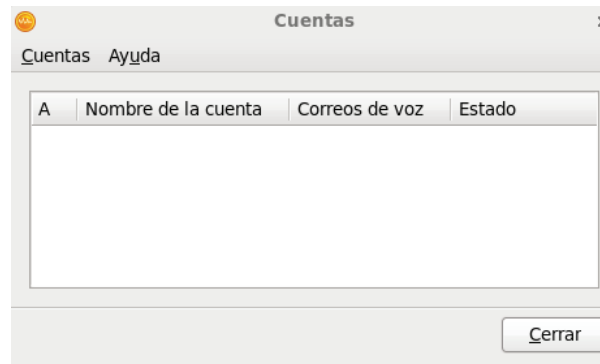


Figura 4. 14 Ventana para agregar una nueva cuenta de usuario

En la pestaña Cuentas se selecciona la opción Añadir una cuenta SIP

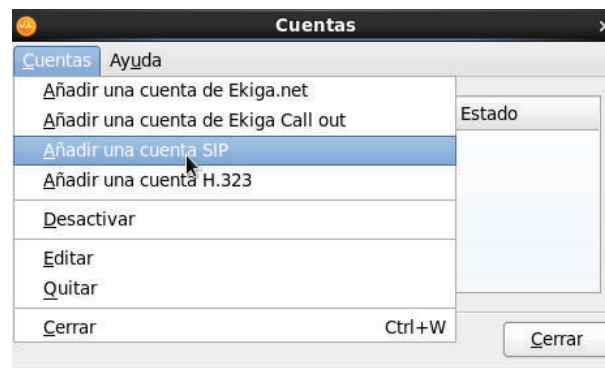


Figura 4. 15 Pestaña para añadir una cuenta SIP

Se configura los parámetros de la cuenta de usuario. Para este ejemplo se toma la cuenta de **dcordova**.

Actualice los siguientes campos.

Nombre:	Daniel
Servidor de registro:	192.168.10.5
Usuario:	dcordova
Usuario para autenticación:	dcordova
Contraseña:
Tiempo de expiración:	3600

Activar cuenta

Cancelar Aceptar

Figura 4. 16 Ventana para configurar los parámetros del usuario

Al presionar el botón Aceptar se puede observar que la cuenta se ha creado exitosamente y está registrada correctamente.

A	Nombre de la cuenta	Correos de voz	Estado
<input checked="" type="checkbox"/>	Daniel		Registrado

Cerrar

Figura 4. 17 Ventana de confirmación de creación del usuario

Al presionar el botón cerrar, queda guardada la configuración de la cuenta del usuario.

Ekiga

Chat Editar Ver Ayuda

sip:

Contactos Teclado Histórico de llamadas

Lista local

Servicios (0/2)

- Prueba de eco
- Sala de conferencia

Vecinos

Conectado

sip:dcordova@192.168.10.5 registrado

Figura 4. 18 Ventana de estado de conexión del usuario

Configuración en un Softphone Zoiper

Zoiper es un software gratuito y de pago, que se puede descargar de la página web: www.zoiper.com. Está disponible para varios sistemas operativos, en este caso se seleccionó para sistema operativo Windows. Al ejecutar la aplicación se despliega la siguiente ventana.

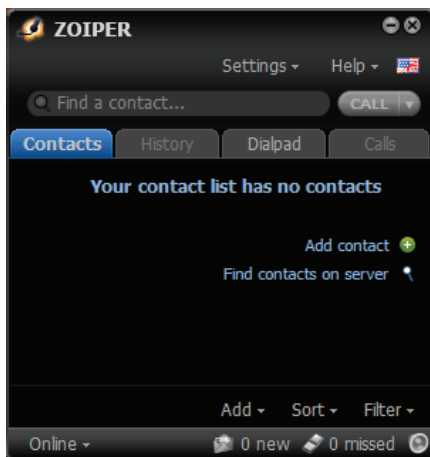


Figura 4. 19 Ventana del softphone zoiper

Se selecciona la pestaña Settings y se escoge la opción Create a new account.

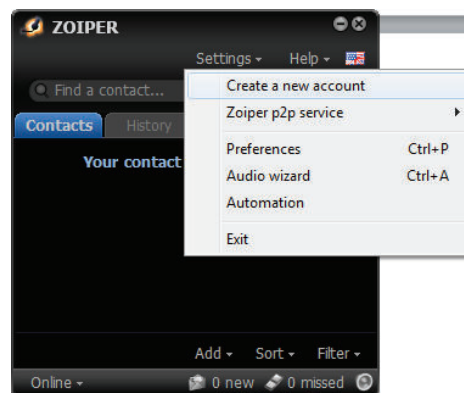


Figura 4. 20 Pestaña para crear una nueva cuenta

Al seleccionar la opción antes mencionada se despliega la siguiente ventana en la cual se puede escoger el tipo de cuenta que se quiere crear. Se selecciona el tipo de cuenta SIP.

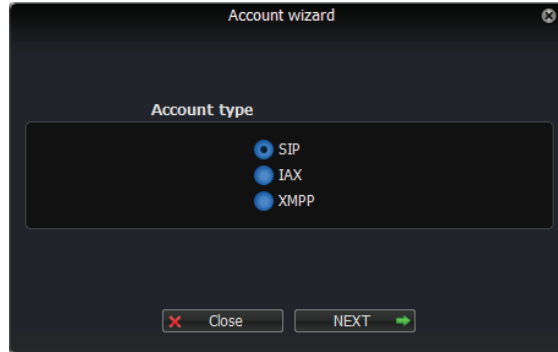


Figura 4. 21 Ventana para seleccionar el tipo de cuenta

En esta ventana se configuran los parámetros de la cuenta de usuario. Para este caso se utilizó la cuenta de jfernandez.

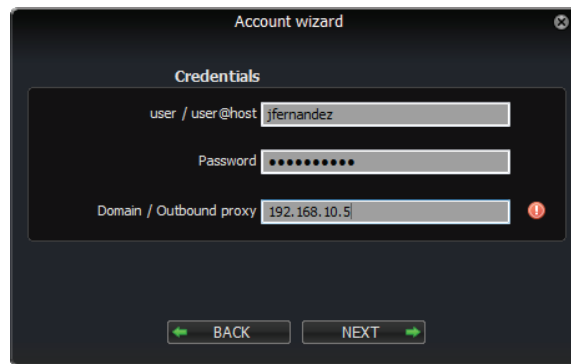


Figura 4. 22 Ventana para configurar los parámetros de usuario

Esta ventana indica, el nombre de la cuenta que se configuró.

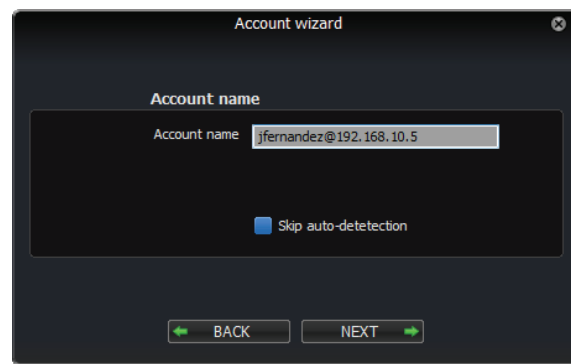


Figura 4. 23 Ventana de configuración del nombre de la cuenta

Esta ventana indica que la configuración se ha realizado correctamente.

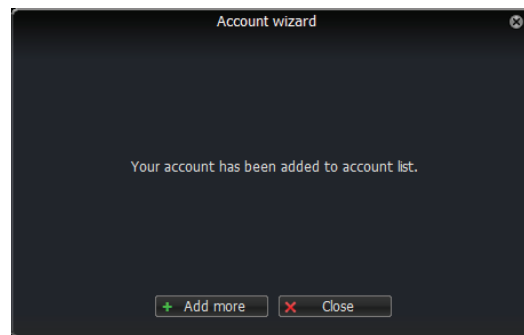


Figura 4. 24 Ventana de confirmación de creación de la cuenta de usuario

4.1.7 CONFIGURACIÓN DE LOS ROUTERS

A continuación se detalla la configuración realizada en cada uno de los routers del prototipo.

ROUTER A

Current configuration : 524 bytes

```
!  
version 12.2  
service timestamps debug uptime  
service timestamps log uptime  
no service password-encryption  
!  
hostname ROUTER-A  
!  
!  
memory-size iomem 15  
ip subnet-zero  
no ip domain-lookup  
!  
!
```

```
!  
!  
interface FastEthernet0  
 ip address 192.168.10.1 255.255.255.0  
 speed auto  
!  
interface Serial0  
 ip address 192.168.20.1 255.255.255.0  
 clock rate 64000  
!  
router rip  
 version 2  
 network 192.168.10.0  
 network 192.168.20.0  
!  
ip classless  
no ip http server  
!  
!  
line con 0  
line aux 0  
line vty 0 4  
 login  
!  
no scheduler allocate  
end
```

ROUTER B

Current configuration : 590 bytes

```
!  
! No configuration change since last restart  
!
```



```
version 12.2
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname ROUTER-B
!
!
ip subnet-zero
!
!
no ip domain lookup
!
!
!
!
interface FastEthernet0
 ip address 192.168.30.1 255.255.255.0
 speed auto
!
interface Serial0
 ip address 192.168.20.2 255.255.255.0
!
router rip
 version 2
 network 192.168.20.0
 network 192.168.30.0
!
ip classless
no ip http server
no ip http secure-server
!
!
```

```

!
line con 0
line aux 0
line vty 0 4
  login
!
no scheduler allocate
!
end

```

4.1.8 PRUEBAS DEL PROTOTIPO

Las pruebas realizadas sobre el prototipo, fueron las distintas llamadas entre los teléfonos IP y los softphones, tanto en el ambiente LAN como WAN. A continuación se muestran las llamadas realizadas por cada usuario del prototipo.

Llamadas del usuario: mrodriguez

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [113@prototipo:1] Dial("SIP/mrodriguez-00000002", "SIP/azurita") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called azurita
-- SIP/azurita-00000003 is ringing
-- SIP/azurita-00000003 answered SIP/mrodriguez-00000002
-- Native bridging SIP/mrodriguez-00000002 and SIP/azurita-00000003
== Spawn extension (prototipo, 113, 1) exited non-zero on 'SIP/mrodriguez-00000002'

```

Figura 4. 25 Llamada de mrodriguez a azurita

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [122@prototipo:1] Dial("SIP/mrodriguez-00000004", "SIP/pcriollo") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called pcriollo
-- SIP/pcriollo-00000005 is ringing
-- SIP/pcriollo-00000005 answered SIP/mrodriguez-00000004
-- Native bridging SIP/mrodriguez-00000004 and SIP/pcriollo-00000005
== Spawn extension (prototipo, 122, 1) exited non-zero on 'SIP/mrodriguez-00000004'

```

Figura 4. 26 Llamada de mrodriguez a pcriollo

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [123@prototipo:1] Dial("SIP/mrodriguez-00000006", "SIP/dcordova") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called dcordova
-- SIP/dcordova-00000007 is ringing
-- SIP/dcordova-00000007 answered SIP/mrodriguez-00000006
-- Native bridging SIP/mrodriguez-00000006 and SIP/dcordova-00000007
== Spawn extension (prototipo, 123, 1) exited non-zero on 'SIP/mrodriguez-00000006'

```

Figura 4. 27 Llamada de mrodriguez a dcordova

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [114@prototipo:1] Dial("SIP/mrodriguez-00000029", "SIP/jfernandez") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called jfernandez
-- SIP/jfernandez-0000002a is ringing
-- SIP/jfernandez-0000002a answered SIP/mrodriguez-00000029
== Spawn extension (prototipo, 114, 1) exited non-zero on 'SIP/mrodriguez-00000029'

```

Figura 4. 28 Llamada de mrodriguez a jfernandez

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [115@prototipo:1] Dial("SIP/mrodriguez-000000b0", "SIP/jmorales") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called jmorales
-- SIP/jmorales-000000b1 is ringing
-- SIP/jmorales-000000b1 answered SIP/mrodriguez-000000b0
== Spawn extension (prototipo, 115, 1) exited non-zero on 'SIP/mrodriguez-000000b0'

```

Figura 4. 29 Llamada de mrodriguez a jmorales

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [124@prototipo:1] Dial("SIP/mrodriguez-000000c0", "SIP/lpolo") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called lpolo
-- SIP/lpolo-000000c1 is ringing
-- SIP/lpolo-000000c1 answered SIP/mrodriguez-000000c0
== Spawn extension (prototipo, 124, 1) exited non-zero on 'SIP/mrodriguez-000000c0'

```

Figura 4. 30 Llamada de mrodriguez a lpolo

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [125@prototipo:1] Dial("SIP/mrodriguez-000000d2", "SIP/ntituaña") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called ntituaña
-- SIP/ntituaña-000000d3 is ringing
-- SIP/ntituaña-000000d3 answered SIP/mrodriguez-000000d2
== Spawn extension (prototipo, 125, 1) exited non-zero on 'SIP/mrodriguez-000000d2'

```

Figura 4. 31 Llamadas de mrodriguez a ntituaña

Llamadas el usuario: azurita

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [112@prototipo:1] Dial("SIP/azurita-0000000a", "SIP/mrodriguez") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called mrodriguez
-- SIP/mrodriguez-0000000b is ringing
-- SIP/mrodriguez-0000000b answered SIP/azurita-0000000a
-- Native bridging SIP/azurita-0000000a and SIP/mrodriguez-0000000b
== Spawn extension (prototipo, 112, 1) exited non-zero on 'SIP/azurita-0000000a'

```

Figura 4. 32 Llamada de azurita a mrodriguez

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [122@prototipo:1] Dial("SIP/azurita-0000000c", "SIP/pcriollo") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called pcriollo
-- SIP/pcriollo-0000000d is ringing
-- SIP/pcriollo-0000000d answered SIP/azurita-0000000c
-- Native bridging SIP/azurita-0000000c and SIP/pcriollo-0000000d
== Spawn extension (prototipo, 122, 1) exited non-zero on 'SIP/azurita-0000000c'

```

Figura 4. 33 Llamada de azurita a pcriollo

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [123@prototipo:1] Dial("SIP/azurita-0000000e", "SIP/dcordova") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called dcordova
-- SIP/dcordova-0000000f is ringing
-- SIP/dcordova-0000000f answered SIP/azurita-0000000e
-- Native bridging SIP/azurita-0000000e and SIP/dcordova-0000000f
== Spawn extension (prototipo, 123, 1) exited non-zero on 'SIP/azurita-0000000e'

```

Figura 4. 34 Llamada de azurita a dcordova

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [114@prototipo:1] Dial("SIP/azurita-000002b", "SIP/jfernandez") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called jfernandez
-- SIP/jfernandez-000002c is ringing
-- SIP/jfernandez-000002c answered SIP/azurita-000002b
== Spawn extension (prototipo, 114, 1) exited non-zero on 'SIP/azurita-000002b'

```

Figura 4. 35 Llamada de azurita a jfernandez

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [115@prototipo:1] Dial("SIP/azurita-00000b2", "SIP/jmorales") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called jmorales
-- SIP/jmorales-00000b3 is ringing
-- SIP/jmorales-00000b3 answered SIP/azurita-00000b2
== Spawn extension (prototipo, 115, 1) exited non-zero on 'SIP/azurita-00000b2'

```

Figura 4. 36 Llamada de azurita a jmorales

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [124@prototipo:1] Dial("SIP/azurita-00000c2", "SIP/lpolo") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called lpolo
-- SIP/lpolo-00000c3 is ringing
-- SIP/lpolo-00000c3 answered SIP/azurita-00000c2
== Spawn extension (prototipo, 124, 1) exited non-zero on 'SIP/azurita-00000c2'

```

Figura 4. 37 Llamada de azurita a lpolo

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [125@prototipo:1] Dial("SIP/azurita-00000d4", "SIP/ntituaña") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called ntituaña
-- SIP/ntituaña-00000d5 is ringing
-- SIP/ntituaña-00000d5 answered SIP/azurita-00000d4
== Spawn extension (prototipo, 125, 1) exited non-zero on 'SIP/azurita-00000d4'

```

Figura 4. 38 Llamada de azurita a ntituaña

Llamadas del usuario: pcriollo

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [112@prototipo:1] Dial("SIP/pcriollo-0000010", "SIP/mrodriguez") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called mrodriguez
-- SIP/mrodriguez-0000011 is ringing
-- SIP/mrodriguez-0000011 answered SIP/pcriollo-0000010
-- Native bridging SIP/pcriollo-0000010 and SIP/mrodriguez-0000011
== Spawn extension (prototipo, 112, 1) exited non-zero on 'SIP/pcriollo-0000010'

```

Figura 4. 39 Llamada de pcriollo a mrodriguez

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [113@prototipo:1] Dial("SIP/pcriollo-0000012", "SIP/azurita") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called azurita
-- SIP/azurita-0000013 is ringing
-- SIP/azurita-0000013 answered SIP/pcriollo-0000012
-- Native bridging SIP/pcriollo-0000012 and SIP/azurita-0000013
== Spawn extension (prototipo, 113, 1) exited non-zero on 'SIP/pcriollo-0000012'

```

Figura 4. 40 Llamada de pcriollo a azurita

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [123@prototipo:1] Dial("SIP/pcriollo-0000014", "SIP/dcordova") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called dcordova
-- SIP/dcordova-0000015 is ringing
-- SIP/dcordova-0000015 answered SIP/pcriollo-0000014
-- Native bridging SIP/pcriollo-0000014 and SIP/dcordova-0000015
== Spawn extension (prototipo, 123, 1) exited non-zero on 'SIP/pcriollo-0000014'

```

Figura 4. 41 Llamada de pcriollo a dcordova

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [114@prototipo:1] Dial("SIP/pcriollo-0000002d", "SIP/jfernandez") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called jfernandez
-- SIP/jfernandez-0000002e is ringing
-- SIP/jfernandez-0000002e answered SIP/pcriollo-0000002d
== Spawn extension (prototipo, 114, 1) exited non-zero on 'SIP/pcriollo-0000002d'

```

Figura 4. 42 Llamada de pcriollo a jfernandez

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [115@prototipo:1] Dial("SIP/pcriollo-000000b4", "SIP/jmorales") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called jmorales
-- SIP/jmorales-000000b5 is ringing
-- SIP/jmorales-000000b5 answered SIP/pcriollo-000000b4
== Spawn extension (prototipo, 115, 1) exited non-zero on 'SIP/pcriollo-000000b4'

```

Figura 4. 43 Llamada de pcriollo a jmorales

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [124@prototipo:1] Dial("SIP/pcriollo-000000c4", "SIP/lpolo") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called lpolo
-- SIP/lpolo-000000c5 is ringing
-- SIP/lpolo-000000c5 answered SIP/pcriollo-000000c4
== Spawn extension (prototipo, 124, 1) exited non-zero on 'SIP/pcriollo-000000c4'

```

Figura 4. 44 Llamada de pcriollo a lpolo

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [125@prototipo:1] Dial("SIP/pcriollo-000000d6", "SIP/ntituaña") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called ntituaña
-- SIP/ntituaña-000000d7 is ringing
-- SIP/ntituaña-000000d7 answered SIP/pcriollo-000000d6
== Spawn extension (prototipo, 125, 1) exited non-zero on 'SIP/pcriollo-000000d6'

```

Figura 4. 45 Llamada de pcriollo a ntituaña

Llamadas del usuario: dcordova

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [112@prototipo:1] Dial("SIP/dcordova-00000016", "SIP/mrodriguez") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called mrodriguez
-- SIP/mrodriguez-00000017 is ringing
-- SIP/mrodriguez-00000017 answered SIP/dcordova-00000016
-- Native bridging SIP/dcordova-00000016 and SIP/mrodriguez-00000017
== Spawn extension (prototipo, 112, 1) exited non-zero on 'SIP/dcordova-00000016'

```

Figura 4. 46 Llamada de dcordova a mrodriguez

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [113@prototipo:1] Dial("SIP/dcordova-00000018", "SIP/azurita") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called azurita
-- SIP/azurita-00000019 is ringing
-- SIP/azurita-00000019 answered SIP/dcordova-00000018
-- Native bridging SIP/dcordova-00000018 and SIP/azurita-00000019
== Spawn extension (prototipo, 113, 1) exited non-zero on 'SIP/dcordova-00000018'

```

Figura 4. 47 Llamada de dcordova a azurita

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [122@prototipo:1] Dial("SIP/dcordova-0000001a", "SIP/pcriollo") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called pcriollo
-- SIP/pcriollo-0000001b is ringing
-- SIP/pcriollo-0000001b answered SIP/dcordova-0000001a
-- Native bridging SIP/dcordova-0000001a and SIP/pcriollo-0000001b
== Spawn extension (prototipo, 122, 1) exited non-zero on 'SIP/dcordova-0000001a'

```

Figura 4. 48 Llamada de dcordova a pcriollo

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [114@prototipo:1] Dial("SIP/dcordova-000002f", "SIP/jfernandez") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called jfernandez
-- SIP/jfernandez-0000030 is ringing
-- SIP/jfernandez-0000030 answered SIP/dcordova-000002f
== Spawn extension (prototipo, 114, 1) exited non-zero on 'SIP/dcordova-000002f'

```

Figura 4. 49 Llamada de dcordova a jfernandez

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [115@prototipo:1] Dial("SIP/dcordova-00000b6", "SIP/jmorales") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called jmorales
-- SIP/jmorales-00000b7 is ringing
-- SIP/jmorales-00000b7 answered SIP/dcordova-00000b6
== Spawn extension (prototipo, 115, 1) exited non-zero on 'SIP/dcordova-00000b6'

```

Figura 4. 50 Llamada de dcordova a jmorales

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [124@prototipo:1] Dial("SIP/dcordova-00000c6", "SIP/lpolo") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called lpolo
-- SIP/lpolo-00000c7 is ringing
-- SIP/lpolo-00000c7 answered SIP/dcordova-00000c6
== Spawn extension (prototipo, 124, 1) exited non-zero on 'SIP/dcordova-00000c6'

```

Figura 4. 51 Llamada de dcordova a lpolo

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [125@prototipo:1] Dial("SIP/dcordova-00000d8", "SIP/ntituaña") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called ntituaña
-- SIP/ntituaña-00000d9 is ringing
-- SIP/ntituaña-00000d9 answered SIP/dcordova-00000d8
== Spawn extension (prototipo, 125, 1) exited non-zero on 'SIP/dcordova-00000d8'

```

Figura 4. 52 Llamada de dcordova a ntituaña

Llamas usuario: jfernandez

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [112@prototipo:1] Dial("SIP/jfernandez-00000a8", "SIP/mrodriguez") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called mrodriguez
-- SIP/mrodriguez-00000a9 is ringing
-- SIP/mrodriguez-00000a9 answered SIP/jfernandez-00000a8
== Spawn extension (prototipo, 112, 1) exited non-zero on 'SIP/jfernandez-00000a8'

```

Figura 4. 53 Llamada de jfernandez a mrodriguez

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [113@prototipo:1] Dial("SIP/jfernandez-00000aa", "SIP/azurita") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called azurita
-- SIP/azurita-00000ab is ringing
-- SIP/azurita-00000ab answered SIP/jfernandez-00000aa
== Spawn extension (prototipo, 113, 1) exited non-zero on 'SIP/jfernandez-00000aa'

```

Figura 4. 54 Llamada de jfernandez a azurita

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [122@prototipo:1] Dial("SIP/jfernandez-00000ac", "SIP/pcriollo") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called pcriollo
-- SIP/pcriollo-00000ad is ringing
-- SIP/pcriollo-00000ad answered SIP/jfernandez-00000ac
== Spawn extension (prototipo, 122, 1) exited non-zero on 'SIP/jfernandez-00000ac'

```

Figura 4. 55 Llamada de jfernandez a pcriollo

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [123@prototipo:1] Dial("SIP/jfernandez-000000ae", "SIP/dcordova") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called dcordova
-- SIP/dcordova-000000af is ringing
-- SIP/dcordova-000000af answered SIP/jfernandez-000000ae
== Spawn extension (prototipo, 123, 1) exited non-zero on 'SIP/jfernandez-000000ae'

```

Figura 4. 56 Llamada de jfernandez a dcordova

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [115@prototipo:1] Dial("SIP/jfernandez-00000085", "SIP/jmorales") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called jmorales
-- SIP/jmorales-00000086 is ringing
-- SIP/jmorales-00000086 answered SIP/jfernandez-00000085
-- Packet2Packet bridging SIP/jfernandez-00000085 and SIP/jmorales-00000086
== Spawn extension (prototipo, 115, 1) exited non-zero on 'SIP/jfernandez-00000085'

```

Figura 4. 57 Llamada de jfernandez a jmorales

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [124@prototipo:1] Dial("SIP/jfernandez-00000090", "SIP/lpolo") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called lpolo
-- SIP/lpolo-00000091 is ringing
-- SIP/lpolo-00000091 answered SIP/jfernandez-00000090
-- Packet2Packet bridging SIP/jfernandez-00000090 and SIP/lpolo-00000091
== Spawn extension (prototipo, 124, 1) exited non-zero on 'SIP/jfernandez-00000090'

```

Figura 4. 58 Llamada de jfernandez a lpolo

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [125@prototipo:1] Dial("SIP/jfernandez-00000092", "SIP/ntituaña") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called ntituaña
-- SIP/ntituaña-00000093 is ringing
-- SIP/ntituaña-00000093 answered SIP/jfernandez-00000092
-- Packet2Packet bridging SIP/jfernandez-00000092 and SIP/ntituaña-00000093
== Spawn extension (prototipo, 125, 1) exited non-zero on 'SIP/jfernandez-00000092'

```

Figura 4. 59 Llamada de jfernandez a ntituaña

Llamadas usuario: jmorales

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [112@prototipo:1] Dial("SIP/jmorales-000000b8", "SIP/mrodriguez") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called mrodriguez
-- SIP/mrodriguez-000000b9 is ringing
-- SIP/mrodriguez-000000b9 answered SIP/jmorales-000000b8
== Spawn extension (prototipo, 112, 1) exited non-zero on 'SIP/jmorales-000000b8'

```

Figura 4. 60 Llamada de jmorales a mrodriguez

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [113@prototipo:1] Dial("SIP/jmorales-000000ba", "SIP/azurita") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called azurita
-- SIP/azurita-000000bb is ringing
-- SIP/azurita-000000bb answered SIP/jmorales-000000ba
== Spawn extension (prototipo, 113, 1) exited non-zero on 'SIP/jmorales-000000ba'

```

Figura 4. 61 Llamada de jmorales a azurita

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [122@prototipo:1] Dial("SIP/jmorales-000000bc", "SIP/pcriollo") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called pcriollo
-- SIP/pcriollo-000000bd is ringing
-- SIP/pcriollo-000000bd answered SIP/jmorales-000000bc
== Spawn extension (prototipo, 122, 1) exited non-zero on 'SIP/jmorales-000000bc'

```

Figura 4. 62 Llamada de jmorales a pcriollo

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [123@prototipo:1] Dial("SIP/jmorales-000000be", "SIP/dcordova") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called dcordova
-- SIP/dcordova-000000bf is ringing
-- SIP/dcordova-000000bf answered SIP/jmorales-000000be
== Spawn extension (prototipo, 123, 1) exited non-zero on 'SIP/jmorales-000000be'

```

Figura 4. 63 Llamada de jmorales a dcordova

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [114@prototipo:1] Dial("SIP/jmorales-00000087", "SIP/jfernandez") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called jfernandez
-- SIP/jfernandez-00000088 is ringing
-- SIP/jfernandez-00000088 answered SIP/jmorales-00000087
-- Packet2Packet bridging SIP/jmorales-00000087 and SIP/jfernandez-00000088
== Spawn extension (prototipo, 114, 1) exited non-zero on 'SIP/jmorales-00000087'

```

Figura 4. 64 Llamada de jmorales a jfernandez

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [124@prototipo:1] Dial("SIP/jmorales-0000009e", "SIP/lpolo") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called lpolo
-- SIP/lpolo-0000009f is ringing
-- SIP/lpolo-0000009f answered SIP/jmorales-0000009e
-- Packet2Packet bridging SIP/jmorales-0000009e and SIP/lpolo-0000009f
== Spawn extension (prototipo, 124, 1) exited non-zero on 'SIP/jmorales-0000009e'

```

Figura 4. 65 Llamada de jmorales a lpolo

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [125@prototipo:1] Dial("SIP/jmorales-00000096", "SIP/ntituaña") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called ntituaña
-- SIP/ntituaña-00000097 is ringing
-- SIP/ntituaña-00000097 answered SIP/jmorales-00000096
-- Packet2Packet bridging SIP/jmorales-00000096 and SIP/ntituaña-00000097
== Spawn extension (prototipo, 125, 1) exited non-zero on 'SIP/jmorales-00000096'

```

Figura 4. 66 Llamada de jmorales a ntituaña

Llamadas del usuario: lpolo

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [112@prototipo:1] Dial("SIP/lpolo-000000c8", "SIP/mrodriguez") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called mrodriguez
-- SIP/mrodriguez-000000c9 is ringing
-- SIP/mrodriguez-000000c9 answered SIP/lpolo-000000c8
== Spawn extension (prototipo, 112, 1) exited non-zero on 'SIP/lpolo-000000c8'

```

Figura 4. 67 Llamada de lpolo a mrodriguez

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [113@prototipo:1] Dial("SIP/lpolo-000000ca", "SIP/azurita") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called azurita
-- SIP/azurita-000000cb is ringing
-- SIP/azurita-000000cb answered SIP/lpolo-000000ca
== Spawn extension (prototipo, 113, 1) exited non-zero on 'SIP/lpolo-000000ca'

```

Figura 4. 68 Llamada de lpolo a azurita

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [122@prototipo:1] Dial("SIP/lpolo-000000cc", "SIP/pcriollo") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called pcriollo
-- SIP/pcriollo-000000cd is ringing
-- SIP/pcriollo-000000cd answered SIP/lpolo-000000cc
== Spawn extension (prototipo, 122, 1) exited non-zero on 'SIP/lpolo-000000cc'

```

Figura 4. 69 Llamada de lpolo a pcriollo


```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [123@prototipo:1] Dial("SIP/lpolo-000000ce", "SIP/dcordova") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called dcordova
-- SIP/dcordova-000000cf is ringing
-- SIP/dcordova-000000cf answered SIP/lpolo-000000ce
== Spawn extension (prototipo, 123, 1) exited non-zero on 'SIP/lpolo-000000ce'

```

Figura 4. 70 Llamada de lpolo a dcordova

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [114@prototipo:1] Dial("SIP/lpolo-0000008e", "SIP/jfernandez") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called jfernandez
-- SIP/jfernandez-0000008f is ringing
-- SIP/jfernandez-0000008f answered SIP/lpolo-0000008e
-- Packet2Packet bridging SIP/lpolo-0000008e and SIP/jfernandez-0000008f
== Spawn extension (prototipo, 114, 1) exited non-zero on 'SIP/lpolo-0000008e'

```

Figura 4. 71 Llamada de lpolo a jfernandez

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [115@prototipo:1] Dial("SIP/lpolo-000000a0", "SIP/jmorales") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called jmorales
-- SIP/jmorales-000000a1 is ringing
-- SIP/jmorales-000000a1 answered SIP/lpolo-000000a0
-- Native bridging SIP/lpolo-000000a0 and SIP/jmorales-000000a1
== Spawn extension (prototipo, 115, 1) exited non-zero on 'SIP/lpolo-000000a0'

```

Figura 4. 72 Llamada de lpolo a jmorales

```

== Spawn extension (prototipo, 124, 1) exited non-zero on 'SIP/ntituaña-000000a2'
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [125@prototipo:1] Dial("SIP/lpolo-000000a4", "SIP/ntituaña") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called ntituaña
-- SIP/ntituaña-000000a5 is ringing
-- SIP/ntituaña-000000a5 answered SIP/lpolo-000000a4
-- Packet2Packet bridging SIP/lpolo-000000a4 and SIP/ntituaña-000000a5
== Spawn extension (prototipo, 125, 1) exited non-zero on 'SIP/lpolo-000000a4'

```

Figura 4. 73 Llamada de lpolo a ntituaña

Llamadas del usuario: ntituaña

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [112@prototipo:1] Dial("SIP/ntituaña-000000da", "SIP/mrodriguez") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called mrodriguez
-- SIP/mrodriguez-000000db is ringing
-- SIP/mrodriguez-000000db answered SIP/ntituaña-000000da
== Spawn extension (prototipo, 112, 1) exited non-zero on 'SIP/ntituaña-000000da'

```

Figura 4. 74 Llamada de ntituaña a mrodriguez

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [113@prototipo:1] Dial("SIP/ntituaña-000000dc", "SIP/azurita") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called azurita
-- SIP/azurita-000000dd is ringing
-- SIP/azurita-000000dd answered SIP/ntituaña-000000dc
== Spawn extension (prototipo, 113, 1) exited non-zero on 'SIP/ntituaña-000000dc'

```

Figura 4. 75 Llamada de ntituaña a azurita

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [122@prototipo:1] Dial("SIP/ntituaña-000000de", "SIP/pcriollo") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called pcriollo
-- SIP/pcriollo-000000df is ringing
-- SIP/pcriollo-000000df answered SIP/ntituaña-000000de
== Spawn extension (prototipo, 122, 1) exited non-zero on 'SIP/ntituaña-000000de'

```

Figura 4. 76 Llamada de ntituaña a pcriollo

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [123@prototipo:1] Dial("SIP/ntituaña-00000e0", "SIP/dcordova") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called dcordova
-- SIP/dcordova-00000e1 is ringing
-- SIP/dcordova-00000e1 answered SIP/ntituaña-00000e0
== Spawn extension (prototipo, 123, 1) exited non-zero on 'SIP/ntituaña-00000e0'

```

Figura 4. 77 Llamada de ntituaña a dcordova

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [114@prototipo:1] Dial("SIP/ntituaña-0000094", "SIP/jfernandez") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called jfernandez
-- SIP/jfernandez-0000095 is ringing
-- SIP/jfernandez-0000095 answered SIP/ntituaña-0000094
-- Packet2Packet bridging SIP/ntituaña-0000094 and SIP/jfernandez-0000095
== Spawn extension (prototipo, 114, 1) exited non-zero on 'SIP/ntituaña-0000094'

```

Figura 4. 78 Llamada de ntituaña a jfernandez

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [115@prototipo:1] Dial("SIP/ntituaña-0000098", "SIP/jmorales") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called jmorales
-- SIP/jmorales-0000099 is ringing
-- SIP/jmorales-0000099 answered SIP/ntituaña-0000098
-- Packet2Packet bridging SIP/ntituaña-0000098 and SIP/jmorales-0000099
== Spawn extension (prototipo, 115, 1) exited non-zero on 'SIP/ntituaña-0000098'

```

Figura 4. 79 Llamada de ntituaña a jmorales

```

== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [124@prototipo:1] Dial("SIP/ntituaña-00000a6", "SIP/lpolo") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called lpolo
-- SIP/lpolo-00000a7 is ringing
-- SIP/lpolo-00000a7 answered SIP/ntituaña-00000a6
-- Packet2Packet bridging SIP/ntituaña-00000a6 and SIP/lpolo-00000a7
== Spawn extension (prototipo, 124, 1) exited non-zero on 'SIP/ntituaña-00000a6'

```

Figura 4. 80 Llamada de ntituaña a lpolo

Las llamadas realizadas entre los distintos teléfonos IP y Softphones, a nivel de ambiente LAN, se realizaron exitosamente sin ningún inconveniente. La calidad de la voz al momento de realizar las distintas llamadas, fue nítida sin ningún tipo de ruido y totalmente audible.

Al momento de realizar llamadas entre los diferentes teléfonos IP y Softphones a nivel de ambiente WAN, se presentaron los siguientes inconvenientes:

- Eco en la comunicación.
- Retardo en la comunicación.
- Ruido en la comunicación.
- Silencios en la comunicación.

Esto se debió a que el software de asterisk no viene configurado por defecto con el códec G.729 utilizado para ambientes WAN. Posteriormente se tuvo que agregar dos parámetros en la configuración de los teléfonos IP del archivo **sip.conf**, los cuales fueron:

```
disallow=all
```

```
allow=g729
```

Mediante estos dos parámetros forzamos a que los teléfonos IP, utilicen el códec G.729 cuando se realice una llamada a nivel de ambiente WAN.

Una vez instalado y configurado el códec G.729, además de adicionar los parámetros antes indicados en la configuración de los teléfonos IP, las comunicaciones entre los distintos teléfonos IP y Softphones se realizaron sin ningún inconveniente. La calidad de la voz fue nítida, sin ninguna clase de ruido y totalmente audible.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ❖ El sistema telefónico actual de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC tiene más de 15 años de operación, por lo que presenta problemas de degradación de hardware, repuestos discontinuados y dificultad para escalar hacia nuevos servicios; por estas razones es necesario implementar un nuevo sistema de telefonía, el cual contará con 45 centrales IP, ubicadas en cada dependencia y subestación, cubriendo de esta manera toda la red de la corporación.
- ❖ El nuevo sistema de telefonía IP estará en la capacidad de manejar 316 troncales telefónicas, 216 para comunicarse con la PSTN (*Public Switched Telephone Network*) y 100 para comunicarse con la red móvil a través de bases celulares, de esta forma se garantiza que todas las llamadas se realizarán y se atenderán sin pérdida de las mismas.
- ❖ Al implementar un nuevo sistema de telefonía IP se podrá hacer uso de los servicios de mensajería unificada, correo de voz, audioconferencia, presencia, etc., permitiendo aumentar la productividad de los empleados de la corporación al tener todos estos servicios sobre la red de datos con disponibilidad inmediata.
- ❖ A través de la implementación de un nuevo sistema de telefonía IP, se podrá brindar el servicio de voz a 1080 empleados de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, es decir que el 56,3% de ellos estarán en la capacidad de comunicarse con todas las entidades y subestaciones, con las que actualmente no pueden.

- ❖ Al contar con un sistema de telefonía IP propio, se reducirán notablemente los costos de arrendamiento de líneas telefónicas, ya que las llamadas entre las diferentes dependencias de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC se realizarán a través de la RED LAN o WAN propia utilizando los códecs adecuados.
- ❖ La solución de telefonía IP AVAYA, es potente, flexible y al mismo tiempo simple, permitiendo la comunicación y colaboración de sus centrales telefónicas IP en tiempo real sin ningún tipo de limitaciones. Adicionalmente este tipo de solución se adapta fácilmente a cualquier tipo de infraestructura de red.
- ❖ La solución de telefonía IP AVAYA, puede funcionar con software virtualizado, permitiendo el uso de cualquier dispositivo. Esta característica robustece la implementación ya que la gestión de la misma se realiza de forma más sencilla.
- ❖ La implementación de un sistema de tarificación en cada dependencia de la corporación CELEC EP - TRANSELECTRIC, permitirá identificar de forma adecuada el número de llamadas y duración de las mismas. Este sistema será capaz de elaborar informes detallados, para posteriormente realizar el estudio del comportamiento de la red telefónica y realizar cambios si se requieren.
- ❖ El códec seleccionado para el nuevo sistema de telefonía IP influye de manera directa en la calidad de voz que se entrega al usuario final; por esta razón se seleccionaron los códecs G.711, para el ambiente LAN y G.729 para el ambiente WAN, de esta forma se optimizó el ancho de banda disponible y garantizo una calidad de voz adecuada.

5.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda la migración hacia el nuevo sistema de telefonía IP de forma paulatina, de esta manera se garantiza que el proceso sea seguro, sin afectar la disponibilidad del sistema de telefonía actual y que el personal de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC, se adapte de forma correcta al nuevo sistema de telefonía IP.
- ❖ Se recomienda configurar las centrales telefónicas de manera que puedan discriminar las llamadas a realizar, es decir que las troncales celulares deban ser utilizadas exclusivamente para realizar llamadas a teléfonos móviles y las troncales analógicas, deban ser utilizadas exclusivamente para realizar llamadas convencionales a la PSTN.
- ❖ Se recomienda adquirir terminales IP con alimentación PoE, en caso de una futura implementación con switches capaces de manejar PoE, de esta manera se asegura la disponibilidad de los terminales IP en caso de una falla de la red de energía.
- ❖ Se recomienda que los dispositivos que van a conformar el nuevo sistema de telefonía IP, posean relojes internos que permitan la sincronización con fuentes externas de reloj, para tener todo el sistema de telefonía IP sincronizado a la misma hora.
- ❖ Se recomienda que el equipamiento del nuevo sistema de telefonía IP, tenga un pool de códecs amplio, para poder realizar diferentes pruebas de comunicaciones, y de esta forma seleccionar los que mejor se adapten a la red.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO 1

LIBROS

- [1] HUIDOBRO, J., MARTÍNEZ, D.; *"Integración de voz y datos. Call Center: Tecnología y Aplicaciones"*; McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U.
- [2] KEADY S.; *"Integración de redes de voz y datos"*; Pearson Educación, S.A.; Madrid; 2001.
- [3] LÓPEZ J., MONTOYA F.; *"Voip y astersik: redescubriendo la telefonía"*; Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.; México.
- [4] GANGULY S., BHATNAGAR S.; *"Wireless, P2P and New Enterprise Voice over IP"*; West Sussex PO198SQ; England.

SITIOS WEB

- [5] MONOGRAFÍAS; *"Voz sobre IP"*;
<http://www.monografias.com/trabajos26/voz-sobre-ip/voz-sobre-ip.shtml>
- [6] MONOGRAFÍAS; *"Telefonía IP"*;
<http://www.monografias.com/trabajos16/telefonía-senalizacion/telefonía-senalizacion.shtml>
- [7] SECURITYARTWORK; *"VoIP: Protocolos de transporte"*;
<http://www.securityartwork.es/2008/02/27/voip-protocolos-de-transporte/>
- [8] VOIPFORO; *"H.323"*; <http://www.voipforo.com/H323/H323objetivo.php>

[9] IT; "*Protocolos de Señalización para el transporte de Voz sobre redes IP*";
<http://www.it.uc3m.es/~jmoreno/articulos/protocolssenalizacion.pdf>

[10] VOIPFORO; "*SIP (Session Initiation Protocol)*";
<http://www.voipforo.com/SIP/SIParquitectura.php>

[11] VOIPFORO; "*IAX - Inter-Asterisk eXchange protocol*";
<http://www.voipforo.com/IAX/IAX-arquitectura.php>

[12] ARCESIO; "*RTP Protocolo para aplicaciones multimedia*";
<http://www.arcesio.net/rtp/tipos.html>

[13] VOIPFORO; "*Codecs*"; <http://www.voipforo.com/codec/codecs.php>

CAPÍTULO 2

INFORMACIÓN DE LA CORPORACIÓN CELEC EP – TRANSELECTRIC

[T1] Departamento de Telecomunicaciones; Información de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC.

[T2] Departamento de Sistemas; Información de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC.

[T3] Departamento de infraestructura; Información de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC.

[M1] Memoria técnica; "*Instalación y configuración de una red LAN de alta disponibilidad y solución de seguridad con ACS*".

[P1] Medidas tomadas a través de la solución de monitorización PRTG.

[D1] Depuración de los datos de los reportes de llamadas realizadas, proporcionados por CNT.

MANUALES

[G1] *ECS-6384 ELECTRONIC CALL SELECTOR; "INSTRUCTION MANUAL"; POWER SYSTEM COMMUNICATIONS; LBI - 37114.*

[G2] *ELECTRONIC CALL SELECTOR, MODEL 4CV63A4D20LI5T09S3; "INSTRUCTION MANUAL"; POWER SYSTEM COMMUNICATIONS, TELEPHONE EQUIPMENT; LB1 - 37292.*

[S1] ABB; *"SOPHO IS3000"; Advanced ISPBX digital switching system.*

[C1] Spectrum. *"Ericsson Consono MD110 PBX Management Module Guide".*

SITIOS WEB

[1] CISCO; *"Cisco Catalyst 2960-24TT-L Switch";*
http://www.cisco.com/cisco/web/support/model/tsd_hardware_switch_model_2960_24ttl.html#0

[2] CISCO; *"Cisco Catalyst 2960-48TC-L Switch";*
http://www.cisco.com/cisco/web/support/model/tsd_hardware_switch_model_2960_48tcl.html#0

[3] CISCO; *"Cisco Catalyst 4500 Series Switch Data Sheet";*
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps4324/product_data_sheet0900aecd801792b1.html

[4] SIS; *"Erlang B Traffic Table";* <http://www.sis.pitt.edu/~dtipper/erlang-table.pdf>

CAPÍTULO 3

INFORMACIÓN DE LA CORPORACIÓN CELEC EP – TRANSELECTRIC

[T1] Departamento de Telecomunicaciones; Información de la corporación CELEC EP – TRANSELECTRIC.

SITIOS WEB

[1] VOIPFORO; *"Tabla resumen de codecs"*;
<http://www.voipforo.com/codec/codecs.php>

[2] MONOGRAFIAS; *"El Estándar VoIP - Redes y servicios de banda ancha"*;
<http://www.monografias.com/trabajos33/estandar-voip/estandar-voip.shtml>

CAPÍTULO 4

MANUALES

[A1] TATÉS A., FUENTES A.; *"Telefonía IP con Asterisk, Administrador Avanzado"*.

SITIOS WEB

[1] TP-LINK; *"Switch de escritorio de 8 puertos 10/100 TL-SF1008D"*;
<http://www.tp-link.com/mx/products/details/?model=TL-SF1008D>

[2] ANDOVERCG; *"Cisco 1700 Series Modular Access Routers"*;
<http://www.andovercg.com/datasheets/cisco-1700-series-1720-21.pdf>

[3] GRANDSTREAM; *"GXP280/GXP285 Small Business 1-line PoE IP Phone"*;
<http://www.grandstream.com/products/ip-voice-telephony/enterprise-ip-phones/gxp285>

[4] GRANDSTREAM; *"BudgeTone-200 SIP Phone"*;
http://www.grandstream.com/user_manuals/BT200_User_Manual.pdf

ANEXOS

ANEXO A: MEDICIONES DE TRÁFICO EN LOS ENLACES LAN Y WAN DE LA RED DE LA CORPORACIÓN CELEC EP - TRANSELECTRIC

(Se encuentra dentro del CD en formato PDF)

ANEXO B: INTENSIDADES DE TRÁFICO TELEFÓNICO CONVENCIONAL Y CELULAR DE LAS DIFERENTES DEPENDENCIAS Y SUBESTACIONES DE LA CORPORACIÓN CELEC EP - TRANSELECTRIC

(Se encuentra dentro del CD en formato PDF)

ANEXO C: CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROTOTIPO

(Se encuentra dentro del CD en formato PDF)

ANEXO D: GLOSARIO DE TÉRMINOS

- A -

AAL: *ATM Adaptation Layer*, Capa de Adaptación ATM

ACF: *Admission Confirm*, Confirmación de Admisión

ACK: *Acknowledgement*, Acuse de Recibo

AMR-WB: *Adaptive Multi-Rate Wideband*, Ancho de Banda Multi-tasa Adaptivo

ACELP: *Algebraic Code Excited Linear Prediction*, Predicción Lineal Excitada por Código Algebraico.

ADPCM: *Adaptive Differential Pulse Code Modulation*, Modulación por Código de Pulso Diferencial Adaptivo.

ALF: *Application Level Framming*, Nivel de Aplicación de Entramado

ARJ: *Admission Reject*, Rechazo de Admisión

ARQ: *Admission Request*, Solicitud de Admisión

ATM: *Asynchronous Transfer Mode*, Modo de Transferencia Asíncrona

ADSS: *All Dielectric self-Supported*, Auto-sustentado totalmente dieléctrico

ACD: *Automatic call distributor*, Distribuidor automático de llamadas

- B -

BCF: *Bandwidth Confirm*, Confirmación de Ancho de Banda

BRQ: *Bandwidth Request*, Solicitud de Ancho de Banda

BRJ: *Bandwidth Reject*, Rechazo de Ancho de Banda

BGP: *Border Gateway Protocol*, Protocolo de gateway fronterizo

- C -

CC: *CSRC Count*, Cuenta CSRC

CDMA: *Code Division Multiple Access*, Acceso Múltiple por División de Código

CLC: *Close Logical Chanel*, Cierre de Canal Lógico

CNG: *Comfort noise Generation*, Generador de ruido comfortable

CNAME: *Canonical Name*, Nombre Canónico

CSRC: *Contributing Source*, Fuentes Contribuyentes.

CS-ACELP: *Conjugate Structure Algebraic Code-Excited Linear Prediction*, Predicción lineal de código algebraico excitado en estructura conjugada

CNT: Corporación Nacional de telecomunicaciones

COT: Centro de control de transmisión

CDR: *Call Detail Record*, Registro de detalles de llamadas

- D -

DRQ: *Disengage-Request*, Solicitud de Desconexión

DCF: *Disengage-Confirm*, Confirmación de Desconexión

DTX: *Discontinuous transmission*, Transmisión discontinua

DHCP: *Dynamic Host Control Protocol*, Protocolo de configuración dinámica de host.

DNS: *Domain Name System*, Sistema de nombres de dominio

- E -

EH: *Extension Header*, Extensión de Cabecera

ECS: *Electronic Call Selector*, Selector de Llamada Electrónica

- F -

FR: *Frame Relay*

Firewall: *Firewall*, Cortafuegos

FCS: *Frame Check Sequence*, Secuencia de chequeo de trama

- G -

GPRS: *General Radio Packet Service*, Servicio General de Paquetes Vía Radio

Gbps: *Gigabits per second*, Gigabits por Segundo

GoS: *Grade of Service*, Grado de servicio

- H -

HTTP: *Hypertext Transfer Protocol*, Protocolo de Transferencia de Hipertexto

- I -

IAX: *Inter-Asterisk eXchange*, Intercambio entre servidores Asterisk

IETF: *Internet Ingenieering Task Force*, Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet

IPX: *Internetwork Packet Exchange*, Intercambio de Paquetes de Red Interna

ISDN: *Integrated Services for Digital Network*, Red Digital de Servicios Integrados

ITU-T: *International Telecommunication Union*, Sector de Normalización de las Telecomunicaciones

IP: *Internet Protocol*, Protocolo Internet

ISDN: *Integrated Service Digital Network*, Red digital de servicios integrados

- J -

- K -

Kbps: *Kilobits Per Second*, Kilobits por segundo

- L -

LAN: *Local Area Network*, Rede de Área Local

LDAP: *Lightweight Directory Access Protocol*, Protocolo Ligero de Acceso a Directorios

- M -

MC: *Multipoint Controller*, Controlador Multipunto

MCU: *Multipoint Control Unit*, Unidad de Control Multipunto

MGCP: *Media Gateway Control Protocol*, Protocolo de Control de Puerta de Enlace al Medio

MMUSIC: *Multiparty Multimedia Session Control*, Control de Sesión Multimedia Multipartidista

MOS: *Mean Opinion Score*, Valoración Media de Opinión

MP: *Multipoint Processor*, Procesador Multipunto

MPEG: *Moving Picture Experts Group*, Grupo de Expertos para Imágenes Animadas

Mbps: *Megabis per second*, Megabits por segundo

- N -

NAT: *Network Address Translation*, Traducción de Dirección de Red

- O -

OLC: *Open Logical Channel*, Canal Lógico Abierto

OPGW: *Optical ground wire*, Cable de Tierra Óptico

OSI: *Open System Interconnection*, Interconexión de Sistemas Abiertos.

- P -

PBX: *Private Branch Exchange*, Ramal Privado de Conmutación

PC: *Personal Computer*, Computadora Personal

PCM: *Pulse Code Modulation*, Modulación por Codificación de Pulsos

PPP: *Point to Point Protocol*, Protocolo Punto a Punto

PT: *Packet Type*, Tipo de Paquete

PT: *Payload Type*, Tipo de Carga Útil

PRTG: *Paessler Router Traffic Grapher*

PSTN: *Public switched telephone network*, Red Telefónica Pública Conmutada

- Q -

QoS: *Quality of Service*, Calidad de Servicio

- R -

RAS: *Registration, Admission and Status*, Registro, Admisión y Estado

RC: *Reception Count*, Contador de Recepción

RFC: *Request For Comment*, Petición de Comentarios

RR: *Receiver Report*, Reporte de Receptor

RTC: Red Telefónica Conmutada

RTCP: *RTP Control Protocol*, Protocolo de Control RTP

RTP: *Real-Time Transport Protocol*, Protocolo de Transporte en Tiempo Real

RSVP: *Resource Reservation Protocol*, Protocolo de Reserva de Recursos

RTSP: *Real-Time Streaming Protocol*, Protocolo de Retransmisión en Tiempo Real

- S -

SIP: *Session Initiation Protocol*, Protocolo de Inicio de Sesión

SDS: *Source Description*, Descripción de la Fuente

SDP: *Session Description Protocol*, Protocolo de Descripción de Sesión

SMTP: *Simple Mail Transfer Protocol*, Protocolo para la Transferencia Simple De Correo Electrónico

SPX: *Sequenced Packet Exchange*, Intercambio de Paquetes Secuenciados

SR: *Sender Report*, Reporte de Emisor

SSRC: *Synchronization Source*, Fuente de Sincronización

SNMP: *Simple Network Management Protocol*, Protocolo simple de administración de red.

- T -

TCP: *Transmission Control Protocol*, Protocolo de Control de Transmisión

TDMA: *Time Division Multiple Access*, Multiplexación por División de Tiempo

TCS: *Terminal Capability Set*, Conjunto de Capacidades del terminal

- U -

UA: *User Agent*, Agente de Usuario

UAC: *User Agent Client*, Cliente de Agente de Usuario

UAS: *User Agent Server*, Servidor de Agente de Usuario

UDP: *User Datagram Protocol*, Protocolo de Datagrama de Usuario

- V -

VAD: *Voice Activity Detection*, Detección de Actividad de Voz

VoIP: *Voice Over Internet Protocol*, Voz sobre el Protocolo de Internet

VLAN: *Virtual LAN*, Red de Área Local Virtual

VLSM: *Variable Length Subnet Mask*, Mascara de subred de tamaño variable

- W -

WAN: *Wide Area Network*, Red de Área Extendida