

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UNA RED INTEGRADA DE VOZ Y DATOS PARA EL CAMPUS E.P.N. BASADO EN UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS SOLUCIONES EXISTENTES EN EL MERCADO NACIONAL

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**GABRIEL FRANCISCO CEVALLOS MARTÍNEZ
LUIS ROBERTO TASINTUÑA CONDOY**

**DIRECTORA: ING. MÓNICA VINUEZA R. MSc.
CODIRECTOR: ING. PABLO HIDALGO L.**

Quito, mayo 2007

DECLARACIÓN

Nosotros, **GABRIEL FRANCISCO CEVALLOS MARTÍNEZ** y **LUIS ROBERTO TASINTUÑA CONDOY**, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros 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.

CEVALLOS GABRIEL

TASINTUÑA LUIS

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por **GABRIEL FRANCISCO CEVALLOS MARTÍNEZ** y **LUIS ROBERTO TASINTUÑA CONDOY**, bajo nuestra supervisión.

Ing. Mónica Vinueza R. MSc.
DIRECTORA DEL PROYECTO

Ing. Pablo Hidalgo L.
CODIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

De manera especial a la Ing. Mónica Vinueza y al Ing. Pablo Hidalgo por su incondicional dedicación y guía, al Ing. Juan Carlos Proaño y al Tigo. Marcelo Ramírez de la UGI de la EPN por su ayuda y apoyo desinteresados, al Ing. Miguel Veintimilla, Gerente de desarrollo de Telalca S.A., al Ing. Freddy Echeverría de Andean Trade S.A., al Ing. Fabio González encargado de la Central Telefónica de la EPN, a la familia Tasintuña Condoy que me abrió las puertas de su hogar en muchas ocasiones y circunstancias y cuya acogida me hizo sentir como en mi propia casa, y finalmente a Luis que tuvo la gran idea de hacer este proyecto juntos, he aprendido y más que nada me he divertido mucho.

GABRIEL FRANCISCO

AGRADECIMIENTOS

Especialmente a la Ing. Mónica Vinueza y al Ing. Pablo Hidalgo por permitirnos ser partícipes de su experiencia y conocimiento, además de las horas de dedicación y por convertirse en una guía incondicional. Al Ing. Santiago Pazmiño y Miguel Veintimilla de Telalca S.A. por permitirme adentrarme en el campo de Telefonía IP. Al Ing. Juan Carlos Proaño y Tlgo. Marcelo Ramírez del Centro de Cómputo de la EPN por la colaboración e interés prestados. Al Ing. Freddy Echeverría de Andean-Trade por la actualización de equipos Cisco de Telefonía IP. A la familia Cevallos Martínez por hacerme sentir como en casa y al Gabo por las grandes ideas y empeño mostrado a lo largo del desarrollo del proyecto de titulación.

LUIS ROBERTO

DEDICATORIA

A mi Señor y Creador, no hay día que no me haya sentido bendecido y feliz de estar aquí, a mi padre Fabián, caballero intachable en quien podría señalar muchas virtudes pero ningún vicio, a mi madre Alicia cuyo inmenso amor siento día a día, a mis hermanos David y Javier que siempre fueron ejemplo para mí y de los cuales me siento orgulloso de tener como compañeros de vida. A toda mi familia, a través de este recorrido y a pesar de la distancia se que muchas manos están dispuestas a ayudarme e incluso levantarme de ser necesario, a mis amigos y amigas, gente maravillosa que me ayudó a comprender que la felicidad no es una meta, sino mas bien una forma de recorrer el camino, a los obstáculos y problemas de la vida; gracias a ellos hoy soy un poco más sabio y fuerte.

GABRIEL FRANCISCO

DEDICATORIA

A Dios, por darme salud, vida y la oportunidad en retribuir el esfuerzo y amor que mis padres pusieron en mí. A mi padre Alfredo por enseñarme con obras y no palabras que la perseverancia es una virtud necesaria para el éxito. A mi mamita Fabiola por el inmenso amor, las palabras justas y el apoyo en los momentos difíciles de mi vida. A mis hermanos Javier y Sandra por impulsarme a ser siempre mejor y ayudarme a cumplir mis metas. A mi sobrinita Natasha por darme la alegría de verla crecer y hacer más placenteros mis días y a Sory por ser mi compañera y apoyo.

LUIS ROBERTO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pag.
CAPÍTULO 1: CONCEPTOS BÁSICOS DE REDES DE VOZ Y DATOS	1
1.1 REDES DE TELEFONÍA CONVENCIONAL	1
1.1.1 TIPOS DE SISTEMAS DE TELEFONÍA	1
1.1.1.1 Sistemas de uso residencial	1
1.1.1.2 Sistemas empresariales.....	2
1.1.1.3 Sistemas Centrex externos.....	7
1.1.2 CIRCUITOS TRONCALES	7
1.1.2.1 Línea con tono de marcación.....	8
1.1.2.2 Troncales bidireccionales	8
1.1.2.3 Troncales DID	9
1.1.2.4 Troncales con accesos primarios RDSI.....	10
1.1.2.5 Líneas punto a punto	10
1.1.2.6 Extensiones externas	11
1.1.2.7 Troncales extraterritoriales.....	11
1.1.3 SEÑALIZACIÓN UTILIZADA EN TELEFONÍA	12
1.1.3.1 Funciones de señalización	12
1.1.3.2 Señalización de enlaces troncales analógicos.....	13
1.1.3.3 Señalización de enlaces troncales digitales	21
1.1.4 SERVICIOS Y FUNCIONALIDADES DE LLAMADA	34
1.1.4.1 Gestión de la sesión de llamada.....	35
1.1.4.2 Identificación de usuario	36
1.1.4.3 Comodidad	36
1.1.4.4 Seguridad	37
1.1.4.5 Respuesta de emergencia	38
1.2 PAQUETIZACIÓN DE VOZ.....	39
1.2.1 ARQUITECTURA DE VoIP	40
1.2.2 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN PARA VOZ SOBRE IP.....	42
1.2.3 PROTOCOLOS DE RUTA DE AUDIO: RTP Y RTCP	46
1.2.3.1 Protocolo de transporte a tiempo real (RTP).....	46
1.2.3.2 Protocolo de control en tiempo real (CRTP).....	49

1.2.4	SEÑALIZACIÓN VoIP: H.323	53
1.2.4.1	Componentes de H.323	54
1.2.4.2	Direccionamiento.....	57
1.2.4.3	Protocolos.....	58
1.2.5	ESTABLECIMIENTO DE LLAMADA H.323 ENTRE DOS TERMINALES.....	60
1.3	REDES INTEGRADAS DE VOZ Y DATOS	62
1.3.1	PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE REDES	63
1.3.2	FUNCIONES IP PARA LA INTEGRACIÓN DE VOZ Y DATOS	65
1.3.2.1	Administración Confiable	65
1.3.2.2	Administración del ancho de banda, el retraso y la fluctuación de fase	66
1.3.2.2.1	Protocolo para la reserva de recursos (RSVP).....	66
1.3.2.2.2	Normas de encolamiento	68
1.3.2.2.3	Formación y normas de tráfico	74
1.3.2.2.4	Compresión de cabecera.....	75
1.3.2.2.5	Fragmentación e intercalado.....	77
1.3.2.2.6	Búferes de Transmisión dual FIFO.....	77
CAPÍTULO 2: REQUERIMIENTOS Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS		80
2.1	ANÁLISIS DE LA RED EXISTENTE Y OBTENCIÓN DE REQUERIMIENTOS	80
2.1.1	ESTADO ACTUAL DE LA RED DE DATOS DE LA EPN (Polired).....	81
2.1.1.1	Elementos activos	87
2.1.1.1.1	Dispositivos de conectividad.....	88
2.1.1.1.2	Módulo de servidores	89
2.1.1.2	Elementos pasivos.....	96
2.1.1.3	Direccionamiento y enrutamiento.....	98
2.1.1.4	Análisis de tráfico	100
2.1.1.4.1	Niveles de tráfico en los enlaces hacia el nivel de core, acceso a Internet y principales dependencias de la EPN.....	101
2.1.1.4.2	Niveles de tráfico por aplicación	108
2.1.1.5	Análisis de la red de datos.....	110

2.1.2	ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA TELEFÓNICO DE LA EPN	113
2.1.2.1	Central Telefónica EPN	113
2.1.2.2	Descripción del cableado telefónico	118
2.1.2.3	Capacidad de la central telefónica	120
2.1.2.4	Análisis de tráfico de voz	123
2.1.2.5	Análisis de funcionamiento de la Red telefónica	129
2.1.3	ANÁLISIS Y OBTENCIÓN DE REQUERIMIENTOS	130
2.1.3.1	Número y naturaleza de usuarios con acceso al servicio telefónico.....	130
2.1.3.2	Número de troncales para interacción con las redes públicas	137
2.1.3.3	Selección del Codec	141
2.1.3.4	Caracterización del <i>Gateway</i> de voz.....	143
2.1.3.5	Servicios suplementarios y redundancia	146
2.1.3.6	Síntesis de requerimientos.....	149
2.2	SOLUCIÓN MEDIANTE TELEFONÍA IP (<i>NETWORKING</i>).....	149
2.2.1	DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA	149
2.2.2	ADAPTABILIDAD DE LA SOLUCIÓN A LA SITUACIÓN FÍSICA	154
2.2.2.1	Selección del modelo de procesamiento de llamada y tamaño del <i>cluster</i>	155
2.2.2.2	Selección del <i>Call Server</i>	156
2.2.2.3	Métodos de redundancia.....	158
2.2.2.4	Selección de la plataforma del <i>Gateway</i>	158
2.2.2.6	Terminales	166
2.2.2.7	Ubicación de los equipos en la red de datos.....	172
2.2.2.8	Costos.....	174
2.3	SOLUCIÓN HÍBRIDA (<i>IP-PBX</i>).....	175
2.3.1	DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA	176
2.3.2	ADAPTABILIDAD DE LA SOLUCIÓN A LA SITUACIÓN FÍSICA	179
2.3.2.1	Selección del modelo de procesamiento de llamada.....	180
2.3.2.2	Selección de la arquitectura del <i>Media Gateway</i> (MG).....	183
2.3.2.3	Selección del <i>Call Server</i> (CS).....	189
2.3.2.4	Métodos de redundancia.....	190
2.3.2.5	Terminales	191
2.3.2.6	Mensajería unificada	191

2.3.2.7	Ubicación de los equipos dentro de la red datos	192
2.3.2.8	Costos.....	194
2.4	SOLUCIÓN MEDIANTE SERVIDORES	196
2.4.1	DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA	196
2.4.2	ADAPTABILIDAD DE LA SOLUCIÓN A LA SITUACIÓN FÍSICA	200
2.4.2.1	Selección del modelo de procesamiento de llamada.....	200
2.4.2.2	Dimensionamiento y formación del servidor de comunicaciones	201
2.4.2.3	Métodos de redundancia.....	210
2.4.2.4	Terminales	210
2.4.2.5	Ubicación de los equipos dentro de la red datos	212
2.4.2.6	Costos.....	214
2.5	DESARROLLO DEL MODELO MATEMÁTICO DE PRIORIZACIÓN Y PROCESO DE SELECCIÓN	215
2.5.1	IDENTIFICACIÓN DEL OBJETIVO GLOBAL.....	218
2.5.2	IDENTIFICACIÓN DE CRITERIOS Y SUB-CRITERIOS.....	218
2.5.3	IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	221
2.5.4	ÁRBOL DE JERARQUÍAS	221
2.5.5	APLICACIÓN DEL MODELO, EMISIÓN DE JUICIOS Y EVALUACIONES	224
2.5.6	COMPENDIO DE PRIORIZACIONES Y PROCESO MATEMÁTICO	236
2.5.7	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	251
2.5.8	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	253
2.5.8.1	Cambio en los parámetros iniciales de selección	253
2.5.8.2	Variación de las ponderaciones de los criterios generales	255

**CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LA RED INTEGRADA DE VOZ Y DATOS
PARA EL CAMPUS EPN257**

3.1	PREDICCIONES DE TRÁFICO.....	257
3.2	DIMENSIONAMIENTO Y DESARROLLO DEL DISEÑO	262
3.2.1	DIRECCIONAMIENTO IP	262
3.2.2	PLAN DE NUMERACIÓN, OPERADORAS Y PUERTOS DISA.....	265
3.2.3	SERVICIOS SUPLEMENTARIOS	269
3.2.4	REDUNDANCIA.....	273

3.2.5	MIGRACIÓN.....	278
3.3	SELECCIÓN DE EQUIPOS	282
3.3.1	EQUIPOS SELECCIONADOS PARA EL NUEVO SISTEMA TELEFÓNICO	283
3.3.2	EQUIPOS REUTILIZABLES	284
3.4	CONFIGURACIÓN BÁSICA DE LOS EQUIPOS.....	287
3.4.1	CONFIGURACIÓN DEL <i>CALLMANAGER</i>	287
3.4.2	CONFIGURACIÓN DEL <i>GATEWAY</i>	293
3.4.3	CONFIGURACIÓN DE LOS TERMINALES	295
3.4.4	CONFIGURACIÓN DE LOS <i>SWITCHES</i> DE LA POLIRED	298
3.5	GESTIÓN, ADMINISTRACIÓN Y SEGURIDAD DE LA RED.....	301
3.5.1	GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN CON CISCO <i>CALLMANAGER</i>	301
3.5.2	<i>CISCOWORKS</i> LMS (<i>LAN MANAGEMENT SOLUTION</i>)	303
3.5.3	SEGURIDAD EN LA RED	306
3.5.3.1	Direccionamiento IP	307
3.5.3.2	Seguridad en el teléfono.....	308
3.5.3.3	Puertos del <i>switch</i> de acceso.....	311
3.6	ANÁLISIS DE COSTOS	313
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		325
4.1	CONCLUSIONES	325
4.2	RECOMENDACIONES	330
GLOSARIO DE TÉRMINOS		
ANEXOS		
BIBLIOGRAFÍA		

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
 CAPÍTULO 1: CONCEPTOS BÁSICOS DE REDES DE VOZ Y DATOS	
Tabla 1.1 Señalización en troncales E&M.....	16
Tabla 1.2 Funciones de señalización de línea en R2	29
Tabla 1.3 Señales de registro R2 de uso común	30
Tabla 1.4 Campos de la cabecera RTP	47
Tabla 1.5 Campos de la Cabecera SR RTCP	50
Tabla 1.6 Elementos SDES que pueden transmitirse	52
Tabla 1.7 Recomendaciones de la ITU que soportan la señalización H.323	53
Tabla 1.8 Formato de medios apoyados por la ITU para H.323	53
Tabla 1.9 Ancho de banda con valores de precedencia IP.....	71
 CAPÍTULO 2: REQUERIMIENTOS Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	
Tabla 2.1 Incremento del acceso al servicio de Internet.....	80
Tabla 2.2 Zonas de cobertura de la Polired.....	81
Tabla 2.3 Características de los <i>switches</i> de acceso Cisco 2950.....	83
Tabla 2.4 Características de los <i>switches</i> de distribución Cisco <i>Catalyst</i> 3560G	85
Tabla 2.5 Características de los <i>switches</i> de <i>core</i>	87
Tabla 2.6 Elementos de conectividad de la Polired.....	88
Tabla 2.7 Servidores empresariales de la EPN.....	90
Tabla 2.8 Niveles de compresión y tiempos de descarga para la página WEB	91
Tabla 2.9 Clientes DHCP.....	95
Tabla 2.10 Enlace de fibra óptica en la EPN.....	96
Tabla 2.11 Direccionamiento IP Interno.....	99
Tabla 2.12 Tráfico promedio en los principales enlaces hacia el nivel de <i>core</i> y acceso a Internet.....	102
Tabla 2.13 Tráfico promedio en las principales dependencias de la EPN	105
Tabla 2.14 Dependencias de la EPN: con acceso a la Polired y sin acceso a la Polired	106

Tabla 2.15 Disponibilidad de los enlaces en el módulo de distribución y núcleo de de la Polired	107
Tabla 2.16 Estadísticas de protocolos	109
Tabla 2.17 Componentes de la Central Definity ECS	114
Tabla 2.18 Características de las tarjetas de propósito centralizado	116
Tabla 2.19 Descripción de los gabinetes de la Central Telefónica.....	117
Tabla 2.20 Puertos troncales, digitales y analógicos existentes en la central telefónica	120
Tabla 2.21 Distribución de líneas troncales	121
Tabla 2.22 Líneas troncales no contratadas por la EPN	123
Tabla 2.23 Tipos de llamadas generadas por los usuarios de la PBX	124
Tabla 2.24 Intensidad de tráfico convencional desde el 14 de octubre hasta 27 de octubre de 2006 (<i>llamadas locales, regionales y nacionales</i>)	125
Tabla 2.25 Niveles de intensidad de tráfico telefónico celular desde el 14 de octubre de 2006 hasta el 27 de octubre de 2006.....	128
Tabla 2.26 Usuarios del sistema telefónico.....	131
Tabla 2.27 Puntos de voz requeridos en la EPN	132
Tabla 2.28 Número de extensiones propuestas por <i>switch</i>	133
Tabla 2.29 Proyección de extensiones a 10 años.....	136
Tabla 2.30 Proyección de líneas troncales analógicas.....	137
Tabla 2.31 Proyección de líneas troncales celulares.....	138
Tabla 2.32 Troncales celulares propuestas.....	138
Tabla 2.33 Costo de líneas de acceso a la PSTN	140
Tabla 2.34 Características de rendimiento de los Codec usados en redes integradas de voz y datos	143
Tabla 2.35 Características de Interfaces PBX-Red IP	144
Tabla 2.36 Funcionalidades entre la red IP y la PBX Avaya.....	145
Tabla 2.37 Características del <i>Gateway</i> de voz.....	145
Tabla 2.38 Líneas directas como Fax	146
Tabla 2.39 Extensiones programadas como Fax	146
Tabla 2.40 Síntesis de requerimientos	149
Tabla 2.41 Dimensionamiento del <i>Cluster</i>	155
Tabla 2.42 Tipos de servidores.....	156

Tabla 2.43 Número máximo de dispositivos por servidor	157
Tabla 2.44 Interfaces y beneficios del <i>Gateway</i> de voz H.323	159
Tabla 2.45 Requerimientos de <i>software</i> mínimo para <i>Gateway</i> Cisco H.323	160
Tabla 2.46 Número máximo de interfaces por <i>Gateway</i>	162
Tabla 2.47 Número de llamadas simultáneas por plataforma de <i>Gateway</i> Cisco	163
Tabla 2.48 Plataformas del Cisco <i>Unity</i>	166
Tabla 2.49 Servicios de terminales IP de Cisco	170
Tabla 2.50 Teléfonos del nuevo sistema telefónico de la EPN	171
Tabla 2.51 Precios referenciales del sistema de voz Cisco para la EPN	174
Tabla 2.52 Capacidad de gabinetes del sistema OXO y OXE <i>hardware</i> común	184
Tabla 2.53 Capacidades de <i>hardware</i> en Crystal	186
Tabla 2.54 Disposición de las tarjetas dentro del IP Media <i>Gateway</i>	188
Tabla 2.55 Costo referencial de una IP-PBX Alcatel OXE para la EPN.....	195
Tabla 2.56 Guías para la selección del procesador.....	202
Tabla 2.57 Componentes del servidor de comunicaciones Asterisk para la EPN.....	209
Tabla 2.58 Costos referenciales del diseño presentada a través de Asterisk.....	214
Tabla 2.59 Tipos de capacidades	219
Tabla 2.60 Niveles de Administración y gestión del sistema	219
Tabla 2.61 Tipos de servicio	220
Tabla 2.62 Tipos de convergencia tecnológica	221
Tabla 2.63 Parámetros iniciales de selección de acuerdo a los requerimientos de la empresa.....	223
Tabla 2.64 Escala de preferencias	224
Tabla 2.65 Comparaciones pareadas respecto a la meta global	225
Tabla 2.66 Matriz de comparaciones pareadas respecto a la meta global	226
Tabla 2.67 Comparaciones pareadas respecto al criterio Mantenimiento	226
Tabla 2.68 Matriz de comparaciones pareadas respecto al criterio Mantenimiento	226
Tabla 2.69 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Capacidad Baja.....	227
Tabla 2.70 Matriz pareada para Capacidad Baja.....	227
Tabla 2.71 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Capacidad Media.....	228
Tabla 2.72 Matriz pareada para Capacidad Media	228

Tabla 2.73 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio	
Capacidad Alta	228
Tabla 2.74 Matriz pareada para Capacidad Alta	229
Tabla 2.75 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio	
Configuración inicial	229
Tabla 2.76 Matriz pareada para Configuración inicial	229
Tabla 2.77 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio	
Administración, Nivel bajo	230
Tabla 2.78 Matriz pareada para Administración, Nivel bajo	230
Tabla 2.79 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio	
Administración, Nivel alto	230
Tabla 2.80 Matriz pareada para Administración, Nivel alto	231
Tabla 2.81 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio	
Actualización de <i>software</i>	231
Tabla 2.82 Matriz pareada para Actualización de <i>software</i>	231
Tabla 2.83 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio	
Servicios básicos	232
Tabla 2.84 Matriz pareada para Servicios básicos.....	232
Tabla 2.85 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio	
Servicios medios.....	232
Tabla 2.86 Matriz pareada para Servicios medios.....	232
Tabla 2.87 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio	
Servicios avanzados.....	233
Tabla 2.88 Matriz pareada para Servicios avanzados.....	233
Tabla 2.89 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio	
Convergencia Tecnológica General	233
Tabla 2.90 Matriz pareada para Convergencia Tecnológica General.....	234
Tabla 2.91 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio	
Convergencia Tecnológica Cisco.....	234
Tabla 2.92 Matriz pareada para Convergencia Tecnológica Cisco	234
Tabla 2.93 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio	
Convergencia Tecnológica Alcatel.....	234
Tabla 2.94 Matriz pareada para Convergencia Tecnológica Alcatel.....	235

Tabla 2.95 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Convergencia Tecnológica Asterisk.....	235
Tabla 2.96 Matriz pareada para Convergencia Tecnológica Asterisk.....	235
Tabla 2.97 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Escalabilidad	235
Tabla 2.98 Matriz pareada para Escalabilidad	236
Tabla 2.99 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Costos	236
Tabla 2.100 Matriz pareada para Costos.....	236
Tabla 2.101 Sintetización de una matriz pareada.	237
Tabla 2.102 Análisis de consistencia de una matriz pareada	238
Tabla 2.103 Estimaciones del índice de Consistencia Aleatorio.....	239
Tabla 2.104 Sintetización de la matriz pareada respecto al objetivo global	240
Tabla 2.105 Sintetización de la matriz pareada respecto al criterio Mantenimiento.....	240
Tabla 2.106 Sintetizaciones de las matrices pareadas de alternativas respecto al criterio Capacidad.....	242
Tabla 2.107 Sintetización de la matriz pareada de alternativas respecto al criterio Configuración Inicial	243
Tabla 2.108 Sintetización de la matriz pareada de alternativas respecto al criterio Administración y gestión del sistema	243
Tabla 2.109 Sintetización de la matriz pareada de alternativas respecto al criterio Servicios	244
Tabla 2.110 Sintetización de la matriz pareada de alternativas respecto al criterio Actualización de <i>Software</i>	245
Tabla 2.111 Sintetización de la matriz pareada de alternativas respecto al criterio Escalabilidad.....	245
Tabla 2.112 Sintetización de la matriz pareada de alternativas respecto al criterio Costos.....	245
Tabla 2.113 Sintetización de la matriz pareada de alternativas respecto al criterio Convergencia tecnológica	246
Tabla 2.114 Compendio de vectores de priorización	247
Tabla 2.115 Vector global respecto al criterio Mantenimiento.....	248
Tabla 2.116 Proceso de obtención de la matriz de desempeño	252

Tabla 2.117 Análisis de sensibilidad con variación de parámetros iniciales para el caso de la EPN	254
Tabla 2.118 Análisis de sensibilidad para el caso de la EPN manteniendo solo la Capacidad media como parámetro de selección inicial constante	255
Tabla 2.119 Análisis de sensibilidad con variación de criterios generales respecto al Costo.....	256

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LA RED INTEGRADA DE VOZ Y DATOS PARA EL CAMPUS EPN

Tabla 3.1 <i>Payload</i> y cabeceras IP para el codec G.711	258
Tabla 3.2 Tráfico telefónico hacia los <i>switches</i> de <i>core</i> y <i>backbone</i>	260
Tabla 3.3 Predicción de tráfico total en la Polired.....	261
Tabla 3.4 Direccionamiento IP de voz.....	264
Tabla 3.5 Plan de numeración propuesto	266
Tabla 3.6 Servidor DHCP y Requisitos para <i>FaxMaker</i>	285
Tabla 3.7 Parámetros de configuración de un servidor.....	289
Tabla 3.8 Parámetros de configuración para el Cisco <i>CallManager</i>	291
Tabla 3.9 Parámetros básicos de configuración de un <i>Gateway</i> H.323.....	294
Tabla 3.10 Parámetros básicos de configuración de un teléfono IP	297
Tabla 3.11 Configuraciones macro <i>SmartPort</i>	300
Tabla 3.12 Requerimientos del sistema del cliente <i>CiscoWorks</i>	305
Tabla 3.13 Requerimientos para el sistema del servidor de <i>CiscoWorks</i>	306
Tabla 3.14 Costos referenciales de equipos	314
Tabla 3.15 Costos de garantía	316
Tabla 3.16 Costos de inscripción de enlaces.....	316
Tabla 3.17 Costos de operación de enlaces: consumo.....	317
Tabla 3.18 Costos de operación de enlaces: pensión básica	317
Tabla 3.19 Costo de diseño y mano de obra	318
Tabla 3.20 Costo total del nuevo sistema telefónico de la EPN.....	318
Tabla 3.21 Costos de implementación de la primera etapa.....	320
Tabla 3.22 Costos de implementación de la segunda etapa	322
Tabla 3.23 Costos de implementación de la tercera etapa	324

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
CAPÍTULO 1: CONCEPTOS BÁSICOS DE REDES DE VOZ Y DATOS	
Figura 1.1 Niveles funcionales de un Sistema Telefónico Residencial	2
Figura 1.2 Sistema Telefónico Empresarial típico para una entidad de varias sucursales o emplazamientos	3
Figura 1.3 KSU tradicional	4
Figura 1.4 Central telefónica privada PBX	5
Figura 1.5 Disposición física de una PBX	5
Figura 1.6 Troncales DID en un sistema telefónico empresarial	9
Figura 1.7 Red con troncales punto a punto	10
Figura 1.8 Conexión de líneas punto a punto, OPX y FX.....	12
Figura 1.9 Circuito <i>loop-start</i> en estado libre	14
Figura 1.10 Circuito <i>ground-start</i> en estado libre	15
Figura 1.11 Circuito E&M, Tipo 1	17
Figura 1.12 Circuito E&M, Tipo 2	18
Figura 1.13 Circuito E&M, Tipo 3	18
Figura 1.14 Circuito E&M, Tipo 4	19
Figura 1.15 Circuito E&M, Tipo 5	19
Figura 1.16 Señalización <i>Wink-Start</i>	20
Figura 1.17 Señalización <i>robbed-bit</i> en supertramas D4 en circuitos T1	22
Figura 1.18 <i>Time-slot</i> 16 en una multitrama E1	23
Figura 1.19 Arquitectura RDSI	25
Figura 1.20 Mensajes Q.931 para establecimiento y desconexión de llamada	27
Figura 1.21 Señalización de línea.....	28
Figura 1.22 Arquitectura SS7	32
Figura 1.23 Capas que integran el modelo SS7.....	34
Figura 1.24 Arquitectura de un Sistema telefónico IP.....	40
Figura 1.25 Sistema de telefonía híbrida.....	41
Figura 1.26 <i>Stack</i> de protocolos usados en voz sobre IP	43
Figura 1.27 Trama Ethernet.....	44
Figura 1.28 Trama 802.1q.....	44

Figura 1.29 Paquete VoIP	45
Figura 1.30 Cabecera RTP	47
Figura 1.31 Comportamiento del tráfico RTCP	49
Figura 1.32 Cabecera del Paquete SR del protocolo RTCP	50
Figura 1.33 Cabecera del paquete SDES del protocolo RTC	51
Figura 1.34 Paquete BYE del protocolo RTCP	52
Figura 1.35 Paquete APP del protocolo RTCP	52
Figura 1.36 Conferencia multidifusión descentralizada	56
Figura 1.37 Conferencia unidifusión centralizada.....	56
Figura 1.38 Conferencia multidifusión centralizada.....	57
Figura 1.39 Control de llamada H.225 directo entre puntos finales.....	58
Figura 1.40 Control de llamada H.225 enrutado mediante un <i>gatekeeper</i>	59
Figura 1.41 Establecimiento del control de medio H.245.....	59
Figura 1.42 Inicio de llamada.....	60
Figura 1.43 Establecimiento de llamada	61
Figura 1.44 Comienzo de llamada.....	61
Figura 1.45 Diálogo	61
Figura 1.46 Finalización de la llamada	62
Figura 1.47 Cola FIFO	69
Figura 1.48 Cola de prioridad.....	70
Figura 1.49 Cola Personalizada.....	70
Figura 1.50 Modelo de encolamiento sencillo que puede proporcionar distribución QoS.....	73
Figura 1.51 Modelo de encolamiento multi-etapa.....	73
Figura 1.52 Paquete Telnet Típico con 1 byte de datos y 40 bytes adicionales.....	75
Figura 1.53 Deducción de datos adicionales de Telnet a través de compresión	76
Figura 1.54 Paquete VoIP antes y después de CRTP	77
Figura 1.55 Retraso por serialización en el búfer físico de transmisión.....	78
Figura 1.56 Búfer de transmisión de cola dual.....	79
Figura 1.57 Interfaz física sencilla.....	79

CAPÍTULO 2: REQUERIMIENTOS Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Figura 2.1 Diagrama lógico de la Polired	82
Figura 2.2 Resultado del <i>trace route</i> para los DNS <i>Servers</i> de zona de la EPN	93
Figura 2.3 Ubicación de los pozos de revisión de la fibra óptica.	97
Figura 2.4 Diagrama físico de los enlaces de la Polired	101
Figura 2.5 Niveles de tráfico en los principales enlaces hacia el nivel de <i>core</i> y acceso a Internet	103
Figura 2.6 Ocupación del ancho de banda del enlace de mayor tráfico entre la capa de distribución y <i>core</i> de la Polired	104
Figura 2.7 Niveles de tráfico en las principales dependencias de la EPN	105
Figura 2.8 Compresión de la página WEB a través del servidor Apache	111
Figura 2.9 Gabinete A de la central telefónica Definity ECS de la EPN.....	118
Figura 2.10 Armario de líneas troncales	119
Figura 2.11 Armario de Distribución Principal (<i>MDF</i>)	119
Figura 2.12 Escalabilidad de extensiones	121
Figura 2.13 Distribución de las líneas troncales utilizadas en la EPN	122
Figura 2.14 Intensidad de tráfico del día de la hora pico	126
Figura 2.15 Intensidad de tráfico celular del lunes 16 de octubre de 2006.....	127
Figura 2.16 Curva de proyección de extensiones	136
Figura 2.17 Elementos de la Telefonía IP	150
Figura 2.18 Integración del Servidor <i>Unity</i> al <i>Cluster</i> de control	166
Figura 2.19 Red integrada de voz y datos mediante una solución Cisco <i>Systems</i>	173
Figura 2.20 Sistema telefónico básico con Central Híbrida.....	177
Figura 2.21 Arquitectura de un <i>Call Server</i> y <i>Media Gateway</i> remotos	179
Figura 2.22 Procesamiento de llamada distribuido.....	181
Figura 2.23 Procesamiento de llamada centralizado con un solo MG.....	182
Figura 2.24 Arquitectura en Cristal	185
Figura 2.25 IP <i>Media Gateway</i> Tipo <i>Large</i> (<i>IPMG</i>)	187
Figura 2.26 Alternativa de posicionamiento de tarjetas en el IPMG.....	189
Figura 2.27 Fax sobre IP	192
Figura 2.28 Red integrada de voz y datos a través de la IP- PBX OmniPCX Alcatel <i>Enterprise</i>	193

Figura 2.29 Identificación visual de <i>slots</i> PCI.....	197
Figura 2.30 <i>Switch</i> de extensión.....	199
Figura 2.31 Tarjeta para puertos FXS/FXO TDM 2400E con 3 módulos X400M.....	204
Figura 2.32 Tarjeta de acceso primario TE412P.....	205
Figura 2.33 Resultados del análisis comparativo entre los <i>motherboards</i> para la serie Core2 de Intel.....	207
Figura 2.34 Terminales IP compatibles con Asterisk para la EPN.....	211
Figura 2.35 Adaptador telefónico Linksys PAP2.....	212
Figura 2.36 Red integrada de voz y datos a través de la PC- PBX Asterisk.....	213
Figura 2.37 Matriz de comparaciones pareadas.....	216
Figura 2.38 Vector de prioridades.....	217
Figura 2.39 Matriz de prioridades.....	217
Figura 2.40 Prioridad global.....	218
Figura 2.41 Árbol de jerarquías.....	222
Figura 2.42 Ponderaciones respecto al objetivo global.....	241
Figura 2.43 Ponderaciones respecto al criterio Mantenimiento.....	241
Figura 2.44 Matriz de vectores de priorización de los criterios generales respecto a las alternativas [Wc].....	249
Figura 2.45 Vector de priorización global de las alternativas respecto al objetivo global [Wg] aplicado a la EPN.....	250
Figura 2.46 Resultados del proceso matemático aplicados a la EPN.....	251
Figura 2.47 Desempeño de las soluciones respecto a los diferentes criterios.....	253
Figura 2.48 Análisis de sensibilidad ante la variación del criterio costo.....	256

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LA RED INTEGRADA DE VOZ Y DATOS PARA EL CAMPUS EPN

Figura 3.1 Sobrecarga y encapsulamiento de un paquete IP.....	259
Figura 3.2 Predicción de ancho de banda en los enlaces de la Polired a nivel de distribución y <i>backbone</i>	261
Figura 3.3 División de subredes en la Polired.....	263
Figura 3.4 Topología del Fax <i>Server Faxmaker</i>	271
Figura 3.5 Mensajería Unificada en la EPN.....	273

Figura 3.6 Redundancia de medios para el sistema de voz de la EPN	276
Figura 3.7 Modelos de Migración de Cisco	278
Figura 3.8 Fase Piloto para la EPN.....	279
Figura 3.9 Pasos en el proceso de migración	281
Figura 3.10 Esquema general del sistema telefónico propuesto.....	286
Figura 3.11 Paquetes de <i>software</i> de <i>CiscoWorks</i>	304
Figura 3.12 Niveles de seguridad	307
Figura 3.13 Uso del GARP en el terminal	310
Figura 3.14 Seguridad en la capa de acceso.....	311
Figura 3.15 Esquema general de la primera etapa.....	321
Figura 3.16 Esquema general de la segunda etapa	323
Figura 3.17 Esquema general de la tercera etapa	324

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Pag.
CAPÍTULO 1: CONCEPTOS BÁSICOS DE REDES DE VOZ Y DATOS	
Ecuación 1.1 Anchura para bits de procedencia IP	71
Ecuación 1.2 Anchura con reservas RSVP	71
CAPÍTULO 2: REQUERIMIENTOS Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	
Ecuación 2.1 Disponibilidad de un enlace	108
Ecuación 2.2 Intensidad de tráfico en función del tiempo de ocupación.....	124
Ecuación 2.3 Intensidad de tráfico en función del número de llamadas por segundo.....	124
Ecuación 2.4 Proyección de tráfico	137
Ecuación 2.5 BHCA promedio.....	167
Ecuación 2.6 BHCA promedio por teléfono	167
CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LA RED INTEGRADA DE VOZ Y DATOS PARA EL CAMPUS EPN	
Ecuación 3.1 Ancho de banda requerido por comunicación de voz en la capa enlace (<i>Ethernet</i>).....	258

RESUMEN

Siendo en nuestros días la comunicación una necesidad vital de toda organización, el presente proyecto de titulación busca abordar la situación descrita desde dos aspectos: la selección de tecnología telefónica adecuada según los requisitos de una organización, y el diseño de la red integrada de voz y datos.

En el Capítulo I, se describe la teoría relacionada con la telefonía tradicional e IP; se definen conceptos como tipos de sistemas de telefonía, circuitos troncales, señalización utilizada en telefonía, arquitectura y señalización de VoIP, protocolos IP, RTCP, SIP, CRTP, etc. Además se tratan conceptos relacionados con redes integradas de voz y datos (*planificación y diseño de redes, funciones IP para integración de voz y datos, normas de encolamiento, etc.*).

El Capítulo II se enfoca en el análisis de la red existente, el estudio de requerimientos del sistema y la selección de tecnologías. En un principio, se describe y analiza la situación actual de los sistemas de voz y datos de la EPN, para poder precisar la factibilidad de implementación de un nuevo sistema de voz, así como sus requerimientos.

La selección de tecnologías está basada en la aplicación del modelo matemático AHP (*Analytic Hierarchy Process*), proceso que permite definir y ponderar los criterios generales de comparación bajo los cuales se califican y cotejan las opciones consideradas; todo esto a través de matrices pareadas de comparación. Los criterios generales de comparación considerados ingresan a una matriz pareada de selección, que permite precisar el peso o importancia que representa el criterio general dentro del proceso de selección. Los criterios utilizados en el proyecto son los siguientes: Capacidad, Mantenimiento, Servicios, Convergencia Tecnológica, Escalabilidad y costos. Se consideran tres tecnologías para implementación de VoIP: *networking*, servidores y telefonía híbrida (*representadas por Cisco, Asterisk y Alcatel respectivamente*).

Para obtener mejores bases para la comparación, previamente se realiza tres bosquejos o diseños someros para el campus EPN, los cuales buscan satisfacer los resultados obtenidos del análisis de requerimientos realizado, desde el enfoque de cada tecnología.

Una vez escogida la tecnología, el capítulo III abarca el desarrollo del diseño para el campus EPN; en este caso la solución ganadora corresponde a la tecnología de *networking* Cisco. El diseño realizado establece pautas y lineamientos para la elección de equipos, así como la reutilización de dispositivos de haber una infraestructura existente; además se realizan predicciones de tráfico que aseguran el funcionamiento de la red al integrar los servicios de voz y datos.

Debido al presupuesto limitado con el que dispone la EPN, se realiza un análisis de costos que permite la implementación del nuevo sistema de voz en etapas, partiendo con los requerimientos mínimos con los que el sistema podría funcionar.

El Capítulo IV cubre las conclusiones obtenidas al finalizar el proyecto de titulación, así como las recomendaciones enfocadas hacia la factible implementación de este proyecto en el campus EPN.

Finalmente, los anexos muestran información completa del estado actual de las redes de voz y datos de la EPN, reportes de tráfico, proforma de troncales prestadas por Andinatel y documentos técnicos de los dispositivos empleados en el diseño; los cuales permiten sustentar los resultados obtenidos en el proyecto.

PRESENTACIÓN

El rápido desarrollo en las tecnologías relacionadas con las redes de datos (*LAN, WAN e Internet*), hizo interesante la opción de transmitir la voz como un servicio integrado dentro de las mismas, gracias a las ventajas que se obtienen al realizar llamadas en este entorno como la independencia de la distancia y comúnmente del tiempo de conexión, a diferencia de la tarificación utilizada en la telefonía convencional. La voz sobre IP permite transmitir voz sobre redes IP empleando conmutación por paquetes, lo que permite el uso eficiente del canal de transmisión en contraste con la conmutación de circuitos empleada en la PSTN (*Red telefónica conmutada pública*).

La telefonía IP es una aplicación inmediata de la voz sobre IP que permite la realización de llamadas telefónicas ordinarias a través de redes IP e interacción con la RTC (*Red Telefónica Conmutada*), y facilita el diseño de redes integradas de voz y datos convergentes con otros servicios de datos. Una de las mayores limitaciones en voz sobre IP se encuentra en la transmisión de voz de alta calidad, como la prestada en telefonía convencional; este problema sin embargo, se puede superar a través de la limitación de los tiempos de transmisión a través de algún sistema de prioridad sobre el resto de datos en la red y estableciendo el número máximo de enrutadores por donde el mensaje de voz debe atravesar antes de llegar a su destino.

Para la implementación de un sistema de telefonía IP, es necesario referirse al conjunto de recursos y materiales heterogéneos a utilizarse para lograr la comunicación dentro y fuera de la organización, la selección de los mismos dependerá tanto de los requerimientos de la empresa así como de las fortalezas y debilidades intrínsecas de los recursos considerados; este punto se cubre a través de un proceso matemático de selección de tecnologías aplicable a cualquier organización, utilizando, a modo de ejemplo, los requerimientos obtenidos para la EPN.

La forma en que los recursos y materiales seleccionados cubrirán los requerimientos y expectativas de la organización, hacen referencia al diseño del nuevo sistema de voz para la EPN, en función de la tecnología seleccionada, así como un análisis de costos que permite la implementación del sistema propuesto en etapas, tomando en consideración el presupuesto limitado de la EPN.



CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1: CONCEPTOS BÁSICOS DE REDES DE VOZ Y DATOS

1.1 REDES DE TELEFONÍA CONVENCIONAL

Los constantes progresos tecnológicos, especialmente en el campo de las telecomunicaciones, obligan al profesional e incluso al usuario final, a mantenerse actualizado en cuanto a las diversas opciones que actualmente pueden satisfacer las necesidades de comunicación. Sin embargo, para enfocar a la tecnología más reciente, vale la pena mirar hacia atrás; el conocer los antecedentes de la telefonía actual ayudará a entender de mejor manera el cómo y el porqué de la misma. En otras palabras, se deberá comprender cómo las necesidades que fueron satisfechas de una u otra manera con antiguas tecnologías e infraestructuras, con sus limitaciones, obligaron a buscar nuevas soluciones tecnológicas. Es por eso que el presente capítulo busca explicar el funcionamiento de las redes de telefonía convencional, lo cual encierra la comprensión de varios conceptos, y la familiarización con muchos de los términos que se usan en Telefonía.

1.1.1 TIPOS DE SISTEMAS DE TELEFONÍA ^{[1][5]}

Actualmente, los sistemas de telefonía se dividen en tres grupos, según el tipo de usuario:

- Sistemas de uso residencial
- Sistemas empresariales
- Sistemas Centrex externos

1.1.1.1 Sistemas de uso residencial ^{[1][5]}

Se trata de los sistemas telefónicos más simples, que como su nombre lo indica, trata de las instalaciones telefónicas que llegan a los hogares, tal como se

[i] Indica la referencia bibliográfica empleada

muestra en la figura 1.1. Los sistemas telefónicos suelen dividirse en niveles funcionales, que son: la red de acceso, la red de transporte, la red de distribución y la red de transmisión. La *red de acceso* se refiere principalmente al *loop* del abonado que va desde la roseta ubicada en el domicilio hasta el cajetín telefónico o punto de terminación; la *red de transporte* es todo el cableado que se aglomera en los armarios telefónicos con cientos de pares. La *red de distribución* es la agrupación de todos los pares telefónicos de los armarios y es la que finalmente llega a la oficina central. Por último se conoce como *red de transmisión* al conjunto de líneas troncales a través de las cuales se conectan las oficinas centrales. Los dispositivos que controlan el funcionamiento de la red de transmisión son dispositivos de gran capacidad conocidos como *switches de voz*, construidos solo por ciertos fabricantes.

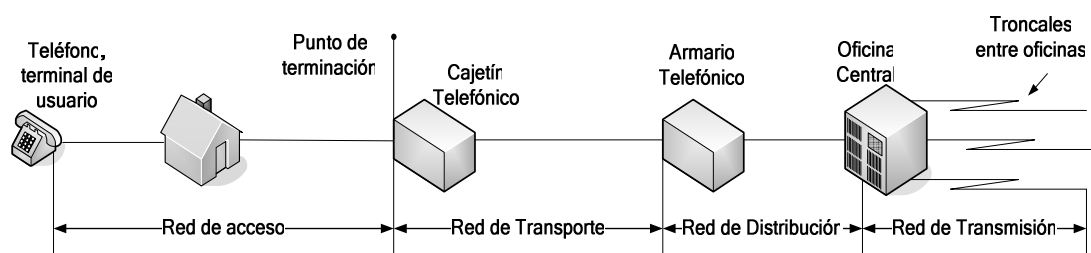


Figura 1.1 Niveles funcionales de un Sistema Telefónico Residencial ^[5]

1.1.1.2 Sistemas empresariales ^{[1][2]}

Debido a las necesidades especiales de telecomunicación y de funcionamiento (*alta productividad personal, gran número de usuarios, minimización de costos y ahorro de recursos*) que requieren las organizaciones a mediana y gran escala, se vio la necesidad de crear sistemas telefónicos que se adapten a las mismas. Esto en razón de que los sistemas telefónicos suelen variar de acuerdo a la necesidad que buscan suplir, existiendo además grandes diferencias entre uno y otro.

Gracias a que los emplazamientos se encuentran conectados entre sí a través de enlaces dedicados, no es necesario interactuar con la RTC (*Red Telefónica Conmutada*) para la comunicación interna de la empresa, ahorrando con ello costos. Para comunicarse con el exterior se tiene al menos en un emplazamiento

una línea hacia la red telefónica conmutada e incluso cada una de las sucursales generalmente está provista de un teléfono exclusivo con línea directa a la RTC, de manera que un fallo en el sistema empresarial no deje a la empresa incomunicada en su totalidad.

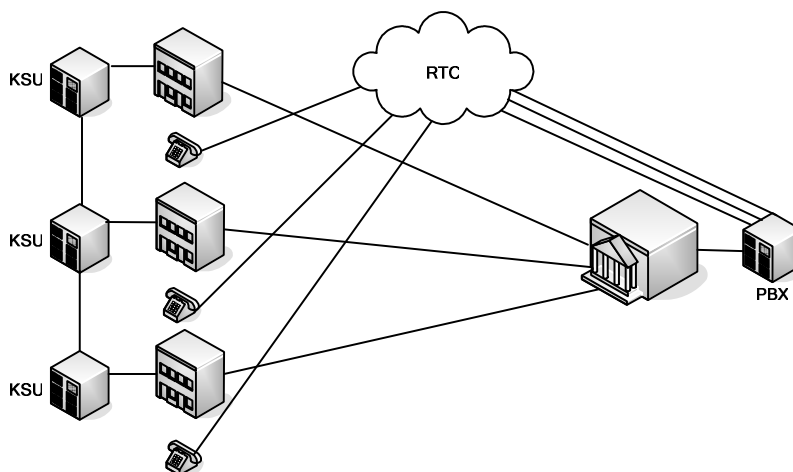


Figura 1.2 Sistema Telefónico Empresarial típico para una entidad de varias sucursales o emplazamientos ^[1]

Los elementos que forman parte de sistemas telefónicos empresariales se describen a continuación:

Teléfonos de tipo empresarial: son teléfonos propietarios, por lo que el sistema telefónico empresarial debe tener terminales del mismo fabricante; esto con excepción de los teléfonos analógicos o convencionales, debido a que la diferencia entre proveedores se refiere principalmente a señalización digital.

Dispositivos analógicos: son todos los dispositivos que necesitan una línea analógica o POTS (*Servicio Telefónico Analógico Convencional*) para funcionar; debido a que las PBX (*Private Branch Exchange, Central Privada*) trabajan digitalmente, éstas permiten la conexión de puertos especiales para este tipo de aplicaciones. Un fax o un módem analógico son ejemplos de este tipo de dispositivos.

Key System Unit (KSU) tradicionales e híbridos: un KSU es un concentrador de líneas telefónicas, no realiza conmutación, lo que quiere decir que tal tarea se halla aún en manos de la Oficina Central (CO), sin embargo provee algo de control sobre los servicios de valor agregado.

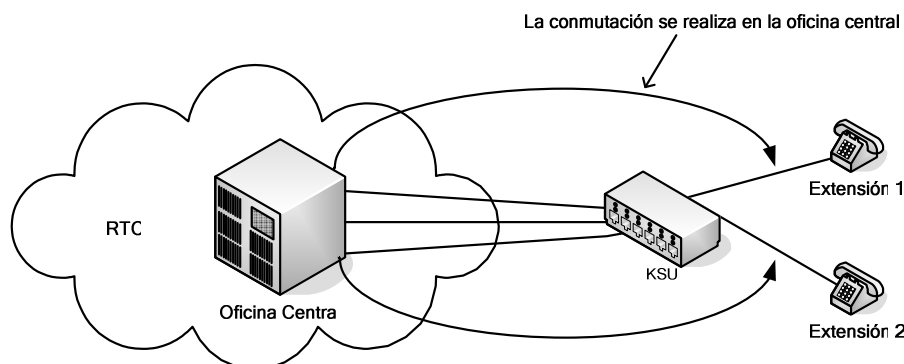


Figura 1.3 KSU tradicional [2]

Los KSU tradicionales no soportan troncales digitales, utilizan troncales analógicas del tipo *loop – start*¹. Las troncales digitales y analógicas se estudiarán a fondo en el desarrollo de este capítulo. En el caso de las KSU híbridas, su operación es bastante cercana a la de una PBX (*soporte para troncal digital, marcación directa interna DID*) sin embargo su capacidad para manejar un gran número de líneas sigue siendo inferior.

Centrales privadas (PBX): la PBX o PABX (*Private Automatic Branch Exchange*), es un conmutador o *switch* telefónico capaz de enrutar las llamadas que entran y salen de la empresa. En el caso de tener llamadas internas o entre extensiones, la PBX conmuta por sí misma la llamada evitando el uso de circuitos de la RTC; solo cuando la llamada saliente tiene como destino un terminal ajeno a la empresa utiliza una de las líneas externas.

Físicamente la PBX consta de un gabinete que puede ser instalado de forma independiente o sobre un *RACK*, en el cual se insertan tarjetas electrónicas, cada una con funcionalidad propia; es decir existe una tarjeta de CPU (*Central Processing Unit, Unidad Central de Procesamiento*), otra para teléfonos

¹ Ver numeral 1.1.3.2

empresariales, otra para terminales convencionales, otra más para troncales, cancelación de eco, etc. La mayoría de estas tarjetas se diseñan para manipulación en “caliente” (*Hot Swapping*), es decir no es necesario apagar la PBX para extraer o colocar la tarjeta, permitiendo que la comunicación dentro de la empresa no caiga totalmente.

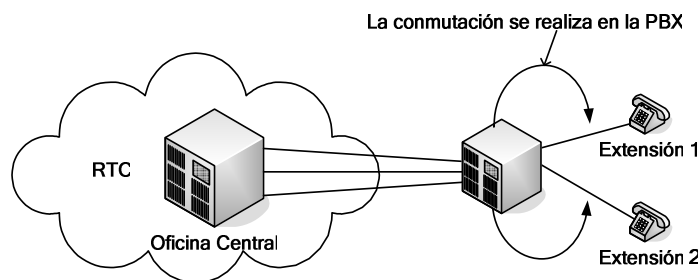


Figura 1.4 Central telefónica privada PBX [2]

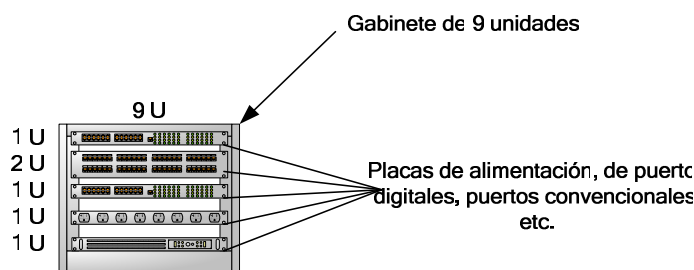


Figura 1.5 Disposición física de una PBX [1]

Distribuidores automáticos de llamada (ACD): un ACD es simplemente un tipo especial de PBX; una de sus aplicaciones más importantes es en *Call Centers* o en soporte de ventas. En dichos establecimientos las llamadas que se reciben se distribuyen entre los agentes (*operadores calificados en atención*) de acuerdo a un conjunto de reglas previamente acordado. La recepción de llamadas puede jerarquizarse de distintos modos, por ejemplo se puede direccionar una comunicación al agente que ha pasado más tiempo sin recibir una llamada, o aquel que tiene más experiencia o según el horario de trabajo que éste cumple.

DNIS (Dialing Number Identification Service) y ANI (Automatic Number Identification): proveen respectivamente, la identificación del número del abonado llamante y un número de identificación del cliente dentro de la organización, asociado a su línea telefónica. Ambos son dos fuentes importantes

de que el ACD hace uso para la obtención de datos del cliente, a través de los mismos se pueden distribuir las llamadas al agente correcto; sin embargo no es el único método. Una unidad de respuesta interactiva (*IVR*) es capaz de obtener datos del usuario a través del teclado, usa los dígitos de una base de datos y visualiza los mismos en el computador del agente; la información mostrada a través de este método se conoce como “*screen – pop*”.

A través de un ACD una organización puede tener más troncales que agentes atendiendo las líneas, esto gracias a un simple mecanismo de cola que mantiene; tal mecanismo puede configurarse para priorizar los clientes que deben ser atendidos primero. En la mayoría de centrales privadas actuales el ACD es más bien un *software* bien definido a través del cual la misma PBX puede realizar todas estas funcionalidades.

Unidades de respuesta de voz interactiva (IVR): son dispositivos que pueden integrarse a la PBX. Un mensaje grabado desde la central privada hacia el usuario inicia la comunicación, pudiendo éste contestar a través del teclado numérico; de todas maneras siempre se da la opción de esperar para acceder a una operadora.

Un *IVR* no solamente funciona para tomar datos para el ACD, es también capaz de satisfacer consultas sencillas, lo que se traduce en reducción del tráfico hacia los agentes lo cual se refleja en la productividad; en este caso los *IVR* deberán siempre trabajar en conjunto con bases de datos de las cuales descargan la información a tiempo real, que el cliente pide a través del teclado. Estados de cuenta, saldos, e información en general son situaciones de explotación de los *IVR*.

Correo de voz y sistemas de atención automática: el correo de voz generalmente es un dispositivo autónomo, el cual es capaz de receptar y reproducir mensajes para todos los usuarios que mantienen una cuenta de correo. Cada vez que una extensión no responde, el sistema redirige la comunicación al buzón de voz correspondiente, el cual tiene un mensaje grabado personalizado de recepción de mensajes; esto ocurre siempre y cuando tal función se halle

habilitada a través de una conexión serie SMDI (*Simplified Message Desk Interface*). En caso contrario el sistema utiliza el asistente automático de correo de voz, en donde a través del IVR, el usuario que llama ingresa un número clave del buzón de voz al que quiere acceder y lo utiliza de manera normal. Terminado el proceso el asistente da la opción de dejar un mensaje grabado en otro buzón o abandonar el sistema.

1.1.1.3 Sistemas Centrex externos ^[1]

Un sistema Centrex es un servicio que ofrece el operador telefónico local, de manera que simula una pequeña central privada agrupando varias líneas a las cuales entrega funcionalidades avanzadas como re-direccionamiento de llamadas, conferencia, marcación abreviada, etc. Se podría decir que el Centrex es un punto intermedio entre una PBX y un sistema residencial, pues su uso es frecuente en empresas que no desean realizar grandes gastos en sistemas telefónicos privados pero necesitan algunas de sus funcionalidades. Cabe aclarar que en un Centrex la conmutación se hace dentro de la CO y por tanto una llamada entre extensiones es tarifada como una llamada local. La escalabilidad de un sistema Centrex es aceptable dentro de un rango; en el caso de empresas pequeñas e incluso medianas el obtener nuevas líneas del sistema Centrex es una operación bastante fácil gracias a las grandes capacidades del conmutador telefónico de la CO. Sin embargo para un número grande de usuarios el cableado vendría a ser un inconveniente grave, recuérdese que cada extensión es un par telefónico entre la empresa y la CO.

Finalmente los terminales de una Centrex son del tipo convencional y generalmente carecen de visualizadores, por esto las funcionalidades avanzadas se representan a través de tonos especiales que envía el conmutador.

1.1.2 CIRCUITOS TRONCALES ^{[1][3]}

Los circuitos troncales se utilizan en la conexión entre emplazamientos de una empresa; toman también este nombre las líneas que llegan desde el proveedor de

servicio telefónico local. Este último puede proveer troncales analógicas o troncales digitales con canales de voz multiplexados en el tiempo (*TDM*) como un T1 o E1 de 24 y 30 canales de voz respectivamente. Las PBX suelen contar con tarjetas de troncales digitales E1/T1 a las que fácilmente se puede conectar las líneas que vienen del proveedor, en caso de no disponer de estas tarjetas se puede usar un banco de canales de manera que cada canal multiplexado de la troncal digital simule un DS0 (*Digital signal – Level 0, 64 Kbits/s*) independiente que pueda dar conectividad a un puerto analógico del *switch* de voz.

El proveedor puede abastecer distintos tipos de troncales (*depende del país*), cuyas características se tratan a continuación de manera general.

1.1.2.1 Línea con tono de marcación ^[1]

Se trata de un par de hilos que proporcionan conectividad analógica; es la típica conexión residencial asociada a un número único asignado por el proveedor. En ambiente empresarial este tipo de troncal toma el nombre de *loop-start* (*por el tipo de señalización que utiliza esta troncal analógica*) si está conectado a una PBX o KSU.

1.1.2.2 Troncales bidireccionales ^[1]

Las troncales bidireccionales o troncales de combinación se conectan a una PBX o KSU. La señalización que utilizan (*ground – start*) está diseñada para evitar un problema conocido como “glare”, el cual ocurre cuando las llamadas salientes y entrantes coinciden; el usuario que llama logra la conexión pero no tiene comunicación, en tanto que el llamante ignora que ya está comunicado y trata de tomar línea.

Por lo general las líneas bidireccionales se ocupan solo para llamadas salientes, debido a la existencia de las líneas DID (*Marcación directa interna*), es por eso que las troncales bidireccionales se ocupan como DOD (*Marcación directa externa*).

1.1.2.3 Troncales DID ^[1]

La troncal de marcación interna directa permite la comunicación entre los empleados de una empresa sin necesidad de utilizar circuitos del proveedor. Para que un usuario exterior acceda a una empresa que no está utilizando troncales DID, éste marcará el número principal de la empresa y después la extensión asignada al empleado con el que desea comunicarse; si la empresa utiliza DID y posee un bloque de números reservados, la parte que llama marcará solo los dígitos asignados al bloque y la extensión del empleado.

Pero la función de DID no se detiene ahí, se pueden además asignar bloques de números en mayor número que las líneas existentes, por ejemplo con 24 troncales DID se podría dar un número propio hacia el exterior para 100 empleados, a diferencia de una troncal básica en la cual la línea física está relacionada con un número único.

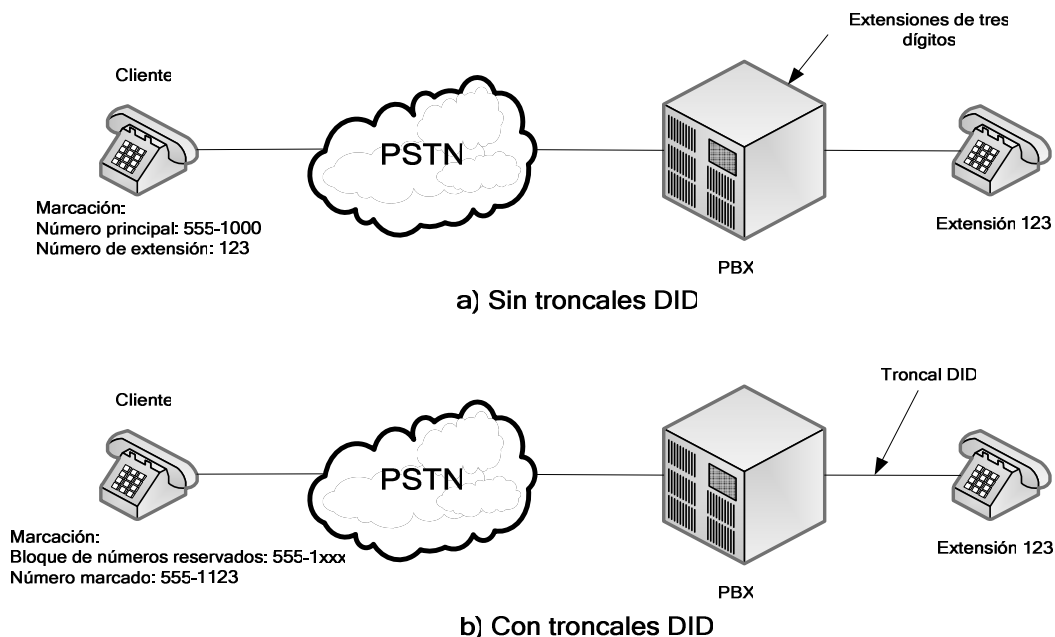


Figura 1.6 Troncales DID en un sistema telefónico empresarial ^[1]

La desventaja de DID es que solo atiende llamadas internas, de todas formas es en este punto donde entra la funcionalidad de las líneas DOD.

1.1.2.4 Troncales con accesos primarios RDSI (PRI, *Primary Rate Interface*) ^[1]

El servicio PRI proporciona conectividad 23B+D lo que significa 23 canales de voz y uno de señalización. Gracias al canal D (*un DS0 completo*), la troncal de acceso primario es capaz de entregar funcionalidades avanzadas de llamada, entre las que se cuenta el DID bidireccional; es decir se tiene una troncal DID que además soporta llamadas externas. Otros servicios que proporciona son la identificación automática del número (*ANI*) y la identificación de localización automática del *switch* privado (*PS/ALI*) que se usa para servicios de emergencia. Una troncal PRI permite, en otras palabras la interacción de funciones avanzadas de llamada entre la red privada y la red pública.

1.1.2.5 Líneas punto a punto ^[1]

Las líneas punto a punto o *tie lines* son líneas dedicadas que pueden usarse en voz y datos. En el caso de la voz estas líneas suelen usarse en formato de tramas D4 y codificación de línea AMI (*Alternate Mark Inversion*), o también con formato de trama ESF (*Extended Super-Framing*) y codificación de línea B8ZS si la PBX considerada lo soporta. Por lo general se usa *tie lines* entre PBX, con señalización E&M para establecimiento y desconexión de la llamada.

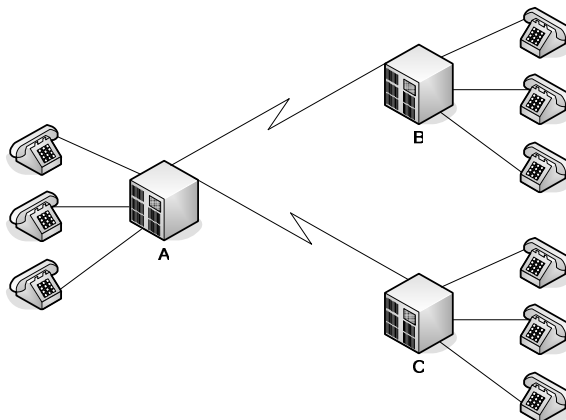


Figura 1.7 Red con troncales punto a punto ^[1]

En la figura 1.7 se muestra una red con troncales punto a punto; en este caso un usuario en el emplazamiento B que desee entablar comunicación con un miembro

del emplazamiento C debe atravesar dos líneas punto a punto, el proceso que se debe llevar a cabo es parecido al enrutamiento en una red de datos en donde cada número marcado se refiere a un salto en la red. En este caso el usuario en B marca un número de código de acceso al troncal (*TAC*) de manera que obtiene acceso a la troncal del emplazamiento A; la PBX de A entrega tono de marcación y se podrá llamar a las extensiones en dicho emplazamiento.

El proceso de tomar la línea punto a punto y efectuar las llamadas a extensiones desde el emplazamiento remoto se conoce como *tail-end hop-off* o *toll bypass*.

1.1.2.6 Extensiones externas ^[1]

Las extensiones externas o líneas OPX son útiles para anexar usuarios remotos a la red de voz. La línea OPX permite que un usuario ajeno a los emplazamientos de la empresa tenga los atributos de cualquier extensión (*limitados al switch telefónico de la CO*). Los sistemas Centrex descritos con anterioridad son básicamente líneas OPX conectadas desde la oficina central hacia emplazamientos empresariales.

1.1.2.7 Troncales extraterritoriales ^[1]

También conocidas como líneas FX, proporcionan presencia telefónica local en lugares distantes; por ejemplo, una empresa ubicada en Quito pero que tiene muchos clientes en Huaquillas, evitaría que éstos realicen llamadas de larga distancia a través de troncales extraterritoriales.

La troncal extraterritorial daría conectividad entre un número local en Huaquillas y la oficina central, de manera que los clientes harían llamadas locales, pero realmente adquieren conectividad con Quito.

Sin embargo, nuevos servicios de llamada gratuita (*1800*) o el sistema *toll bypass*, han sustituido la función de las líneas FX en su mayoría, su uso principal sería para las llamadas salientes de la empresa hacia un sitio remoto en el cual carece

de sucursales. En este caso la línea FX permitiría que las llamadas efectuadas por la empresa en dicha zona remota se tarifen como locales, ahorrando costos.

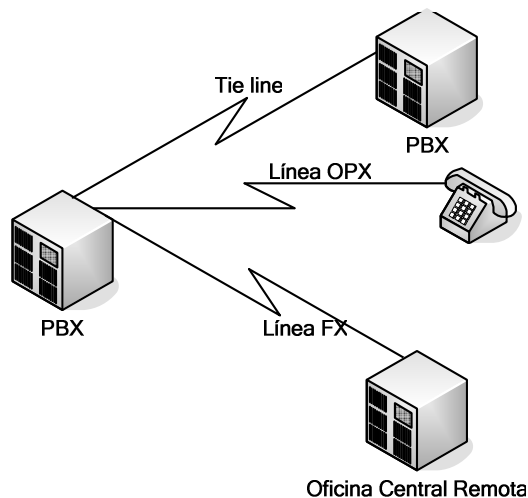


Figura 1.8 Conexión de líneas punto a punto, OPX y FX.

La figura 1.8 muestra las conexiones típicas de las líneas OPX, FX y *tie lines*; las conexiones remotas entre KSU o PBX se realizan a través de líneas punto a punto. Las líneas OPX proporcionan conectividad remota entre un *switch* de voz y un teléfono; finalmente las líneas FX se utilizan entre un *switch* de voz y una oficina central remota.

1.1.3 SEÑALIZACIÓN UTILIZADA EN TELEFONÍA ^{[1] [4] [6]}

1.1.3.1 Funciones de señalización ^[1]

Las funciones descritas a continuación permiten el establecimiento, mantenimiento y desconexión de una llamada:

- Detección de equipo colgado/descolgado: levantado el auricular es el estado descolgado (*off-hook*); si el auricular está sobre la base del teléfono el equipo está colgado (*on-hook*). Este tipo de señalización no está presente en enlaces permanentes (*always on* ó *hot-n-holler*).
- Supervisión de comienzo de marcación: asegura que el *switch* telefónico receptor esté preparado para interpretar los dígitos de marcado.

- Transmisión de dígitos: los dígitos en telefonía son utilizados para enrutar las llamadas del origen al destino; puede marcarse por pulsos (*variaciones on-hook y off-hook representando los dígitos*) o por tonos (*DTMF, Dual Tone MultiFrequency*).
- Identificación de número: Proporciona el número telefónico de la parte que efectúa una llamada; el CID (*Identificador del llamante*), proporciona el origen técnico de una llamada y ANI (*Identificación automática de número*) proporciona el origen administrativo de una llamada. CID es transmitido entre el primer y segundo tono de marcación y ANI lo entrega el *switch* del proveedor a través de SS7 (*Common Channel Signaling System Nº 7, Sistema de Señalización por Canal Común Nº 7*).
- Tonos de progresión de la llamada: Es un conjunto de convenciones en las cuales se asigna tonos únicos a diferentes situaciones de la comunicación (*ocupado, en espera, llamada entrante, etc.*)
- Supervisión de respuesta y desconexión: Proporciona confirmación positiva del inicio y fin de sesiones de llamada; es importante en procesos de facturación y contabilidad.

1.1.3.2 Señalización de enlaces troncales analógicos ^[1]

Para servicio de voz existen tres tipos de troncales analógicas: *loop-start*, *ground-start* y E&M. La más utilizada es la de *loop - start* en sistemas de telefonía residencial, puesto que el empleo de *ground-start* y E&M implican características adicionales en los dispositivos e infraestructura compleja, respectivamente.

- a) Inicio de bucle (*loop - start*):** la oficina central, dispone de una batería de -48 VCC (*Voltios de Corriente Continua*), un generador de corriente alterna AC y un detector de corriente.

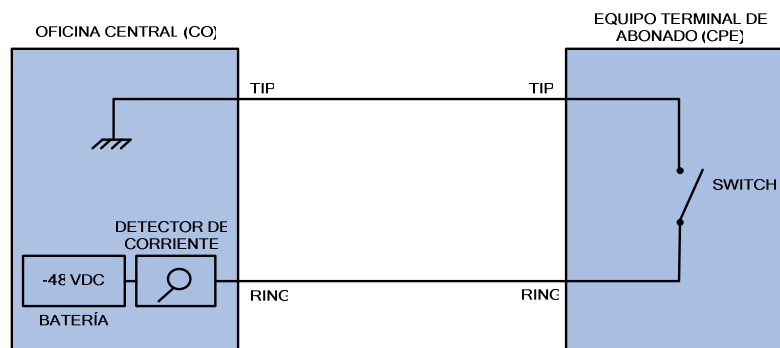


Figura 1.9 Circuito *loop-start* en estado libre ^[1]

En el estado libre, no fluye corriente a través del bucle del circuito. Cuando se levanta el auricular, se cierra el *switch* y fluye corriente por el sistema; de esta manera la CO detecta la condición *off-hook*, con lo que se envía un tono de invitación a marcar que indica que se encuentra lista para interpretar los dígitos del destino. La señal de supervisión de llamada se transmite cuando se contesta la llamada y se manifiesta al CPE (*equipo terminal de abonado*) mediante la inversión de polaridad en los cables *Tip* y *Ring*. Cuando se tiene una llamada entrante, la CO avisa de ésta al CPE enviando un voltaje analógico entre 90 y 140 voltios junto con los - 48VDC en serie. Si se pasa al estado *off-hook* la CO detecta este nuevo nivel de corriente que circula por el bucle del circuito, eliminando el voltaje analógico y estableciendo la llamada.

Para la terminación de la llamada, se lo puede realizar de varias formas como: la inversión de batería (*luego de establecida la llamada*), eliminación de batería ó desconexión del tono de supervisión (*STD, señal de ocupado*).

Los enlaces *loop-start* son susceptibles al *glare*, problema que ocurre cuando una llamada entrante se recibe desde la CO a la vez que se intenta una llamada saliente desde el CPE, es decir la parte llamada puede marcar en el oído de la parte que llama con lo que espera poder hablar con alguien más, mientras que la parte que llama escucha tonos DTMF. Para combatir este problema, algunas PBX soportan *ring splash*, que es un breve tono de

señal de marcación de 200 ms después de haber tomado el enlace troncal, evitándose la coincidencia de llamadas entrantes y salientes.

b) Los enlaces troncales *Ground Start*: combaten el problema de *glare* introduciendo un diálogo de tres vías de alta velocidad. Los dos extremos son notificados de la llamada momentos antes de la conexión lo que evita la coincidencia de llamadas.

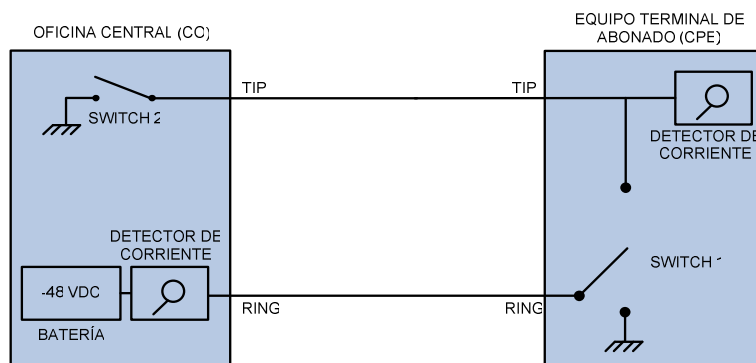


Figura 1.10 Circuito *ground-start* en estado libre ^[1]

El siguiente proceso traza una toma de enlace troncal *ground start* por el CPE:

- El CPE indica a la CO que desea tomar el enlace troncal.
- La CO reconoce la petición del CPE.
- El CPE completa el bucle del circuito, o toma el enlace troncal.

Cuando la CO debe entregar una llamada entrante se necesita al menos uno de estos pasos:

- El CO señala el CPE hacia el cual hay una llamada entrante.
- El CPE reconoce la petición para tomar el enlace troncal, completando el bucle del circuito.

En ambos casos, la CO detecta la corriente tan pronto como el CPE completa el bucle del circuito, y la llamada continúa como en el caso de un enlace troncal *loop-start*.

c) **E&M, (Ear & Mouth, Earth and Magneto):** los enlaces troncales E&M tienen dos modos para completar la comunicación, a dos o cuatro hilos; la denominación se refiere al número de hilos utilizados en transmisión y recepción de audio sin tomar en cuenta los pares de señalización. Es así como los hilos E&M son los correspondientes a señalización básica de la troncal, los hilos SG y SB proveen señalización complementaria, T1/R1 provee ruta de audio para modo a dos hilos y en conjunto con T/R para el modo a cuatro hilos.

La tabla 1.1 expone el funcionamiento de los hilos de transmisión y señalización en troncales E&M:

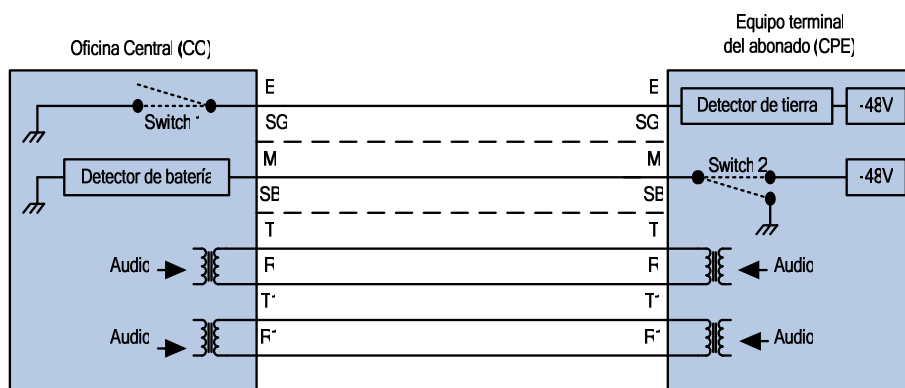
Cable	Nombre	Descripción
<i>E</i>	oído, tierra (<i>ear, earth</i>)	La PBX recibe señales desde la CO a través de E; estados: con o sin flujo de corriente.
<i>M</i>	Boca (<i>mouth</i>) o magneto	La PBX emite señales hacia la CO a través de M; estados: con o sin flujo de corriente.
<i>SG</i>	Señal a tierra (<i>signal ground</i>)	Cierra un circuito con E, a través del cual la corriente fluye en configuraciones de aislamiento a tierra.
<i>SB</i>	Señal de batería (<i>Signal battery</i>)	Cierra un circuito con M, a través del cual la corriente fluye en configuraciones de aislamiento a tierra.
<i>T1/R1</i>	Tip-1/Ring-1	Audio de entrada al PBX en configuración cuatro hilos o audio bidireccional en configuración de dos hilos.
<i>T/R</i>	Tip/Ring	Audio saliente en E&M cuatro hilos, no está presente en configuración de un par.

Tabla 1.1 Señalización en troncales E&M ^[3]

Existen 5 tipos de configuraciones básicas E&M, que se diferencian por el grado de aislamiento a tierra y la capacidad de operar en configuración *back to back*.

El grado de aislamiento a tierra es superado en E&M, gracias a los hilos SG y SB, a través de su uso el sistema se asegura que en todas las etapas de llamada siempre se esté usando un punto único de tierra; la forma en que se logra eso es propia de cada tipo de configuración E&M. La configuración *back to back*, en cambio, es importante en conexiones PBX a PBX y se refiere a que la señalización emitida por los extremos de la troncal, es idéntica. La toma de troncal en enlaces E&M se hace en base a los estados colgado/descolgado que se describirán para cada tipo de E&M.

c.1) Señalización E&M tipo 1: es la más simple, de uso típico en la mayoría de PBX de Norteamérica, ocupa dos hilos de señalización y carece de aislamiento a tierra y configuraciones *back to back*.



Estado	E	M
On - hook	Abierto (S1)	Tierra (S2)
Off-hook	Tierra (S1)	-48V (S2)

Figura 1.11 Circuito E&M, Tipo 1 ^[1]

c.2) Señalización E&M tipo 2: utilizada en Centrex y en PBX Nortel utiliza 4 hilos de señalización, está aislado respecto a tierra y soporta configuración *back to back*.

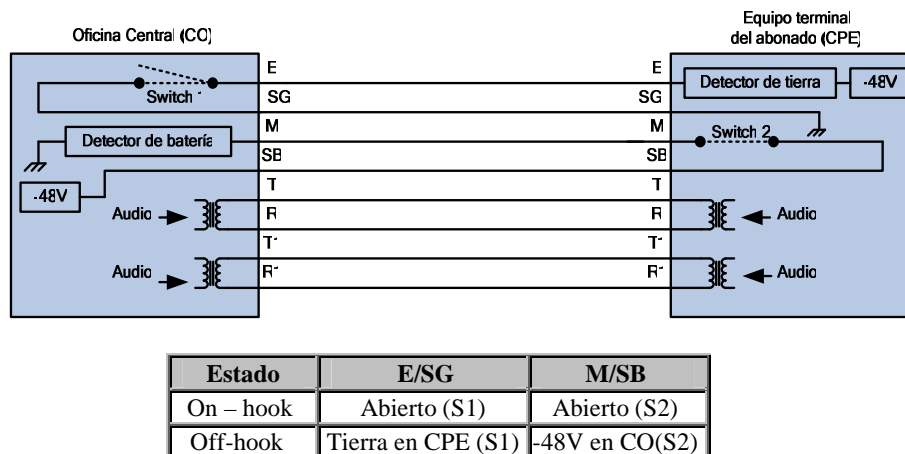


Figura 1.12 Circuito E&M, Tipo 2 [1]

c.3) Señalización E&M tipo 3: utilizada en switches de voz de jerarquía alta, pues funciona para relacionar los dispositivos como maestro (CO) y esclavo (CPE), ha sido sustituida por sistemas digitales de señalización como SS7. Soporta aislamiento a tierra, pero no *back to back* debido a que la señalización entre los dispositivos no es simétrica.

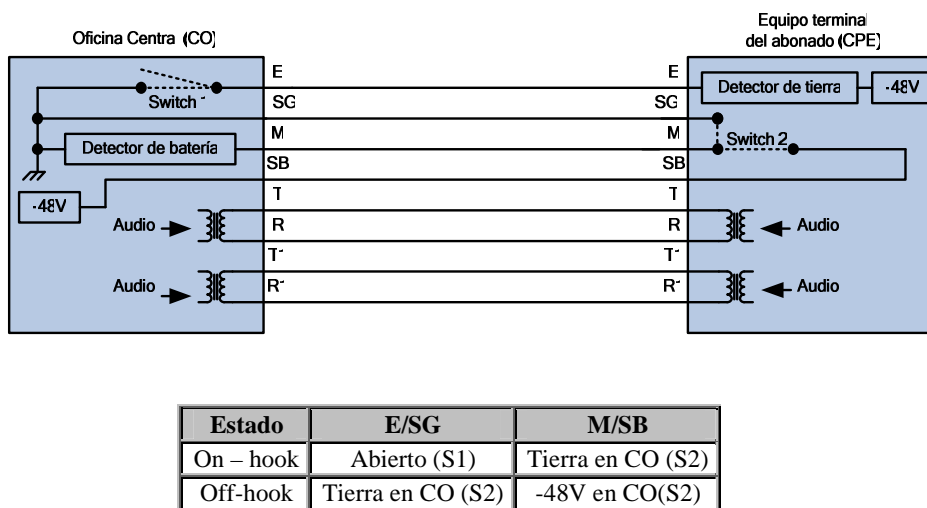
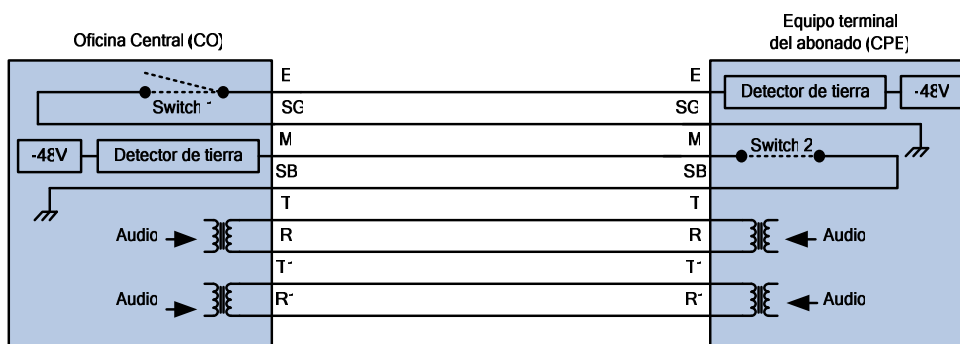


Figura 1.13 Circuito E&M, Tipo 3 [1]

c.4) Señalización E&M tipo 4: es parecido al tipo 2, evita, sin embargo niveles de voltaje de batería en las señalizaciones del PBX para evitar

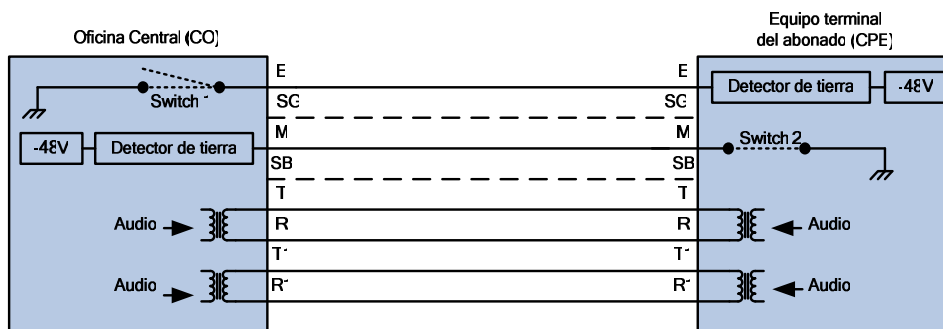
daños en los equipos. Ocupa 4 hilos de señalización y soporta configuración *back to back* y aislamiento a tierra.



Estado	E/SG	M/SB
On – hook	Abierto (S1)	Abierto (S2)
Off-hook	Tierra en CPE (S1)	ground en CO(S2)

Figura 1.14 Circuito E&M, Tipo 4^[1]

c.5) Señalización E&M tipo 5: variación del tipo 1, en una fase de llamada de E&M 1 el hilo M conecta las tierras del CO y el CPE; si existe una diferencia de potencial entre las mismas, existe una fuga de corriente, lo que provoca que el detector de la CO crea que la PBX va a estar en *off-hook*. Para evitar esto E&M 5 deja abierto el hilo M en lugar de conectarlo a tierra durante la condición *on-hook*. Este procedimiento evita la fuga de corrientes sin embargo no le da aislamiento a tierra, E&M 5 soporta configuración *back to back*.



Estado	E	M
On – hook	Abierto (S1)	Abierto (S2)
Off-hook	Tierra en CO (S1)	Tierra en CPE(S2)

Figura 1.15 Circuito E&M, Tipo 5^[1]

La *supervisión de comienzo de marcación* es la forma en que la PBX o CO toma un enlace E&M. Existen 4 métodos para iniciar la transmisión de dígitos, todos beneficiarios de señalización *on-hook* y *off-hook*; tales métodos se describen a continuación:

- **Immediate start.**- El origen del enlace troncal envía una señal *off-hook* y 150 ms después emite los dígitos de dirección destino. Se supone que el tiempo de 150 ms es suficiente para que el receptor esté preparado.
- **Delay start.**- El receptor puede no estar preparado (*la PBX podría tener ocupados todos sus colectores DTMF y no puede atender una nueva llamada*), a manera de prevención *delay start* envía desde el origen una señal *off-hook* y comprueba el estado del receptor entre 75 y 300 ms. En el caso de que el receptor esté *off-hook* se espera hasta que cambie de estado, se toma la troncal y envían los dígitos. Existen sistemas con y sin integridad *delay-dial* (*retardo a la llamada*), en ambos casos se toma un tiempo de espera, pero al utilizar integridad se espera respuesta del destino para iniciar la transmisión de datos, mientras que sin integridad terminado el tiempo se envían los números esté o no preparado el receptor (*tipo immediate start*).
- **Wink start.**- Es el método más utilizado para supervisión de comienzo de llamada, el cual se describe a continuación:

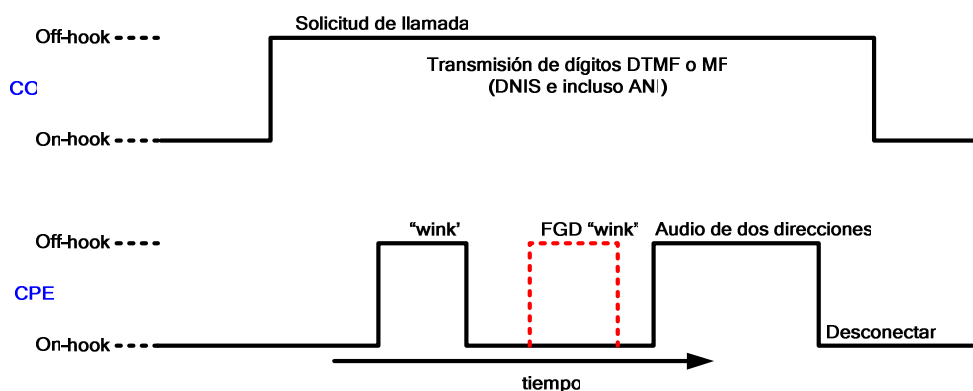


Figura 1.16 Señalización *Wink-Start* ^[1]

- El lado origen envía una señal *off-hook* y espera respuesta del receptor.

- El receptor contesta con un *wink* (*pulso off – hook de entre 140 a 290 ms*)
 - El lado origen detecta el *wink*, espera 210 ms y envía los dígitos.
 - Existen dos grupos de función (*Function group, FG*) que determinan los pulsos de señalización utilizados en el diálogo (*FGD y FGB*). Con el grupo de función D se confirma la llegada de los dígitos con la señal *wink* FGD mientras que el grupo de función “B” (*FGB*) no usa esta confirmación.
 - El destino pasa a un estado *off-hook* cuando la llamada se establece.
- **Tone start.**- Suele ser usada en PBX de redes privadas. El lado origen puede enviar dígitos una vez que el receptor da tono de marcación.

1.1.3.3 Señalización de enlaces troncales digitales ^{[1] [4] [6]}

Las troncales digitales son utilizadas cuando el volumen de llamadas requerido es alto. Típicamente las PBX y KSU interactúan con troncales digitales E1 y T1; la señalización de este tipo de troncales es diferente a la ocupada en la transmisión de datos. Debido a la naturaleza de la voz, tanto la agrupación de tramas como la codificación de línea, cambian en pro del tiempo real.

La señalización ocupada en troncales digitales puede dividirse en dos grandes grupos:

- a) Señalización de canal asociado
- b) Señalización de canal común

a) Señalización de canal asociado (CAS) ^[1]

Es aquella en la cual cada canal TDM de la troncal digital está relacionado con señalización propia. En el caso de un T1 cada canal lleva incluidas posiciones binarias específicas de señalización, mientras que un E1 reserva un canal o

timeslot completo (el 16 dentro de la multitrama) en el cual bits específicos de tramas determinadas representan la señalización de un cierto canal TDM.

En un T1, se ocupan y devuelven bits de audio para señalización en cada canal, este tipo de CAS es conocida como señalización *robbed-bit* (RBS). En el caso de una supertrama D4 en circuitos T1, se toman prestados dos bits (A y B) de señalización en la sexta y doceava trama, correspondientes a la octava posición binaria de cada *time – slot* como se muestra en la figura 1.17.

Número de trama	Bits en el time slot 1								Bits en el time slot 2								Bits en el time slot 30							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6								A1								A2								A ₂
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12								B1								B2								B ₂

Figura 1.17 Señalización *robbed-bit* en supertramas D4 en circuitos T1 [1]

Una supertrama ampliada (24 tramas) inicialmente utilizaría 4 bits asociados al canal para la señalización (Señalización ABCD), sin embargo esto no es del todo cierto; si se puede lograr relacionar estos bits se puede acceder a una señalización más simple AB o incluso el sistema AAAA en el cual los tres últimos bits dependen del primero. La norma EIA/TIA-464B indica que en sistemas AAAA, la señalización debe ser A101, y para sistemas AB, debe ser AB01, de todas formas los bits C y D son de libre uso y suelen adaptarse en normas nacionales e internacionales.

En el caso de un E1 es en el *time-slot* 16 donde se agrupan todos los bits de señalización, las posiciones de los bits en este *time-slot* tienen un significado fijo

que es parte inherente a la estructura de la trama. La figura 1.18 describe el *time-slot* 16 en una multitrama E1.

Número de trama	Bits en el time slot 16							
	1	2	3	4	5	6	7	8
C	C	C	C	C	X	Y	X	X
1	A ₁	E ₁	C ₁	D ₁	A ₁₁	B ₁₁	C ₁₁	E ₁₁
2	A ₂	E ₂	C ₂	D ₂	A ₁₂	B ₁₂	C ₁₂	E ₁₂
3	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
4	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
5	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
6	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
7	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
8	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
9	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
10	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
11	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
12	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
13	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
14	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
15	A ₁₅	B ₁₅	C ₁₅	E ₁₅	A ₃	B ₃	C ₃	E ₃

Figura 1.18 *Time-slot* 16 en una multitrama E1 ^[1]

La primera trama proporciona sincronización para la multitrama, el bit Y se activa cuando existe alarma amarilla, mientras los bits X están reservados para aplicaciones futuras o específicas del país. Desde la segunda trama hasta el final (*décimo sexta trama*) se tienen 4 bits ABCD asociados; cada conjunto se ocupa de la señalización de uno de los 30 canales de la multitrama.

Cabe decir que a través de CAS, y variando los estados de los bits A y B solamente, se pueden simular los enlaces troncales analógicos ya descritos; en este caso se relaciona cada combinación binaria de los bits asociados al canal a una situación determinada en el proceso de la comunicación.

b) Señalización de canal común (CCS) ^{[1][4][6]}

Se utiliza un *time-slot* dedicado (*canal D, para RDSI*) de un circuito E1/T1 para la señalización, sin embargo a diferencia del CAS en un E1 no se transmiten bits en posiciones específicas para el control, sino más bien se trata de una secuencia arbitraria de bits en serie que atraviesan el enlace troncal. El *time-slot* de control ocupa protocolos orientados al bit (*en especial HDLC*) para proveer una extensa serie de funcionalidades y servicios de gestión; finalmente este canal es utilizado solo cuando existe información que transmitir, a diferencia del CAS que significaba un flujo constante de información. La red de servicios integrados (*RDSI*) ocupa señalización CCS para su funcionamiento.

RDSI fue instituida en 1984 por la ITU como especificación de interfaz de usuario (*UNI*), que permite el intercambio de información y señalización entre el CPE y las redes de proveedores de telefonía que ocupan SS7. El canal de señalización D ocupa un protocolo orientado a bit descrito en las recomendaciones Q.921 y Q.931; gracias a su naturaleza digital los canales portadores o canales B pueden transmitir información de manera transparente.

b.1) Interfaces y arquitectura de RDSI ^{[4][1]}

BRI (Interfaz de acceso básico) y *PRI (Interfaz de acceso primario)* son las interfaces más comunes que dispone RDSI. BRI ofrece dos canales portadores más uno de señalización ($2B+D$), mientras que PRI en el caso de usar circuitos E1 ofrece $30B+D$ o para el T1, $23B+D$; en redes complejas de múltiples enlaces E1/T1 se suele utilizar la señalización asociada de no facilidad (*NFAS*) la cual integra la señalización de varios circuitos E1/T1 en un canal D único, lo que permite usar más canales portadores.

Estando los circuitos E1/T1 relacionados con los datos, la conectividad de voz desde el proveedor puede darse a través de una PBX que soporte este tipo de troncales, así como a través de un *router* con puertos de voz. En este caso tanto la PBX como el *router* están considerados del lado del usuario dentro de la

interfaz, mientras la CO sería parte de la red; sin embargo al interconectar un *router* y una PBX, gracias a las funcionalidades del *router* éste ocupa el sitio de la CO.

En la interfaz RDSI el lado del usuario se conoce como punto terminal Final (*TE*) y el lado de la red se llama Central Local (*LE*). Todas las conexiones y dispositivos entre el *TE* y el *LE* conforman la arquitectura RDSI, la cual además define puntos de referencia como se muestran en la figura 1.19.

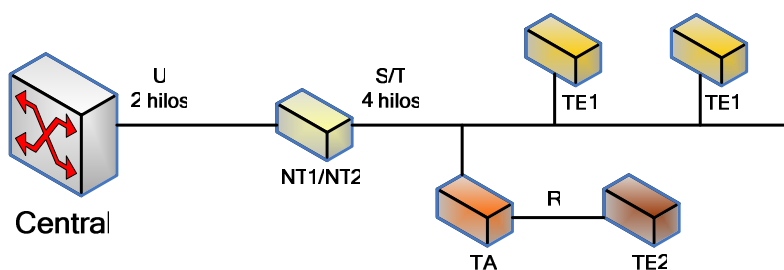


Figura 1.19 Arquitectura RDSI [4]

Puntos de referencia:

- **U:** Punto de referencia entre la central y los NT1 y NT2 (*varios Km.*)
- **R:** Punto de referencia entre la TA y un TE2
- **S/T:** Punto de referencia entre las NT1 y NT2 (*generalmente integradas*) y los TE1 o los TA

Interfaces:

- **NT1:** Terminador de red tipo 1 para TE1
- **NT2:** Terminador de red tipo 2 para TE2
- **TA:** Adaptador de Terminal no RDSI

Terminales:

- **TE1:** Terminal RDSI
- **TE2:** Terminal no RDSI

RDSI trabaja bajo una estructura de capas encargadas de cumplir funciones específicas:

- *Capa 1*: La capa 1 proporciona infraestructura física a la red RDSI, se definen interfaces, topologías, niveles de voltaje, etc.
- *Capa 2*: La capa 2 o de enlace utiliza el protocolo LAPD/B (*Procedimiento de acceso al enlace por canal D/B*) especificado en la recomendación Q.921 de la ITU-T para proporcionar servicios de formato de trama, control de errores y de flujos, direccionamiento y reconocimiento. La recomendación necesita dos formas de direccionamiento:
 - *TEI (Identificador de punto extremo terminal)*: Número asignado a cada terminal, puede agregarse de manera manual (0 a 63) o automáticamente (64 a 126). Varios TEI pueden pertenecer a un mismo terminal, no por necesidad sino para diferenciar servicios similares trabajando en el mismo punto.
 - *SAPI (Identificador de punto de acceso al servicio)*: Este identificador etiqueta el tipo de información o servicio que viaja en la trama.
- *Capa 3*: La capa de red actúa bajo la recomendación Q.931 y se encarga principalmente del intercambio de información mediante mensajería. La variedad de funciones de gestión y señalización viajan en diferentes tipos de paquetes con campos de información importantes. Para comprender mejor el funcionamiento de estos mensajes y familiarizarse con los más importantes se adjunta el proceso de establecimiento de llamada en capa 3 de RDSI.

Inicialmente el TE envía un mensaje SETUP al LE, con su identificación, tipo de portador y un canal B apropiado para usar; LE contesta con SETUP ACK que indica el éxito en la llegada del paquete SETUP y la petición de más información. TE proporciona tono de marcación a la parte que llama y toma la dirección del destino, después envía esta información en un paquete único, proceso conocido como *bloq* (*en algunos procesos, se emplea tantos paquetes como dígitos tiene la dirección, este método de*

envío es el overlap). El LE procesa la llamada, mientras envía un paquete de *Call proceeding*; al recibir confirmación de que el destino ha recibido el número envía un paquete *alerting* y cuando la llamada es contestada transmite un paquete *Connect*. El TE recibe *Connect* y envía un acuse de recibo del mismo, en este momento se establece la llamada.

Al colgar la parte que llama el TE envía un paquete *Disconnect* al LE, éste procesa el fin de la llamada y notifica esto al destino; al hacerlo envía un paquete *Release* al TE, éste responde con un paquete *Release complete* dándose por terminada la comunicación.

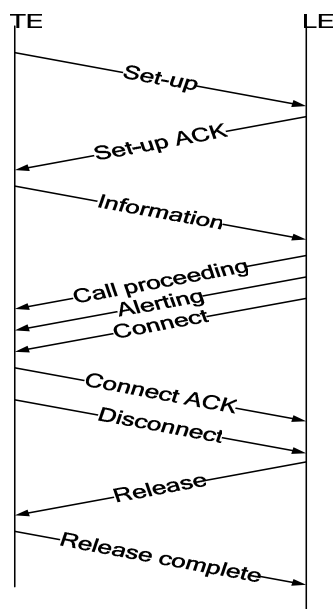


Figura 1.20 Mensajes Q.931 para establecimiento y desconexión de llamada ^[4]

b.2) Q.SIG (Sistema de señalización privada 1 - PSSI) ^[1]

Q.SIG es una serie de extensiones de las recomendaciones RDSI especificadas por la ITU-T; su objetivo principal es permitir el uso de elementos avanzados de llamada entre *switches* de diferentes vendedores.

La señalización con la que trabaja un *switch* telefónico es propietario de su marca; la interconexión de *switches* de diferentes marcas se lograba solo a través de

troncales analógicas, lo que limitaba grandemente los servicios prestados. Q.SIG busca la convergencia de los protocolos de señalización propietarios de manera que se pueda establecer comunicación entre los *switches* y se pueda acceder a funcionalidades de voz avanzadas.

El Foro de especificación de red RDSI PBX es un grupo de vendedores que se proponen la interoperabilidad de todos los *switches* existentes a través de Q.SIG, para esto se ha dividido PSS1 en diferentes elementos publicados como normas por la ECMA (*Asociación Europea de Fabricantes de Computadoras*). Cada norma ECMA se refiere a funciones de llamada, por ejemplo ECMA-142/143 se refiere a servicios básicos de llamada; ECMA-177/178 se ocupa de la transferencia de llamada o ECMA – 241/242 que genera la indicación de mensaje en espera.

b.3) Sistema de señalización versión 2 ^[3]

El sistema de señalización versión 2 o R2, simplemente es un protocolo creado en los 60 que posteriormente se estandarizó por la ITU (*Recomendaciones de la Q.400 a Q.490*). Utiliza una trama digital de 2048 kbits/s similar a la de RDSI, pero su diferencia principal radica en el uso que da al canal de señalización.

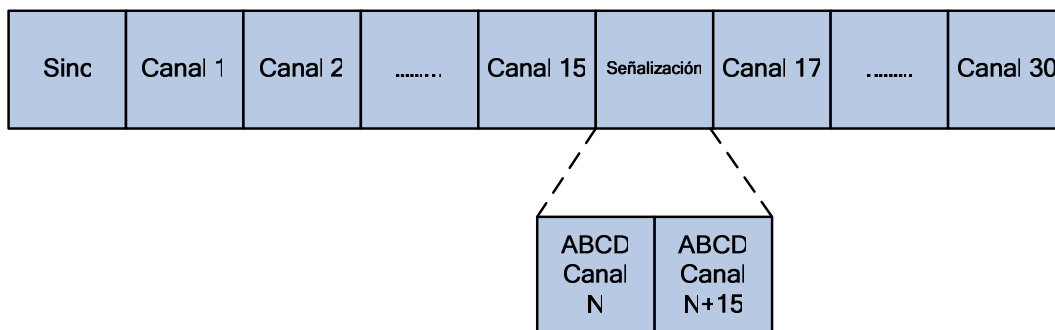


Figura 1.21 Señalización de línea ^[3]

En R2 se utilizan dos tipos de señalización, la señalización de línea y la de registro.

Los bits ABCD se utilizan en la señalización de línea la cual se encarga de funciones supervisoras, entre las que destacan la toma de enlace y la señal de alarma o *ringing*; una vez tomado el enlace se efectúa un cambio de tonos y se pasa a la señalización por registro.

La señalización de línea utiliza las transiciones de los bits A y B para señalar lo que ocurre en ese momento; pero no solo eso, la dirección de la llamada influye en el significado de los bits. Generalmente la dirección hacia delante supone la del CO hacia el CPE, sin embargo en una conexión de *switches* telefónicos ésta se establece como la dirección del *switch* origen al *switch* destino.

La tabla 1.2 reúne algunas de las funciones de señalización de línea en R2.

Dirección de la señal	Tipo de señal	Transición
Adelante	Seizure	A, B :1,0 → 0,0
Adelante	Clear forward	A, B :0,0 → 1,0
Atrás	Seizure Ack	A, B :1,0 → 1,1
Atrás	Answer	A, B :1,1 → 0,1
Atrás	Clear back	A, B :0,1 → 1,1
Atrás	Release guard	A, B :0,1 → 1,0

Tabla 1.2 Funciones de señalización de línea en R2 ^[4]

Los valores de C y D varían según la implementación, o en el caso de no utilizarse se les asigna valores por defecto.

Señalización por registro se encarga de todas las funciones ajenas a captura, liberación o bloqueo de una llamada; por ejemplo provee señalización para identificación de las partes, calidad de la voz, transmisión de dirección para el origen y destino, etc. Las señales o mensajes utilizados en la señalización por registro se divide en dos grupos: grupo de señal hacia delante (FSG) y de señal hacia atrás (BSG). Los FSG se dividen a su vez en dos grupos, el grupo I se refiere a identificación de números de las partes y el grupo II atañe principalmente la prioridad de llamada o categoría del origen. BSG se divide también en dos grupos: el grupo A y el grupo B. El primero se usa para terminar la señalización,

indicar el requerimiento de alguna señal FGS o para mensajes “ack” de reconocimiento o solicitar información de convenios de señalización. Las señales del grupo B se usan como acuses de recibo, las señales del grupo II, siempre están precedidas de una señal A-3 de dirección completa.

La tabla 1.3 muestra las señales de registro R2 de uso común.

FGS	BGS
<p>Grupo I:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dígitos ANI • I-1 a I-10 son dígitos del 1 al 10. • I-15 es el fin de la identificación. 	<p>Grupo A:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A-1 envíe el siguiente dígito. • A-3 es dirección completa, cambio a señales del grupo B. • A-4 es congestión. • A-5 envíe la prioridad de la parte que llama. • A-6 condiciones de la conversación.
<p>Grupo II:</p> <ul style="list-style-type: none"> • II-1 es un usuario sin prioridad. • II-2 a II-9 son usuarios con prioridad. • II-10 a II-15 se reservan para uso nacional. 	<p>Grupo B:</p> <ul style="list-style-type: none"> • B-3 línea del suscriptor ocupada. • B-4 congestión. • B-5 número incorrecto. • B-6 línea del suscriptor libre.

Tabla 1.3 Señales de registro R2 de uso común ^[4]

Para establecer una llamada de A a B, con señalización R2, el abonado A inicia el intercambio de información con una señal del grupo I (*número de identificación, direccionamiento, etc.*); el abonado B responde con señales del grupo A, puede pedir más información o terminar la señalización, en función de las peticiones con las señales del grupo A continúa el intercambio de información; en este estado un mensaje del grupo B termina la señalización.

b.4) Sistema de señalización No. 7 (SS7) ^[6]

La importancia del sistema de señalización No. 7 (SS7) reside en la amplia gama de servicios que el usuario puede recibir y en la robusta arquitectura que lo respalda. Debido a estas razones, SS7 se ha convertido en el estándar internacional de señalización en telefonía. El sistema de señalización No. 7 surge

como un modelo que permite la señalización entre cualquiera de los nodos de la red.

SS7, es un modelo CCS, lo que permite que algunos de los nodos de la red puedan analizar la señalización utilizada y, con base en ésta, llevar a cabo alguna acción determinada. Gracias a esto, SS7 ofrece importantes servicios para el usuario final, entre los que se destacan el identificador de llamadas, los números gratuitos 1-800 y características de portabilidad del número telefónico.

Además SS7 permite que la señalización se lleve a cabo en todo momento, aún cuando no existan llamadas establecidas. Lo anterior es útil para activar funciones especiales mediante algún código, sin la necesidad de establecer una llamada telefónica. Debido a que SS7 proporciona funcionalidades extras requiere infraestructura propia, fuera de la red telefónica.

En una red SS7, cada nodo se conoce como Punto de Señalización (*SP*) y es identificado mediante una o más direcciones o Códigos de Punto de Señalización (*SPC*). Dos puntos de señalización conectados directamente se dice que son adyacentes y a los enlaces físicos entre ellos se les da el nombre de enlaces de señalización. Es importante notar que, por cuestiones de capacidad y seguridad de la red, puede existir más de un enlace de señalización (*56 ó 64 kbits/s*) entre dos puntos adyacentes.

La arquitectura SS7 distingue tres diferentes puntos de señalización: puntos de conmutación de señal (*SSPs*), puntos de transferencia de señal (*STPs*) y puntos de control de señal (*SCPs*).

Los puntos de conmutación de señal representan conmutadores telefónicos equipados con características SS7 y enlaces terminales de señalización. Son éstos los que originan, terminan o conmutan las llamadas. Los puntos de transferencia de señal son parte fundamental de la arquitectura SS7, pues representan los conmutadores de paquetes de la red; son los encargados de recibir y dirigir los mensajes de señalización hacia el destinatario correcto, por lo

que llevan a cabo funciones de ruteo. Cuando el STP recibe un mensaje procedente de un SSP, el STP verifica el destino del mensaje y de no ser para él, elige, a partir de sus tablas de ruteo, el punto destinatario de señalización y el enlace a través del cual se enviará el mensaje a este nodo. Los puntos de control de señalización son entidades de la red que ofrecen una lógica complementaria, utilizada para ofrecer servicios adicionales.

Para que la arquitectura SS7 sea robusta, la red deberá diseñarse de tal forma que ofrezca un alto grado de redundancia. De esta forma, cualquier problema que pudiera surgir en alguno de los nodos o en alguno de los enlaces, no provocaría una catástrofe en la red y, en consecuencia, se logra una arquitectura confiable y veloz.

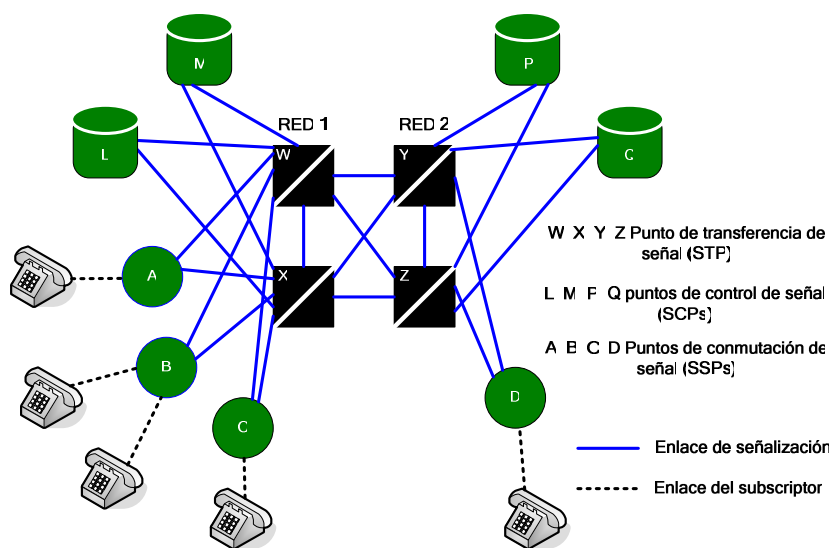


Figura 1.22 Arquitectura SS7 [6]

La figura 1.22 muestra un sencillo ejemplo de la disposición de los elementos de la red SS7 y la manera en que estos elementos forman dos redes interconectadas.

Se observan dos diferentes tipos de enlace: los enlaces de voz y los enlaces de señalización. Los enlaces de señalización son similares debido a que son líneas bidireccionales que utilizan las mismas capas más bajas del protocolo, pero difieren de acuerdo a su uso en la red telefónica. Básicamente se tienen enlaces

A, B, C, D, E y F, aunque existe una categoría que integra los enlaces B y D, conocidos como enlaces B/D. Los enlaces A utilizan esta letra para denotar el “acceso” y unen puntos terminales de señalización; es decir, un STP con un SSP o con un SCP. Ejemplos de este tipo de enlaces son los formados por los nodos AX, AW o PY. Un SSP o SCP que desea comunicarse con su STP puede establecer la señalización a través de cualquiera de sus enlaces tipo A.

Los enlaces B, D y B/D se utilizan para interconectar dos pares de STPs y su función consiste en llevar los mensajes de señalización más allá del área descrita por su red. Los enlaces B toman su nombre a partir del término en inglés “bridge”, que traducido al español se refiere al “puente” que se forma entre dos STPs que no forman un par. Ejemplos de estos enlaces son los que unen los nodos WY y WZ. La letra D denota que los enlaces son “diagonales” y su función consiste en interconectar pares de STPs a diferentes niveles jerárquicos. Sin embargo, debido a que no existe una jerarquía asociada bien definida, los enlaces B y D suelen considerarse dentro de la categoría B/D. Los enlaces C unen los dos STPs que forman un par y se utilizan para garantizar la confiabilidad de la arquitectura, en el caso en que uno o más enlaces de otro tipo no se encuentren disponibles. La letra C se refiere a un enlace “cruzado”, como por ejemplo el enlace WX.

Así como los enlaces A conectan un SSP con su STP local correspondiente, existe otro tipo de enlace que es opcional y cuya función es unir un SSP con el STP de otra red para ofrecer un respaldo en la conectividad. A estos enlaces se les conoce como “extendidos”, motivo por el cual se les ha asignado la letra E.

Finalmente, se tienen los enlaces F cuya función es unir dos SSPs, normalmente de la misma red, permitiendo únicamente una señalización asociada. La letra utilizada para designar este tipo de enlaces denota una unión “*fully associated*”, es decir, “completamente asociada”. El enlace entre los nodos AB es un ejemplo de esta clase de uniones.

Al igual que otros protocolos, SS7 se encuentra dividido en capas y presenta similitudes con el modelo OSI. La figura 1.23 muestra las capas que integran el modelo SS7.

Parte de Aplicación	Parte de Usuario ISDN (ISUP)
Parte de Aplicación de Capacidades de Transacción (TCAP)	
Parte de Control de Conexión de Señalización (SCCP)	
Parte de Transferencia de Mensajes (MTP) Nivel 3	
Parte de Transferencia de Mensajes (MTP) Nivel 2	
Parte de Transferencia de Mensajes (MTP) Nivel 1	

Figura 1.23 Capas que integran el modelo SS7 ^[6]

Los tres niveles más bajos del modelo se ocupan de la Parte de Transferencia de Mensajes (*MTP, por sus siglas en inglés*) y juntos, son responsables de llevar un mensaje desde su origen hasta su destino. El primer nivel del MTP corresponde a la capa física del modelo OSI y su función es definir las características físicas y eléctricas relacionadas con los enlaces de señalización de la red. El segundo nivel del MTP se ocupa de la transferencia de mensajes de un nodo a otro y asegura que entre estos dos puntos el intercambio sea confiable. De manera similar a lo que sucede en la capa de enlace de datos del modelo OSI, los mensajes de señalización son enviados por las capas superiores del modelo al segundo nivel del MTP, en donde se forman los paquetes que serán enviados a través del enlace. Esta capa cuenta también con funciones de detección de errores, control de flujo y revisión de secuencia.

1.1.4 SERVICIOS Y FUNCIONALIDADES DE LLAMADA ^[1]

Gracias a la telefonía digital los proveedores entregan nuevos servicios y funcionalidades además de la conexión y desconexión de llamadas, incluso en entornos residenciales; las funcionalidades y servicios más comunes en la actualidad pertenecen a una de las siguientes categorías:

1.1.4.1 Gestión de la sesión de llamada ^[1]

Este tipo de funcionalidades se encarga de la supervisión de las conexiones nuevas, de las comunicaciones ya existentes y de las llamadas adicionales que se anexan mientras se desarrolla una conversación.

La retención de llamada, coloca una conexión en estado “ocioso” sin desconectarla. En este momento el usuario puede tomar otra llamada, transferirla, establecer una conferencia mientras la otra espera. *Call Park* permite que una conexión activa sea transferida a un sitio temporal de donde se puede recuperar. El proceso de recuperación se hace a través de asignación de cifras a las llamadas en espera; es suficiente que el usuario marque el número asignado en su terminal y establecerá la comunicación.

La transferencia de llamada, es desviar la conexión hacia otro usuario sin desconectar el extremo remoto. Si un usuario externo desea establecer comunicación con una extensión empresarial, en un inicio logra comunicación con la operadora quien finalmente transfiere su llamada a la extensión solicitada.

La conferencia o llamada a tres, establece comunicación entre tres o más personas. Existen dos tipos de conferencia la *planificada* y la *espontánea*. En el caso de la planificada todos los participantes acuerdan el momento de la conferencia y llaman a un “número puente” con el código de la conferencia; en este tipo de llamada a tres, se pueden admitir más usuarios que la forma espontánea. La conferencia espontánea se efectúa ese momento al enlazar un nuevo usuario a una conexión ya establecida, las PBX y KSU soportan esta funcionalidad.

El desvío de llamadas, permite que las llamadas dirigidas a un terminal sean enviadas a otro dispositivo bajo ciertas condiciones, el dispositivo puede ser otro terminal fijo, un teléfono móvil o un buzón de voz; los desvíos pueden condicionarse por horario, tiempo de respuesta o incluso el número que llama.

La funcionalidad no molestar (DND) simula como ocupado su terminal; en el caso de existir un buzón de voz todas las llamadas serán dirigidas al mismo.

Los indicadores de mensaje en espera (MWI), son utilizados en el caso de que el teléfono sea utilizado como un contestador. En teléfonos con visor se utilizan indicadores luminosos o en teléfonos convencionales se usan tonos repetitivos que indican que existe un mensaje en el buzón.

1.1.4.2 Identificación de usuario ^[1]

Varias herramientas permiten obtener información, tanto del usuario que emite una llamada como del que la recibe. La identificación del número que llama existe incluso en entornos residenciales (*loop-start*); esta información puede no visualizarse en el caso de que la parte que llama tenga bloqueado el envío del número origen o si la llamada es contestada durante el primer timbre (*esta información se transmite entre el primer y segundo timbre*).

ANI (*Identificación automática de número*) es propia de troncales ground-start, T1 o PRI. El ANI envía el número de facturación (*BTN*) al receptor, el BTN y ANI coinciden en ambientes domésticos pero esto no ocurre en entornos empresariales; en este caso el BTN identifica solo el número asignado por el proveedor a la empresa, pero no el número exacto desde donde se efectúa la llamada. El servicio ANI puede deshabilitarse; sin embargo llamadas a servicios gratuitos o a emplazamientos con políticas de seguridad podrían no concretarse debido a las exigencias de estas organizaciones de saber quién llama.

1.1.4.3 Comodidad ^[1]

Los servicios de comodidad sirven básicamente para ahorrar al usuario el utilizar largas cadenas de dígitos para establecer una comunicación.

Las funciones de intercomunicación (*conectado directamente a un sistema de audio en el edificio*) o el envío de mensajes de texto a terminales con visor

permiten que los usuarios puedan establecer comunicación sin el uso de líneas exteriores; se accede a cada usuario a través de cifras cortas de tres o cuatro dígitos generalmente.

Un plan de marcación rápida relaciona cifras de pocos dígitos con el número completo, en este caso el usuario presiona la cifra corta y el KSU o PBX direcciona la llamada hacia el número correcto expandido.

La repetición de número marcado (*redial*) es ampliamente usada en todos los entornos, llama nuevamente al último número marcado, incluso si no se completó la conexión en el intento anterior. La repetición de llamada se utiliza especialmente cuando la parte que es llamada está ocupada. La PBX, KSU o el proveedor de servicios telefónicos locales, repite la llamada a intervalos constantes, si la línea se libera se usan indicadores luminosos o sonoros en el terminal del usuario que llama.

En el caso del proveedor, la alarma de línea libre se da el momento exacto de la desconexión; en el caso de las KSU o PBX esta alarma ocurre después de que se cumpla un lapso de tiempo predefinido.

La marcación por voz utiliza un DSP (*Procesador de Señal Digital*) para relacionar una muestra de audio con un número destino, liberando al usuario del uso del teclado.

1.1.4.4 Seguridad ^[1]

Los servicios de seguridad se engloban en identificar o rechazar llamadas molestas y evitar la intrusión de ajenos al sistema telefónico.

ACR (*Rechazo de llamadas anónimas*) impide el ingreso de todas las llamadas que tienen bloqueado el servicio ANI, al ser rechazado la parte que llama recibe instrucciones de cómo desbloquear el servicio ANI de manera que la comunicación pueda establecerse.

El filtrado de llamadas evita que ciertos números ya identificados como amenazantes o molestos puedan completar la comunicación; el sistema indica que el destino no aceptará la llamada.

El seguimiento de llamadas es solicitado por ciertas organizaciones, en este caso se envían, automáticamente a las fuerzas del orden informes detallados de llamada que podrían usarse en la investigación de hechos delictivos. Este servicio se obtiene de forma especial del proveedor telefónico local.

Las restricciones de número dan atributos de llamadas salientes a los empleados de una empresa. Por ejemplo, puede asignar cualquier tipo de llamada saliente (*celular, internacional, etc.*) a los ejecutivos o permitir solo llamadas locales a los empleados de *marketing*.

1.1.4.5 Respuesta de emergencia ^[1]

La respuesta de emergencia está asignada a números especiales propios de dependencias públicas de seguridad y socorro como: policía, ambulancia o bomberos.

Las organizaciones públicas hacen uso de varios servicios de llamada para que su acción se lleve a cabo de una manera rápida y eficiente. Generalmente, las llamadas a servicios de emergencia se dirigen también hacia las PSAP (*Punto público de respuesta segura*), desde las cuales se obtiene información del emplazamiento desde el que se efectúa la comunicación. ANI es una buena aproximación en ambientes residenciales, a través del mismo se podría hallar con facilidad el lugar de donde se efectúa la llamada; sin embargo en el caso de emplazamientos grandes el ANI corresponde generalmente al número principal de un edificio, la llamada se pudo efectuar de cualquiera de las habitaciones, lo que genera un problema. En este caso las PBX utilizan PS/ALI como parte de la llamada de emergencia, llevando información del edificio, habitación y ubicación de donde se efectúa la llamada.

Debido a la naturaleza vital que en ciertos casos tendría este tipo de servicios es un punto muy importante al momento de diseñar una red integrada de voz y datos

1.2 PAQUETIZACIÓN DE VOZ

El rápido desarrollo de las redes de datos (*LAN, WAN e Internet*), hizo interesante la posibilidad de transmitir voz, puesto que las llamadas realizadas en este entorno son independientes de la distancia y comúnmente del tiempo de conexión, a diferencia de la tarificación utilizada en la telefonía convencional. La voz sobre IP permite transmitir voz sobre redes IP empleando conmutación por paquetes, lo que permite el uso eficiente del canal de transmisión en contraste con la conmutación de circuitos empleada en la PSTN (*Red telefónica conmutada pública*).

La telefonía IP es una aplicación inmediata de la voz sobre IP que permite la realización de llamadas telefónicas ordinarias a través de redes IP, y facilita el diseño de redes integradas de voz y datos convergentes con otros servicios de datos. Una de las mayores limitaciones en voz sobre IP se encuentra en la transmisión de voz de alta calidad, como la prestada en telefonía convencional. El problema radica en que las redes conmutadas de paquetes no fueron concebidas para tráfico en tiempo real. A pesar de estos problemas en redes privadas la calidad de voz es aceptable, debido a que se puede: limitar los tiempos de transmisión a través de algún sistema de prioridad sobre el resto de datos en la red, y estableciendo el número de enrutadores por donde el mensaje de voz debe atravesar antes de llegar a su destino.

En la Internet, puesto que no se puede priorizar los datos de voz frente a otros y que debe atravesar un sinnúmero de nodos es evidente que su calidad será inferior a la prestada en VPN y PSTN, pero existen empresas que prestan este servicio a bajos costos y previo acuerdos de calidad. Es de esperar que las grandes empresas de telecomunicaciones implementen QoS en sus redes de datos y de esta manera proveer voz IP sin tener que sacrificar la calidad de voz.

1.2.1 ARQUITECTURA DE VoIP [7] [8] [9]

En el caso de una empresa, tradicionalmente existían dos tipos de cableado, tanto para datos como para voz, sin existir relación entre ellos. En VoIP se integra el servicio de voz a través de la red de datos, puesto que, una conversación se transporta en forma de paquetes de datos, basándose en el protocolo IP, pudiendo tener diferentes caminos entre origen y destino mientras la comunicación dure. Esto significa que los recursos de la red pueden ser destinados para otros tipos de conexiones al mismo tiempo, como por ejemplo Internet.

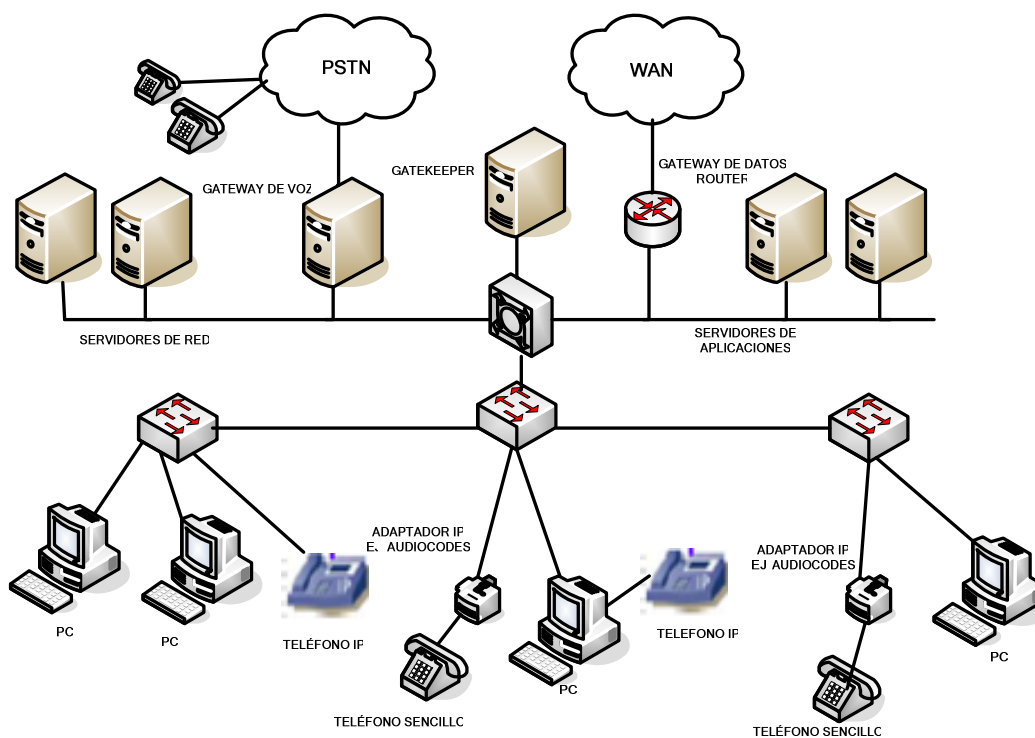


Figura 1.24 Arquitectura de un Sistema telefónico IP [7]

Como se observa en la figura 1.24 existen dos *Gateway*, uno para datos y el otro para voz; el primero se refiere a la puerta de enlace para los datos y el segundo permite interactuar, la RTC (*red telefónica conmutada*) con la red de datos.

Los elementos que se muestran corresponden a los del estándar H.323 que junto con SIP son los protocolos para la señalización y establecimiento de las llamadas, tanto para interconectividad con la red telefónica conmutada e Internet, respectivamente.

Claro está que mediante servidores no es la única manera de implementar la voz sobre IP, en otros casos los *routers* integran los *Gateways* de voz, datos y *gatekeeper* (realiza funciones de administración de llamada). En la actualidad, puede coexistir la telefonía tradicional e IP, es decir, se pueden tener abonados digitales, analógicos e IP. Este tipo de alternativa se la conoce como una red telefónica híbrida y se la implementa a través de una central telefónica privada IP (*IP-PBX*). Los elementos mostrados en la figura 1.25, también conforman este tipo de estructura, puesto que los *Gateways* y *gatekeeper* se encuentran integrados en la central IP, la cual se conecta a la red de datos; los terminales IP, analógicos y digitales por lo general son propietarios de la marca de la central telefónica IP.

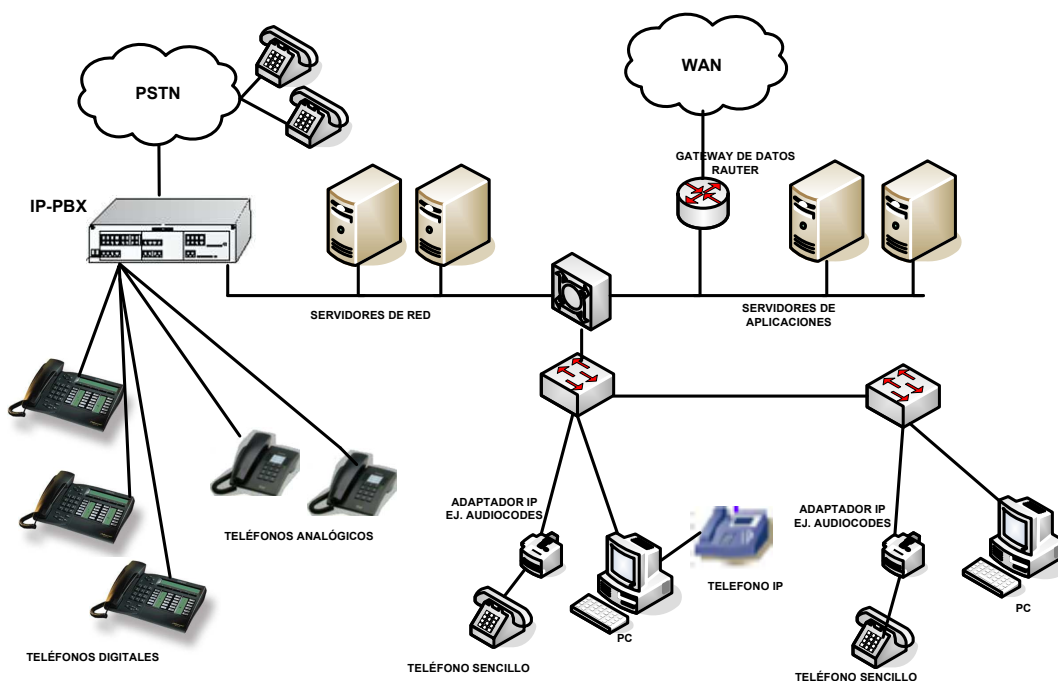


Figura 1.25 Sistema de telefonía híbrida [7]

Tanto las ventajas y desventajas que se adquiere al implementar voz sobre IP con alguna de estas alternativas antes mencionadas es analizada con detalle en el segundo capítulo.

Un sistema de telefonía IP en general se compone de:

Gateway y Gatekeeper.- El *Gateway* permite la interoperabilidad de la red de datos y de la red telefónica conmutada. El *gatekeeper* que puede ser opcional, realiza funciones de administración de llamadas, traducción de direcciones, control de admisión y ancho de banda.

Terminales.- Pueden ser IP o no, IP como en el caso de teléfonos IP o terminales H.323. Los terminales no IP se los puede usar conjuntamente con algún tipo de adaptador IP, o como en el caso de la PC con un programa que emule un terminal H.323 o SIP.

Redes de datos LAN/WAN.- Las redes LAN permite el tráfico de voz IP en una misma red, mientras que la red WAN permiten la interconectividad de sitios remotos a través de *trunking* IP.

Protocolos.- Los protocolos asociados a voz sobre IP se los puede dividir en tres grupos: protocolos de señalización, transporte IP y de soporte. Todos estos protocolos operan desde la capa sesión hasta la capa aplicación.

1.2.2 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN PARA VOZ SOBRE IP ^{[1][7][10][9]}

Para tener una comunicación de voz sobre IP se deben emplear ciertos protocolos que permiten tener este tipo de aplicación. Puesto que VoIP opera sobre el protocolo IP, las capas: física y enlace depende de la tecnología LAN y WAN utilizada para su transmisión.

La capa física se encarga de transmitir los bits a lo largo del medio de transmisión. Provee las características físicas, mecánicas y funcionales de la interfaz a emplearse.

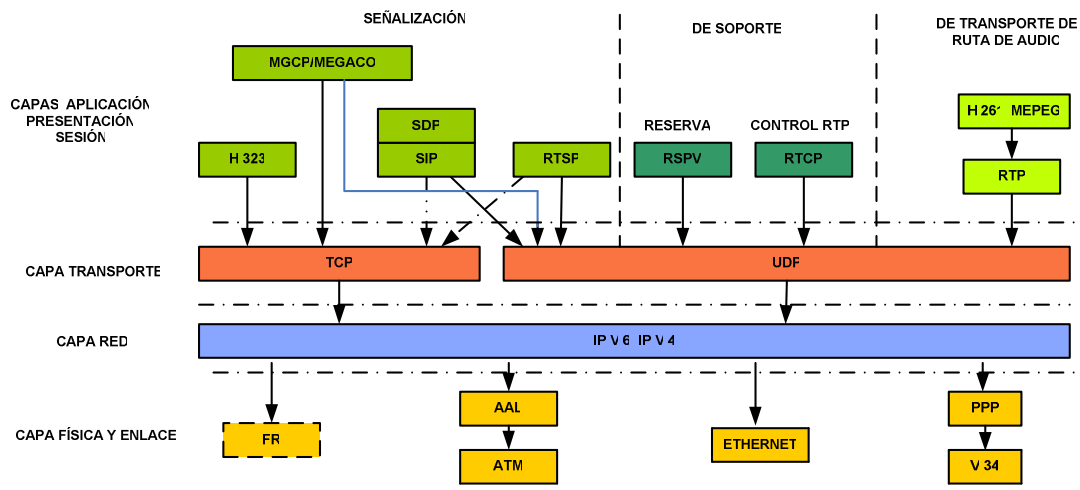


Figura 1.26 Stack de protocolos usados en voz sobre IP ^[7]

La capa de enlace provee mecanismos de control de errores y de flujo. Proporciona direccionamiento y secuenciamiento de tramas. Además resuelve problemas de duplicidad, daño y pérdidas de tramas.

En la capa física y enlace, el protocolo usado depende del medio a emplearse, generalmente en la red local se usa Ethernet.

Ethernet, utiliza CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection*) como método de acceso al medio, es decir antes de que una estación desee transmitir una trama escucha que el canal se encuentre libre, caso contrario, ejecuta el algoritmo de retroceso binario, el cual establece ranuras iguales al peor tiempo de ida y vuelta de propagación (*para una red de 100 Mbits/s es de 5.12 us*), al detectar que el canal está ocupado, la estación espera 2^k-1 ranuras de tiempo antes de transmitir, siendo k el número de colisiones.

Gracias a que el algoritmo de retroceso binario es autoadaptivo, es decir, al aumentar el tráfico en una red aumenta la probabilidad de colisiones, el algoritmo

introduce un retardo creciente en la estaciones emisoras antes de transmitir nuevamente, con la consiguiente disminución de tráfico. Para evitar introducir retardos excesivos, el número de ranuras de tiempo deja de aumentar tras diez colisiones. A partir de ese instante se intenta transmitir la trama seis veces más. De no ser así se descarta la trama y se notifica el fallo a nivel de capa red.

PREÁMBULO	SOF	DIRECCIÓN DESTINO	DIRECCIÓN ORIGEN	TIPO (ETHERNET) LONGITUD(802.3)	DATOS	FCS
7 BYTES	1 BYTE	6 BYTES	6 BYTES	2 BYTES	(46-1500) BYTES	4 BYTES

PREÁMBULO: SECUENCIA DE 1010101010.. DURANTE 5.6us PARA SINCRONIZACIÓN

SOF: 10101011 INDICA EL COMIENZO EFECTIVO DE LA TRAMA

Figura 1.27 Trama Ethernet ^[12]

PREÁMBULO	SOF	DIRECCIÓN DESTINO	DIRECCIÓN ORIGEN	TIPO (ETHERNET) LONGITUD(802.3)	TP	TAG	DATOS	FCS
7 BYTES	1 BYTE	6 BYTES	6 BYTES	2 BYTES	2 BYTES	2 BYTES	(46-1500) BYTES	4 BYTES

TPI: 16 BITS PARA IDENTIFICACIÓN COMO UNA TRAMA 802.1q

TAG: INCLUYE PRIORIDAD (802.1p) Y VLAN ID, la prioridad viene determinada por 4 bits y 12 bits para identificación de VLANs (pueden existir 2^{12} VLANs (4096))

Figura 1.28 Trama 802.1q ^[11]

En la mayoría de implementaciones de VoIP, se crea una VLAN dedicada para el servicio de voz. La ventaja radica en aislar el tráfico de la red de los clientes IP, en especial del tráfico de *broadcast*, puesto que los terminales IP dejan de transmitir momentáneamente para escuchar dicha petición, con lo cual la calidad de voz se ve afectada. La implementación de VLANs consta como un método para mejorar la calidad de servicio (QoS) de la VoIP. Cuando se trabaja con VLAN hay que tomar en cuenta que se transmiten 4 bytes más de la trama normal de Ethernet, dicho aumento no repercute considerablemente en el rendimiento de la red.

Para el estándar Ethernet de 100 Mbits/s existe un tiempo de 0.96 microsegundos entre tramas antes de ser transmitidas consecutivamente, en dicho intervalo se puede enviar 96 bits ($100 \text{ Mbits/s} * 0.96 \text{ ms} = 96 \text{ bits}$) o 12 octetos, aprovechando

este tiempo, se puede enviar tráfico de voz, en lugar de silencios y así mejorar el rendimiento del canal.

En una red saturada, la capacidad se trata de equilibrar entre las estaciones involucradas. Según cómo se resuelvan las colisiones, la red reparte equitativamente el número de tramas transmitidas por segundo, no el número de bits transmitidos por segundo, lo que quiere decir que, el ancho de banda que obtiene una estación en una red saturada es proporcional al tamaño de la trama que emite.

Como corolario, una estación que transmita paquetes grandes (*como FTP, HTTP, video, etc.*), utilizará mayores capacidades de red, de aquellas que manejan paquetes pequeños como los de VoIP. Es por esta razón que en condiciones de saturación, se requiere priorizar dichos paquetes de voz al resto de tráfico; este objetivo es alcanzado en la programación de los equipos de comunicación LAN y WAN. Hablando de la Internet, dicha propiedad, no se la cumple con facilidad, y junto con otras razones, como el número de nodos que debe atravesar el paquete antes de llegar al destino, da como resultado una baja calidad de voz.

En la capa red se trabaja con el protocolo IP, que es la base para el proceso de voz sobre IP; este protocolo es no orientado a conexión y se encarga del enrutamiento de los datagramas. Además los paquetes de VoIP, están compuestos de muestras de codec o tramas encapsuladas en cabeceras IP/UDP/RTP (*RTP, Real time Transport Protocol*).

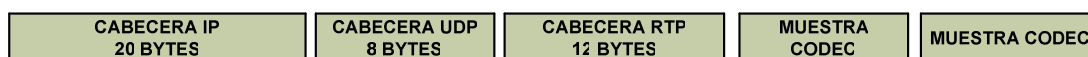


Figura 1.29 Paquete VoIP ^[1]

Como se aprecia en la figura 1.29, a nivel de Capa 3, la utilización del ancho de banda en VoIP no es eficiente, hay que destinar el doble de bits a la cabecera que a la sobrecarga actual, entendiendo como sobrecarga a las muestras de codec (voz).

Los paquetes de VoIP, utilizan UDP como protocolo de transporte, puesto que no requieren las ventajas de retransmisión de TCP; ya que en las aplicaciones de tiempo real, los paquetes retransmitidos llegan demasiado tarde para ser procesados por el receptor.

RTP conjuntamente con RTCP (*Real time Transport Control Protocol*), hacen posible la transmisión de aplicaciones en tiempo real, a más de permitir mejorar la eficacia del ancho de banda mediante técnicas de compresión como: CRTP (*RTP comprimido*) y CRTP multiplexado de *tunnelling*.

En cuanto al ruteo, señalización, intercambio de capacidades, control de medios y servicios adicionales de las llamadas, los estándares más conocidos son el H.323 y el SIP. Sus diferencias provienen de sus desarrolladores ITU-T (*Unión Internacional de Telecomunicaciones*) e IETF (*Internet Engineering Task Force*), respectivamente.

El punto fuerte de H.323 radica en su operabilidad con redes telefónicas conmutadas, mientras que SIP tiene su baluarte con la integración en la Internet. H.323 especifica servicios y una serie de protocolos que se soportan en UDP y TCP, en tanto que SIP es un solo protocolo de señalización sencillo de implementar, escalable y compatible con H.323. En la actualidad H.323 es ampliamente utilizado. En caso de haber conflictos, y a fin de evitar divergencia entre los estándares, el forum VoIP IMTC decidió dar prioridad a H.323 en la VoIP. Comprender el funcionamiento de H.323 es importante en el diseño de redes de voz y datos.

1.2.3 PROTOCOLOS DE RUTA DE AUDIO: RTP Y RTCP ^[1]

1.2.3.1 Protocolo de transporte a tiempo real (RTP) ^[1]

El protocolo RTP realiza las siguientes funciones:

- Conserva la sincronización entre flujos de medios.

- Distingue los emisores múltiples de un flujo multidifusión RTP.
- Identifica los tipos de medios.
- Conserva la relación de temporización entre flujos.
- Permite detectar paquetes perdidos.

La figura 1.30 muestra la cabecera RTP (12 bytes), mientras que en la tabla 1.4 se describe la función de cada uno de los campos que la conforman.

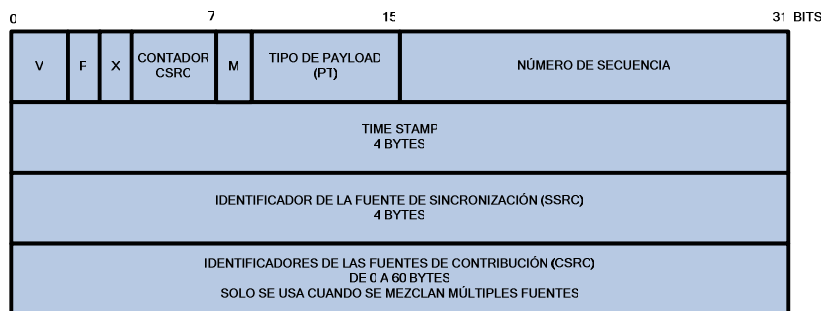


Figura 1.30 Cabecera RTP [1]

* Campos pertenecientes a la cabecera fija (12 bytes)

Campo de la cabecera	Función
Versión (V)*	Especifica la versión de RTP
Padding (P)*	Indica si existe o no bytes de relleno para los algoritmos de cifrado de bloques fijos
Extensión (X)*	Indica si una cabecera de longitud variable sigue a la cabecera fija de 12 bytes
Contador CSRC (CC)*	Indica el número de campos de la cabecera de longitud variable
Market (M)*	Depende de la aplicación. Para VoIP determina el inicio de una ráfaga de voz.
Tipo de Payload (PT)*	Identifica los diferentes codecs de audio para VoIP
Número de secuencia*	Permite al receptor detectar los paquetes perdidos, comienza en un número aleatorio y aumenta en 1 con cada paquete.
Time Stamp*	Permite corregir el tiempo de temporización de la sobrecarga, aumenta en 1 con cada muestra del codec.
Identificador de la* fuente de sincronización (SSRC)	Único identificador aleatorio para cada emisor en una multidifusión RTP.
Identificadores de las fuentes de contribución (CSRC)	Fuentes de contribución para VoIP, indican todos los SSCR en intervienen en una conferencia

Tabla 1.4 Campos de la cabecera RTP [1]

Al inicio de cada sesión RTP, se asigna aleatoriamente un número SSRC a cada emisor, el cual identifica al mismo dentro de un flujo de medios simple. Cuando se

tiene varios flujos, como por ejemplo a través de un puente de conferencia VoIP o MCU (*unidad de conferencia multidifusión*), en el campo SSRC, se envía el número SSRC propio de la MCU, mientras que en el campo opcional CSRC, se envía los SSRC de los emisores pertenecientes a esa MCU.

El campo Contador CSRC (CC) de 4 bits, indica el número de campos que siguen a la cabecera fija de 12 bytes, lo que quiere decir que se puede identificar un máximo de 16 emisores simultáneamente. Puesto que en una conversación cada parte habla por lo menos dos segundos cada vez, los campo SSRC o CSRC permanecerían constantes, alrededor de unos 50 a 100 paquetes, lo que permite utilizar compresión en la cabecera RTP y así ahorrar el consumo del ancho de banda.

El bit M indica el comienzo de una conversación entrecortada seguida de un silencio, el cual tiene estrecha relación con la operación del búfer de fluctuación *playout* (*búfer donde se almacena la VoIP para ser receptada y transmitida*). Cuando se pierde la sincronización entre codificador del emisor y decodificador del receptor, el *playout* del receptor se puede llenar demasiado lento o rápido. Con la ayuda de VAD (*detección de la actividad de la voz*), se puede ajustar el búfer *playout* ya sea quitando tiempo a una pausa para procesar muestras adicionales del búfer lleno o añadiendo tiempo a una pausa para las tramas que llenen un búfer vacío. De esta forma el bit M=1 indica que acaba de terminar un periodo de silencio y se puede ajustar los búferes *playout*, con M=0 es más complejo ajustar el búfer, ya que se debe manipular las interacciones con el codec.

El *Time Stamp*, permite a la fuente de medios determinar la temporización precisa que debería usar un receptor cuando reproduce los paquetes sucesivos en el flujo de medios; es decir se podrá sincronizar un flujo de audio con los labios en movimiento de una imagen, pero no es posible relacionar la información de temporización con los eventos en tiempo real. RTCP permite relacionar dicha información con los eventos en tiempo real a través del protocolo del tiempo de la red, NTP (*Network Time Protocol*).

1.2.3.2 Protocolo de control en tiempo real (CRTP) ^[1]

RTCP aparece en el RFC (*Request For Comment*) 1889 como parte del RTP, administrando los procesos relacionados con una conferencia RTP multidifusión. En una conversación VoIP punto a punto, permite retroalimentar QoS desde el receptor al emisor en cada dirección.

La cantidad de paquetes enviados por RTCP son inversamente proporcionales al número de usuarios que interviene en una conferencia, tal y como muestra la figura 1.31. RTCP limita el control del ancho de banda mientras aumenta el número de participantes.

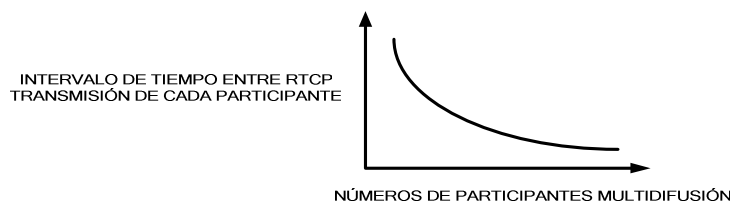


Figura 1.31 Comportamiento del tráfico RTCP ^[1]

RTCP realiza diferentes tareas, relacionados con cada uno de los paquetes que posee, como lo son:

- Informe del emisor (*SR*) y del receptor (*RR*)
- Descripción de la fuente (*SDES*)
- Desconexión (*BYE*)
- Específica de la aplicación (*APP*)

Los orígenes de los flujos de medios RTP transmiten *informes del emisor (SR)*, a todos los participantes de la multidifusión, mientras que los participantes transmiten *informes del receptor (RR)*. Tanto los SR como RR contienen información del receptor, pero SR adiciona información del emisor. Puesto que en VoIP, ambas partes son emisoras, los puntos finales crearán SR. De esta forma cada parte sabrá la calidad del transporte analizando el informe de receptor de cada paquete SR.

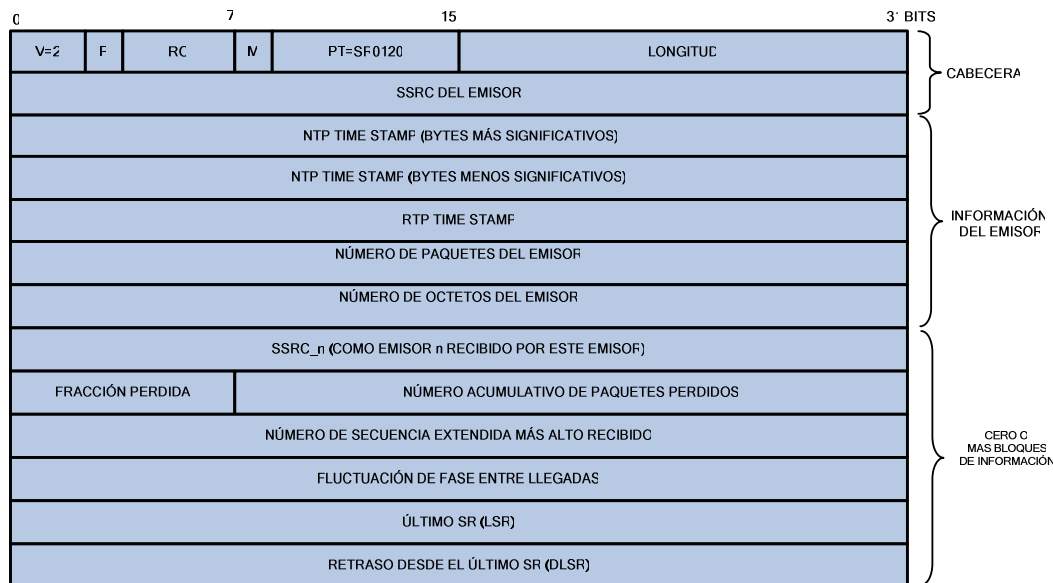


Figura 1.32 Cabecera del Paquete SR del protocolo RTCP [1]

Campo de la cabecera	Función
Versión (V)	Especifica la versión de RTP
Padding (P)	Indica si existe o no bytes de relleno
Contador de reportes de recepción (RC)	Indica el número de bloques de informes de recepción que siguen a la información del emisor
Market (M)	Depende de la aplicación. Para VoIP determina el inicio de una ráfaga de voz.
Tipo de paquete (PT)	Identifica al paquete como un SR RTCP con PT=200 SR y PT=201 RR
Longitud	Longitud del informe RTCP del emisor
SSRC	Identificador del origen de envío del emisor
NTP Time Stamp	Permite que el paquete sea transmitido en tiempo real.
RTP Time Stamp	Permite que los datos Time Stamp RTP sean correlativos con el tiempo real vía NTP
Número de paquetes del emisor	Número total de paquetes enviados en el flujo de medios RTP
Número de octetos del emisor	Total de bytes enviados en el flujo de medios RTP
SSRC_n SSRC	Identificación SSRC del emisor de quien se aplica el informe de recepción
Fracción perdida	Número de paquetes RTP, dividido entre los paquetes RTP enviados. (Desde el último SR/RR).
Número acumulativo de paquetes perdidos	Número de paquetes RTP perdidos desde el comienzo de la sesión
Número de secuencia extendida más alto recibido.	Número de secuencia más alto recibido del emisor.
Fluctuación de fases entre llegadas (J)	Diferencia entre paquetes del emisor y receptor.
Último SR	Fecha y hora en el último paquete SR recibido del emisor
Retraso desde el último SR	Diferencia de tiempo entre recibir el último SR y enviar este informe de recepción.

Tabla 1.5 Campos de la Cabecera SR RTCP [1]

La figura 1.32 muestra la cabecera del paquete SR del protocolo RTCP, mientras que la tabla 1.5 expone la descripción de los campos de la cabecera.

A más de que RTCP ofrezca medios de retroalimentación QoS de los receptores, permite conocer si su calidad de recepción coincide con otros receptores, o si los problemas locales pueden influir negativamente en la calidad de recepción. En resumen los emisores pueden aprender las siguientes estadísticas de la red:

- Tiempo de ida y vuelta (*RTT*), que es la diferencia de cuando se envía un SR a los receptores y cuando se recibe un RR de éstos.
- Tasa de paquetes perdidos.
- Fluctuación de fase.

La descripción de origen (*SDES*), proporciona información de cada emisor de medios RTP en una sesión multidifusión. Generalmente cada *host* envía un elemento SDES sencillo, relacionado con su propia identificación SSRC. Para el caso de una MCU envía varios bloques de Elementos SDES (*campo de la cabecera SDES*, ver figura 1.33), cada uno con diferente CSRC dentro de un paquete SDES RTCP.

La figura 1.33, muestra el formato de la cabecera del paquete SDES, en el cual se observa el campo llamado “Elementos SDES”, del cual hace uso los dispositivos mezcladores como el MCU para transmitir flujos multidifusión, tales elementos se muestran en la tabla 1.6.

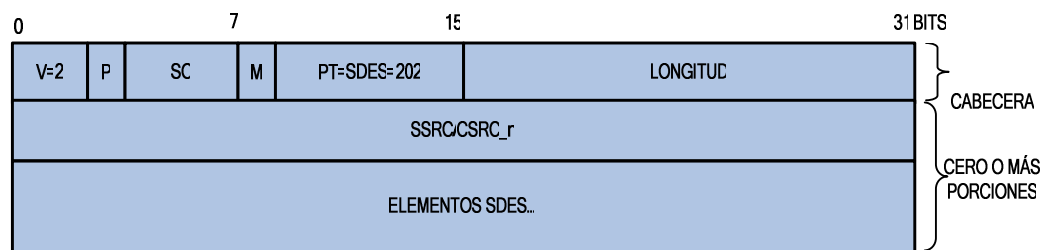


Figura 1.33 Cabecera del paquete SDES del protocolo RTCP ^[1]

Campo de la cabecera	Función
CNAME	<usuario>@<nombre_host > refleja el host de la aplicación
NAME	Nombre real, contrario a un ID de login
EMAIL	Dirección de mail del emisor
PHONE	Número de teléfono del emisor , en formato E.164 completo
LOC	Localización geográfica del emisor
TOOL	El nombre y versión de una entidad generada por una aplicación
NOTE	Texto de forma libre para mensajes transitorios
PRIV	De propósito experimentales o de aplicaciones específicas

*Todos los elementos tienen una longitud de 32 bits.

Tabla 1.6 Elementos SDES que pueden transmitirse [1]

Cuando un participante desea retirarse de una sesión RTP, envía paquetes de *desconexión* BYE para conocer el número de usuarios activos; la importancia radica en que la cantidad de tráfico RTCP, depende del número total de participantes. La figura 1.34 muestra el formato del paquete BYE.

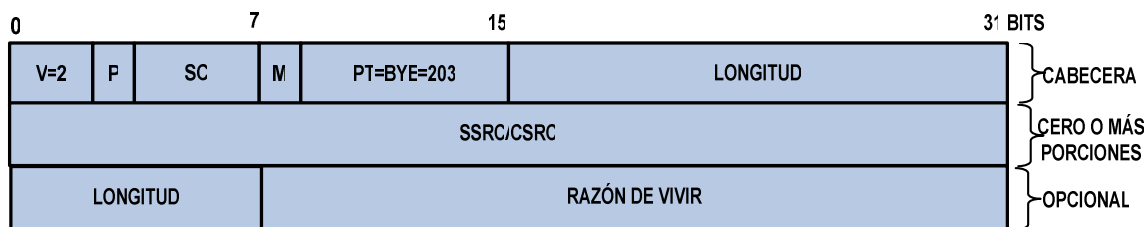


Figura 1.34 Paquete BYE del protocolo RTCP [1]

Los paquetes RTCP de *aplicación específica (APP)*, capacitan al protocolo para la experimentación y las extensiones, sin la necesidad de nuevos paquetes. La figura 1.35 muestra el paquete APP.

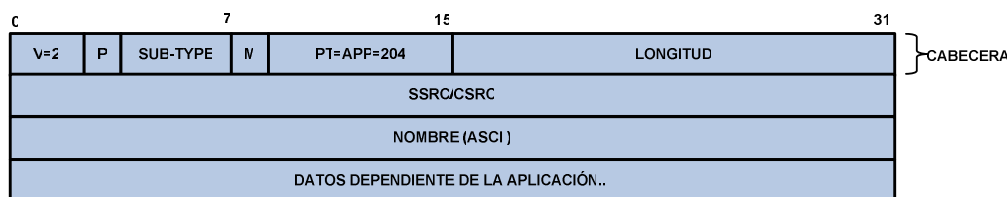


Figura 1.35 Paquete APP del protocolo RTCP [1]

Existe la posibilidad de que los paquetes RTCP, puedan agruparse para formar un paquete compuesto o también llamado metapaquete, que será transportado en una sobrecarga UDP, de manera que éstos contribuyan a reducir el coste UDP/IP asociado a los datos RTCP.

1.2.4 SEÑALIZACIÓN VoIP: H.323 ^{[1][8]}

En 1996 la ITU (*International Telecommunications Union*) definió el estándar H.323, como el indicado para el transporte de voz datos y video en redes LAN basadas en IP, a más de incluir la especificación T.120 de conferencia de datos. H.323 está basada en los protocolos RTP y RTCP para el manejo de señalización de audio y video. Las recomendaciones de la ITU que aparecen en la tabla 1.7 son parte integrante de las especificaciones de señalización H.323.

Recomendación de la ITU	Descripción
H.225.0	Protocolo de señalización de llamada y empaquetamiento de flujos de medios para sistemas de comunicación multimedia basados en paquetes.
H.235	Seguridad y cifrados de los terminales multimedia de la serie H.
H.245	Protocolo de control de comunicación multimedia.
H.450.x	Servicios complementarios de H.323.
Series T.120	Protocolo de datos para conferencia multimedia.

Tabla 1.7 Recomendaciones de la ITU que soportan la señalización H.323 ^[1]

Medio	Formato
Audio	G.711, G.722, G.723.1, G.728, G729, GSM, ISO/IEC 11172-3 y ISO/IEC 13818-3.
Video	H.261, H.262, H.263.
Protocolo de datos	Series T.120.

Tabla 1.8 Formato de medios apoyados por la ITU para H.323 ^[1]

En cuanto a la operación de H.323, se debe conocer primero los componentes que intervienen en el sistema, para luego hablar del direccionamiento y de los protocolos que lo conforman.

1.2.4.1 Componentes de H.323 ^{[1][8]}

H.323 define los siguientes componentes:

- *Gateway*
- Terminal
- *Gatekeeper*
- Unidad de control multipuerto, MCU

Gateway.- Proporciona *internetworking* con tecnologías que no son H.323 como H.320 o redes telefónicas convencionales. Está formado por el “*Media Gateway*” MG y el “*Media Gateway Controller*” MGC, los cuales comúnmente se encuentran integrados en el *Gateway*.

El MGC se encarga de la señalización, establecimiento de la llamada y otras funciones no relacionadas con el medio. El MG se encarga del manejo de los medios.

Terminales.- Son puntos finales del cliente de la LAN. Todos los terminales H.323 tienen que apoyarse en H.245 para el uso de los canales, Q.931 para el establecimiento de la llamada, RAS (*Register Admission Status*) para la admisión de llamadas, RTP, (*Real-time Transport Protocol*) y UDP para la transmisión de los paquetes. Los terminales H.323 pueden también incluir protocolos de comunicación de datos T.120 utilizados para fax y la ayuda de MCU para aplicaciones de videoconferencia.

Gatekeeper.- Controla una zona H.323, regula los puntos finales que pueden iniciar o recibir llamadas. Los *gatekeepers* no son un requisito obligatorio en redes H.323 pero cuando están, realizan las siguientes funciones:

Address Translation Network, Conversión de dirección de red (NAT): Traducción de una dirección del alias a la dirección de transporte. Se hace esto usando la tabla de traducción que es actualizada con los mensajes del registro.

Admissions Control, Control de Admisión: El *Gatekeeper* puede conceder o negar el acceso basado en la autorización de la llamada, las direcciones de fuente, direcciones de destino, etc.

Call signaling, Señalización de llamada: el *gatekeeper* puede ordenar, aprender y conocer los puntos finales para conectar la llamada.

Call Authorization, Autorización de llamadas: el *gatekeeper* junto con el *Gateway* pueden restringir las llamadas a ciertos números dentro de la red y, si es necesario, hacer la marcación más versátil, por ejemplo en casos de llamadas de emergencias.

Cabe mencionar que los servicios antes mencionados son proporcionados solo a los puntos finales inscritos a un *gatekeeper* en particular.

MCU.- La unidad de control multipuerto es requerida para la gestión de multi-conferencias, y está formada por dos partes fundamentales, de un *Multipoint Controller* (MC), que gestiona el control de los canales de los medios, y opcionalmente un *Multipoint Processor* (MP), que maneja los medios, ya sea, mezclando flujos, conmutación o cualquier otro procesamiento.

Para el diseño de la red de VoIP, el servicio de conferencia multidifusión, dependerá de los equipos empleados. Generalmente en una IP-PBX, los terminales tienen propiedades para mezclar los flujos de audio procedente de cada fuente, interpretar los formatos de audio y entregar al usuario un flujo de audio sencillo de entender, por lo que se suele usar una conferencia multidifusión descentralizada, y donde la central solo tiene integrada una MC puesto que parte del trabajo del MP es realizado en cada terminal.

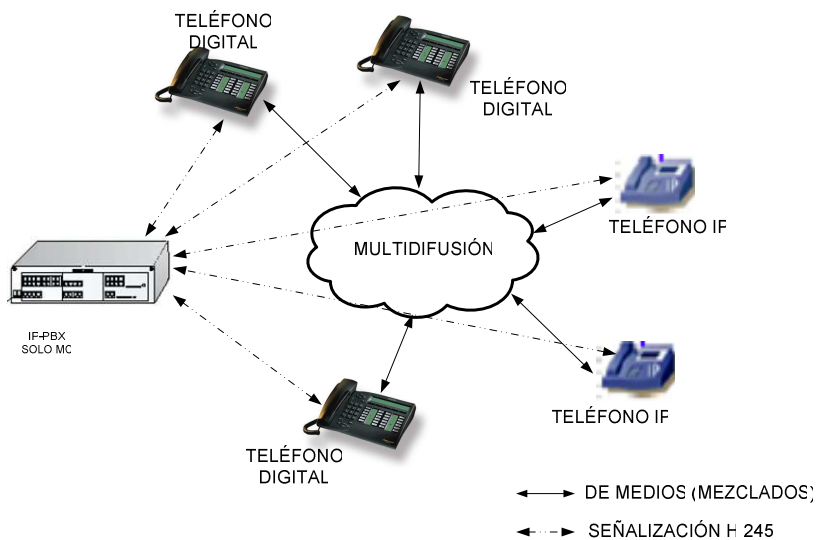


Figura 1.36 Conferencia multidifusión descentralizada ^[1]

Para otros tipos de alternativas como servidores, se debe implementar una MCU, la cual contendrá el MC y MP. En estos casos en particular se puede tener conferencias multidifusión centralizadas y conferencias unidifusión centralizadas. En las primeras, se establecen sesiones de medios a través de la MC y el MP mezcla los flujos de medios para luego entregarlos al grupo de multidifusión, que es recibida por cada participante en la conferencia. En la unidifusión sucede de igual forma, pero el MP entrega el flujo de medios mezclados a cada uno de los participantes de la conferencia.

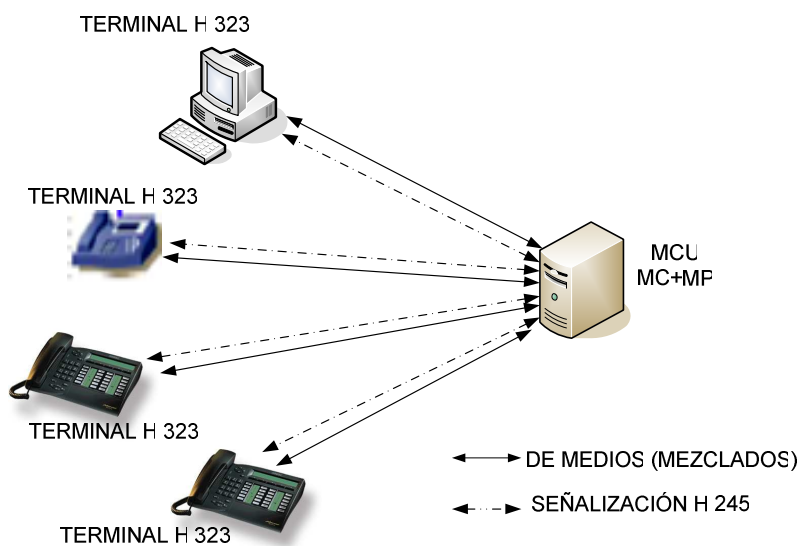


Figura 1.37 Conferencia unidifusión centralizada ^[1]

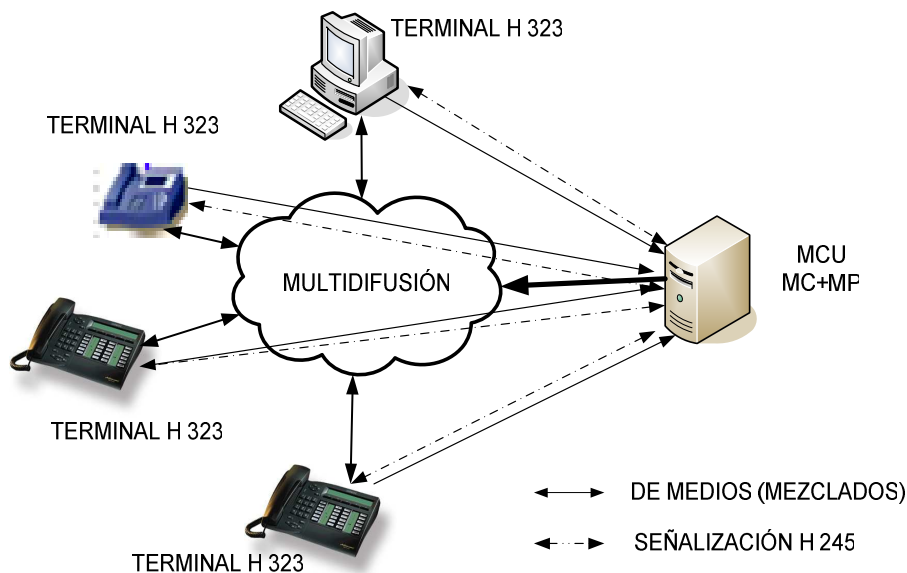


Figura 1.38 Conferencia multidifusión centralizada ^[1]

1.2.4.2 Direccionamiento ^[1]

H.323 emplea un esquema de nombres y direccionamiento independiente de la tecnología subyacente de la red. El establecimiento de una comunicación en una red H.323, requiere del conocimiento de su dirección de red y un identificador de punto de acceso al servicio de transporte y direcciones (*TSAP*). Para redes IP la dirección de red es la dirección IP y el TSAP es el número de puerto UDP o TCP.

Puesto que la dirección de red y las TSAP son difíciles de recordar H.323 se vale de *alias* para identificar los puntos finales y conferencias multiparte. Éstos pueden tener varias formas como:

- Cadenas alfanuméricas: luis, luis@host.com, etc.
- Direcciones E.164: 1-02-3451058, 21,215, etc.

Existen diferentes TSAP para las diferentes comunicaciones llevadas en VoIP. Por ejemplo para descubrir el *gatekeeper* dentro de la red se envían paquetes GRQ con TSAP 1718 UDP, para comunicaciones RAS del *gatekeeper* se usa el TSAP

1719 UDP, para el control de llamada H.225 1720 TCP, en cuanto al control de medios H.245 son el mismo que para H.225 puesto que los TSAP de H.245 se negocian sobre el canal de control de llamada.

1.2.4.3 Protocolos ^[1]

El protocolo H.323 ofrece servicios de comunicación multiparte, multimedia y de tiempo real sobre una red IP existente. Los servicios de H.323 se forman dentro de las aplicaciones de usuario que incluyen los principales servicios de audio y servicios opcionales de video y datos compartidos.

Cabe mencionar algunos de los protocolos más importantes usados para establecer una llamada a través de una red H.323. El canal de control de llamada H.225 puede estar enrutado directamente o a través de uno o varios *gatekeepers*, todo depende de la funcionalidad que se le desee dar a la red de VoIP, puesto que al enrutarlo a través de un *gatekeeper* se adicionará servicios como: *Proxy*, seguridad, conferencias, etc.

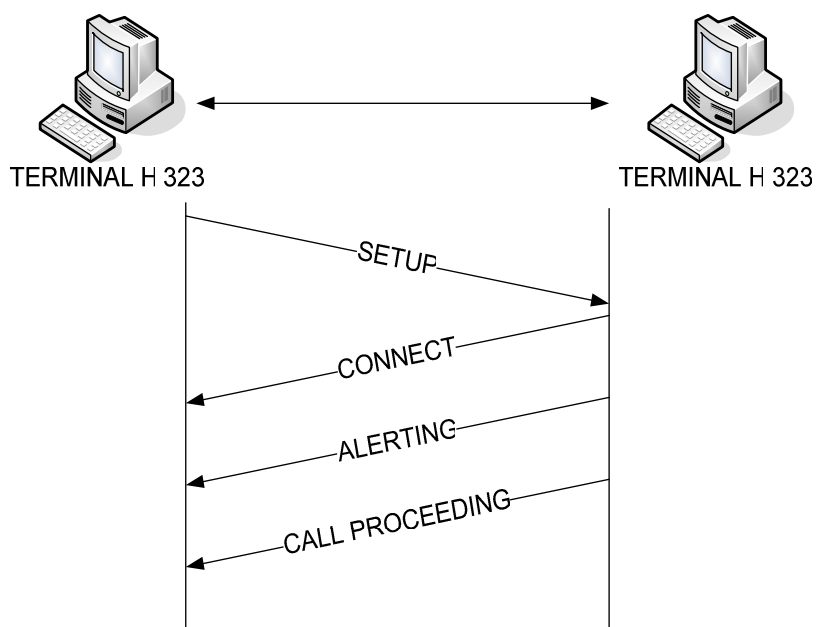


Figura 1.39 Control de llamada H.225 directo entre puntos finales ^[1]

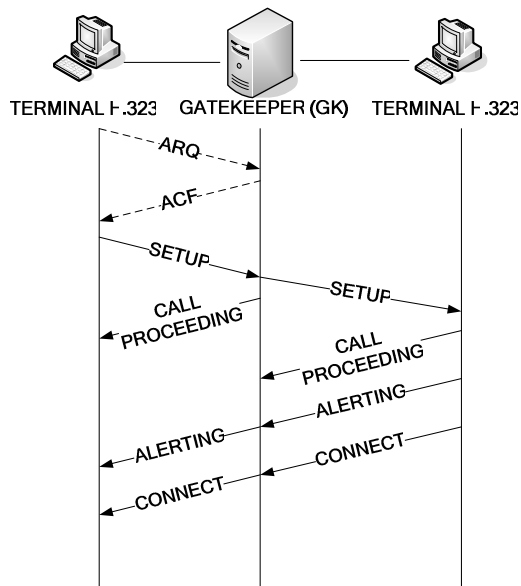


Figura 1.40 Control de llamada H.225 enrutado mediante un *gatekeeper*^[1]

El canal de control de medios H.245 se establece dinámicamente sobre una conexión TCP fiable. La mayoría de peticiones más interesantes de H.245 son secuencias de solicitud respuesta o solicitud-respuesta-indicación. La clase de un comando permite a un punto final pedir transacciones durante la llamada y realizar funciones de mantenimiento.

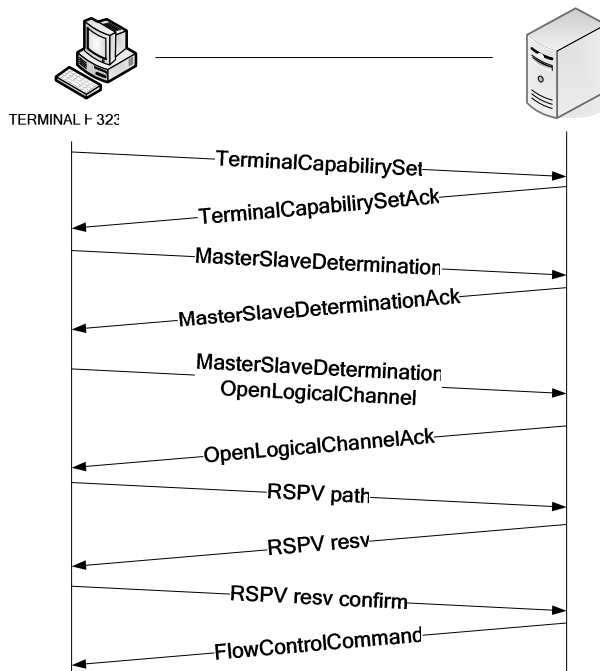


Figura 1.41 Establecimiento del control de medio H.245^[1]

Inicialmente H.323v1 se diseñó para una estructura LAN, no se consideraba la posibilidad de los retrasos en la transmisión entre las entidades de señalización, lo cual era un problema cuando se lo implementaba a través de una red WAN.

H.323v2 presenta un nuevo modelo de negociación con los medios para solucionar el problema de la ruta de audio, y hacer a H.323 más resistente a los retrasos en la red.

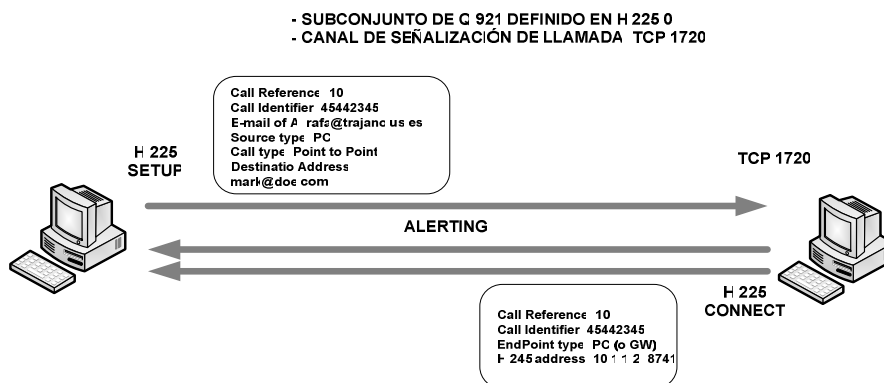
En H.323v2 se realiza un *by-pass* al proceso de negociación de medios H.245 normal para agilizar la conexión. Además los mensajes H.245 se pueden manejar mediante H.225, o se puede establecer una sesión TCP separada para el canal H.245.

1.2.5 ESTABLECIMIENTO DE LLAMADA H.323 ENTRE DOS TERMINALES ^[13]

Para el establecimiento de una llamada en una red H.323, se deben cumplir ciertas fases que implican el establecimiento, mantenimiento y desconexión de una llamada.

A continuación se describen las fases que deben cumplir dos terminales H.323 mientras se efectúa una comunicación de voz.

Primera fase: Inicio de llamada



Segunda fase: Establecimiento del canal de control

- DEFINIDO EN H 245 PERMITE NEGOCIACIÓN DE CAPACIDADES
- CANAL DE SEÑALIZACIÓN DE LLAMADA TCP 1720
- MENSAJES PARA DETERMINACIÓN DE MAESTRO/ESCLAVO
- TIPO DE TERMINAL MCU>GK>GW>TERMINALES + RANDOM

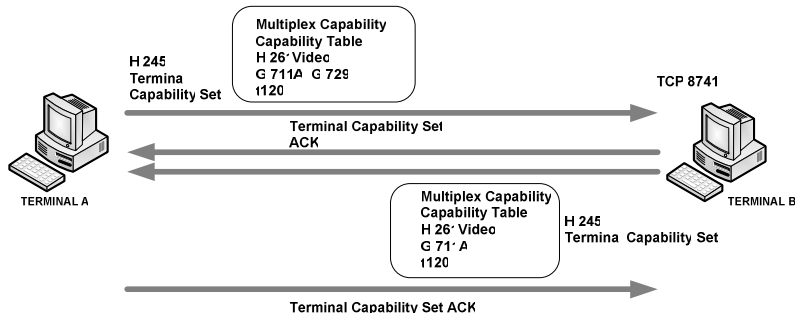


Figura 1.43 Establecimiento de llamada

Tercera fase: Comienzo de la llamada

- APERTURA DE CANALES LÓGICOS UNIDIRECCIONALES PARA MEDIOS
- CANALES T 120 PARA DATOS BIDIRECCIONALES
- MENSAJES PARA DETERMINACIÓN DE MAESTRO/ESCLAVO
- TIPO DE TERMINAL MCU>GK>GW>TERMINALES + RANDOM

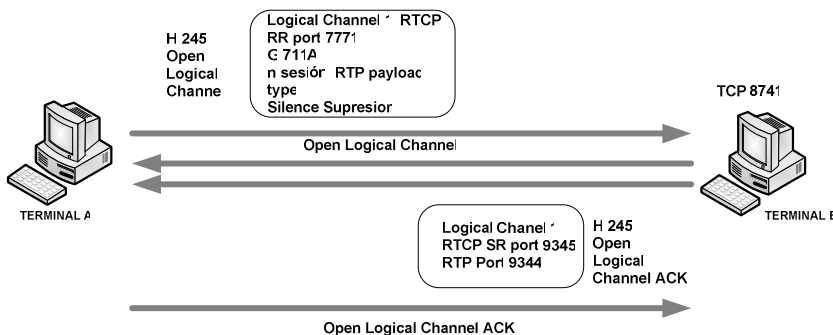


Figura 1.44 Comienzo de llamada

Cuarta fase: Diálogo

- APERTURA DE CANALES LÓGICOS UNIDIRECCIONALES PARA MEDIOS
- PUEDE HABER VARIOS CANALES LÓGICOS ABIERTOS, SINCRONIZADOS
- MEDIANTE PAQUETES SR RR PERMITE VER LA CALIDAD DE LA TX SESIONES AUDIO, VIDEO Y DATOS

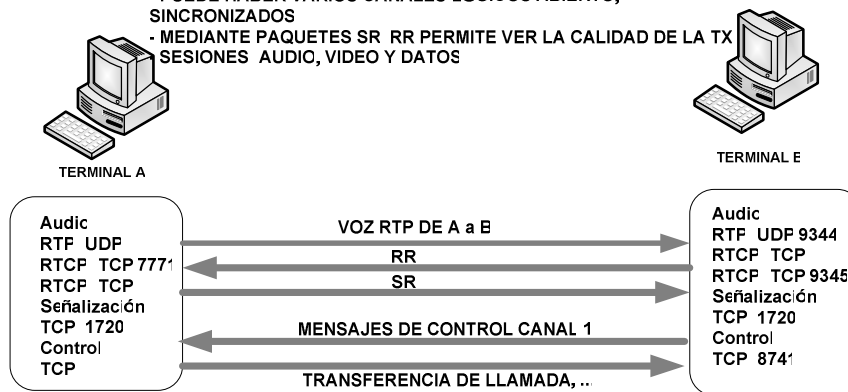


Figura 1.45 Diálogo

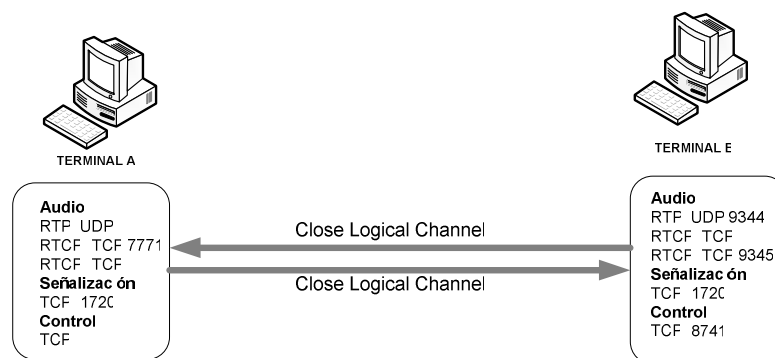
Quinta fase: Finalización de la llamada

Figura 1.46 Finalización de la llamada

Se lo puede hacer de diferentes maneras, una de ellas es una secuencia que se describe a continuación:

- Enviar: *Close Logical Channel* por cada canal abierto
- Recibir ACK de los anteriores
- Enviar H.245 *End Session Command*
- Recibir lo mismo para cerrar el canal H.245
- Enviar: H.225.0 *Release Complete*

1.3 REDES INTEGRADAS DE VOZ Y DATOS

Inicialmente, tanto la red de voz como la de datos fueron concebidas como plataformas independientes, cada una con requerimientos propios. La integración de voz y datos dentro de una red única no solo implica la implementación de una tecnología de voz sobre IP, sino cumplir con parámetros de calidad en todas las aplicaciones que presta el sistema. Por esta razón el diseño de redes integradas lleva una metodología propia que permite que el sistema implementado cumpla con las necesidades del usuario final.

El presente sub – capítulo se centra en la descripción de un método sencillo de planificación y diseño de una red integrada de voz y datos, además de criterios de calidad para las mismas.

1.3.1 PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE REDES ^[1]

Una planificación inicial bien planteada evita que ocurran imprevistos en el proceso de la implementación, lo que generalmente se traduce en poca eficiencia y pérdida de dinero. Para completar el proyecto correctamente es necesario cumplir con ciertos pasos, tales como:

- Reunión de los requisitos
- Reunión de la interfaz de telefonía e información de la señalización
- Selección de una tecnología VoX
- Planificación de requisitos del enlace troncal, de voz y ancho de banda
- Selección de alternativas (*Servidores, Telefonía IP e IP-PBX*)
- Evaluación de la red

El inicio de todo diseño es *la reunión de requisitos*, es por eso que la obtención de estos datos es fundamental para prever el alcance de la red. La información adquirida debe contemplar aspectos como: número y tipo de usuarios, servicios de voz (*voice mail, ACD, call centers, etc.*), señalización pública, situación actual de la red LAN/WAN (*si existe*), etc. El análisis de toda esta información, servirá para estimar los costos y la alternativa tecnológica de convergencia de redes de voz y datos a utilizarse. Puesto que aplicaciones complejas de voz (*ACD, call center, voice recording*), generalmente no se encuentran integradas en los servidores de VoIP o son de baja capacidad, se debe prever interfaces y recursos de la red para la adición de nuevos equipos que presten estos tipos de aplicaciones.

La reunión *de la interfaz de telefonía e información de la señalización*, se refiere a analizar la red existente de voz y datos, de tal forma que dicho estudio sirva para concluir equipos reutilizables en el nuevo diseño. La operabilidad de éstos, obviamente tendrá relación con la compatibilidad de los dispositivos de red del proveedor de servicio (*Proveedor de Servicios de Internet, carriers, operadora telefónica*), y por ende con los medios físicos necesarios para su interconexión. Con esta etapa de diseño se espera dar una estimación general de lo que la red actual necesita para la convergencia de voz y datos.

La selección de la tecnología VoX, principalmente se relaciona a *trunking* IP, y la manera de implementarlo. Existen varias alternativas para realizar este tipo de enlace, ya sea por: enlaces dedicados, *Frame Relay*, ATM, RDSI. La selección de uno de ellos dependerá de algunos factores como:

- Canales VoIP que posee el equipo de convergencia
- Tráfico de voz y datos entre las partes remotas

Para *Frame Relay (FR)* se habla de VoFR (*voz sobre FR*) y en ATM de VoATM (*voz sobre ATM*). Estos tipos de tecnologías VoX, las prestan los operadores de servicios o *carriers*, los cuales tiene implementadas en sus redes este tipo de alternativas; al ser la voz una aplicación de tiempo real se trata de darle cierta prioridad sobre el resto de datos (*QoS*). Puesto que VoIP se basa en el protocolo de red IP, la tecnología usada para su transmisión es irrelevante, pero los equipos deben permitir adecuarse a alguno de los enlaces antes mencionados. Por ejemplo en líneas dedicadas, VoIP es encapsulada en PPP para su transmisión, característica que debe poseer el equipo de comunicación.

Los enlaces RDSI generalmente son idóneos para implementación de líneas de redundancia, puesto que puede proporcionar una tolerancia de falla de forma económica además de trabajar con encapsulación PPP más utilizada en VoIP.

El objetivo de la *planificación de requisitos del enlace troncal, de voz y ancho de banda*, es realizar un estudio de tráfico mediante el cual se pueda determinar un número óptimo de enlaces troncales de voz a su destino, de modo que se consiga una cierta tasa de éxito en las llamadas durante los intervalos de tráfico intenso. Para el caso de *trunking* IP, el estudio de tráfico se lo debe aplicar al volumen total de tráfico en la hora pico, puesto que la comunicación se concentra sobre un mismo medio compartido.

Los pasos antes descritos proveen una pauta para la *selección de la alternativa* a implementarse, claro está que cada una de las mismas presenta ventajas y desventajas en relación a ciertas características del diseño, las cuales son

inherentes a la naturaleza de la alternativa de convergencia (*IP-PBX, servidores y Telefonía IP o networking*). En el siguiente capítulo, se explicará en detalle estas alternativas y se presentará un modelo matemático de priorización, que permitirá seleccionar una de éstas, en base a parámetros de ponderación de diseño.

Por último al desarrollar el diseño de la red de voz y datos, se debería dar un paso atrás y verificar si se ha cumplido con todos los objetivos de diseño definidos inicialmente, antes de comprometerse a realizar la adquisición del equipamiento. La implementación y prueba de la red, se realizará como un paso de verificación al diseño realizado (*si se lo hizo correctamente*).

1.3.2 FUNCIONES IP PARA LA INTEGRACIÓN DE VOZ Y DATOS ^[1]

A continuación se describen muchas funciones IP que mejoran la calidad de servicio (QoS) para VoIP, las cuales repercuten principalmente en dos aspectos:

- Administración confiable
- Administración del ancho de banda, el retraso y la fluctuación de fase

1.3.2.1 Administración Confiable ^[1]

Desde el punto de vista de la capa red, una red de confianza crea rutas de tráfico hasta un destino apropiado, y converge rápidamente siguiendo los cambios de la topología, así como los enlaces erróneos.

La estabilidad del enrutamiento contribuye a la fiabilidad de toda la red. Las tablas de enrutamiento deberían experimentar el menor cambio posible, ya que si éstos son excesivos, podría causar bucles, descarte de paquetes y una carga de proceso excesiva en los *routers* de la red, provocando baja calidad de voz.

1.3.2.2 Administración del ancho de banda, el retraso y la fluctuación de fase ^[1]

Existen áreas de la tecnología QoS, que se relaciona con la optimización del BW (*Band Width, Ancho de banda*) y la priorización del tráfico en tiempo real en una estructura IP. Esta tecnología es esencial para conocer los requerimientos de VoIP para el rendimiento de ancho de banda, retraso y fluctuación de fase. Algunos de estos parámetros son:

- Protocolo para la reserva de recursos (RSVP)
- Normas de cola
- Formación y normas del tráfico
- Compresión de cabecera
- Fragmentación e intercalado
- Doble búfer retransmisión “Primero en entrar primero en salir” (*FIFO*)

Todas las propiedades antes descritas, pueden o no estar presentes en los equipos de comunicación. Generalmente estos dispositivos vienen con una configuración por defecto, en la cual no se considera aspectos de QoS. Para la habilitación de los parámetros antes mencionados, se debe realizar un estudio detallado de los cambios a realizar, puesto que dichos cambios, pueden mejorar notoriamente el rendimiento de la red o introducir problemas en las aplicaciones del sistema; por ejemplo en la mayoría de IP-PBX, existe la posibilidad de manipular el tamaño del búfer FIFO, supresión de ecos, detección de voz, tiempo de *glare*, tipos de cola (*FIFO, personalizada o de priorización*), etc. Todos estos parámetros repercuten considerablemente en la operación de VoIP de ahí su vital cuidado en modificarlos.

1.3.2.2.1 Protocolo para la reserva de recursos (RSVP) ^[1]

La RFC² 2210 identifica dos tipos de solicitudes QoS para tráfico en tiempo real:

² RFC (Request For Comment, Solicitud de comentarios).- Normas y documentos respecto a Internet.

- Los *routers* deben tener mecanismos para controlar la QoS que se les da a los paquetes.
- Debe haber una manera de que las aplicaciones informen de estas solicitudes a los *routers*.

Las aplicaciones deben especificar el tipo de QoS necesario para que los *routers* controlen la calidad de servicio que se entrega al flujo de tráfico. Hay dos tipos de garantías QoS que el usuario puede buscar en la red:

- Carga Controlada
- Garantía QoS

La carga controlada se especifica en el RFC 2211, y se la utiliza en aplicaciones que son sensibles a las condiciones de congestión de la red (*alta carga*), mediante este servicio este tipo de aplicaciones experimentan un rendimiento de final a final, es decir similar al de una red que no ha sido cargada; para este propósito los paquetes experimentan un retraso, como si se tratase de una red que se utilizase parcialmente.

La garantía QoS se especifica en el RFC 2212, proporciona límites específicos para el retraso y para el ancho de banda; los paquetes no experimentarán más que un máximo retraso de cola de final a final determinado por el flujo, siempre y cuando no sobrepasen el ancho de banda especificado. Para proporcionar este servicio los *routers* deben tener una implementación de cola que pueda dar prioridad a los paquetes que lo soliciten.

El protocolo RSVP que se especifica en el RFC 2205 es un método estándar para aplicaciones que requieran garantía QoS. RSVP es un protocolo de señalización que trabaja directamente sobre la capa IP (*no necesita de UDP o TCP*), permite a los *routers* que destinen dinámicamente anchos de banda para flujos específicos como la administración especial de la VoIP. Está diseñado para trabajar con flujos unidifusión o multidifusión y utiliza los protocolos de enrutamiento subyacentes para determinar los saltos siguientes hacia su destino. La mayoría de

implementaciones de VoIP utilizan reservas RSVP de unidifusión, debido a que la mayoría de llamadas son punto a punto.

RSVP puede alojar varios emisores en una sesión multidifusión con una sola reserva. Los siguientes métodos de reserva indican si hay uno o varios emisores y si se han identificado:

- Filtro fijo
- Compartición Explícita
- *Wildcard*

El Filtro fijo es apropiado cuando hay un emisor en una sesión multidifusión o unidifusión. El de Compartición Explícita es apropiado para sesiones multidifusión con varios emisores que se han identificado. Con *Wildcard* cada host actúa como un emisor y transmite utilizando el ancho de banda reservado para una sesión multidifusión. Para una llamada VoIP punto a punto (*unidifusión*), se deberá utilizar una reserva de Filtro fijo.

Las conferencias de audio pueden tener varios emisores pero normalmente solo se activa uno en un momento dado, ya sea a través de Compartición Explícita o *Wildcard*.

1.3.2.2.2 Normas de encolamiento^[1]

Todos los equipos de VoIP, tiene un búfer (*cola*) para retener paquetes en espera de la transmisión, el usuario tiene control sobre lo que pasa con esos paquetes ya que son una parte crucial desde la perspectiva de QoS.

Las normas de encolamiento se han desarrollado para dirigir dos temas principales: proporcionar las solicitudes QoS para aplicaciones identificadas y dar una distribución equitativa de los recursos del ancho de banda; los algoritmos de encolamiento suplen estos aspectos desde dos perspectivas:

- Administrar la profundidad de la cola
- Programar el orden de envío de los paquetes.

Los algoritmos como la RED (*Detección Anticipada Aleatoria*) y *Weighted* RED (*WRED, Detección anticipada aleatoria ponderada*) administran activamente la profundidad de la cola, por lo que la misma no se satura continuamente. Una cola que se satura constantemente no es útil pues rechaza cualquier ráfaga de tráfico.

La planificación de paquetes controla el orden en que los paquetes dejan el interfaz. Las normas de encolamiento más importantes para VoIP se mueven delante de la cola así no son desplazados por otro tipo de paquetes.

Actualmente existen nuevas técnicas de encolamiento que optimizan la administración y envío de paquetes de la cola como: cola FIFO (*First Input First Output*), Cola de Priorización, Cola Personalizada, WFQ (*encolamiento Weighted Fair*), CB-WFQ (*encolamiento Class-Based Weighted Fair*) y Prioridad RTP.

Cola FIFO.- Es la técnica más usada, consiste en un simple búfer que retiene los paquetes salientes hasta que la interfaz de transmisión pueda enviarlos. Los paquetes son enviados en el mismo orden que llegaron al búfer, tal como muestra la figura 1.47.

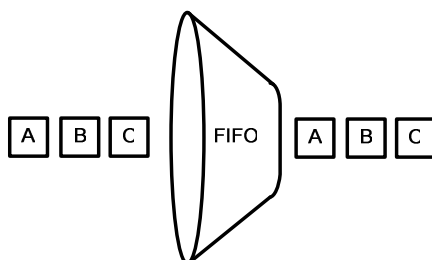


Figura 1.47 Cola FIFO ^[1]

Esta técnica de encolamiento no proporciona ningún tipo de QoS ni distribuye un ancho de banda equitativo entre flujos que comparten un enlace. Durante los periodos de congestión, se llena el búfer y los paquetes se descartan sin importar el tipo de paquete o la solicitud de la aplicación asociada, por lo que no es muy recomendable para VoIP.

Cola de prioridad.- Los paquetes que llegan a la interfaz se dividen en cuatro colas: baja, normal, Media y alta prioridad, la salida de estas cuatro colas alimenta un búfer de transmisión como se muestra en la figura 1.48.

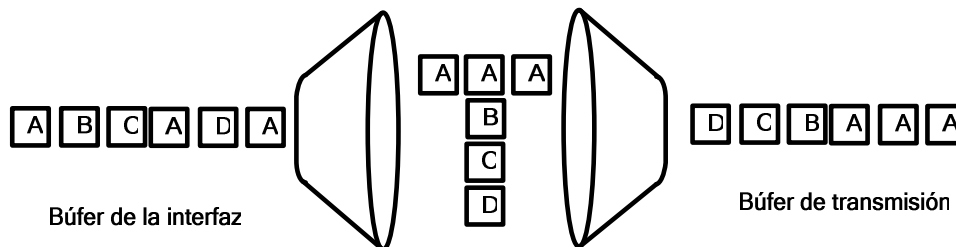


Figura 1.48 Cola de prioridad ^[1]

Los paquetes se envían primero desde las colas de alta, media, normal y baja prioridad, si los paquetes están esperando en dichas colas se los envía al búfer de transmisión. La cola de prioridad consigue los requisitos de QoS de VoIP, pero dejan mucho que desear en cuanto a la distribución del ancho de banda equitativo para el resto de tráfico; es decir un flujo constante de tráfico en una cola impedirá a las colas de alta prioridad entrar en servicio.

Cola personalizada.- Es un algoritmo de encolamiento configurado equitativamente. El tráfico se clasifica en colas y se vacían todas por igual, tal como muestra la figura 1.49.

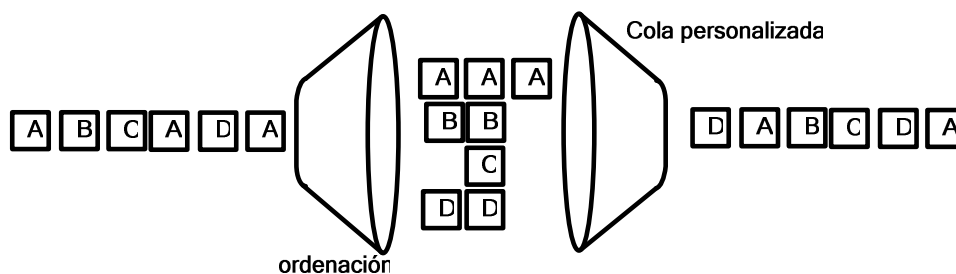


Figura 1.49 Cola Personalizada ^[1]

Se configura manualmente, el tráfico que se asocia a cada cola, cuántos paquetes pueden esperar en cada cola y qué cantidad de ancho de banda se destina a cada cola. Puede que la cola personalizada supla el tema de ancho de banda

equitativo, pero no se ajusta para proporcionar QoS a flujos de tráfico específico, ya que todas las colas tienen la misma prioridad, por esta razón no es aconsejable utilizarla para VoIP.

Encolamiento Weighted Fair (WFQ).- Es muy similar a la cola personalizada, salvo que no necesita ninguna configuración. WFQ crea una cola para cada tipo de tráfico y utiliza un valor predeterminado razonable para la profundidad de la cola. También tiene la opción de configurar la profundidad que se asigna a cada cola.

WFQ utiliza los bits de precedencia IP (*campo de la cabecera IP de 4 bits*) y el protocolo RSVP para proporcionar un ancho de banda equitativo, basado en las siguientes fórmulas:

- Para valores de bits de precedencia IP

$$anchura = \frac{4096}{1 + precedencia\ IP}$$

Ecuación 1.1

- Para paquetes con reservas de RSVP

$$anchura = \frac{4096}{reserva_ancho\ de\ banda\ para\ este\ flujo}$$

Ecuación 1.2

El ancho de banda (*BW*) se distribuye en proporción inversa a los valores de "anchura".

Flujo	Ancho	Porcentaje de ancho de banda
Precedencia= 0	4096	14,30%
Precedencia =1	2048	28,60%
Precedencia= 3	1024	57,10%

Tabla 1.9 Ancho de banda con valores de precedencia IP ^[1]

WFQ proporciona una distribución equitativa del ancho de banda, permite que el tráfico de alta prioridad tenga una asignación de gran ancho de banda y en la mayoría de casos se configura automáticamente, razón por la cual es norma de encolamiento en algunos equipos de *networking* como Cisco. WFQ debe complementarse con IP RTP para proporcionar el tratamiento de QoS requerido para el tráfico de voz.

Encolamiento Class-Based Weighted Fair (CB-WFQ).- CB-WFQ es prácticamente la actualización del encolamiento *Weighted Fair*. El número de colas personalizadas o clases aumenta de 16 a 64, y la asignación de tráfico para cada una puede hacerse por varios métodos y de manera independiente; por ejemplo se pueden configurar las clases con el método *tail-drop* (*puede darse el llenado y sobrecarga de cola*) o asignar a cada cola personalizada su propio ancho de banda permitido, lo que era muy difícil de hacer en WFQ debido a que la asignación de ancho de banda en una de las clases afectaba directamente a las demás.

CB-WFQ adiciona un valor de cuenta de bytes que controla el ancho de banda asignado a cada cola personalizada lo que la hace una implementación más ajustada; el algoritmo debe considerar tanto los valores de ancho de banda asignados a cada clase como también el ancho de banda total disponible.

WFQ y CB-WFQ (*dependiendo de las necesidades del usuario*) se recomiendan globalmente para uso IP como técnicas de encolamiento para interfaces de ancho de banda bajo; ya que ambas técnicas ofrecen distribución de ancho de banda equitativo, debe adicionarse un sistema de priorización para VoIP: IP-RTP en el caso de WFQ y un sistema llamado LLQ (*Low Latency Queueing, encolamiento de baja latencia*) para CB-WFQ.

Prioridad RTP (RealTime Transport Protocol).- Hasta el momento se ha considerado un modelo de cola simple, sin embargo la figura 1.50 muestra el modelo de cola propia de un interfaz.

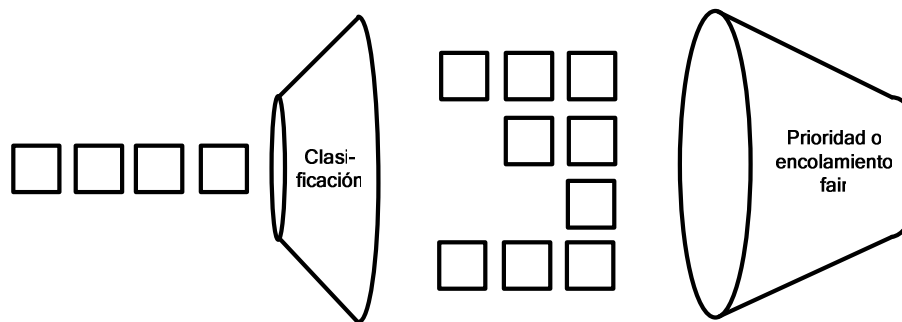


Figura 1.50 Modelo de encolamiento sencillo que puede proporcionar distribución QoS ^[1]

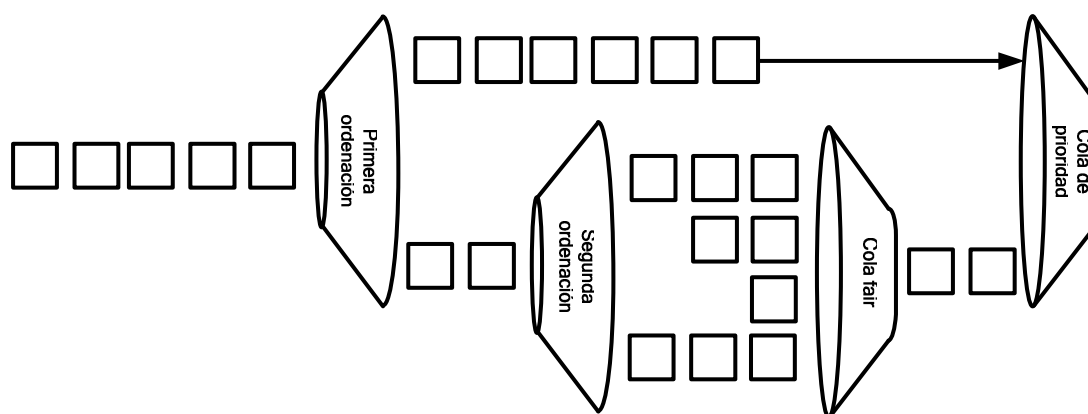


Figura 1.51 Modelo de encolamiento multi-etapa ^[1]

Como se ve en la figura 1.51 el flujo se clasifica y luego es transmitido según la prioridad que el tráfico contemplado tenga, sin embargo no se permite un tratamiento de ancho de banda equitativo para los flujos, por esta razón se implementó el modelo de encolamiento multi-etapa.

En este caso se ordena el flujo en una primera etapa en tráfico de alta y baja prioridad, el flujo de alta no puede tolerar retrasos por lo que pasa directamente a la parte final del sistema mientras que el tráfico restante forma otro flujo el cual pasa por una segunda etapa de ordenación, la cual proporciona un tratamiento equitativo a todos los datos.

En el caso de VoIP el modelo multi-etapa utiliza para la primera ordenación IP-RTP como sistema de priorización, de manera que todos los paquetes de

conversación cruzan directamente el sistema hacia el búfer (*ruta de audio*); en el caso de la segunda ordenación se ocupa WFQ o CB-WFQ que asegura el trato equitativo del tráfico.

Cabe decir que los paquetes de señalización de llamada se consideran de baja prioridad, sacando como conclusión que la señalización de llamada VoIP no usa RTP.

1.3.2.2.3 Formación y normas de tráfico ^[1]

Hasta el momento se parte del supuesto que nada de tráfico se pierde entre *routers* adyacentes, es decir el error que puede ocurrir es despreciable; sin embargo tal supuesto no es del todo realista, aún más en las populares redes *Frame Relay* en las cuales se busca enviar la mayor cantidad de datos a través del PVC (*Permanent Virtual Circuit*) en espera solo de que el descarte no sea muy grande.

Para VoIP la pérdida de paquetes es inadmisibles, por lo que se deben crear y ejecutar normas de tráfico que eviten que los paquetes de este tipo no formen parte del descarte dentro del *router*, tales normas además pueden funcionar como regulaciones de ancho de banda para aplicaciones específicas.

La formación de tráfico encola el flujo para evitar exceder las velocidades contratadas; una vez hecho esto las normas indican al *router* cómo tratar los paquetes que sobrepasan el ancho de banda que tiene el sistema. Dependiendo del paquete, éste se descarta, se almacena o se activa el bit DE (*Bit que indica que el paquete puede descartarse de ser necesario*).

Entre las normas más utilizadas se tiene:

- Velocidad de acceso suscrita (*CAR*)
- Formación de tráfico genérico (*GTS*)
- Formación del tráfico *Frame Relay* (*FRTS*)

CAR permite que el tráfico identificado no supere en mucho la velocidad promedio, esto lo hace a través de “ráfagas excesivas” que se transmiten en intervalos de tiempo mayores a la cantidad configurada, tales ráfagas no son descartadas en el proceso de clasificación, lo que aumenta el rendimiento.

FRTS es una aplicación especial de GTS, en este caso se aplica las normas en un PVC en lugar de una interfaz o subinterfaz. En ambos casos además se usa WFQ para controlar el tráfico que está en la cola formada.

1.3.2.2.4 Compresión de cabecera ^[1]

La compresión busca disminuir la cantidad de ancho de banda usada por las cabeceras, de manera que éste pueda asignarse a los datos incrementando el rendimiento del sistema; los protocolos de compresión de cabecera están a nivel de capa enlace.

Si bien para paquetes grandes el ahorro puede ser francamente despreciable, en un sistema con mucho flujo de tráfico de paquetes pequeños la cabecera puede consumir gran ancho de banda; considérese un paquete Telnet típico, por ejemplo (ver figura 1.52)

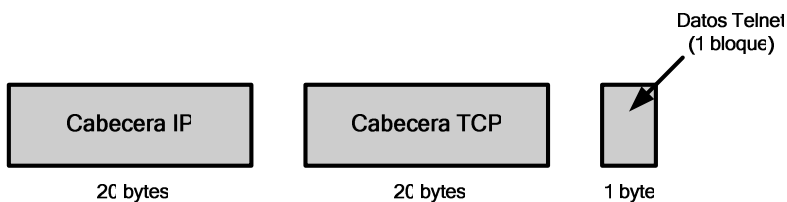


Figura 1.52 Paquete Telnet Típico con 1 byte de datos y 40 bytes adicionales ^[1]

En sistemas con este tipo de tráfico la compresión de cabecera es primordial para el rendimiento; entre los métodos de compresión más utilizados se pueden citar los siguientes:

- Compresión de cabecera TCP/IP
- Protocolo de transporte en tiempo real comprimido (*CRTP*)

La *compresión de cabecera TCP/IP* se basa en tres puntos básicos:

- Casi la mitad de la cabecera TCP/IP se mantiene constante durante la mitad de una conexión.
- La mayoría de campos que cambian durante la conexión, no lo hacen a menudo.
- Algunos campos largos o no cambian o lo hacen de manera predecible.

Básicamente el receptor recuerda las conexiones TCP guardando en caché los campos que se repiten en las conexiones activas, además los campos que cambian lo hacen en correlación con los ya enviados siendo suficiente con enviar la diferencia, permitiendo que el receptor calcule el nuevo valor del campo considerado. Finalmente el emisor no envía la suma de auto-corrección, lo que se calcula también en el destino.

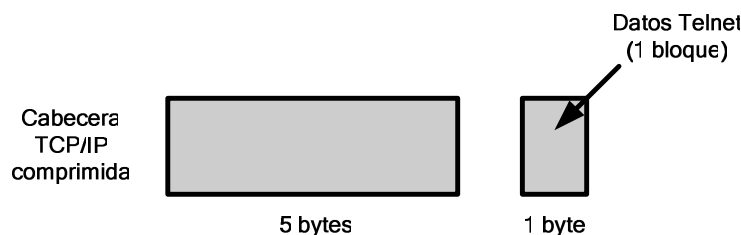


Figura 1.53 Deducción de datos adicionales de Telnet a través de compresión TCP/IP ^[1]

El *protocolo de transporte en tiempo real comprimido CRTP* aprovecha las técnicas utilizadas en compresión TCP/IP creando una cabecera propia de contexto cuya información es un resumen de todos los campos que existían en la cabecera original.

El campo resumen identifica el flujo que se transporta con lo cual se puede priorizar el paquete tanto con Prioridad RTP como con WFQ.

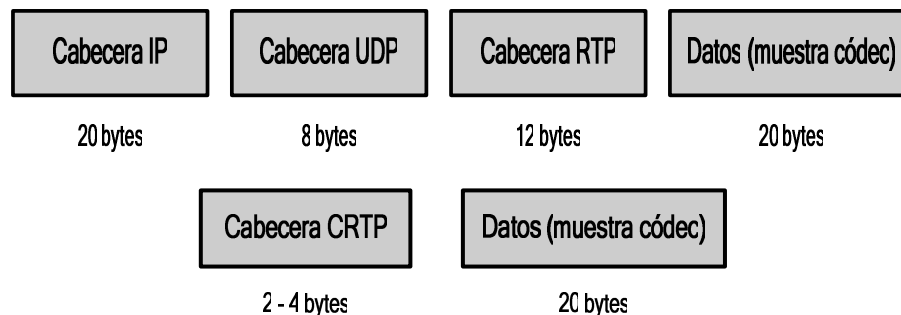


Figura 1.54 Paquete VoIP antes y después de CRTP ^[1]

1.3.2.2.5 Fragmentación e intercalado ^[1]

Si bien las técnicas de encolamiento como la priorización ayudan a proporcionar baja latencia y evitan cambios de fase para los paquetes VoIP se deben enfrentar otros obstáculos para la transmisión eficiente de estos paquetes.

Un problema es el retraso por serialización, es decir un paquete VoIP colocado al frente de la fila pero con un segmento de datos largo delante de si, que debe esperar a que este último se transmita totalmente.

En el peor de los casos este retraso es 187,5 ms lo cual es considerable. Para esto se ocupa la fragmentación e intercalado, es decir se divide al paquete largo en mini paquetes de duración definida, y se intercala los paquetes VoIP entre los mini paquetes lo que evita que éstos tengan que esperar o al menos la espera se reduzca sustancialmente; el proceso antes citado puede realizarse a varios niveles tanto en capa de red como en capa enlace.

1.3.2.2.6 Búferes de Transmisión dual FIFO ^[1]

Aún con las políticas de encolamiento, la priorización y la fragmentación, el retraso por serialización no deja de ser problema para VoIP e incluso para VoFR.

Considérese un interfaz FR con múltiples PVC, cada uno con su propia cola, aún si el paquete VoIP es enviado rápidamente al frente de la cola y llega al búfer de transmisión físico, éste deberá esperar la transmisión de segmentos de tramas

anteriores. En otras palabras, la prioridad que el paquete VoIP tenía en su PVC no es de gran ayuda una vez que llega al búfer físico de transmisión alimentado por muchos otros PVCs, si por ejemplo existen 20 circuitos virtuales, VoIP debería esperar, en el caso crítico, la transmisión de 19 paquetes antes de ser enviado.

La figura 1.55 expone el retraso por serialización en el búfer de transmisión, observándose cómo se disminuye la velocidad de los paquetes de VoIP, por motivos de transmisión de datos de los demás PVCs ya que se trata de un canal compartido.

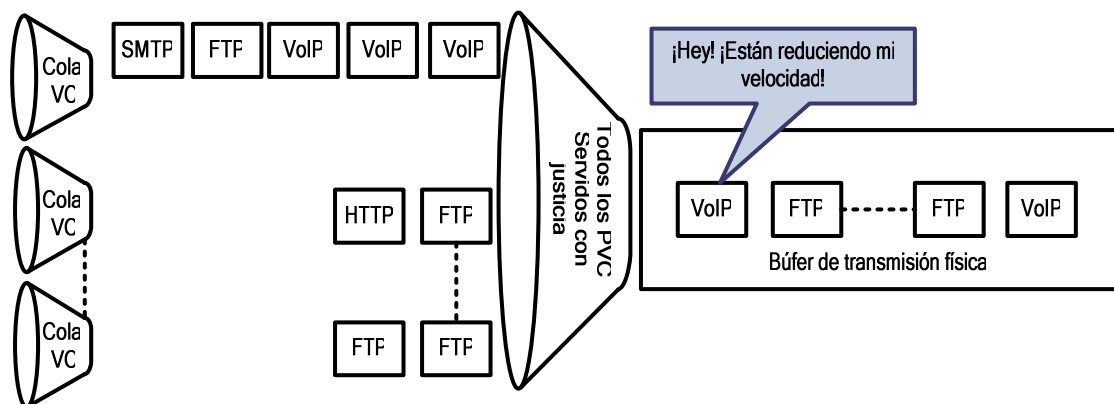


Figura 1.55 Retraso por serialización en el búfer físico de transmisión ^[1]

La solución se muestra en la figura 1.56 un búfer de transmisión de cola dual, cada cola es una simple cola FIFO (*Primero en entrar, primero en salir*), teniendo una de ellas prioridad en la transmisión, por tal cola se envían paquetes que necesitan baja latencia como VoIP o los LMI (*Mensajes de administración de interfaz*) de Frame Relay; después los paquetes que llegan al búfer de transmisión física son ordenados y transmitidos nuevamente en función de la prioridad del paquete contemplado lo que permite que el retraso sea mínimo, disminuyendo la demora por serialización.

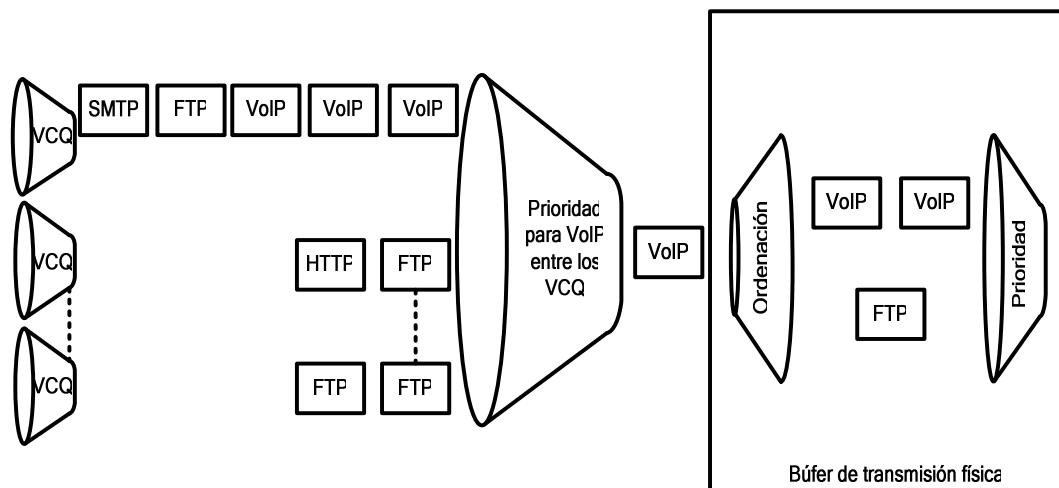


Figura 1.56 Búfer de transmisión de cola dual [1]

Básicamente todas las interfaces físicas sencillas trabajan como un búfer de transmisión de cola dual, sin embargo las tres colas previas suelen tener niveles propios de organización y priorización.

La figura 1.57 da una idea clara de los componentes que forman parte de la interfaz.

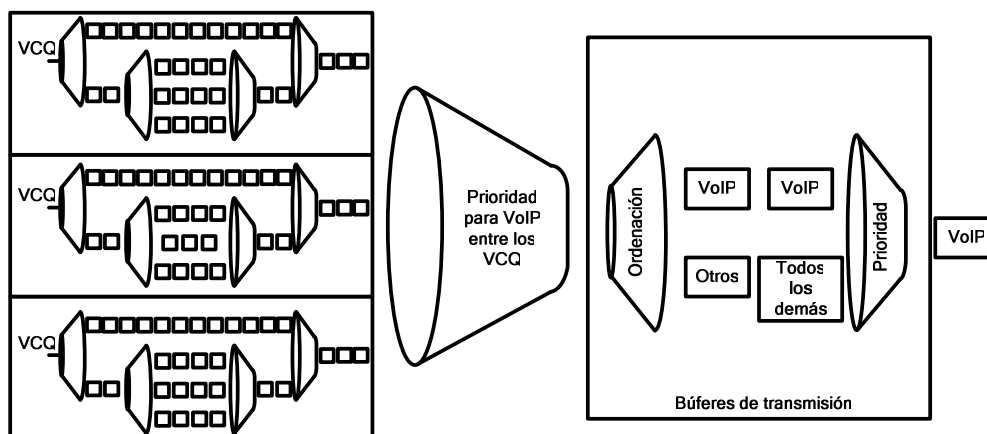


Figura 1.57 Interfaz física sencilla [1]

Índice	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA, CAPÍTULO 1
[1]	KEAGY, Scott, Integración de redes de voz y datos, tercera edición, Cisco Publication, Madrid, 2001
[2]	ALERIOS: SOFTWARE LIBRE, TELEFONÍA IP, COLOMBIA Y OTRAS Divagaciones. Telefonía IP en el entorno corporativo, http://alerios.blogspot.com/2005_10_01_alerios_archive.html
[3]	RASGADO, Eduardo. Teleinformática y Telefonía, http://us.geocities.com/v.iniestra/apuntes/telefonía/
[4]	INSTITUTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA. Telefonía, http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/telef/
[5]	Anotaciones de la Cátedra de Telefonía, Ing. Hugo Carrión
[6]	Asociación Nacional de Industriales de Redes de Telecomunicaciones. ANIRET
[7]	CASTAÑEDA, Rodolfo. Dirección de Telemática CICESE www.cudi.edu.mx/primavera_2005/presentaciones/rodolfo_castaneda.pdf
[8]	FUNDACIÓN ESCUELA LATINOAMERICANA DE REDES, Práctica VoIP. www.eslared.org.ve/walc2004/apc-aa/archivos-aa/1e60354f4717edb9fb793dbc5219499d/VoIp_practica.doc
[9]	LÓPEZ, José, Fundamentos de voz sobre IP, www.personal.us.es/ango/docencia/swcom/trabajos/resumenes/G13_resumen_volIP.doc
[10]	MONTAÑANA, Rogelio. Ethernet: de 2,94 a 1000 Mbps en 25 años. http://www.rediris.es/rediris/boletin/49/enfoque3.html
[11]	JOSCOWICZ, José. Redes corporativas http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/redcorp/material/2004/Presentacion%20Redes%20de%20Datos%202004%20(3%20laminas%20por%20pagina).pdf
[12]	Folleto de telemática del Ing. Pablo Hidalgo
[13]	UNIVERSIDAD DE OVIEDO, ÁREA DE INGENIERÍA TELEMÁTICA. Fundamentos de transmisión de datos, www.it.uniovi.es/material/cursos/InternetNG_EU_072005/voipcursoV3.pdf



CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2: REQUERIMIENTOS Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

2.1 ANÁLISIS DE LA RED EXISTENTE Y OBTENCIÓN DE REQUERIMIENTOS

Antecedentes

La red de datos de la EPN (*Polired*), fue implementada en 1993 mediante una configuración en anillo de fibra óptica para la interconexión de los diferentes edificios del campus; la tecnología utilizada fue FDDI (*Interfaz de Datos Distribuidos Sobre Fibra*).

Debido a problemas de conectividad, en 1999 se adquiere un *Router Switch* IBM 8274, el cual se convierte en el nodo central de la red transformando la topología de anillo en una topología en estrella, recibiendo este *router* todos los enlaces de fibra óptica existentes en la EPN.

En la primera fase de implementación de la *Polired*, se contrató el servicio de acceso a Internet a una tasa de 9.6 Kbits/s a través de la empresa Ecuonet. La tabla 2.1 muestra el incremento de este servicio conforme la evolución de la red.

Tasa de transmisión	Empresa	Año
9,6 Kbits/s	Ecuonet	1993
14,4 Kbits/s	Ecuonet	1994
28,8 Kbits/s	Ecuonet	1997
32 Kbits/s	Cyberweb	1999
192 Kbits/s	Cyberweb	2000
320 Kbits/s	Bellsouth	2001
512 Kbits/s	Bellsouth	2002
256 Kbits/s	Impsat	2003
1 Mbits/s	Impsat	2003
3,3 Mbits/s	Impsat	2003
3,5 Mbits/s	Telconet	2005

Tabla 2.1 Incremento del acceso al servicio de Internet³

³ Fuente: Centro de Cómputo de la Unidad de Gestión de la Información (UGI)

En el 2005, debido a problemas de escalabilidad, seguridad y vulnerabilidad en el nodo central de la red (*Router Switch IBM 8274*) se decide re-estructurar la Polired; para este fin se desarrolló un diseño de red jerárquico, siendo *CISCO SYSTEMS* la marca de los equipos de conectividad de la red.

Al 2006, el servicio de acceso a Internet lo sigue prestando la empresa Telconet a una tasa de 4.122 Mbits/s, siendo este tráfico de suma importancia respecto a la utilización de la red de datos.

2.1.1 ESTADO ACTUAL DE LA RED DE DATOS DE LA EPN (Polired)

A octubre de 2006, la Escuela Politécnica Nacional posee una infraestructura en cuanto a sus equipos predominantemente de la marca *CISCO*; se emplea un modelo de tipo jerárquico, el cual divide el funcionamiento de la red en tres capas: núcleo, distribución y acceso. En la figura 2.1 se muestra el diagrama lógico y la longitud de los principales enlaces de la red de datos.

La Polired se encuentra dividida en zona norte y zona sur, las cuales son definidas de acuerdo a los enlaces hacia cada uno de los *switches* de *core*. La tabla 2.2 describe en qué zonas se encuentran cada una de las dependencias de la EPN.

Dependencias de la Parte Sur <i>Switch core</i> de la UGI (cugi)	Dependencias de la Parte Norte <i>Switch core</i> de química (cquimica)
Administración	Ingeniería Eléctrica
Ingeniería Civil	Ingeniería Química
Casa Mata (CIAP)	Ingeniería Mecánica
Escuela de Postgrado (EPCAE)	Ingeniería en Sistemas
Abastecimientos	ESFOT
Museo	Instituto de Ciencias Básicas (ICB)
Departamento de Medio Ambiente (CICAM)	Ingeniería en Geología, Minas y Petróleos
Ingeniería Ambiental	Alimentos y Biotecnología

Tabla 2.2 Zonas de cobertura de la Polired

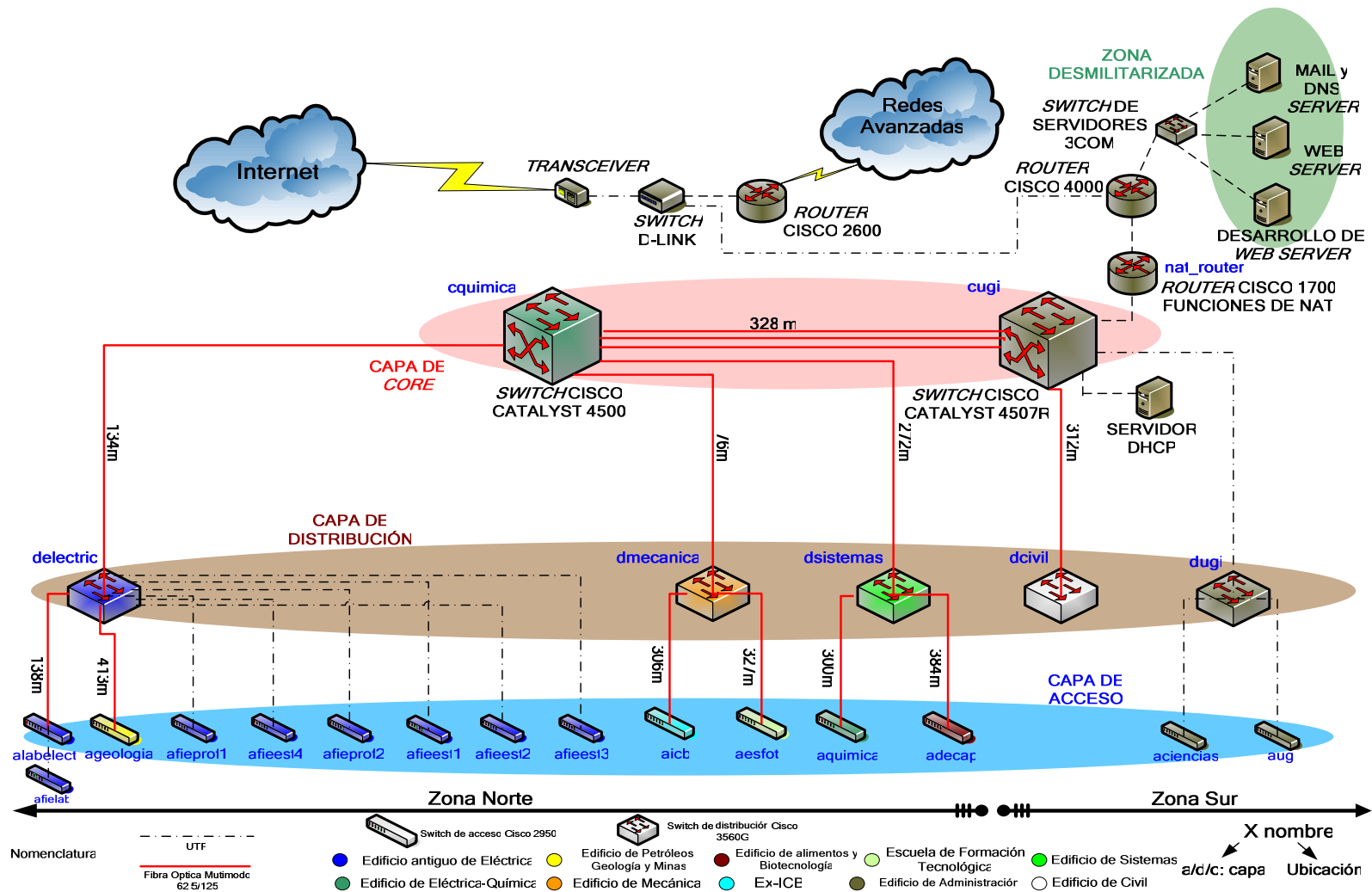


Figura 2.1 Diagrama lógico de la Polired

Como se puede observar en la figura 2.1 la red de datos está formada por 2 *switches* de *core*, 5 *switches* de distribución y 15 *switches* de acceso. El nombre de cada uno de ellos está constituido por una letra, característica del nivel de funcionamiento y la parte restante de la denominación va acorde a la ubicación del dispositivo; por ejemplo el *switch* “dugi”, es un *switch* de distribución (*d*), ubicado en la Unidad de Gestión de la Información (*UGI*) del Edificio de Administración.

La EPN posee una red avanzada que se usa para realizar videoconferencias, demostraciones y dictar seminarios. Los usuarios internos de la Polired no pueden conectarse a ella, debido a que el *router* Cisco 2600 no soporta BGP (*Protocolo de Gateway Fronterizo*), necesario para enrutar los datos a través de la red y fuera de la misma.

Capa de acceso.- Está conformada por quince *switches* CISCO de la serie Catalyst 2950, los mismos que conmutan paquetes a nivel de capa dos del modelo OSI (*Sistema de Interconexión Abierta*), con velocidad de 6 Mpps (*paquetes por segundo*), velocidad de *backplane* de 8 Gbits/s y capacidad para calidad de servicio QoS, necesario para Telefonía IP.

Nivel de conmutación	2.
Velocidad de conmutación de paquetes	6 Mpps
Velocidad de <i>backplane</i>	8 Gbits/s.
MAC soportadas	8K
ACLs de nivel	2.
Maneja hasta 1000 VLANs	(Protocolo 802.1q)
Manejo de enlaces	<i>Trunking</i> .
Monitoreable	(SNMP V1,V2, V3, RMON (4 grupos Alarmas, Eventos, Estadísticas, e Historia), MIB II)
<i>Spanning Tree Protocol</i>	(802.1D)
Protocolo 802.1X	
QoS	(802.1p), 2 colas por puerto físico
MTBF (<i>Middle Time between fail</i>)	200000 horas
Número de puertos habilitados:	24 puertos 10/100
	2 puertos GBIC-SX

Tabla 2.3 Características de los *switches* de acceso Cisco 2950⁴

⁴ Fuente: Descripción técnica para adquisición de nuevos equipos.- Centro de Cómputo UGI

Esta capa se encarga de realizar funciones como:

- Filtrado y microsegmentación de la capa MAC (*Media Access Control*)
- Asociación de VLAN (*Virtual Local Area Network*)
- Proporcionar a los usuarios o grupos de trabajo acceso a la red

El filtrado de la capa MAC permite a los *switches* dirigir las tramas sólo hacia el puerto al que se encuentra conectado el dispositivo destino, optimizando el ancho de banda disponible.

En los *switches* de acceso, se encuentran asociadas las VLANs, con uno o varios de sus puertos. De esta forma se planifica el número de usuarios por cada VLAN existente, la cual resulta deficiente debido a que en la mayoría de dependencias de la EPN el número de puertos provistos por los *switches* de acceso no son suficientes, razón por la cual se utiliza hubs, *switches* en cascada o *access points* para dar acceso a la red. Este crecimiento desorganizado implica:

- Creación de subredes aisladas y servidores *PROXYs*
- Incremento considerable y desordenamiento de usuarios
- Anchos de Banda compartidos
- Inestabilidad y bajo desempeño de la red.

Capa de distribución.- Esta capa la conforman cinco *switches* Cisco *Catalyst* 3560G, los cuales operan en los niveles 2, 3 y 4 del modelo OSI. Conmutan los paquetes con velocidad de 21 Mpps, tienen una velocidad de *backplane* de 28 Gbits/s; pueden administrar hasta 1000 VLANs, tienen capacidad para entregar calidad de servicio (QoS) y asignación de ancho de banda necesario para reconocer, priorizar y clasificar tráfico de Telefonía IP.

Esta capa delimita una frontera en donde se pueda realizar la manipulación de paquetes. En esta capa se segmenta la red en dominios de *broadcast*, se aplican políticas y listas de control de acceso (*ACLs*), además de aislar problemas de la capa de acceso a la capa núcleo. Dichas funciones se resumen en:

- Definición de *broadcast* y *multicast*
- Enrutamiento entre VLANs

Nivel de conmutación	2, 3, 4
Velocidad de conmutación de paquetes	21 Mpps
Velocidad de <i>backplane</i>	28 Gbits/s
Manejo de 1000 VLANs (802.1q)	
MACs soportadas	12K.
ACLs de nivel 2, 3 y 4	
QoS de nivel 2, 3 y 4 (calidad de servicio por puerto, 802.1p, <i>DiffServ</i> (servicio diferenciado), priorización TCP/UDP y asignación de ancho de banda)	
4 colas por cada puerto físico de manera que se pueda asignar QoS sobre cada cola.	
Manejo de enlaces	<i>Trunking</i> .
<i>Spanning-Tree Protocol</i>	IEEE 802.1D
IP versión 6	
Manejo de QoS para reconocer, priorizar y clasificar tráfico de VoIP	
Manejo de QoS para reconocer, priorizar y clasificar tráfico de Telefonía IP	
MTBF	140000 horas
Monitoreable (SNMP V1, V2, V3, RMON (4 grupos: Historial, Alarmas, Eventos y Estadísticas), MIB II)	
Número de puertos habilitados	24 puertos 10/100/1000Base-T
	4 puertos GBIC

Tabla 2.4 Características de los *switches* de distribución Cisco *Catalyst 3560G*⁵

Para la administración de las VLAN cada *switch* de distribución forma un dominio VTP (*Protocolo de enlace troncal de VLAN*). El rol de VTP es mantener la configuración de VLAN de manera unificada en todo un dominio administrativo de red. VTP es un protocolo de mensajería que usa tramas de enlace troncal de capa 2 para agregar, borrar y cambiar el nombre de las VLAN en un solo dominio; también admite cambios centralizados que se comunican a todos los demás *switches* de la red.

Cada *switch* puede trabajar como cliente o servidor VTP; los clientes notifican los cambios en las VLANs, mientras que los servidores pueden: crear, modificar y actualizar la información de las VLANs existentes en su dominio.

⁵ Fuente: Descripción técnica para adquisición de nuevos equipos.- Centro de Cómputo

En la Polired existen cinco dominios VTP, uno por cada *switch* de distribución, trabajando todos como servidores VTP; los *switches* de acceso conectados a ellos están configurados como clientes. De esta forma se optimiza la implementación y configuración de VLANs en la capa de acceso.

Los *switches* de distribución enrutan VLANs, de su propio dominio VTP. Para tener conectividad entre las LAN virtuales de diferentes dominios éstas se enrutan a través de los *switches* de *core*.

Capa de Core.- Está conformada por dos *switches* de Core Cisco *Catalyst* 4500 y 4507R, trabaja en los niveles 2, 3 y 4 del modelo OSI, con velocidad de conmutación de 48 Mpps, una velocidad de *backplane* de 64 Gbits/s; maneja 4096 VLANs y al igual que los *switches* de distribución posee QoS y asignación de ancho de banda necesario para reconocer, priorizar y clasificar tráfico de Telefonía IP.

En la capa de *core* están creados segmentos LAN únicos (*zona norte y sur*), en los cuales se encuentran conectadas las diferentes dependencias de la EPN. Los *switches* de *core* permiten la comunicación entre las zonas basados en las direcciones de capa 3; es decir el funcionamiento de estos dispositivos permite la segmentación de la LAN en redes lógicas y físicas exclusivas.

Los *switches* de *core*, forman el *backbone* principal de la Polired, a través de fibra óptica multimodo de 62.5/125 μm ; la transmisión de datos a través del *backbone* se la realiza a tres vías mediante tres enlaces (*6 hilos de fibra óptica*). En el caso de fallo en uno de los enlaces, la carga se equilibra en los enlaces restantes, función que la realiza el supervisor incorporado en el *software* de los *switches*.

Otra de las funciones del supervisor es tomar el control en alguno de los dos *switches* de *core*, en caso de mal funcionamiento de uno de ellos, pero esta opción no se la puede emplear puesto que no se cuenta con redundancia total entre los enlaces de los *switches* de *core* y distribución.

En la tabla 2.5 se describen las características de los *switches* de *core* que forman parte de la Polired.

Nivel de conmutación	2, 3 y 4.
Velocidad de conmutación de paquetes:	48 Mpps
Velocidad de <i>backplane</i>	64 Gbits/s
Fuente de poder redundante	
Soporte para tarjeta supervisora redundante	
MACs soportadas	30K.
Manejo de 4096 VLANs (802.1q)	
ACLs de nivel	2, 3 y 4
QoS de nivel 2, 3 y 4 (calidad de servicio por puerto, 802.1p, <i>DiffServ</i> , priorización TCP/UDP, asignación de ancho de banda).	
4 colas por cada puerto físico de manera que se pueda asignar QoS sobre cada cola.	
<i>Routing</i> : Estático, dinámico RIP I y II, <i>IPRouting</i>	
Módulos <i>Hot-swap</i>	
Protocolo 802.1X	
Manejo de enlaces <i>Trunking</i>	
<i>Spanning-Tree Protocol</i> , IEEE 802.1D	
Soporte de 9k <i>Jumbo Frames</i>	
Enrutamiento IP version 6	
IP <i>Multicast</i>	
Manejo de QoS para reconocer, priorizar y clasificar tráfico de VoIP	
Manejo de QoS para reconocer, priorizar y clasificar tráfico de Telefonía IP	
Monitoreable (SNMP V1, V2, V3, RMON (4 grupos: Historial, Alarmas, Eventos y Estadísticas), MIB II)	
Número de puertos habilitados	5 puertos GBIC-LX
	2 puertos GBIC-SX

Tabla 2.5 Características de los *switches* de *core*⁶

2.1.1.1 Elementos activos

A continuación se analizan los elementos activos que conforman la base de la Polired, no se estudian los dispositivos de las diferentes dependencias de la EPN, ya que la implementación de voz sobre IP está centrada en el dimensionamiento de los enlaces hacia el nivel de *core* y *backbone* principal.

⁶ Fuente: Centro de Cómputo - Descripción técnica para adquisición de nuevos equipos.

2.1.1.1.1 Dispositivos de conectividad

Elemento/Nombre	Modelo	Interfaces (Usadas, disponibles)	Conexión o Nivel
<i>Router</i>	Cisco 2600	(4,0)	Acceso WAN Redes Avanzadas
<i>Router</i>	Cisco 4000	(4,8)	Acceso WAN
<i>Router/(nat_router)</i>	Cisco 1700	(2,0)	Al <i>router</i> Cisco 4000
<i>Switch/(cugi)</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 4507R	(7,25)	<i>Core</i>
<i>Switch/(cquimica)</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 4500	(6,2)	<i>Core</i>
<i>Switch/delectrica</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 3560G	(21,7)	Distribución
<i>Switch/dsistemas</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 3560G	(22,6)	Distribución
<i>Switch/dcivil</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 3560G	(13,15)	Distribución
<i>Switch/dugi</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 3560G	(21,7)	Distribución
<i>Switch/dmecanica</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 3560G	(17,11)	Distribución
<i>Switch/alabelec</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 2950	(7,19)	Acceso
<i>Switch/ageologia</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 2950	(7,19)	Acceso
<i>Switch/aafieprof1</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 2950	(7,19)	Acceso
<i>Switch/afielab</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 2950	Se los usa para laboratorios, por tal razón tiene un funcionamiento variable, lo que impide determinar el número de interfaces activos.	Acceso
<i>Switch/afieest4</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 2950		Acceso
<i>Switch/afieprof2</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 2950		Acceso
<i>Switch/afieest1</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 2950		Acceso
<i>Switch/afieest2</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 2950		Acceso
<i>Switch/afieest3</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 2950		Acceso
<i>Switch/aicb</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 2950	(5,21)	Acceso
<i>Switch/aesfot</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 2950	(9,17)	Acceso
<i>Switch/aquimica</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 2950	(13,13)	Acceso
<i>Switch/adecap</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 2950	(2,24)	Acceso
<i>Switch/aciencias</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 2950	(11,15)	Acceso
<i>Switch/augi</i>	Cisco <i>Catalyst</i> 2950	(15,11)	Acceso
<i>Switch</i>	3COM	(5,19)	VLANs de servidores
<i>Switch</i>	D-Link	(4,8)	Al <i>transceiver</i>

Tabla 2.6 Elementos de conectividad de la Polired⁷

Los *switches* de acceso, distribución y *core* fueron adquiridos en el 2005, por lo cual se encuentran en buen estado y no constituyen una deficiencia en la red. Los *routers* (Cisco 1700, 2600 y 4000) hacia el ISP y redes avanzadas, ya tienen varios años de funcionamiento, razón por la cual su rendimiento se ve afectado y ocasiona en varios casos la interrupción del servicio de Internet. Algunos de estos problemas se deben a la saturación de los búferes de memoria y al deterioramiento de los circuitos electrónicos.

⁷ Fuente: Centro de Cómputo UGI y Reportes del software PRTG

Por ejemplo, el *nat_router* realiza el NAT (*Network Address Translation*) para el acceso a la red pública Internet. Al ser este servicio el más utilizado, exige mayor capacidad de procesamiento de este dispositivo, ocasionando en algunos casos el bloqueo del mismo y consecuentemente la suspensión del acceso a Internet, constituyéndose en un elemento crítico de la red.

El ISP (*Proveedor de Servicios de Internet*) se interconecta a la Polired, a través de fibra óptica, motivo por el cual se emplea un convertidor de medio (*transceiver*) a cobre, para conectar el enlace al *switch* D-Link.

Los equipos que se encuentran en el Centro de Cómputo, están protegidos por un UPS (*Uninterruptible Power Supply*), APC Smart UPS 2200, con soporte de energía de 2 KW, que proporciona con la carga actual aproximadamente 10 minutos⁸ para que los equipos se desactiven correctamente.

2.1.1.1.2 Módulo de servidores

A los servidores se los puede clasificar como servidores empresariales y de grupo de trabajo. El servidor de grupo de trabajo soporta un conjunto específico de usuarios (*dependencias de la EPN, asociaciones de estudiantes, laboratorios*) y ofrece servicios como: procesamiento de texto, servidores *proxys* y capacidades de archivos compartidos; tales funciones se ocupan a nivel de acceso lo cual no influye en el dimensionamiento de red integrada de voz y datos, razón por la cual este tipo de servidores no serán analizados.

Un servidor empresarial soporta a todos los usuarios en la red, ofreciendo servicios como: correo electrónico, *DNS* o Protocolo de Configuración Dinámica de Host (*DHCP*); dichos servicios son requeridos por la mayoría de usuarios, por ser funciones centralizadas. En la tabla 2.7 se detallan las características de los servidores empresariales de la Polired.

⁸ Fuente: Centro de Cómputo de la UGI

Servidor	Sistema operativo	Almacenamiento [Gbytes]	Memoria RAM [Kbytes]	Procesador	Velocidad de la tarjeta de red [Mbps/s]
WEB Server	Linux, CentOS 2.0.52	8	512	Pentium III	100\10
Desarrollo de WEB Server	Windows 2003 Enterprise	60	256	Pentium IV	100\10
DNS y Mail Server	Linux, Red Hat 3,3	20	256	Pentium III	100\10
DHCP	Windows Server 2003	80	256	Pentium IV	100\10
Monitoreo	Windows XP Professional	40	256	Pentium III	100\10

Tabla 2.7 Servidores empresariales de la EPN

WEB Server.- Es el servidor con mayor demanda en la EPN, los usuarios internos y externos lo utilizan para acceder a consultas y bases de datos de calificaciones; este último servicio no está implementado en toda la EPN, por lo cual no todas las facultades pueden disponer del mismo. En el servidor WEB, se encuentran todos los datos acerca de los eventos, matrículas, carreras, etc., de la EPN, la información puede accederse a través del Internet mediante la página electrónica www.epn.edu.ec.

Las modificaciones y actualizaciones de la página WEB, se las hace en primera instancia, en un servidor aislado llamado *Desarrollo de WEB Server*; cuando se encuentran listas las páginas, son implementadas en el WEB Server. Con esto se evita la suspensión de la página electrónica de la EPN debido a problemas de programación.

La página WEB se encuentra programada en PHP/4.3.9 (*Hypertext Preprocessor, lenguaje en script para creación de páginas WEB*) e implementada en un servidor Apache bajo *Linux Centos 2.0.52* sin compresión de datos, ocasionando un mayor gasto de ancho de banda y tiempo de descarga.

La tabla 2.8 muestra los diferentes niveles de compresión que permite el servidor Apache y los tiempos de descarga de la página en caso de estar activados en el

mismo. Por ejemplo para un nivel de compresión de 2 y un canal de usuario de 10 Kbits/s, la descarga de una página desde el servidor WEB tardaría 0.8 segundos.

Nivel de compresión	Volumen de datos [bytes]	% del Tamaño original	Tiempo de descarga [s] en función del Canal de usuario			
			1kbit/s	3.5kbits/s	10kbits/s	100kbits/s
0	37640	100.0425	36.8	10.5	3.7	0.4
1	8333	22.1481	8.1	2.3	0.8	0.1
2	8136	21.6245	7.9	2.3	0.8	0.1
3	8046	21.3853	7.9	2.2	0.8	0.1
4	7647	20.3248	7.5	2.1	0.7	0.1
5	7543	20.0484	7.4	2.1	0.7	0.1
6	7414	19.7055	7.2	2.1	0.7	0.1
7	7423	19.7294	7.2	2.1	0.7	0.1
8	7409	19.6922	7.2	2.1	0.7	0.1
9	7408	19.6896	7.2	2.1	0.7	0.1

Tabla 2.8 Niveles de compresión y tiempos de descarga para la página WEB www.epn.edu.ec ⁹

La utilización de compresores implica mayor uso de recursos del servidor; a cambio optimiza la navegación de los usuarios finales en la página electrónica de la EPN.

DNS (Sistema de resolución de dominios) y Mail Server.- El DNS es un sistema para asignar nombres a equipos y servicios de red que se organiza en una jerarquía de dominios. DNS es una base de datos distribuida que traduce los nombres de los *hosts* a direcciones IP y viceversa; así como un mecanismo estándar en Internet para el almacenamiento de otro tipo de información sobre los *hosts* (por ejemplo, información del host que se hace cargo de recibir un mail en caso de que otro no pueda hacerlo).

El DNS y Mail Server está implementado bajo una plataforma Linux y en un mismo equipo. El DNS Server “named” define un dominio de zona (*resuelve la dirección IP para un dominio en particular*) “*server.epn.edu.ec*” que se usa principalmente para la implementación del correo electrónico y necesario para la configuración de

⁹Fuente: <http://leknor.com/code/>, permite analizar si una página está comprimiendo sus datos

los MUA (*Mail User Agent, Agentes de usuario de correo*) como: Outlook, Pegassus, Evolution, etc. Cabe mencionar que el servidor DNS de cache (*resuelve las direcciones IPs para un conjunto de dominios que se pueden almacenar en la memoria RAM del servidor*) se activa por defecto al inicializar el “named”. En la Polired no se ha difundido este servicio que puede ahorrar tiempo de descarga al momento de navegar por Internet, ya que este servidor contesta las peticiones de DNS sin necesidad de que cada host lo haga mediante los DNS de zona de Internet, saturando al mismo tiempo el enlace contratado para navegar por la WEB.

Los dos servidores DNS que definen la dirección IP del dominio público “*www.epn.edu.ec*” son propiedad de Telconet¹⁰, a saber: *uio.telconet.net* (con dirección IP 200.93.216.5) e *io.telconet.net* (con dirección IP 200.93.216.2); estos servidores comparten la misma subred e infraestructura, lo cual implica:

- Un punto de falla física en común, puesto que problemas que afecten la arquitectura del edificio afectará a ambos DNS Servers; es decir que a pesar de que el WEB Server de la EPN esté funcionando correctamente, el acceso a la página a través de la Internet no sería posible debido a que no existiría resolución de dominio hacia *www.epn.edu.ec*.
- Puntos de falla lógicos en común, al usar *trace route* se envían solicitudes de respuesta (*utilizando los valores de tiempo de existencia TTL; si este valor es superado se considera el destino como inalcanzable*) a todos los routers que forman parte del camino hacia el destino definido en el comando (en este caso los servidores DNS de Telconet). Las coincidencias de direcciones IP mostradas en la figura 2.2 se traducen como conexión de ambos servidores de Telconet a los mismos dispositivos; es decir un fallo en estos elementos ocasionaría la caída de los dos DNS Servers, dejando sin resolución de dominio a *www.epn.edu.ec*

¹⁰ Fuente: www.nic.ec. Página de verificación de servidores de dominio a través de la dirección URL.

```

C:\>tracert 200.93.216.2 -----> io.telconet.net
Traza a la dirección uio.telconet.net [200.93.216.2]
sobre un máximo de 30 saltos:
 1 <1 ms <1 ms <1 ms 192.168.0.1 *
 2 1 ms <1 ms 1 ms host-200.93.216.253.uio.telconet.net [200.93.216
.253]*
 3 <1 ms <1 ms <1 ms uio.telconet.net [200.93.216.2]*
Traza completa.

C:\>tracert 200.93.216.5 -----> uio.telconet.net
Traza a la dirección io.telconet.net [200.93.216.5]
sobre un máximo de 30 saltos:
 1 <1 ms <1 ms <1 ms 192.168.0.1 *
 2 1 ms <1 ms 1 ms host-200.93.216.253.uio.telconet.net [200.93.216
.253]*
 3 1 ms 1 ms <1 ms io.telconet.net [200.93.216.5]*
Traza completa.

*Direcciones IP comunes en las rutas hacia los servidores DNS de Telconet,
lo que indica conexión a routers comunes.

```

Figura 2.2 Resultado del *trace route* para los DNS Servers de zona de la EPN

El sistema de correo electrónico trabaja con *Linux*, mediante el paquete *Sendmail* (MTA, agente de transporte de correo electrónico) incorporado en el sistema operativo. Este servidor presenta problemas de *software* y *hardware* que se detallan a continuación:

- *Sendmail*, no es un agente de correo muy robusto y originalmente no fue diseñado para manejar un gran número de usuarios; de ahí que en algunos casos se interrumpa o se sature el servicio de correo, debido a la falta de un mecanismo de colas eficiente (*correo de los usuarios almacenados en el servidor y pendientes a ser enviados a su destino*).
- El *hardware* del servidor se encuentra en malas condiciones, siendo ésta la razón principal para la pérdida del servicio.
- No se cuenta con un MTA de respaldo que tome el control en caso de fallar el servidor principal de correo.
- No cumple con requerimientos de: disponibilidad, autenticidad, confidencialidad, integridad, control de virus y *anti-spam* (*correo no deseado*).

- Soporta POP3 (*Post Office Protocol, versión 3*) e IMAP (*Mail Access Protocol*) como protocolos de recepción de correo; la mayoría de usuarios utilizan POP3 en sus MUAs. (*Con IMAP se consulta los mails en el servidor, POP3 descarga todos los correos en el equipo del usuario, y los borra del servidor*).

Actualmente, el sistema de correo electrónico lo conforman aproximadamente 600 usuarios, las cuentas de *mail* no poseen límite de almacenamiento.

DHCP Server (Servidor de Configuración Dinámica de Host).- Proporciona a los *hosts (clientes)* una forma dinámica de configuración (*que incluye la dirección IP*), al momento de conectarse a la Polired.

Cabe indicar que existen equipos obsoletos (*PCs*) que no pueden capturar la dirección del servidor DHCP, por lo cual se los configura con direcciones estáticas IP, provocando desorganización en la red.

El servidor DHCP, se basa en dominios VTP para asignar dinámicamente las direcciones a los usuarios de red; cada uno de los dominios se considera una subred y en cada subred existen 6 VLANs. En total se da servicio a 30 VLANs, distribuidas en 5 subredes físicas, tal como muestra la tabla 2.9.

Actualmente 1014 equipos obtienen la configuración IP a través del DHCP Server y consecuentemente acceso a la Polired; contrastando esta cifra (*1014*) con la capacidad máxima de puertos en los *switches* de acceso CISCO 2950 (*24 puertos, multiplicado por los 15 que forman el módulo de acceso y suponiendo que se tendría un PC por cada puerto*), se obtiene un límite de 360 equipos conectados directamente a la red de datos, lo que quiere decir que la mayoría de *hosts* conectados a la Polired lo hacen por medio de *hubs* y *switches* en cascada, ya que sería la única forma de tener la cantidad de IPs mostradas por el DHCP, corroborando de este modo la desorganización en el crecimiento de la red a nivel de acceso.

Número de Dominio VTP	[VLAN]Nombre	IPs por VLAN	IPs por VTP
Local	[172.31.4.0] Local		
1 Eléctrica	[172.31.9.0] profesor-electrica	158	282
	[172.31.10.0] estudiante-electrica	110	
	[172.31.11.0] investigacion-electrica	11	
	[172.31.12.0] administrativo-electrica	2	
	[172.31.13.0] sae-electrica	1	
2 Mecánica	[172.31.17.0] profesor-mecanica	72	178
	[172.31.18.0] estudiante-mecanica	60	
	[172.31.19.0] investigacion-mecanica	9	
	[172.31.20.0] administrativo-mecanica	27	
	[172.31.21.0] sae-mecanica	10	
3 Sistemas	[172.31.24.0] monitoreo-sistemas	0	184
	[172.31.25.0] profesor-sis	15	
	[172.31.26.0] estudiante-sistemas	34	
	[172.31.27.0] investigacion-sistemas	26	
	[172.31.28.0] administrativo-sistemas	26	
	[172.31.29.0] sae-sistemas	13	
	[172.31.30.128] profesor	70	
4 Civil	[172.31.32.0] monitoreo-civil	0	93
	[172.31.33.0] profesor-civil	59	
	[172.31.34.0] estudiante-civil	30	
	[172.31.35.0] investigacion-civil	1	
	[172.31.36.0] administrativo-civil	2	
	[172.31.37.0] sae-civil	1	
5 Administración	[172.31.40.0] monitoreo-ugi	0	277
	[172.31.41.0] profesor-ugi	45	
	[172.31.42.0] estudiante-ugi	145	
	[172.31.43.0] investigacion-ugi	14	
	[172.31.44.0] administrativo-ugi	72	
	[172.31.45.0] sae-ugi	1	
Total de IPs			1014

Tabla 2.9 Clientes DHCP¹¹

Servidor de Monitoreo.- Su *hardware* no corresponde a los requerimientos de un servidor, razón por la cual su desempeño no es óptimo.

Mediante el *software* MRTG (*Multi Router Traffic Grapher*) se monitorean los enlaces, que van desde y hacia los dispositivos de conectividad ubicados en el

¹¹ Fuente: Reportes del servidor DHCP al 16 de Octubre de 2006

Centro de Cómputo (*cugi*, *dugi*, *router_nat*, *router's Cisco 2600 y 4000*). El MRTG permite obtener reportes de tráfico promedio por día, mes y año de los enlaces monitoreados. De igual forma proporciona información del consumo de ancho de banda, capacidad de procesamiento y estado de los búferes del equipo analizado. MRTG no muestra el funcionamiento de la red a tiempo real, por lo que la información generada por el programa no es de gran ayuda al momento de diagnosticar fallas.

2.1.1.2 Elementos pasivos

La figura 2.1 muestra los tendidos de fibra óptica y UTP a lo largo de la EPN. El *backbone* principal une el *switch* de *core* “cquímica” ubicado en el Edificio de Eléctrica-Química con el *switch* de *core* “cugi” ubicado en el Centro de Cómputo del Edificio de Administración, a través de dos cables que contienen 8 hilos de 62.5/125 μm multimodo¹² cada uno.

La tabla 2.10 muestra el número de fibras y longitud del tendido de fibra óptica utilizada en la Polired.

Enlace	Longitud(m)	# de fibras(conectorizadas, utilizadas)
cquimica-cugi	328	16 (16,14)
cugi-dcivil	230	8(6,2)
cquimica-dsistemas	272	12(8,4)
cquimica-dmecanica	76	8(6,2)
cquimica-delectrica	134	8(6,2)
delectrica-ageologia	413	8(6,2)
delectrica-alabelect	138	8(6,2)
dmecanica-aicb	306	8(6,2)
dmecanica-aesfot	327	8(6,2)
dsistemas-aquimica	300	8(6,2)
dsistemas-adeicap	358	8(6,2)

Tabla 2.10 Enlace de fibra óptica en la EPN¹³

¹² Fuente: Díaz Ulloa, Maya Dávila, “Reingeniería de la Red de Campus de la Escuela Politécnica Nacional considerando los criterios de calidad de servicio”, pág 69

¹³ Fuente: Centro de Cómputo y Díaz Ulloa, Maya Dávila, “Reingeniería de la Red de Campus de la Escuela Politécnica Nacional considerando los criterios de calidad de servicio”, pág 72.

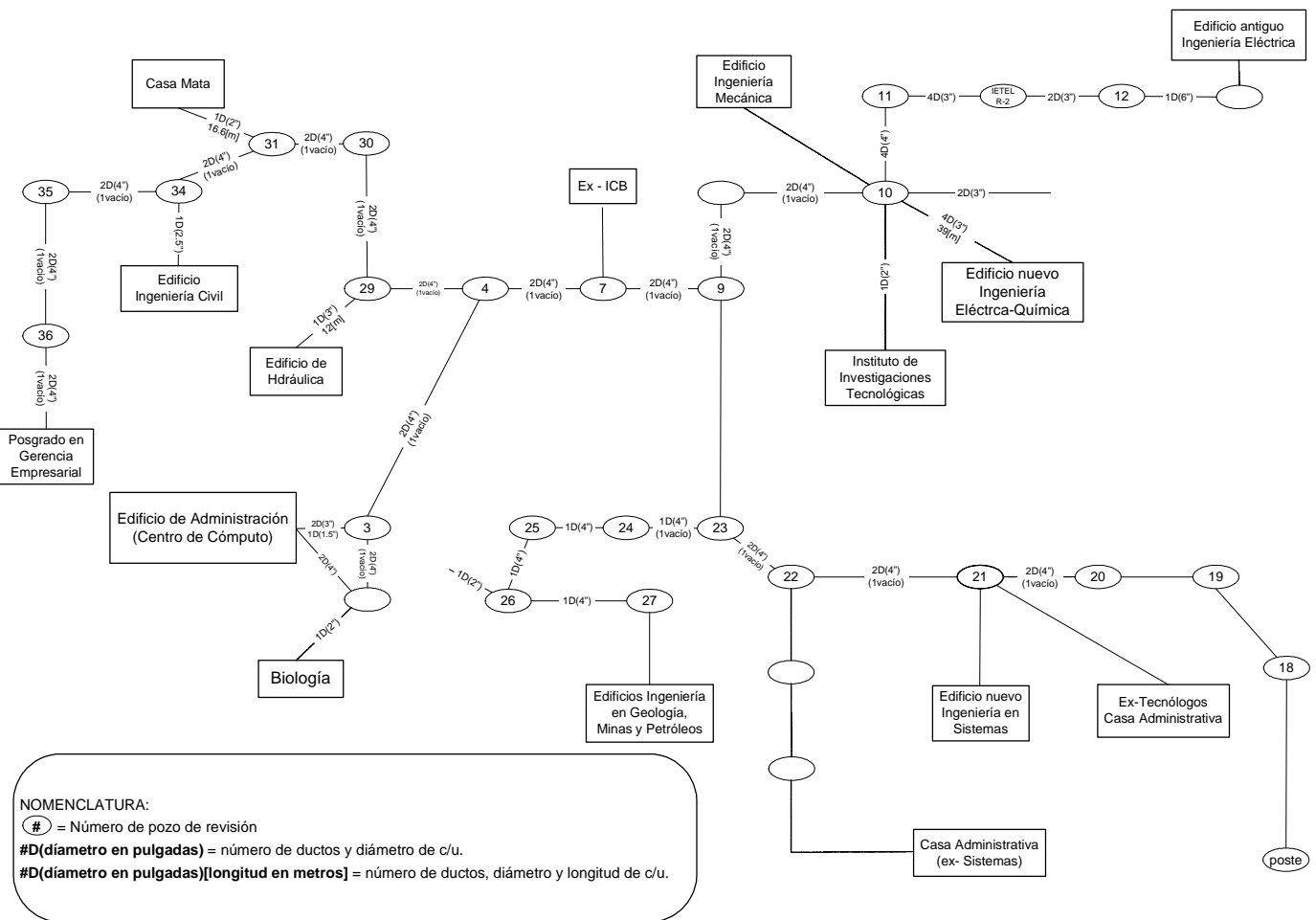


Figura 2.3 Ubicación de los pozos de revisión de la fibra óptica¹⁴

No todos los departamentos o carreras tienen un sistema de cableado estructurado certificado ANSI/EIA/TIA, esto ha ocasionado problemas de

¹⁴ Fuente: Centro de Computo UGI

disponibilidad de la red y deficiencia de la calidad de los puntos de datos. Se debe indicar que los edificios con cableado estructurado certificado¹⁵ son:

- Edificio de Sistemas
- Escuela de Postgrado (*EPCA*E)
- Parte del edificio de Administración
- Escuela de Formación Tecnológica (*Casa Administrativa*)
- Edificio antiguo de Eléctrica el cual se conecta mediante fibra óptica al laboratorio de computación del sexto piso del edificio Eléctrica – Química
- Edificio nuevo de Eléctrica – Química (*correspondiente a Eléctrica*)

El tipo de conector en la mayoría de puntos de llegada de la fibra es el ST (*Straight Tip*), del fabricante Alcatel. Los ductos por donde pasa la fibra óptica son compartidos en su mayoría con el tendido de cable telefónico de la PBX. El diagrama de los pozos de revisión se muestra en la figura 2.3.

2.1.1.3 Direccionamiento y enrutamiento

La asignación de direcciones IP a las redes y subredes de la Polired, está basada en máscaras de subred de longitud variable (*VLSM*), lo que permite tener varios niveles de direcciones IP dentro de una sola subred.

La Polired está formada de 5 subredes físicas, una por cada *switch* de distribución o dominio VTP y 6 VLANs por cada subred, es decir se cuenta con 30 VLANs en total; el enrutamiento entre las VLANs del mismo dominio VTP lo realiza el *switch* de distribución en el cual se encuentran definidas. La capa de *core*, enruta el tráfico de las VLANs entre las diferentes subredes físicas o dominios VTP. El enrutamiento de tráfico, tanto en la capa de Distribución y *Core* está implementado mediante rutas estáticas, programadas por el administrador de red; este método introduce cierta seguridad a la red al no publicar sus tablas de enrutamiento en el tráfico de datos, como lo hacen los protocolos de enrutamiento dinámicos.

¹⁵ Fuente: Centro de Cómputo General UGI

Dirección IP Clase B: 172.31.0.0			
Switch de distribución	Nombre de la VLAN	Dirección	Subred física
Distribución Eléctrica	profesor-electrica	172.31.9.0/ 24	172.31.8.0/21
	estudiante-electrica	172.31.10.0/24	
	investigacion-electrica	172.31.11.0/24	
	administrativo-electrica	172.31.12.0/24	
	sae-electrica	172.31.13.0/24	
Distribución Mecánica	profesor-mecanica	172.31.17.0/24	172.31.16.0/21
	estudiante-mecanica	172.31.18.0/24	
	investigacion-mecanica	172.31.19.0/24	
	administrativo-mecanica	172.31.20.0/24	
	sae-mecanica	172.31.21.0/24	
Distribución Sistemas	monitoreo-sistemas	172.31.24.0/24	172.31.24.0/21
	profesor-sis	172.31.25.0/24	
	estudiante-sistemas	172.31.26.0/24	
	investigacion-sistemas	172.31.27.0/24	
	administrativo-sistemas	172.31.28.0/24	
	sae-sistemas	172.31.29.0/24	
	profesor	172.31.30.128/24	
Distribución Civil	monitoreo-civil	172.31.32.0/24	172.31.32.0/21
	profesor-civil	172.31.33.0/24	
	estudiante-civil	172.31.34.0/24	
	investigacion-civil	172.31.35.0/24	
	administrativo-civil	172.31.36.0/24	
	sae-civil	172.31.37.0/24	
Distribución Administración	monitoreo-ugi	172.31.40.0/24	172.31.40.0/21
	profesor-ugi	172.31.41.0/24	
	estudiante-ugi	172.31.42.0/24	
	investigacion-ugi	172.31.43.0/24	
	administrativo-ugi	172.31.44.0/24	
	sae-ugi	172.31.45.0/24	

Tabla 2.11 Direccionamiento IP Interno

Las VLANs definen perfiles de usuarios en cada subred, para la discriminación de acceso a ciertos servicios prestados por la Polired, de ahí su denominación: VLAN de administración, monitoreo, estudiantes, SAE (*Sistema de Administración Estudiantil*), profesores e investigación.

La zona desmilitarizada (*DMZ*), está formada por los servidores de acceso público como: el *WEB Server*, *Mail* y *DNS Server* y Desarrollo de *WEB Server*; los cuales poseen una dirección pública descrita a continuación:

- *Mail* y *DNS Server*: 192.188.27.242 con máscara 255.255.255.240
- *WEB Server*: 192.188.57.244 con máscara 255.255.255.240
- Desarrollo de *WEB Server*: 192.188.57.252 con máscara 255.255.255.240

2.1.1.4 Análisis de tráfico

Las lecturas de tráfico de la mayoría de enlaces y dispositivos de la red se las realizó aprovechando el servicio de *SNMP* (*Simple Network Management Protocol*) levantado en los *switches* y *routers* de la Polired; para lo cual se utilizó el *software* *PRTG* (*Paessler Router Traffic Grapher*) configurado en el servidor *DHCP*, mediante la dirección de administración del dispositivo y la comunidad *SNMP* a la que pertenecen dichos elementos de red. Las mediciones de niveles de tráfico fueron tomadas en los puertos que sirven como enlace hacia el nivel de núcleo y acceso a Internet en los distintos *switches* de distribución y *core*. Dichas lecturas realizadas durante los meses de septiembre y octubre de 2006 detallan:

- Tráfico de entrada por dependencia y enlace
- Tráfico de salida por dependencia y enlace
- Tráfico total por dependencia y enlace
- Análisis del enlace hacia el acceso a Internet

Para monitorear el enlace hacia el servicio de Internet, se usó los *sniffers* *Colasoft Capsa 6.0 Enterprise Edition* y *PRTG* durante la última semana del mes de octubre de 2006, para lo cual se programó el *switch* de *core* *cugi* habilitando un puerto *SPAN* (*Switched Port Analyzer*). El puerto *SPAN* refleja el tráfico de datos que circula por un puerto denominado fuente a otro denominado destino, al cual se conecta el *host* instalado el *sniffer*. La programación del puerto *SPAN* en los *switches* Cisco para capturar el tráfico en toda la Polired se muestra en el anexo A.

La figura 2.4 muestra los enlaces monitoreados y dispositivos involucrados necesarios para el análisis de tráfico.

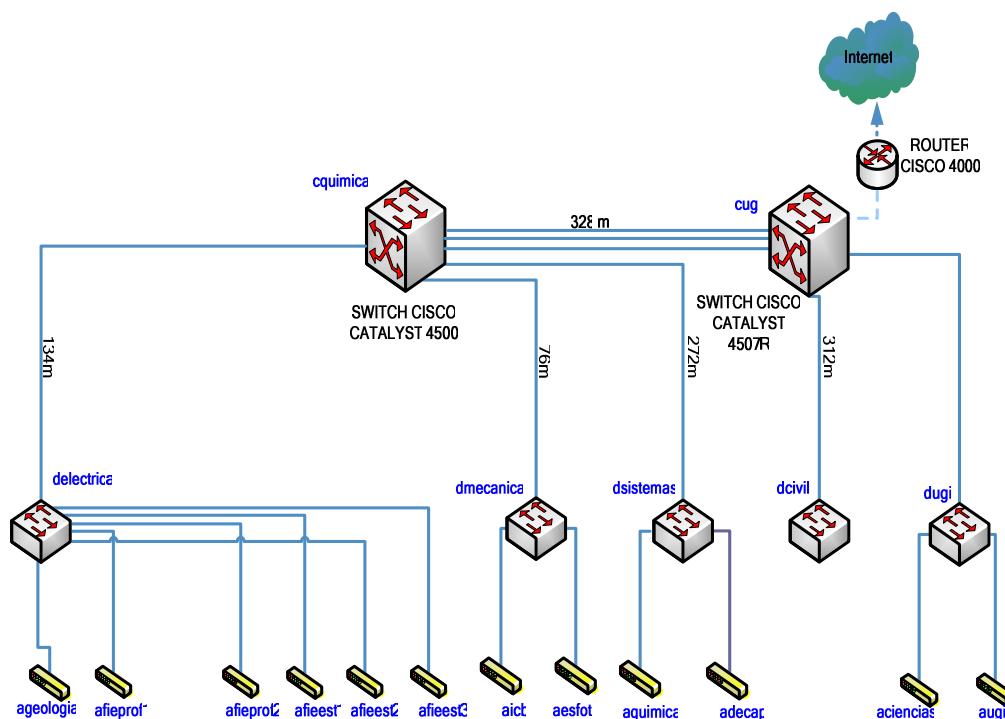


Figura 2.4 Diagrama físico de los enlaces de la Polired

En el anexo B se muestran los resultados detallados del análisis de tráfico.

2.1.1.4.1 Niveles de tráfico en los enlaces hacia el nivel de core, acceso a Internet y principales dependencias de la EPN

En la tabla 2.12 se muestran los datos procesados de niveles de tráfico de los principales enlaces hacia el nivel de *core* y acceso a Internet, observándose el mayor flujo de tráfico en el enlace *dsistemas-cqimica* (2.001,18 Kbits/s); esta conexión es utilizada para dar conectividad principalmente a los edificios de Química y Sistemas. Los valores de tráfico (ver tabla 2.12) constituyen valores relativamente bajo comparados con los 1000 Mbits/s (*interfaces Gigabit Ethernet, a través de fibra óptica y cable UTP categoría 5e*) que pueden soportar los enlaces de distribución-*core* y *backbone* de la Polired. Los 3.748,85 Kbits/s corresponden al consumo de Internet de la Polired.

Enlace	Tráfico de salida [Kbits/s]	Tráfico de entrada [Kbits/s]	Tráfico total [Kbits/s]	Tráfico
cugi-cquimica (<i>backbone</i>)	466,129	544,555	1.010,68	Interno
cugi-cquimica (<i>backbone</i>)	282,418	346,521	628,939	
cugi-cquimica (<i>backbone</i>)	594,211	761,628	1.355,84	
dugi-cugi	109,214	537,69	646,904	
dsistemas-cquimica	767,709	1.233,37	2.001,08	
dmecanica-cquimica	66,595	512,372	578,967	
delectrica-cquimica	70,015	367,48	437,495	
dcivil-cugi	17,66	98,996	116,656	
Router Cisco 1700-cugi (conexión a Internet)	1.481,68	2.267,16	3.748,85	Externo

Tabla 2.12 Tráfico promedio en los principales enlaces hacia el nivel de *core* y acceso a Internet

El servicio a Internet lo presta la empresa Telconet a una tasa de 4,122 Mb/s, los cuales se reparten entre la Polired y redes avanzadas a través de los *routers* Cisco 4000 y 2600 respectivamente conectados a un *switch D-Link* (*no administrable*).

Respecto al uso de Internet de las redes avanzadas, al no tener un funcionamiento continuo (*se la usa para conferencia, eventos, demostraciones, etc.*) no se logra tener un promedio de tráfico estable.

Los proveedores de Internet, incluido Telconet, entregan al cliente servicios de monitoreo del enlace; esta funcionalidad se efectúa a través de un servidor de monitoreo descrito en el numeral 2.1.1.1.2 (*Módulo de servidores*), el cual monitorea la interfaz del *router* Cisco 4000 que entrega conectividad hacia la Polired.

Como se observa en la figura 2.5 el enlace con mayor carga de tráfico es el *router* Cisco 1700-cugi que sirve como acceso a Internet a la Polired, que a la vez constituye el tráfico interno de mayor consideración circulando por los enlaces de la red de datos.

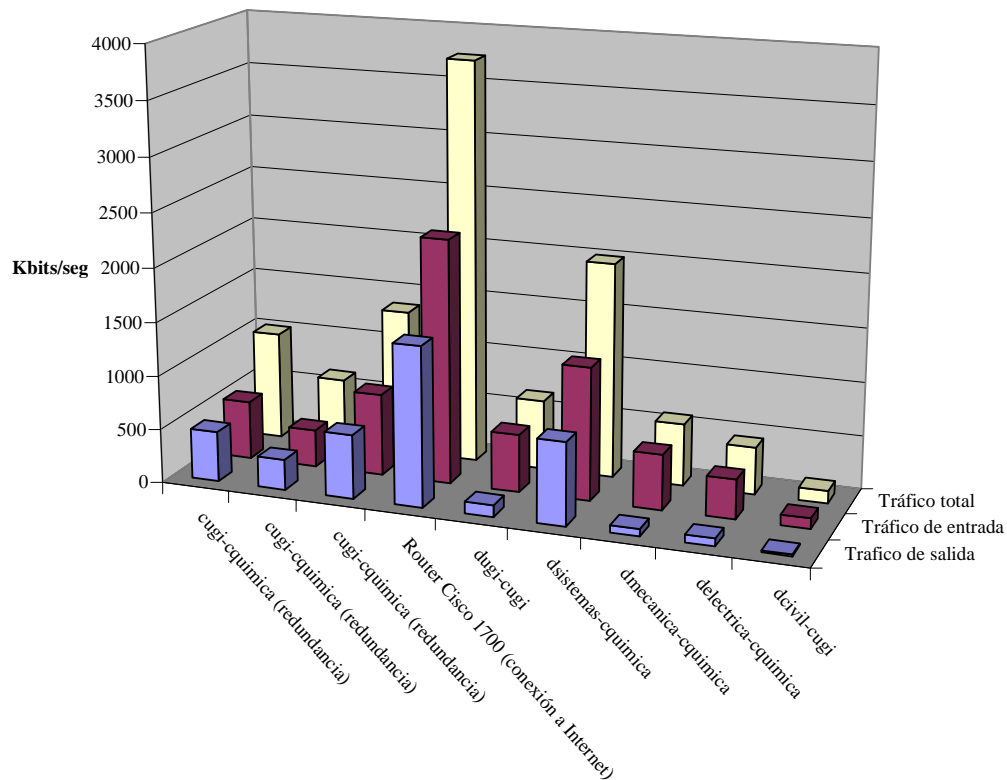


Figura 2.5 Niveles de tráfico en los principales enlaces hacia el nivel de core y acceso a Internet

La figura 2.6 muestra la ocupación de los enlaces (*distribución-core y backbone*) con la carga actual (*clasificada según el protocolo utilizado*), contrastada con la capacidad teórica máxima (*1000 Mbits/s*) que soportan dichos enlaces, observando la sub-utilización de los mismos (*color violeta*).

En la tabla 2.13 se exponen los niveles de tráfico de las diferentes dependencias que conforman la EPN; dichos valores muestran una mayor concentración en los Edificios de Sistemas y Eléctrica, debido a que en éstos se agrupan la mayoría de usuarios de la red, de acuerdo a la tabla 2.9 de clientes del DHCP Server.

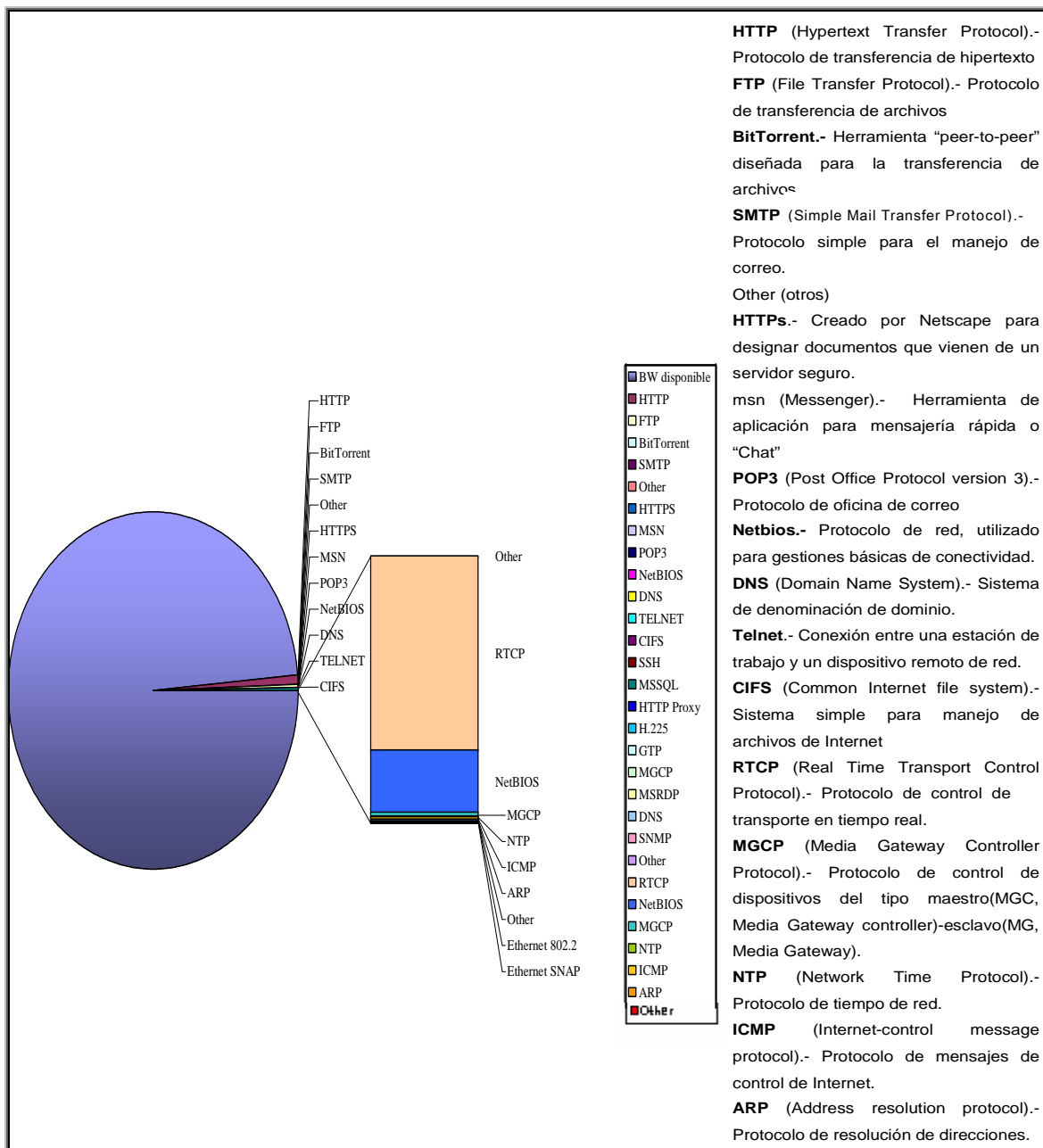


Figura 2.6 Ocupación del ancho de banda del enlace de mayor tráfico entre la capa de distribución y core de la Polired (*enlace dsistemas – química*)¹⁶

Como se observa en la tabla 2.13 el tráfico total de cada dependencia es la suma del flujo de datos incidente y saliente; en el caso de Geología, por ejemplo, el

¹⁶ Fuente: Reporte del sniffer PRTG, Anexo B, tabla B.4

tráfico de salida corresponde a 13,468 Kbit/s y el de entrada 57,428 Kbit/s dando como resultado un flujo de información total de 70,896 Kbit/s.

Dependencia	Tráfico de salida [Kbits/s]	Tráfico de entrada [Kbits/s]	Tráfico total [Kbits/s]
Ciencias	2,534	14,359	16,893
UGI	19,581	67,402	86,984
Civil	98,996	17,66	116,656
Sistemas	752,533	1.125,07	1.877,61
Química	10,709	90,202	100,911
ESFOT (<i>Tecnólogos</i>)	36,037	185,944	221,98
ICB	22,581	172,498	195,08
Geología	13,468	57,428	70,896
Eléctrica	367,48	70,015	437,495
Alimentos y biotecnología	4,467	18,097	22,564

Tabla 2.13 Tráfico promedio en las principales dependencias de la EPN

Las dependencias que no se muestran en la figura 2.7 generan niveles de tráfico relativamente bajos; dicho tráfico se desglosa de los enlaces distribución-core a los cuales se encuentran conectados y su valor es despreciable respecto a los resultados expuestos en la tabla 2.13.

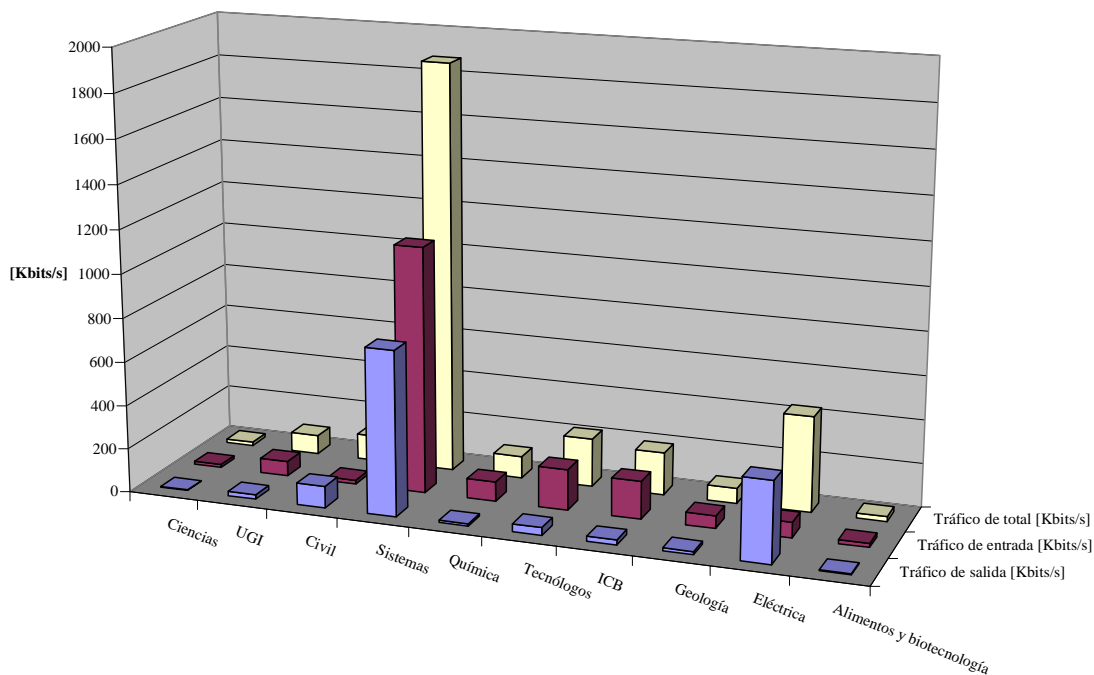


Figura 2.7 Niveles de tráfico en las principales dependencias de la EPN

En la tabla 2.14 se muestra la correspondencia entre los *switches* de distribución y cada una de las dependencias que forman parte de la EPN, así como las dependencias que actualmente no pueden acceder a la Polired.

Con acceso a la Polired		Dependencia	Dependencias sin acceso a la Polired	
Switch de distribución				
deléctrica		Eléctrica (Edificio antiguo) y Eléctrica-química		Centro de Investigación y estudios en recursos hídricos. (CIERHI)
		Geología Minas y Petróleos		Procesos de producción mecánica
dsistemas		Sistemas		Laboratorio de Transferencia de calor
		Química		Asociación de Electromecánica
		Alimentos y Biotecnología (ADECAP)		Mantenimiento Electromecánico
dmecánica		Mecánica		Abastecimientos
		ESFOT		Metalurgia Extractiva
		Propedéutico (ICB)		CCICEV (Centro de Transferencia de Tecnología para la Capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares)
dcivil		Civil		Colegio Americano (IDIOMAS)
		Departamento de Medio Ambiente (CICAM)		
		Centro de la Vivienda		
		Ingeniería Ambiental		
		Centro de Investigación aplicada a polímeros (CIAP)		
		Escuela de Postgrados (EPCAE)		
dugi		Administración		
		Departamento de Ciencias Biológicas (Museo)		
		Teatro Politécnico		
		Laboratorio de aguas y microbiología		

Tabla 2.14 Dependencias de la EPN: con acceso a la Polired y sin acceso a la Polired

El acceso a la red de datos de la EPN y la condición geográfica de sus dependencias serán de importancia el momento de definir la naturaleza de los terminales telefónicos (*analógicos, inalámbricos o IP*) de los usuarios, en la red integrada de voz y datos.

Una vez instalada y puesta en marcha, la aplicación PRTG almacena en memoria un reporte que visualiza el comportamiento del tráfico durante todos los días considerados en el estudio; a través de este reporte se puede observar cuanto tiempo respecto al total, el enlace estuvo fuera de servicio. Basados en esto se obtuvo que los enlaces distribución-core y acceso al Internet, poseen una

disponibilidad promedio de 99.998%, lo que significa que de los 60 días monitoreados (*sin tomar en cuenta eventos fortuitos como fallas de energía*), 1.7715 minutos (*el 0.002% de los 60 días*) los enlaces fallaron. Así mismo, los enlaces de redundancia en el *backbone*, tienen una disponibilidad en promedio del 99.5788%, dando un tiempo de falla de 6.06 horas (*0.4212% de 60 días*) en el tiempo monitoreado.

La tabla 2.15 muestra el tiempo de monitoreo, el tiempo de funcionamiento y la disponibilidad de todos los enlaces de la Polired a nivel de capa *core* y capa distribución, se muestra además el promedio de disponibilidad ya citado agrupando los enlaces de redundancia y los enlaces *core*-distribución. Cabe mencionar que dichos valores no indican la disponibilidad de acceso a Internet, ya que también depende de la disponibilidad de servidores y equipo de conectividad del ISP.

Enlace	Tiempo monitoreado [días]	Tiempo de funcionamiento [días]	Disponibilidad [%]	Promedio [%]
cugi-cquimica (redundancia)	60	59,8760	99,7933	99,5788
cugi-cquimica (redundancia)	60	59,6540	99,4233	
cugi-cquimica (redundancia)	60	59,7120	99,5200	
cugi-nat_router (salida a Internet)	5	5,0000	99,9992	99,9980
dugi-cugi	60	59,9994	99,9990	
dsistemas-cquimica	60	59,9994	99,9990	
dmecanica-cquimica	60	59,9995	99,9992	
delectrica-cquimica	60	59,9998	99,9997	
dcivil-cugi	60	59,9950	99,9917	

Tabla 2.15 Disponibilidad de los enlaces en el módulo de distribución y núcleo de la Polired¹⁷

Por ejemplo el enlace dugi-cugi estuvo funcionando durante 59.9994 días lo que equivale al 99,999% del tiempo total de monitoreo (*60 días*), el mismo procedimiento se aplicó a todos los enlaces calculándose finalmente que el promedio de disponibilidad de los enlaces distribución-*core* es de 99.9980%.

¹⁷ Fuente: Datos tabulados de los reportes del PRTG, Anexo B: Archivo digital Events.txt

La disponibilidad puede ser proyectada al año de funcionamiento (*suponiendo que el comportamiento de los usuarios de la Polired no cambia bruscamente durante todo el año, se aplica una regla de tres*). En el caso de los enlaces entre la capa distribución-núcleo, se tiene:

$$t_{fp} = t_{fm} \frac{T_p}{T_m}$$

Ecuación 2.1

$$t_{fp} = 1.7715 \text{ min} \times \frac{365 \text{ días}}{60 \text{ días}}$$

$$t_{fp} = 10.777 \text{ min}$$

Donde:

- t_{fp} = tiempo de fallo proyectado
- t_{fm} = tiempo de fallo monitoreado
- T_p = Período de proyección
- T_m = Período de monitoreo

El valor obtenido de la proyección constituye una cifra aceptable de trabajo de los enlaces de la Polired (*suspensión del servicio de 10.777 minutos anualmente*).

De igual manera, para los enlaces de redundancia en el *backbone* que tienen una disponibilidad en promedio del 99.5788%, y un tiempo de falla de 6.06 horas (*0.4212% de 60 días*) en el tiempo monitoreado, la proyección a un año daría una suspensión del servicio de 36.36 horas (*aplicando la ecuación 2.1*) motivo por el cual no se considera una disponibilidad aceptable, ya que el valor recomendado para una red cableada de datos es del 99.99%¹⁸.

2.1.1.4.2 Niveles de tráfico por aplicación

Los servicios prestados por la Polired a sus usuarios corresponden a: Internet, correo electrónico, resolución de direcciones dinámicas y dominios, mediante los servidores DHCP y DNS, respectivamente.

¹⁸ Apuntes de la Cátedra de Telemática, Ing. Pablo Hidalgo.

Protocolo	Porcentaje	Bytes	Paquetes
Ethernet II	99.994%	10.764 GB	16,073,824
IP	99.991%	10.764 GB	16,069,244
TCP	99.476%	10.708 GB	15,680,056
http	68.886%	7.416 GB	11,088,691
FTP	23.401%	2.519 GB	3,167,270
BitTorrent	2.838%	312.796 MB	379,743
SMTP	1.262%	139.106 MB	287,705
Other	1.215%	133.965 MB	157,418
HTTPS	0.962%	105.994 MB	283,044
MSN	0.458%	50.440 MB	196,376
POP3	0.406%	44.700 MB	62,471
NetBIOS	0.026%	2.895 MB	27,917
DNS	0.012%	1.368 MB	17,315
CISS	0.003%	314.459 KB	4,701
MSSQL	0.000%	40.836 KB	607
SSH	0.000%	36.524 KB	166
H.225	0.000%	13.037 KB	80
HTTP Proxy	0.000%	12.047 KB	84
GTP	0.000%	968 B	13
MGCP	0.000%	762 B	11
MSRDP	0.000%	450 B	7
UDP	0.509%	56.078 MB	380,397
DNS	0.497%	54.796 MB	368,580
SNMP	0.009%	966.744 KB	8,868
Other	0.001%	161.851 KB	1,707
RTCP	0.001%	143.675 KB	927
NetBIOS	0.000%	38.973 KB	292
MGCP	0.000%	1.781 KB	19
NTP	0.000%	376 B	4
ICMP	0.007%	789.609 KB	8,791
ARP	0.002%	198.000 KB	3,168
Ethernet 802.2	0.004%	444.063 KB	7,105
Ethernet SNAP	0.002%	256.274 KB	1,419
Other	0.002%	256.274 KB	1,419

Tabla 2.16 Estadísticas de protocolos¹⁹

¹⁹ Fuente: Captura del Sniffer Colasoft Capsa (día de mayor tráfico 24 de octubre de 2006), Anexo B: Archivo digital Protocolos.html

La Polired, al no tener implementado otros tipos de servicios como: acceso a base de datos, servidores FTP, voz sobre IP, videoconferencia, etc., ocasiona que se maneje flujos de tráfico relativamente bajos, en comparación con la capacidad soportada por los enlaces de nivel de distribución y *backbone*.

Los resultados mostrados en la tabla 2.16 corresponden al día martes 24 de octubre, fecha del mayor flujo de tráfico dentro del tiempo monitoreado (*Anexo B, figura B.1*). Dichos datos, corroboran que la aplicación más utilizada es de acceso a Internet, puesto que los protocolos más importantes en cuanto a utilización son el HTTP y FTP, necesarios para acceso a páginas WEB y descargas de archivos, respectivamente.

2.1.1.5 Análisis de la red de datos

La Polired actualmente presta servicio aproximadamente a 1014 usuarios a través del DHCP *Server*, los mismos que acceden principalmente al servicio de Internet; por esta razón el flujo de tráfico interno es relativamente bajo, ocupando alrededor del 1% de la capacidad de los enlaces del nivel de distribución y *backbone* (*figura 2.6*). Como no se tienen servicios centralizados como servidores FTP, procesamiento de texto, capacidades de archivos compartidos, voz sobre IP, etc, se justifican los bajos niveles de tráfico obtenidos en el análisis anterior.

Es recomendable aplicar como política en la Polired, que los usuarios del sistema de correo electrónico configuren sus MUAs para uso del protocolo IMAP, de esta manera todos los correos se guardan en el servidor lo que evita que los beneficiarios del servicio necesiten realizar respaldos de todos los *mails* que reciben; además se lleva constancia de todos los *mails* enviados por los usuarios, lo que no hace POP3 (*POP3 borra de su base todos los correos recuperados por el usuario y no soporta bandeja de salida de mails*). El problema a enfrentar en el caso de usar IMAP es el dimensionar la capacidad de almacenamiento y características del servidor.

Es aconsejable optimizar el servidor WEB Apache, activando las opciones de aceleración de código PHP y compresión. Para activar el acelerador basta con instalar el paquete “eaccelerator” (*yum -y install php-eaccelerator*) disponible en el sitio de dag (<http://dag.wieers.com/packages/php-eaccelerator>); terminado este proceso entra en funcionamiento automáticamente.

Para habilitar la compresión de la página WEB, se debe realizar cambios en los archivos de configuración `etc/httpd/conf/httpd.conf` y `/etc/php.ini` para páginas estáticas (*HTML*) y dinámicas (*PHP*), respectivamente.

Páginas html

1. En el archivo de configuración `vi /etc/httpd/conf/httpd.conf` añadir:
`SetOutputFilter DEFLATE`
`DeflateFilterNote ratio`
`DeflateCompressionLevel 2`
`SetEnvIfNoCase Request_URI \.(?:gif|jpe?g|png)$ no-gzip dont-vary`
`SetEnvIfNoCase Request_URI \.(?:exe|t?gz|zip|bz2|sit|rar)$ no-gzip dont-vary`
`SetEnvIfNoCase Request_URI \.pdf$ no-gzip dont-vary`
2. Reiniciar el servicio mediante el comando `service httpd restart`

Páginas PHP

1. En el archivo de configuración `vi /etc/php.ini` cambiar:
`zlib.output_compression=off` (cambiar a on)
`zlib.output_compression_level=3` (**0 sin compresión, 9 compresión máxima, recomendado 3**)
2. Reiniciar el servicio mediante el comando `service httpd restart`

Figura 2.8 Compresión de la página WEB a través del servidor Apache

El nivel de compresión recomendado suele estar entre 3 y 5, sin embargo para hallar un valor óptimo para un caso particular vale la pena contrastar el consumo de CPU del servidor con el tiempo de descarga de la página.

Una sugerencia importante es que todos los *host* de la Polired, apunten al DNS de cache de la EPN a través de la dirección IP 192.168.27.242 para optimizar la navegación en Internet, de esta manera los pedidos de resolución de direcciones literales a direcciones IP se hace de manera local, más rápida y eficiente.

La falta de cableado certificado provoca constantes fallas en los enlaces, los cuales fueron monitoreados mediante el PRTG, este programa proporciona una

ventana a tiempo real del estado de todos los enlaces a analizarse. Por ello se pudo comprobar que los enlaces menos confiables de la Polired son los enlaces de redundancia (*los 3 enlaces entre cugi y cqúmica*) entre los *switches* de *core*, los cuales funcionaron en promedio el 99.5788% del tiempo monitoreado. Esta falla es un factor importante en las demoras de servicio de Internet hacia la zona norte de la EPN; tales demoras se provocan por la constante conmutación de enlaces de redundancia en el *backbone*. En cuanto a los demás enlaces se cumplen los requerimientos de disponibilidad ya que ésta es siempre mayor al 99.99%.

El error en el *backbone* (*enlaces de redundancia*) puede estar siendo provocado por varias causas:

- Mala conectorización de la fibra óptica en los dispositivos correspondientes.
- Degradación de la fibra óptica subterránea.

Actualmente la Polired cuenta con un proyecto para implementar un sistema de seguridad, sin embargo éste no ha sido ejecutado. La seguridad hoy en día es bastante baja y depende de la que se pueda obtener de los dispositivos de conectividad o de programas propietarios instalados en los servidores.

La Polired carece de un sistema de gestión y administración debido a esto no puede prevenir ni resolver con facilidad los problemas que ocurren en la red.

El mayor problema que se presenta en la Polired es la proliferación de *switches* y *hubs* en cascada en el nivel de acceso, provocando inestabilidad de la red y particiones de ancho de banda considerables; éste es además uno de los principales inconvenientes para la implementación de VoIP, ya que a pesar de que se puede tener correctamente dimensionados enlaces para este tipo de servicio, el usuario final puede percibir la llamada degradada por latencias, pérdidas de datos y anchos de banda compartidos introducidos por dispositivos en cascada o *access point* conectados hacia el nivel de acceso. Por esta razón comúnmente en la mayoría de diseños de voz sobre IP, se crea una VLAN exclusiva para este fin,

con lo cual en el caso de la EPN, se tendría a los usuarios finales en los puertos de los *switches* de acceso Cisco pertenecientes a la VLAN de voz.

Del análisis de la red se concluye que la Polired puede ofrecer servicio de telefonía IP, con niveles de desempeño aceptable, siempre y cuando se establezcan políticas para el incremento de la red en el módulo de acceso y se corrijan los problemas físicos en el *backbone* principal.

A noviembre de 2006 se está implementando un servidor centralizado IBM BladeCenter H, el cual reemplazará al servidor de correo, DNS, y WEB; además de configurarse en el mismo, un sistema de administración que se encargue del funcionamiento global de los servidores antes mencionados.

También se está comenzando a reemplazar parte del cableado de fibra óptica existente en la Polired, así como los módulos de conectorización.

2.1.2 ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA TELEFÓNICO DE LA EPN

2.1.2.1 Central Telefónica EPN

La central telefónica de la EPN es una PBX *Definity ECS (Enterprise Communication System)* del fabricante AT&T. Funciona como un servidor de comunicaciones capaz de entregar servicio telefónico a empresas medianas y pequeñas; posee la capacidad de interactuar con la Oficina Central a través de troncales analógicas o digitales (*lo que permite el intercambio de datos*) o con otras redes públicas y privadas.

Este sistema soporta terminales analógicas, digitales (*incluidos los terminales ISDN*) e híbridas; excepto por los teléfonos analógicos o convencionales, los demás tipos son propietarios del sistema telefónico.

Cada tarjeta tiene una función propia, definida y va montada en gabinetes. Cada gabinete (*además de las ranuras predefinidas para tarjetas esenciales como el*

CPU y el reloj del sistema) consta de 18 *slots*, en cada uno puede ir una sola tarjeta que se interconecta con las demás a través del *backpanel* del gabinete. Los gabinetes pueden conectarse entre sí a través de un puerto especial del *backpanel*, siendo permitida la conexión de hasta 4 gabinetes, como en el caso de la central telefónica operativa en la Escuela Politécnica Nacional.

Componente	Función
Conversant	Información hablada
Impresora del sistema/ Lan Gateway	Actúa como interfaz hacia el servidor de la red local y hacia una impresora.
Terminal de trabajo DEFINITY AUDIX	Sistema que utiliza la central para administrar el correo de voz, tal tarea se lleva a cabo a través de un terminal propio.
Sistema de administración de llamadas (CMS)	A través de CMS la Central obtiene datos de las llamadas atendidas, partes, inicio, duración, etc. Los reportes que genera este sistema son de uso especial, para call centers o centros de telemarketing.
Sistema de contabilidad de llamadas (CAS)	El sistema de contabilidad de llamadas permite llevar un registro de las llamadas recibidas y efectuadas por cada extensión e incluso aplicar facturación a las mismas. (<i>Propio de Instalaciones hoteleras</i>)
Host con <i>software</i> de emulación de terminal	A través de este PC el sistema puede administrarse remotamente. (<i>Previo autenticación y contraseña</i>)
Módulo de datos	En el mismo se almacena y recupera información digital del sistema.
Administrador de mensajes Intuity	INTUITY AUDIX y DEFINITY AUDIX son los sistemas de procesamiento digital de voz que ocupa la central, a través de un PC con el <i>software</i> necesario se puede administrar los parámetros básicos del proceso (<i>codec a utilizarse, μ-law o a-law en el caso de usar PCM, etc.</i>)
Registro de detalles de llamadas (CDR)	Recopila, almacena, filtra e imprime los reportes sobre las llamadas realizadas por el sistema
Interfaz de Aplicaciones de Conmutador Periférico (ASAI)	Es el interfaz entre computadoras externas y el sistema DEFINITY
Tarjeta ISDN-BRI	La conexión entre la red integrada de servicios digitales se hace a través de esta tarjeta, haciendo uso de ASAI como interfaz.
Sistema Básico de Administración de Llamadas (BCMS)	Recopila información respecto al rendimiento de la Central Telefónica (<i>llamadas perdidas, en espera, completadas, etc.</i>)
Impresora del sistema	Imprime todos los reportes de los servicios descritos anteriormente (si están activados), se conecta al sistema a través de una interfaz EIA y recupera la información digital de un módulo de datos.
Terminal de acceso al sistema (SAT)	Se conecta directamente a la Central con fines de configuración, administración y generación de reportes.

Tabla 2.17 Componentes de la Central Definity ECS²⁰

²⁰ Fuente: Manual técnico Avaya ECS Release 7.0

Como todo sistema electrónico en la actualidad, este sistema telefónico es modular, de manera que el fallo en alguna tarjeta no afecta el desempeño del resto de la central. En la tabla 2.17 se muestran los componentes que puede tener la central Definity ECS, de esos componentes la Central de la EPN, posee un Terminal de Acceso al Sistema (*SAT*, siendo su principal función la adición o cambio de extensiones), lo necesario para una impresora de la central, el sistema *Conversant* para mensaje de bienvenida y el sistema de administración de llamada (*CMS*).

La falta de los demás componentes provoca, que en la actualidad la EPN carezca de correo de voz, que no se lleve un registro de llamadas fiel de las extensiones y el no poder soportar mensajería escrita entre terminales digitales.

La central de la EPN funciona para proporcionar los servicios básicos de comunicación por voz como: captura, desvío, espera y parqueo de llamadas y conferencia (*de hasta 6 participantes*).

La PBX no cuenta con un sistema de restricción de tiempo de las llamadas por lo cual las extensiones que capturan troncales pueden hacerlo de manera indefinida.

Cabe indicar que la central telefónica, estuvo inoperable por aproximadamente dos meses, debido a un sobrevoltaje producido por tormentas eléctricas, que causó la avería del microprocesador, siendo su reemplazo una inversión considerable.

El nuevo microprocesador maneja un sistema *Definity* con *release 7*, el cual permite re-direccionamiento de llamadas, *modems* a 9,6 kbits/s, integración con PBX Octel, IP *Trunk*, alertas a los terminales digitales, *displays* numéricos en los teléfonos, Q-SIG, transferencia y conferencia de llamadas.

Las tarjetas de propósito general cumplen con tareas centralizadas, necesarias para el funcionamiento de todo el sistema telefónico, constituyéndose en el

cerebro de la central telefónica, las mismas operan en el gabinete A. La tabla 2.18 resumen las funciones que desempeñan.

Tarjeta	Función
Procesador (TN798B)	Manejar las funciones de la Central Telefónica, es capaz de corregir errores en la comunicación, tarjetas como C-LAN y NetPkt en <i>release 7</i> necesitan este tipo de CPU.
Network control - Packet Interface	Comunica mensajes de control entre el procesador y las tarjetas de servicio a través del bus TDM
	Controla 4 canales de datos que procesan y enrutan información directamente desde el procesador al equipo del usuario.
	Provee la hora del día, que además consta de un banco de baterías para condiciones de bajo voltaje.
	Monitorea los osciladores del sistema e informa a través de mensajes de alerta algún fallo de los mismos al procesador.
Net-PKT Backplane Connection	Permite el control de la interfaz de red, además se encarga de administrar la conexión del backplane del gabinete.
Tone DET-Gen-Tone Clock	Integra en una sola tarjeta las funciones de generador de tono, detección de tono, reloj del sistema y funciones de sincronización para el uso en sistemas de alto rendimiento.
	Soporta 8 puertos para detección de tono y es capaz de aplicar ganancia o atenuación en las señales PCM recibidas a través del bus.
	Sistema que garantiza la precisión del reloj (Stratum 4)
	Soporta señalización MFC y provee tono para cualquiera de los 256 canales TDM.
	Genera tonos continuos, pulsantes y mezclados para señalar los estados de la llamada.
	Permite administrar el nivel y la frecuencia de los tonos (<i>Adaptación al sistema de señalización por tonos del país</i>)

Tabla 2.18 Características de las tarjetas de propósito centralizado²¹

La tabla 2.19 muestra las tarjetas de la Central Definity de la EPN que existen en cada gabinete.

El sistema Definity soporta varios tipos de terminales de usuarios; según las capacidades de los mismos, la central permite configurar atributos a cada teléfono, como por ejemplo: teclas programables, llamadas externas, consulta de directorio, etc. Para ingresar un nuevo terminal al sistema basta con: reconocer el tipo de teléfono, la existencia de un puerto libre en la tarjeta correspondiente (*digital, analógica, híbrida o ISDN*) y finalmente asignar una extensión que no haya sido usada previamente y que esté en coherencia con el plan de marcación. Las características de las tarjetas y terminales que componen el sistema telefónico de la EPN se describen a detalle en el anexo C.

²¹ Fuente: Manual técnico Avaya ECS Release 7.0

Slot	Gabinete A		Gabinete B		Gabinete C		Gabinete D	
	Tarjeta	Servicio	Tarjeta	Servicio	Tarjeta	Servicio	Tarjeta	Servicio
1	TN748D	<i>Tone Detector</i>	TN748D	<i>Tone Detector</i>	TN748D	<i>Tone Detector</i>	TN748D	<i>Tone Detector</i>
2	TN748D	<i>Tone Detector</i>	TN746B	<i>Analogic Line</i>	TN746B	<i>Analogic Line</i>		Libre
3	TN744D	<i>Call Clasifier</i>	TN746B	<i>Analogic Line</i>	TN746B	<i>Analogic Line</i>		Libre
4	TN746B	<i>Analogic Line</i>	TN746B	<i>Analogic Line</i>	TN746B	<i>Analogic Line</i>		Libre
5	TN746B	<i>Analogic Line</i>	TN2793B	<i>24 Analog Ports</i>	TN747B	<i>CO Trunk</i>		Libre
6	TN746B	<i>Analogic Line</i>	TN750C	<i>Announcement</i>	TN746B	<i>Analogic Line</i>		Libre
7	TN754B	<i>Digital Line</i>	TN2136	<i>Digital Line</i>	TN2136	<i>Digital Line</i>	TN2793B	<i>24 Analog Ports</i>
8	TN2136	<i>Digital Line</i>	TN2136	<i>Digital Line</i>	TN2136	<i>Digital Line</i>		Libre
9	TN2136	<i>Digital Line</i>	TN2136	<i>Digital Line</i>	TN2136	<i>Digital Line</i>	TN746B	<i>Analogic Line</i>
10	TN2136	<i>Digital Line</i>		Libre	TN2136	<i>Digital Line</i>		Libre
11		Libre		Libre	TN2136	<i>Digital Line</i>		Libre
12		Libre	TN2793B	<i>24 Analog Ports</i>	TN2136	<i>Digital Line</i>		Libre
13		Libre	TN746B	<i>Analogic Line</i>	Tn746B	<i>Analogic Line</i>		Libre
14	TN747B	<i>CO Trunk</i>	TN746B	<i>Analogic Line</i>	Tn746B	<i>Analogic Line</i>		Libre
15	TN747B	<i>CO Trunk</i>	TN746B	<i>Analogic Line</i>	Tn746B	<i>Analogic Line</i>		Libre
16	TN747B	<i>CO Trunk</i>	TN747B	<i>CO Trunk</i>		Libre		Libre
17		Libre	TN747B	<i>CO Trunk</i>	TN747B	<i>CO Trunk</i>		Libre
18		Libre	TN747B	<i>CO Trunk</i>	TN747B	<i>CO Trunk</i>		Libre
<i>Processor</i>			Tarjetas ubicadas en el gabinete A, son de propósito general para el funcionamiento de los demás gabinetes					
<i>Network control - Packet Interface</i>								
<i>Net-PKT Backplane Connection</i>								
<i>Tone DET-Gen-Tone Clock</i>								

Tabla 2.19 Descripción de los gabinetes de la Central Telefónica

2.1.2.2 Descripción del cableado telefónico

La Central Telefónica de la Escuela Politécnica Nacional se halla ubicada en el tercer piso del edificio de Administración. El cuarto de comunicación se comparte entre: los 4 gabinetes de la Central, un sistema de alimentación suplementario en base a baterías, y dos armarios: el de distribución principal (*MDF, figura 2.11*) el cual agrupa todas las extensiones de la EPN a través de ductos subterráneos, cableado aéreo y un armario adicional (*figura 2.10*) para las troncales de Andinatel y tres radio bases celulares (2 *Startel 800 XT* y una *LG; ambas CDMA*) .

El cableado telefónico parte desde la PBX, luego el cable multipar va hacia unos distribuidores generales llamados puntos de distribución (*PD*), uno ubicado en la parte inferior de la cancha de Ingeniería Mecánica y el otro en el CICAM (*Departamento de Medio Ambiente*). Desde estos distribuidores el cableado se extiende hasta cada uno de los MDF (*Armario de Distribución Principal*) de los diferentes edificios; finalmente los pares telefónicos llegan al usuario a través de regletas ubicadas en cada piso de las dependencias. Los pozos de revisión, cajetines y longitud del cableado de la red telefónica de la EPN se describen en el anexo D.

El recorrido del cable multipar, hacia los PDs y a la mayoría de MDFs secundarios se lo hace por medio de ductos subterráneos, a excepción de la parte norte de la EPN (*tras las canchas de la ESFOT y el laboratorio de Hidráulica*) en donde se tiene cableado aéreo a través de los postes de energía eléctrica. Para estos usuarios, el servicio de cableado telefónico es similar al de Andinatel ya que se tienen líneas individuales, que van desde el último pozo de revisión a su puesto de trabajo.



Figura 2.9 Gabinete A de la central telefónica Definity ECS de la EPN.

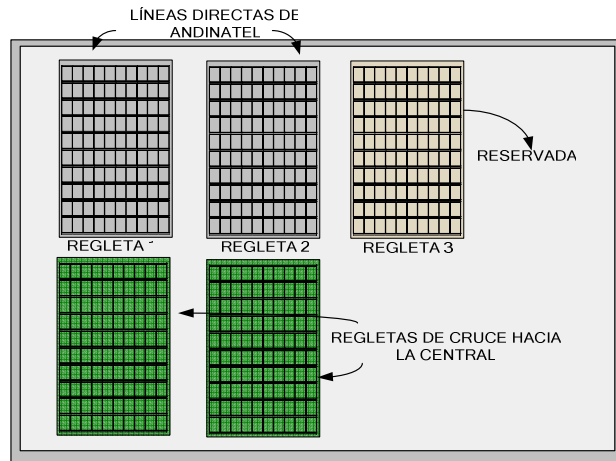


Figura 2.10 Armario de líneas troncales

MÓDULOS DE TRANSFERENCIA TRONCALES HACIA LA LA CENTRAL

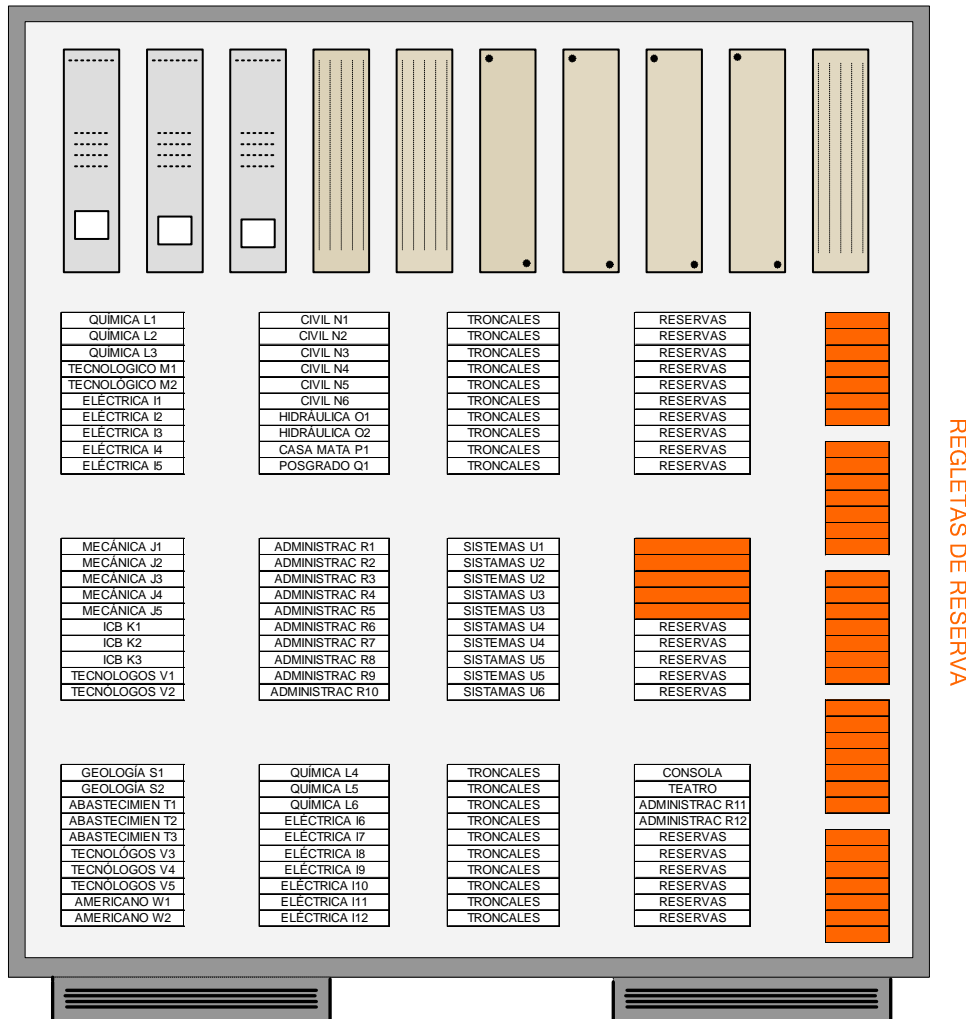


Figura 2.11 Armario de Distribución Principal (MDF)

Los edificios de la ESFOT y Petróleos, también poseen cableado aéreo por la estructura de sus edificaciones (*horizontales*), pero en este caso, la distribución del cableado es organizado, puesto que se tiene regletas cada cierta longitud para brindar acceso al servicio telefónico.

En el MDF principal convergen todas las líneas de los usuarios finales y el cableado de las extensiones de la central, con el propósito de realizar una interconexión de cruce (*conexión del par del usuario final a un par de la central telefónica, ver figura 2.11*).

2.1.2.3 Capacidad de la central telefónica

La central telefónica a la fecha cuenta con 42 tarjetas: 9 tarjetas para interactuar con la PSTN y 33 tarjetas para dar servicio telefónico a través de la PBX mediante extensiones digitales y analógicas. El número total de puertos y tarjetas que posee la PBX Avaya de la EPN para extensiones y troncales analógicas se describen en la tabla 2.20.

Tarjeta	Tipo	Número de puertos	Cantidad de tarjetas	Total de puertos	Total de extensiones y troncales
TN747B	Troncales	8	9	72	72 troncales 9 tarjetas
TN746B	Líneas analógicas	16	15	240	464 extensiones (360 analógicas y 104 digitales) 33 tarjetas
TN2793B	Líneas analógicas	24	5	120	
TN2136	Líneas digitales	8	12	96	
TN754B	Líneas digitales	8	1	8	
Total			42	536	

Tabla 2.20 Puertos troncales, digitales y analógicos existentes en la central telefónica

Hasta agosto de 2006, el sistema telefónico de la EPN provee servicio de voz a 410 extensiones repartidas en todo el campus (*información obtenida de los reportes de la central, se incluye como anexo E*), de las cuales 318 son de tipo analógico y 92 digitales; existiendo la posibilidad de dar servicio a 54 extensiones nuevas, 42 analógicas y 12 digitales.

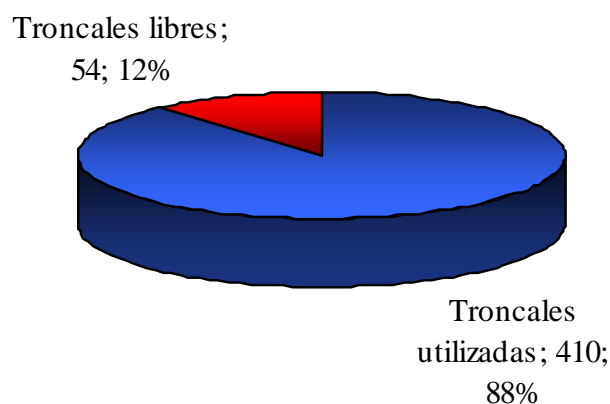


Figura 2.12 Escalabilidad de extensiones

Cabe aclarar que las 410 extensiones mencionadas están asignadas a puertos de la central, sin embargo no todas están funcionando debido a diversos trabajos de remodelación y reubicación de oficinas dentro de la EPN (*Escuela de Formación de Tecnólogos, CEC, C. de Vivienda*), motivo por el cual se tiene 364²² extensiones activas en todo el Campus EPN.

Líneas troncales	Cantidad	Descripción
Líneas bidireccionales (<i>operadora y llamadas salientes</i>)	24	De la PBX 59
Acceso remoto	2	
Líneas salientes a través de la central	8	
Líneas directas que pasan por la PBX	22	
Líneas celulares	3	
Observatorio Astronómico	2	Directas al usuario final 38
Sistema de información de la Facultad de Ingeniería Eléctrica	2	
Líneas directas sin pasar por la PBX	20	
Líneas directas que no son de la EPN (ver tabla 2.22)	14	De propósito específico 32
Modems de la Facultad de Sistemas	9	
Monederos	11	
Líneas directas como Fax	12	
TOTAL	129	129

Tabla 2.21 Distribución de líneas troncales ²³

²² Fuente: Reportes de la central telefónica Avaya Anexo E

²³ Fuente: descripción de líneas troncales, Anexo F

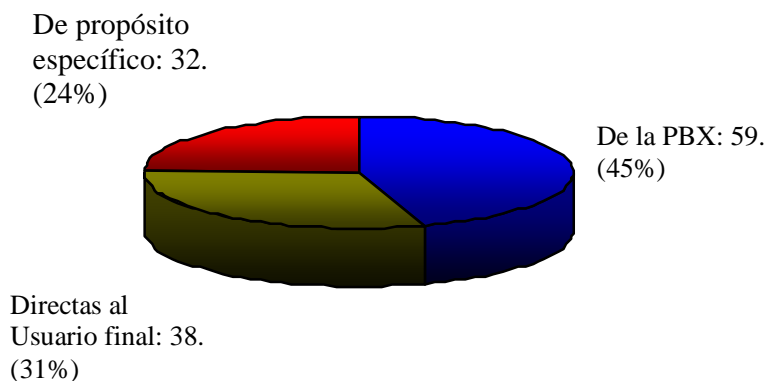


Figura 2.13 Distribución de las líneas troncales utilizadas en la EPN

De la tabla 2.21 se puede observar que la Central telefónica cuenta con 59 líneas troncales analógicas (*provistas por Andinatef*) de las cuales ocho son líneas salientes de la central y el resto de circuitos telefónicos son bidireccionales (*entrada y salida de llamadas*), además de 3 troncales celulares (*Movistar*).

Los usuarios de la central (*extensiones*), pueden realizar llamadas hacia la PSTN previa marcación de un prefijo o código para capturar una de las troncales analógicas, para este fin la central cuenta con 32 circuitos analógicos (*24 bidireccionales y 8 solo de salida*). Para acceso a la red celular se dispone de 3 circuitos troncales.

Para acceder desde la PSTN hacia la PBX (*operadora*) de la EPN se dispone de 27 troncales (*24 troncales bidireccionales analógicas y 3 líneas celulares*).

Las líneas directas al usuario final de la central, utilizadas en las diferentes dependencias de la EPN suman 38, la mayoría de estas líneas fueron contratadas cuando la central telefónica dejó de funcionar por un lapso de dos meses.

Las líneas directas (14) que no son de la EPN son el conjunto de troncales que llegan a los predios de la universidad pero fueron contratadas por personas naturales. La tabla 2.22 muestra mencionadas troncales.

N°	NUMERO	ABONADO
1	2228049	COOPERATIVA DE VIVIENDA
2	2228300	A E I E
3	2236629	SR. RAÚL GUAMANGALLO
4	2507130	ADEPÓN
5	2507141	COOPERATIVA POLITÉCNICA
6	2529601	BAR TECNÓLOGOS
7	2544960	SR. FARA
8	2547601	SR. JOSE BENAVIDES
9	2566270	SRA. ROSA DE CELIN
10	2569554	SR. RAMIRO TOASA
11	2901931	ADEPON
12	2903029	SR. ÁNGEL UBIDIA
13	2903346	COOPERATIVA POLITÉCNICA
14	2904598	STA. NO VIDENTE

Tabla 2.22 Líneas troncales no contratadas por la EPN

La descripción total de las líneas troncales se adjunta en el anexo F.

2.1.2.4 Análisis de tráfico de voz

Para el presente análisis, fueron considerados los datos obtenidos a través del sistema de monitoreo propietario de la Central telefónica de la EPN (*anexo G*) a octubre de 2006. Básicamente el análisis de tráfico telefónico se realiza para hallar la hora del día de mayor ocupación del sistema, también conocida como hora pico; la intensidad de tráfico telefónico generado en esta hora es muy importante al momento de dimensionar la red telefónica.

El periodo por día considerado en este análisis va desde las seis de la mañana hasta las veinticuatro horas, debido al horario de trabajo que existe en la EPN.

A través de los datos obtenidos se obtiene la intensidad de tráfico (*A*) de cada hora; este parámetro tiene como unidad el *Erlang* que equivale a una llamada de una hora de duración, considerada en una hora de referencia. *A* se puede calcular de dos formas:

$$A = T_o/3600s$$

Ecuación 2.2

$$A = C * T$$

Ecuación 2.3

Donde:

A: Es la intensidad de tráfico en Erlangs

T_o: Es el tiempo de ocupación total 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.

La tabla 2.23 muestra la clasificación de todas las llamadas generadas durante el periodo de monitoreo (*desde el 14 hasta el 27 de octubre de 2006*), considerando el destino de cada conversación.

Tipo de llamada	Cantidad
Llamadas entre extensiones	11567
Llamadas de extensión a línea local	16807
Llamadas de extensión a línea celular	4216
Llamadas sin destino	256
Llamadas a operadora	119
Llamadas para servicios de Andinatel	174
Llamadas con destino incompleto	142
Llamadas al servicio 1700-800800	61
Llamadas a la UTE 1800-101020	1
Llamadas a Multicine 1800-352463	1
Llamada a 1800-744623	1
Llamadas a provincia	293
Llamadas con destino incorrecto	11
Llamadas desde la operadora	14
Número total de llamadas	33663

Tabla 2.23 Tipos de llamadas generadas por los usuarios de la PBX²⁴

²⁴ Fuente: Depuración de los datos de los reportes de tráfico de la central telefónica, Anexo G: archivo digital “reporte telefónico.xls”

Hora	Sábado 14	Lunes 16	Martes 17	Miércoles 18	Jueves 19	Viernes 20	Sábado 21	Lunes 23	Martes 24	Miércoles 25	Jueves 26	Viernes 27	Σ
	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	
6 a 7	0,000	1,158	0,312	0,025	0,032	0,000	0,000	0,013	0,000	0,197	0,405	0,080	2,222
7 a 8	0,000	0,552	10,393	23,818	0,890	1,102	0,140	1,072	1,017	0,647	1,318	0,653	41,602
8 a 9	10,248	2,275	2,123	6,688	3,073	2,482	0,035	3,598	2,787	5,017	1,983	13,860	54,170
9 a 10	10,525	3,630	6,297	4,757	15,125	5,717	0,328	5,497	16,582	6,063	5,742	14,060	94,322
10 a 11	1,158	6,857	5,948	8,990	5,778	6,933	0,530	8,047	5,373	7,678	4,328	5,323	66,945
11 a 12	0,512	26,117	8,590	9,618	5,613	9,063	10,770	6,620	6,492	5,985	5,327	4,635	99,342
12 a 13	0,098	7,730	5,558	5,497	4,567	5,498	0,603	5,320	6,165	6,455	16,025	4,572	68,088
13 a 14	0,500	4,187	8,352	12,288	3,305	3,412	0,340	13,183	2,645	7,505	2,963	7,408	66,088
14 a 15	0,030	4,445	7,918	2,690	5,230	3,763	0,075	3,418	3,997	4,755	8,537	3,207	48,065
15 a 16	0,055	5,192	4,590	6,350	4,602	4,077	0,312	5,677	7,083	8,158	5,305	4,305	55,705
16 a 17	0,017	5,137	5,828	5,813	6,405	15,352	0,367	7,120	6,565	15,058	5,363	6,485	79,510
17 a 18	0,000	5,460	12,525	18,978	2,705	8,837	0,260	5,903	5,002	10,373	6,025	2,672	78,740
18 a 19	9,995	3,072	1,443	1,900	3,513	2,010	0,215	3,025	3,597	2,045	0,938	21,155	52,908
19 a 20	9,988	1,562	3,517	1,630	11,410	1,823	0,078	0,877	11,338	1,535	1,727	1,673	47,158
20 a 21	0,000	0,202	1,513	1,262	3,252	0,553	0,015	4,170	0,278	1,400	1,377	0,612	14,633
21 a 22	0,000	10,090	0,312	0,798	0,342	0,100	9,988	0,487	0,548	0,232	0,027	0,665	23,588
22 a 23	0,000	0,093	0,072	0,028	0,000	0,125	0,000	0,000	0,000	0,000	9,990	0,043	10,352
23 a 24	0,000	0,000	0,055	10,185	0,198	0,765	0,000	10,075	0,077	0,000	0,000	0,000	21,355

Tabla 2.24 Intensidad de tráfico convencional desde el 14 de octubre hasta 27 de octubre de 2006 (*llamadas locales, regionales y nacionales*)²⁵

²⁵ Fuente: Depuración de los datos de los reportes de tráfico de la central telefónica; Anexo G , tablas G.1 y G.2

Con estos antecedentes el análisis de tráfico se lo realiza tanto para llamadas analógicas (*llamadas locales y provinciales*) como celulares; en ambos casos se busca obtener el número de circuitos que permitan interactuar a la PBX con ambas redes públicas (*PSTN y celular*) asegurando que los dos tipos de llamadas ocupen sus respectivos circuitos troncales, además de un grado aceptable de servicio para el usuario.

La tabla 2.24 muestra la intensidad de tráfico convencional acaecida en cada hora de los días considerados del estudio; la sumatoria de todas las intensidades correspondientes a cada hora del día, indican cuál hora del día tiene más tráfico; la última columna de la tabla 2.24 muestra esta suma e indica que el mayor valor de tráfico es de 99,342 Erlangs, correspondiente a la hora transcurrida entre las 11 y las 12 A.M. la cual resulta ser la hora pico u hora de mayor ocupación del día. En el intervalo de tiempo considerado como hora pico se tiene que el día lunes 16 de octubre ocurre el mayor flujo de tráfico con 26.117 Erlangs

La figura 2.14 muestra la variación de tráfico del lunes 16 de octubre del 2006 que contiene el pico máximo de intensidad de tráfico durante la hora pico antes determinada, este pico corresponde a 26,117 Erlangs. Nótese que excepto por los picos ocurridos entre las once y doce de la mañana y las nueve y diez de la noche el comportamiento del tráfico de voz durante todo el día es estable y menor a los ocho Erlangs.

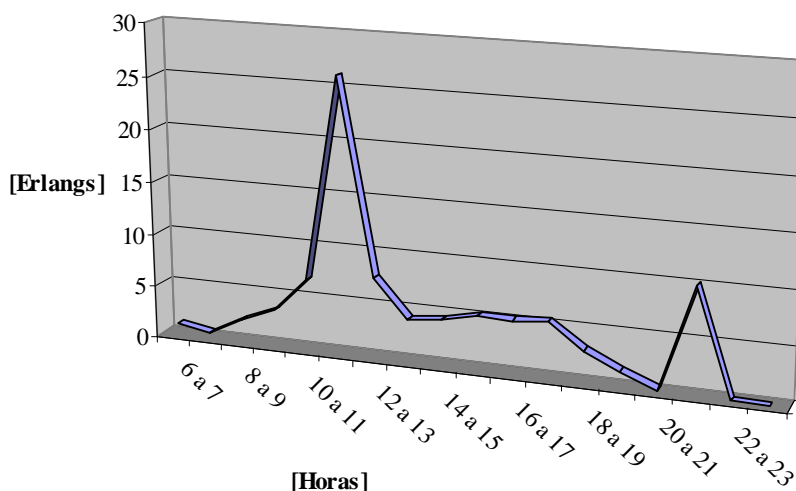


Figura 2.14 Intensidad de tráfico del día de la hora pico

El número de circuitos a usarse se determina a través de las tablas de Erlang B (el tipo de tabla viene determinada por la función de distribución de llamadas considerada, en este caso gaussiana), las cuales para una intensidad de tráfico y un grado de servicio (posibilidad de que una llamada falle debido a congestión del sistema, tradicionalmente 1% en telefonía) dados, proporciona el número de circuitos óptimo.

Con un grado de servicio (GoS) de 1%, el valor más alto de intensidad de tráfico en la hora pico (26,117 Erlangs) y basados en la tabla de Erlang B, el número de circuitos recomendado es de 37 (ver anexo H; Pág. H-1, tablas de Erlang B).

Al igual que la telefonía convencional, la variación de la intensidad de tráfico telefónico móvil se muestra en la tabla 2.25. Nótese que la sumatoria de mayor valor (10,220 Erlangs) indica una mayor ocupación del sistema entre las doce y una de la tarde; se tiene que la hora pico para tráfico telefónico celular corresponde al día lunes 16 de octubre de 2006 (2.312 Erlangs).

La figura 2.15 muestra la variación de intensidad de tráfico del día lunes 16 de octubre de 2006 el cual contiene el pico más alto (2,312 Erlangs) de intensidad telefónica móvil; la actividad de voz aumenta entre las once de la mañana y las cinco de la tarde siendo bastante baja en las demás horas del día.

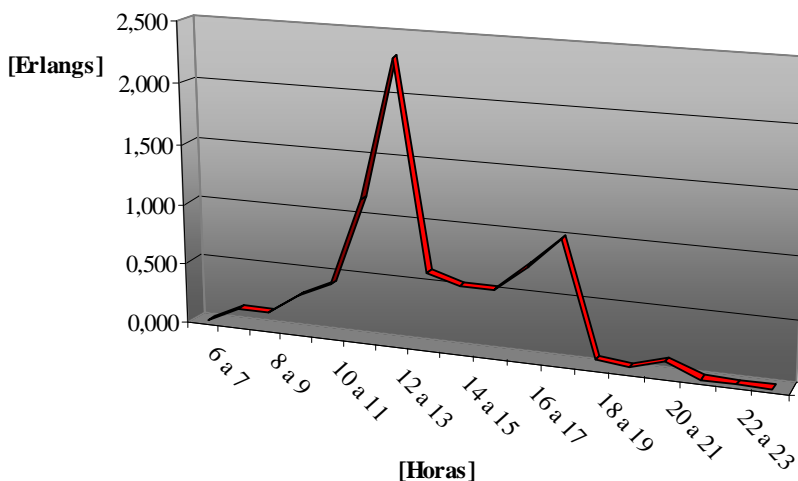


Figura 2.15 Intensidad de tráfico celular del lunes 16 de octubre de 2006

Hora	Sábado 14	Lunes 16	Martes 17	Miércoles 18	Jueves 19	Viernes 20	Sábado 21	Lunes 23	Martes 24	Miércoles 25	Jueves 26	Viernes 27	Σ
	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	A[Erlang]	
6 a 7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7 a 8	0,000	0,127	0,152	0,230	0,867	0,122	0,015	0,300	0,132	0,112	0,258	0,208	2,522
8 a 9	0,000	0,135	0,532	0,267	0,195	0,417	0,007	0,480	1,262	0,265	0,553	0,462	4,573
9 a 10	0,342	0,303	0,790	0,462	0,542	0,675	0,227	0,590	0,538	0,630	0,480	0,310	5,888
10 a 11	0,008	0,427	0,358	0,680	0,902	0,422	0,288	0,552	0,412	0,857	0,747	1,028	6,680
11 a 12	0,070	1,162	0,687	0,748	0,808	1,187	0,105	1,103	0,778	1,005	0,913	0,908	9,475
12 a 13	0,018	2,312	0,873	0,580	0,618	0,737	0,545	0,435	0,490	1,027	0,892	1,693	10,220
13 a 14	0,198	0,617	0,345	0,585	0,470	0,778	0,137	0,813	0,503	0,385	0,435	0,667	5,933
14 a 15	0,227	0,530	0,483	1,120	0,478	0,453	0,033	0,297	0,138	0,185	0,367	0,557	4,868
15 a 16	0,028	0,533	0,623	1,047	0,570	0,658	0,012	0,552	0,875	0,575	0,527	0,733	6,733
16 a 17	0,315	0,753	0,923	0,453	0,638	1,193	0,000	0,470	0,683	0,642	0,747	1,072	7,890
17 a 18	0,000	1,000	0,153	0,670	0,707	0,953	0,000	0,358	0,358	0,657	0,702	0,492	6,050
18 a 19	0,000	0,058	0,420	0,362	0,392	0,395	0,637	0,152	0,772	0,205	0,587	0,248	4,227
19 a 20	0,000	0,032	0,155	0,213	0,315	0,290	0,043	0,168	0,092	0,102	0,125	0,023	1,558
20 a 21	0,000	0,112	0,305	0,063	0,467	0,327	0,000	0,002	1,275	0,257	0,052	0,157	3,015
21 a 22	0,000	0,000	0,022	0,092	0,000	0,005	0,000	0,022	0,230	0,248	0,045	0,273	0,937
22 a 23	0,000	0,000	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,098	0,087	0,217
23 a 24	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,000	0,000	0,000	0,022

Tabla 2.25 Niveles de intensidad de tráfico telefónico celular desde el 14 de octubre de 2006 hasta el 27 de octubre de 2006²⁶

²⁶ Fuente: Depuración de los datos de los reportes de tráfico de la central telefónica; Anexo G, tabla G.3

Aplicando el análisis de Erlang B al valor de intensidad de tráfico más alto (2.312 *Erlangs*), le corresponde 7 circuitos celulares con un grado de servicio del 1% (ver *anexo H, Pág. H-1*).

Finalmente cabe aclarar que este análisis considera sólo el tráfico concerniente a la central y deja de lado las 38 líneas directas que funcionan independientemente de la central telefónica, en diversas dependencias de la EPN.

2.1.2.5 Análisis de funcionamiento de la Red telefónica

La Central Telefónica de la EPN, trabaja con 56 troncales del tipo analógico provistas por Andinatel y 3 troncales celulares suministradas por Movistar, en total 59 troncales (*tabla 2.21*).

La PBX tiene asignados 410 puertos (*de los cuales 364 están funcionando regularmente*): 318 analógicos y 92 digitales para terminales propietarios AT&T; existe capacidad para dar atención a 54 extensiones nuevas (*42 analógicas y 12 digitales*).

El cableado telefónico subterráneo se encuentra degradado (*especialmente por el tiempo de servicio y factores ambientales*) lo que genera problemas en las extensiones debido a inducciones de voltaje y puesta a tierra del par telefónico; lo anterior obliga a un constante cambio de pares de extensiones.

El análisis de tráfico dio como resultado la necesidad de utilizar 37 líneas troncales para acceso a la PSTN y 7 para la red telefónica móvil, con un grado de servicio de 1% (*de 100 intentos de llamada, 99 se concretan*); sin embargo, se cuenta con 32 líneas troncales analógicas (*24 bidireccionales y 8 exclusivas de salida*) y 3 bases celulares bidireccionales, aumentando la posibilidad de llamadas fallidas (*ocupadas*) hacia las redes telefónicas públicas.

Es recomendable utilizar las troncales contratadas según la naturaleza de la llamada, es decir, troncales celulares para llamadas a teléfonos móviles y

troncales analógicas para llamadas convencionales a la PSTN; esto debido al costo extra que representa la interconexión de circuitos de diversos proveedores de servicio telefónico para la ejecución de una comunicación.

La central telefónica de la EPN tiene más de 12 años de funcionamiento, por lo cual presenta problemas de operación como: degradación de *hardware* y escalabilidad de nuevos servicios; además de que ya se encuentra descontinuada (*actualmente a través de una sola empresa se puede conseguir repuestos para la PBX*). Por estas razones es una necesidad imperiosa diseñar un sistema capaz de suplir estas necesidades y entregar nuevos servicios a los usuarios actuales y futuros.

2.1.3 ANÁLISIS Y OBTENCIÓN DE REQUERIMIENTOS

Con el objetivo de brindar servicio de voz y datos de manera eficiente a los usuarios de una red, el análisis y obtención de requerimientos es un proceso fundamental. Dependiendo de la organización considerada, las características, necesidades y limitaciones de los usuarios son diferentes, por lo que el diseño de la red siempre debe adaptarse a las mismas.

Un campus universitario, y en particular la EPN tiene características únicas, las cuales determinan los parámetros a utilizarse para la obtención de requerimientos, tales como:

- Número y naturaleza de usuarios que acceden al servicio telefónico
- Número de troncales
- Selección de *Gateway* de voz
- Selección de Codec
- Servicios suplementarios

2.1.3.1 Número y naturaleza de usuarios con acceso al servicio telefónico

El sistema telefónico actual no presta servicio a la mayoría de usuarios de la EPN (*ver tabla 2.26*), considerándose como usuarios, las personas que trabajan en la

Universidad y pasan la mayor parte del día en la misma, por lo cual necesitan acceder al servicio telefónico.

De acuerdo a los datos obtenidos del departamento de Recursos Humanos de la EPN al 4 de octubre de 2006, los empleados a tiempo completo con que cuenta la Institución están distribuidos en grupos de la siguiente forma: profesores 384, personal administrativo 245, trabajadores 105 y estudiantes becados que trabajan en la Institución 134. En total 868 personas repartidas en el campus EPN necesitan tener acceso al servicio telefónico.

Grupo de usuarios	Número de usuarios
Profesores a tiempo completo	384
Personal Administrativo	245
Trabajadores	105
Estudiantes	134
Total	868

Tabla 2.26 Usuarios del sistema telefónico

Actualmente la central telefónica, con las 364 extensiones activas no brinda cobertura a los 868 usuarios, razón por la cual, el número de extensiones destinadas para dar el acceso al servicio telefónico, se realizará en base al número **de ambientes físicos** en cada uno de las oficinas que funcionan en las distintas dependencias de la EPN.

Se consideran ambientes físicos las oficinas, módulos de trabajo, laboratorios, salones de reunión y bodegas; para cada uno se dispondrá de una extensión, independientemente del número de personas que trabajen en dicho ambiente. Sin embargo dependiendo de la situación del lugar, la asignación de extensiones cambiará (*Laboratorios con o sin oficinas y bibliotecas*), existiendo sitios o ambientes sin extensión propia por ser poco necesario o por tener un acceso al servicio en las proximidades inmediatas.

El número actual de las extensiones, ambientes físicos, troncales actuales y extensiones propuestas de las diferentes oficinas por dependencias de la EPN se adjuntan en el anexo I.

Dependencia	Ambientes Físicos	Extensiones actuales	Extensiones propuestas	Troncales actuales	Switch
EX - COLEGIO AMERICANO (IDIOMAS)	4	2	4	1	Sin acceso a la Polired, 26 extensiones propuestas
CIERHI (Centro de Investigación y estudios en recursos hídricos)	5	1	5	0	
CCICEV (Centro de Transferencia de Tecnología para la Capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares)	5	0	5	1	
MANTENIMIENTO ELÉCTRICO MECÁNICO-ELÉCTRICO	2	0	2	2	
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA	3	1	3	0	
METALURGIA EXTRACTIVA	2	2	2	1	
LABORATORIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR	4	1	4	0	
ASOCIACIÓN ELECTROMECAÁNICA	1	0	1	0	
ADMINISTRACIÓN	150	82	141	19	dugi
EDIFICIO DE CIVIL	53	28	51	11	dcivil
ELÉCTRICA (EDIFICIO ANTIGUO)	66	25	52	8	delectrica
EDIFICIO ELÉCTRICA- QUÍMICA	57	31	54	7	delectrica
ESFOT	53	30	51	1	dmecanica
EDIFICIO DE MECÁNICA	44	29	38	3	dmecanica
CIAP (Centro de Investigación Y Aplicación de Polímeros)	10	4	10	2	dcivil
EPCAE (Escuela de Postgrado)	9	9	9	4	dcivil
INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS Y PETRÓLEOS	18	9	17	1	delectrica
EDIFICIO ELÉCTRICA-QUÍMICA (parte posterior)	27	17	23	1	dsistemas
EX - ICB (Instituto de Ciencias Básicas)	48	15	47	3	dmecanica
ABASTECIMIENTOS	18	9	18	4	cugi
INGENIERÍA AMBIENTAL	18	12	18	1	dcivil
DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE (CICAM)	6	1	6	1	dcivil
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS (MUSEO)	6	3	6	1	dugi
INGENIERÍA EN SISTEMAS (Cuentan con una central propia de marca Panasonic)	57	30	55	13	dsistemas
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA	23	11	23	2	dsistemas
TEATRO POLITÉCNICO	2	1	2	0	dcivil
CENTRO DE LA VIVIENDA	10	10	10	1	dcivil
LABORATORIO DE AGUAS Y MICROBIOLOGÍA	5	1	5	1	dugi
TOTAL	706	364	662	89	

Tabla 2.27 Puntos de voz requeridos en la EPN

El criterio de distribución de extensiones por ambiente permite el fácil acceso al servicio telefónico de todas las personas (*al no haber divisiones físicas todos los usuarios pueden realizar o responder llamadas a través de la extensión en igualdad de condiciones*) que trabajan en el sitio, de esta forma se brinda comunicación de voz a un mayor número de usuarios con menos extensiones, optimizándose el uso del sistema en general.

La tabla 2.27 expone el levantamiento de información obtenida de la red telefónica de la EPN, los ambientes físicos y el número de extensiones propuestas según los criterios expuestos anteriormente. Por ejemplo para el edificio antiguo de Eléctrica, se tiene que actualmente los usuarios acceden al servicio telefónico a través de 25 extensiones y 8 líneas troncales. En general el edificio dispone de 66 ambientes físicos, lo que quiere decir que existen oficinas y laboratorios que comparten una extensión o no tienen servicio telefónico. Para los mencionados ambientes (66) se recomienda tener 52 extensiones para dar el servicio telefónico a todas las personas definidas como usuarios dentro del edificio; todos sus *switches* de acceso convergen al *switch* de distribución “*delectrica*.”

Puesto que el servicio de voz se lo va a proporcionar a través de la red de datos, se debe prever mecanismos para dar servicio a las extensiones (26) de las dependencias (8) que no tienen acceso a la Polired (*tabla 2.27*).

Switch de core	Switch de distribución	Número de extensiones propuestas	Tipo de extensión
cquimica	dsistemas	101	636 extensiones IP
	dmecanica	136	
	delectrica	123	
cugi	dcivil	104	
	dugi	154	
	cugi	18	
	sin acceso a la Polired	26	26 extensiones
	TOTAL	662	

Tabla 2.28 Número de extensiones propuestas por *switch*

La tabla 2.28 muestra el número de puntos de voz o extensiones requeridos para el nuevo sistema telefónico, así como la carga de extensiones IP que deben soportar los *switches* de distribución y *core*.

Para brindar servicio telefónico a las dependencias que no tienen acceso a la Polired ubicadas, a excepción del Ex-Colegio Americano (*Ladrón de Guevara E11-164 y Pasaje España, con 4 extensiones propuestas*), en la zona norte de la Universidad (*rodeando la cancha de fútbol de tecnólogos*), se consideran tres alternativas:

- A través de extensiones inalámbricas: cada teléfono IP inalámbrico tendría cobertura mediante *access points*, ubicados en los puntos de red más cercanos a los usuarios finales; se tendrá un total de 662 extensiones IP.
- Con extensiones analógicas: el *Gateway* debe estar provisto de un módulo que provea los puertos de las extensiones, éstos pueden ser puertos FXS²⁷ (*por ejemplo en un router de voz*) o analógicos mediante una tarjeta destinada para este fin (*generalmente en una IP-PBX*).
- Mediante adaptadores IP (*paquetizan la voz, para hacer posible comunicaciones sobre una red de datos*): conectados a los teléfonos analógicos.

El uso de terminales IP inalámbricas para los usuarios sin acceso a la Polired se dificulta por dos razones: pérdidas en la señal de voz debido a las grandes distancias (*más de 180 metros*²⁸), edificaciones presentes en el entorno de trabajo y la inversión por teléfono inalámbrico IP, que es considerable en comparación con un analógico. Debido a estas razones las 26 extensiones serán del tipo analógico o IP mediante adaptadores, dependiendo de la tecnología usada para el diseño de la red integrada; para ambas soluciones se llega a los predios del usuario final mediante el cableado telefónico existente.

Con el fin de prestar comunicación a las principales autoridades y departamentos de la EPN en caso de falla del sistema telefónico propuesto, se puede hacer uso

²⁷ FXS (*Foreign Exchange Station*): Puerto que entrega tono de marcación y voltaje hacia un dispositivo como un teléfono analógico o fax.

²⁸ Fuente: Plano a escala de la Escuela Politécnica Nacional.

de las troncales directas con las que cuenta la central actual de la Universidad. Para este fin se realizará una re-distribución de las troncales descritas en la tabla 2.21 tomando en cuenta los niveles jerárquicos de autoridades de la EPN. El artículo 6 del título II del Estatuto de la EPN (*al 10 de junio de 2006*) muestra la estructura institucional, separada por niveles de funcionamiento:

NIVEL DIRECTIVO:

- Consejo Politécnico
 - Comisión de Evaluación Interna,
 - Comisión de Vinculación con la Colectividad
- Consejo Académico
 - Comisión de Docencia
 - Comisión de Investigación y Extensión
- Consejo de Facultad
- Consejo de Departamento.

NIVEL EJECUTIVO:

- Rectorado, Secretaría General y unidades/direcciones a su cargo.
- Vicerrectorado, y las unidades a su cargo.
- Decanato de Facultad
- Subdecanato de Facultad
- Jefatura de Departamento

NIVEL CONSULTIVO

- Asamblea Politécnica

Tanto el nivel directivo como consultivo está integrado por consejos o asambleas cuya conformación se describe en el Título III del Estatuto; la distribución de líneas se hace en función del nivel ejecutivo tomando en cuenta autoridades unipersonales que dirigen las diversas unidades operacionales de la Institución desde el Rector hasta los Jefes de Departamento. Además se asignan líneas a ciertos componentes de la EPN, que si bien están en niveles más bajos de la jerarquía, o no están ubicadas físicamente en el mismo sitio de su unidad

inmediata superior, dependen de la comunicación con el exterior para su desenvolvimiento o son de funcionamiento crítico para la EPN (*por ejemplo el Departamento de Geofísica*).

El anexo J tabula todas las unidades operativas consideradas para la distribución de líneas directas, que en total suman 56.

Puesto que el sistema telefónico IP funciona sobre la estructura de la Polired, el lapso en el cual se determinará las proyecciones de requerimientos, estará relacionado con la vida útil de los equipos que forman la columna vertebral de la red (*equipos CISCO*) el cual es de 140.000 horas (*MTBF, Main Time Between Fail*), lo que está alrededor de 16 años; por esta razón los períodos de proyección se establecerá a 5 y 10 años.

De acuerdo a datos obtenidos de registros anuales de la central telefónica, el incremento de extensiones se comporta de forma lineal, obteniendo un aumento constante anual de 8 extensiones, tal como muestra la figura 2.16.

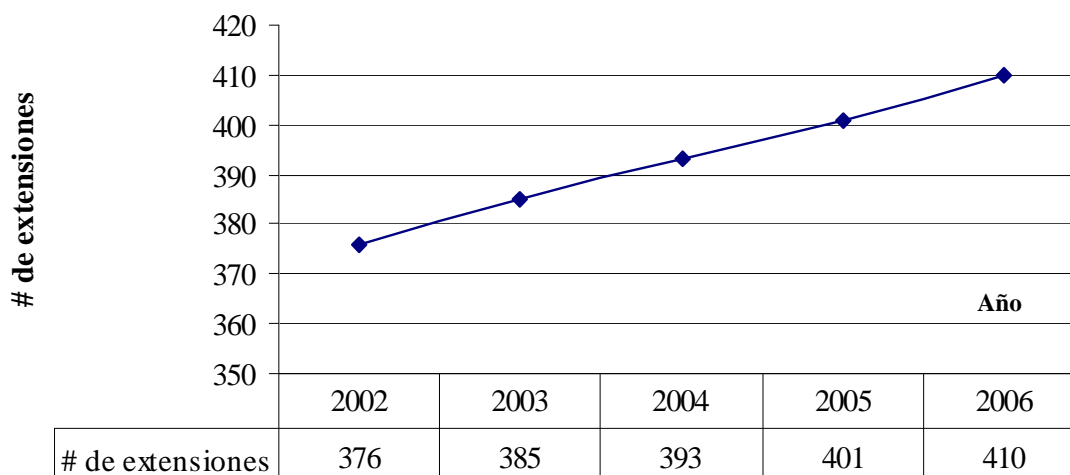


Figura 2.16 Curva de proyección de extensiones

Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
# de extensiones	662	670	678	686	694	702	710	718	726	734	742
	80 extensiones										

Tabla 2.29 Proyección de extensiones a 10 años

Es decir el *software* y *hardware* del nuevo sistema telefónico estará en capacidad de manejar en un inicio 662 extensiones como se expone en la tabla 2.28 y 80 más con propósitos de proyección como se muestra en la tabla 2.29.

2.1.3.2 Número de troncales para interacción con las redes públicas

A través del análisis de tráfico telefónico se obtuvo que para los 364 extensiones actuales del servicio, la intensidad de tráfico convencional pico obtenida fue de 26,117 (*tabla 2.24*) Erlangs y de 2,312 (*tabla 2.25*) Erlangs para telefonía móvil. Considerando que el comportamiento de los nuevos usuarios es similar al de los actuales, se puede admitir una variación lineal de la intensidad de tráfico en función del número de beneficiarios del servicio; considerado esto se obtiene las proyecciones de tráfico para las 662 extensiones propuestas:

$$A_1 = \frac{U_f}{U_a} A_0$$

Ecuación 2.4

- Donde:
- A_1 = Intensidad de tráfico proyectada
 - A_0 = Intensidad de tráfico actual
 - U_f = Usuarios finales
 - U_a = Usuarios actuales = 364

La tabla 2.30, muestra las troncales analógicas obtenidas mediante el análisis de Erlang B con un grado de servicio del 1% (*ver Anexo H, Pág. H-2*), en base a las intensidades de tráfico proyectadas obtenidas a través de la ecuación 2.4.

$U_a = 364$ extensiones, $A_0=26,117$ Erlangs, GoS = 1%			
Año	# de extensiones [Uf]	Intensidad de tráfico $A_1 = \frac{U_f}{U_a} A_0$	Número de troncales Analógicas requeridas
2006	662	47,4985 [Erlangs]	61
2011	702	50,3685 [Erlangs]	64
2016	742	53,2385 [Erlangs]	67

Tabla 2.30 Proyección de líneas troncales analógicas

Para el tráfico hacia redes celulares, se calcula las troncales con un grado de servicio del 5% (*de cada 100 llamadas 95 son exitosas*), ya que de acuerdo al comportamiento de los usuarios, existe mayor probabilidad de realizar llamadas hacia la PSTN que a la red celular. En la tabla 2.31 se observa las troncales celulares obtenidas de las proyecciones de tráfico (*ver anexo H, Pág. H-1*).

$U_a = 364$ extensiones, $A_0=2,312$ Erlangs, GoS = 5%			
Año	# de extensiones [Uf]	Intensidad de tráfico $A_1 = \frac{Uf}{Ua} A_0$	Número de troncales celulares
2006	662	4,2048 [Erlangs]	8
2011	702	4,4589 [Erlangs]	8
2016	742	4,7129 [Erlangs]	9

Tabla 2.31 Proyección de líneas troncales celulares

Inicialmente la nueva red partiría con 8 líneas troncales celulares, sin embargo, gracias a que el tráfico celular será gestionado por el sistema telefónico a través de restricciones impuestas en el perfil de cada usuario (*provocando disminución en el tráfico celular*), y se lo puede balancear a través de troncales analógicas (*si no existe una troncal celular disponible para realizar una llamada se lo puede realizar por líneas directas*), se utilizarán solamente seis líneas celulares, y por ende seis bases celulares²⁹. Para poder operar con las líneas celulares el Gateway debe tener puertos FXO para su conexión o una tarjeta de troncales destinada para este fin. La tabla 2.32 expone las troncales celulares propuestas en base a los criterios mencionados anteriormente.

Año	# de extensiones [Uf]	Número de troncales y bases celulares propuestas
2006	662	6
2011	702	6
2016	742	7

Tabla 2.32 Troncales celulares propuestas

²⁹ Base celular: Dispositivo que permite proporcionar una troncal celular a un sistema telefónico, se conecta a un puerto analógico de una tarjeta de troncales o un puerto FXS, en el caso de un Gateway de voz.

El propósito de implementar bases celulares, es discriminar el tipo de llamada (*convencional o celular*) y en base a ese filtro enrutar la misma a través de su respectiva troncal, permitiendo un ahorro en el costo por llamada.

El nuevo sistema telefónico estará en capacidad de manejar un máximo de 67 líneas troncales analógicas (*61 inicialmente y 6 para proyecciones a los tiempos previstos*) y 7 circuitos celulares (*6 en un inicio y 1 para proyecciones*), considerando que las llamadas se enrutarán a las troncales respectivas, dependiendo de su naturaleza (*convencional o celular*)

Inicialmente el sistema contará con 66 troncales, 60 para acceso a la PSTN (*idealmente se partiría con 61 líneas, pero la troncal faltante no se contratará lo que significa un descenso en el GoS al 2%; sin embargo éste se verá compensado al introducir perfiles de control de llamada a cada uno de los usuarios, perfiles inexistentes en la actualidad*) y 6 para acceso a la red móvil mediante bases celulares. En el primer caso disponer de troncales analógicas en su totalidad, implica adicionar *hardware* para la conexión de cada uno de los pares telefónicos al sistema y un aumento en el costo por pensión básica mensual (*12.06 USD por línea, 60 líneas = 723.60 USD*); por estas razones las 60 troncales necesarias para el acceso hacia la PSTN serán del tipo digital, siendo las alternativas prestadas por Andinatel, las siguientes:

- Dos accesos PRI (*30B + D*) con señalización ISDN (*Recomendación Q.931*) disponiendo de 100 números telefónicos por acceso primario y 60 llamadas simultáneas en total.
- Dos E1s con señalización R2, disponiendo de 100 números telefónicos por E1 y 60 llamadas simultáneas en total.

El uso de enlaces digitales, permite flexibilidad del uso de troncales y servicios suplementarios prestados por los mismos. Cuando se realiza o se contesta una llamada a través de un acceso E1 ya sea con R2 o ISDN, la comunicación utiliza un canal de los 30 disponibles, permitiendo 29 comunicaciones más, de salida o entrada mediante cualquiera de los 100 números telefónicos. Al igual que con

troncales analógicas es permitido crear grupos de enlace, solo que en este caso se asocia canales del E1 en lugar de troncales.

El E1 permite tener un máximo de 30 comunicaciones simultáneas a través de un solo número telefónico generalmente el de cabecera (*primer número en la serie de los 100 entregados*), gracias a que cada una de las llamadas ocupa un canal distinto del enlace. Esta opción es aprovechada para la asignación de líneas de entrada para una operadora, ya que puede atender un número definido de llamadas a través de un solo número telefónico; claro está que la cantidad de llamadas a ser atendidas también depende de los recursos de *hardware* del teléfono operadora.

El E1 por defecto tiene la opción de realizar DID (*Discado Interno Directo*), es decir se puede conmutar un canal del E1 directamente a una extensión telefónica asociada a uno de los 100 números telefónicos. En síntesis, cuando se llame a un número telefónico programado con DID, timbrará directamente en la extensión designada sin pasar por la operadora. La configuración de esta opción es exclusiva en los equipos del cliente.

Concepto		Inscripción (USD)			Pensión Básica (USD)	
RDSI Primario (<i>ISDN-PRI</i>)		\$2250			\$225	
E1 – R2		\$4000			\$500	
RDSI Básico (<i>ISDN-BRI</i>)		\$150			\$15	
Línea urbana comercial		\$60			\$12,06	
Categoría	Local (U.S. Dólares por minuto)	Regional (U.S. Dólares por minuto)	Nacional (U.S. Dólares por minuto)	Internacional a España (U.S. Dólares por minuto)	Internacional a EE.UU y Región Andina (U.S. Dólares por minuto)	
C (Comercial)	0,024	0,056	0,0112	0,31	0,31	

Tabla 2.33 Costo de líneas de acceso a la PSTN (*Anexo K*)

La tabla 2.33 describe los costos por inscripción y pensiones básicas mensuales de las opciones consideradas para las troncales, tanto el acceso ISDN-PRI como el E1-R2 prestan las mismas funcionalidades; sin embargo su costo varía considerablemente debido a que los E1-R2 funcionan bajo la red antigua de

Andinatel siendo su mantenimiento oneroso, mientras que RDSI está diseñada para integrar voz, datos y video utilizando la infraestructura telefónica. Por tales motivos los enlaces hacia la PSTN se realizará a través de dos accesos PRI, y las troncales restantes calculadas para las proyecciones determinadas en la tabla 2.29 se implementarán con líneas directas.

Para el acceso a la red telefónica móvil se dispondrá de 6 líneas celulares obtenidas del análisis de proyección de tráfico de la tabla 2.32.

2.1.3.3 Selección del Codec

Los equipos de un sistema telefónico IP, independientemente de la tecnología empleada en el diseño de la red integrada de voz y datos, usan por defecto el codec G.711 para VoIP y telefonía IP en un entorno LAN, proporcionando la más alta calidad de voz. Los codec de menor tasa de bits son empleados generalmente para conexiones WAN donde el ancho de banda es limitado y se requiere de compresión, así como en los siguientes escenarios:

- En llamadas realizadas desde cualquier terminal a través de un enlace WAN.
- De un teléfono IP a un analógico y viceversa; el codec empleado puede ser el del *Gateway* del sistema o de un adaptador³⁰.
- Comunicaciones entre las redes públicas (*PSTN* y *celular*) y el entorno LAN.

A pesar que la EPN no cuenta con enlaces WAN para conexión con sitios remotos, es importante proveer al nuevo diseño de un codec que haga posible aplicaciones de telefonía IP mediante este tipo de enlaces, ya que se podría prestar el servicio telefónico a lugares funcionales de la Universidad que no se encuentran en los predios de la EPN, como el taller de San Bartolo (*Quito*) y el Instituto Geofísico (*Ambato*).

³⁰ Adaptador:- Paquetiza la señal de voz de un terminal analógico para interactuar con la red de datos.

En el entorno de una red integrada de voz y datos, la selección del codec es un parámetro de importancia pues posee alta influencia en la calidad que presenta el sistema VoIP hacia el usuario final; los parámetros más utilizados para seleccionar el codec se muestran a continuación:

- Tasa de bits codificados.- Se refiere a la velocidad de muestreo y codificación de la señal analógica; mientras mayor sea este valor mayor será la ocupación de ancho de banda del enlace.
- Retraso de Algoritmo.- Es un parámetro de especial importancia para enlaces WAN, está relacionado con la lectura y procesamiento de las cabeceras de las tramas enviadas.
- Complejidad de procesamiento.- Es el gasto producido en el CPU al procesar las diversas tramas.
- Calidad de Conversación.- Suelen considerarse varios aspectos, entre éstos la pérdida de paquetes, ruido de fondo en la señal fuente, impacto de errores en la red de datos e incluso el lenguaje del portavoz; sin embargo se cuantifica principalmente mediante estudios empíricos siendo el más conocido el MOS (*Mean Opinion Score*), el cual califica el desempeño de los codecs a través de encuestas entre los usuarios calificando 5 como comunicación “excelente” y 1 “pobre”.
- Rendimiento de señales que no son de conversación.- Busca fiabilidad en la transmisión/recepción de señales que no son de voz pero se relacionan con la comunicación como tonos DTMF, señales de fax y módems, etc. En busca de este fin se pueden ajustar señales análogas de ganancia de entrada, supresión de silencios asociadas con detección de actividad de voz (VAD) y búferes de fluctuación de fase.

La tabla 2.34 muestra cuantificaciones aproximadas de los criterios de selección del codec: el procesado y el tamaño de la trama están muy relacionados con la complejidad del procesamiento; igualmente la longitud del *look-ahead* afecta directamente al retraso de algoritmo.

Codec	Tasa de Bits [Kbits/s]	Tamaño de trama [ms]	Look-ahead [ms]	Procesado [MIPS]	Calidad de conversación [MOS]
G.729A (CS-ACELP) ^I	8	10	5	10.5	3.7
G.723.1 (MP-MLQ) ^{II}	6.3	30	7.5	14.6	3.9
G.723.1 (ACELP) ^{III}	5.3	30	7.5	16	3.65
G.711 PCM ^{IV}	64	30	8	<< 1	4.0

^I Estructura conjugada algebraica para predicción lineal de código estimulado

^{II} Cuantificación de probabilidad máxima de multi-impulso

^{III} Predicción lineal de código algebraico

^{IV} Modulación por codificación de Pulsos

Tabla 2.34 Características de rendimiento de los codec usados en redes integradas de voz y datos³¹

En redes integradas de voz y datos se usan codecs de baja tasa de bits debido al consumo limitado de ancho de banda; considerando que en el entorno de la EPN, el ruido ambiental es despreciable y la red de datos muestra fiabilidad (*colisiones en enlaces Ethernet menores al 0,1%³² de la capacidad del enlace*) se ha seleccionado el codec G.729A el cual presenta un consumo de ancho de banda razonable, procesamiento medio y una calidad de voz aceptable, para interacción de la red integrada de voz y datos con redes externas.

2.1.3.4 Caracterización del Gateway de voz

Por el tipo de troncales seleccionadas, el Gateway será de tipo digital manejando inicialmente dos interfaces PRI, 26 puertos FXS (*opcional dependiendo de la tecnología a emplearse en el diseño*) y seis puertos FXO con señalización *loop-start* para acceso a la red telefónica tradicional y móvil; además se dispondrá de una interfaz *Gigabit ethernet* para la conexión al *switch* de *core* Cisco 4507R. El protocolo VoIP con que trabajará el Gateway es H.323, por las siguientes razones:

- Mantenimiento del uso de protocolos estándares en la Polired,

³¹ Fuente: Ejemplar de septiembre de 1997 de la revista IEEE, por Richard V. Cox

³² Fuente: Error absoluto, tomado de recomendaciones del CD "Cisco Design Specialist Self Study Course" y datos del Reporte obtenido a través del Sniffer Colasoft Capsa 6.0

- H.323 fue diseñado para transmitir flujos multimedia (*voz, datos, video y fax*), mientras mantiene interoperabilidad con la PSTN.
- H.323 es más robusto que sus actuales competidores como SIP e IAX (*Inter-Asterisk Exchange*) debido al manejo de ACK (*acuses de recibo*) en sus diálogos.
- SIP no soporta la transmisión de flujos multimedia.
- IAX es un protocolo propietario de Asterisk, pensado principalmente para comunicaciones punto a punto entre servidores.

El *Gateway* debe estar en posibilidad de aumentar sus interfaces FXO para las proyecciones previstas en las tablas 2.30 y 2.32

Para fines de migración del sistema actual telefónico, la tabla 2.35 expone las diferentes interfaces que pueden ser usadas entre la PBX Avaya de la EPN y la nueva red integrada de voz y datos, además de las funcionalidades de llamadas permitidas con cada uno de las mismas.

Tipo de conexión	Número que llama	Número llamado	Nombre del que llama	Estados de llamada (ocupado, no contestado)	Indicador de espera de mensajes	Capacidad de iniciar y contestar llamada por la misma troncal	Costo relativo
PRI-Q.931	Si	Si	Si	No	No	Si	Mediano/alto
PRI-Q.SIG	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Alto

Tabla 2.35 Características de Interfaces PBX-Red IP³³

Puesto que el sistema actual no cuenta con buzón de mensajes, las opciones de indicador de espera y estado de llamada prestadas por la interfaz Q.SIG, útil para la integración de este servicio (*buzón de mensajes*) no son necesarias; en base a esto el *Gateway* de voz tendrá un interfaz PRI para la conexión a la PBX Avaya, posibilitando un ahorro en costos y proporcionando los servicios básicos de llamada entre la red telefónica IP y el sistema telefónico actual.

³³ Fuente: Información obtenida a través de los manuales técnicos de funcionamiento, proporcionado por el personal de mantenimiento de la Central Telefónica.

Como se expone en la tabla 2.36 los servicios prestados por el enlace PRI-Q.931 permite la interacción con la PBX Avaya, primordialmente con funciones de transmisión y recepción de llamadas; las opciones de conferencia y transferencia están permitidas entre usuarios de su propio sistema, ya sea en la red IP o el de la Central Avaya.

Funcionalidad	Red IP a PBX
Transferencia	Si ,sobre su propio sistema
Conferencia	Si , sobre su propio sistema
Mostrar el número llamando	Si, depende de la configuración de la PBX
Mostrar el número llamado	No
Levantar grupos de llamada	No
Música en espera	No
Servicios de operadora	No

Tabla 2.36 Funcionalidades entre la red IP y la PBX Avaya³⁴

Actualmente la PBX de la EPN no dispone de la interfaz necesaria para propósitos de migración, por lo cual se debe proveer de una tarjeta ISDN-PRI, la cual sirva de conexión con el *Gateway* de voz del nuevo sistema telefónico.

Tipo de Gateway	Interfaces de datos	Interfaces analógicas	Interfaces digitales PSTN	Conexión con la PBX actual	Compresión de voz
H.323	10/100/1000 Ethernet	6 puertos FXO o tarjeta troncal	2 PRI	PRI	G.711, G.729
El gabinete estará en capacidad de adicionar el <i>hardware</i> necesario para cubrir las proyecciones previstas en las tablas 2.30 y 2.32					
<ul style="list-style-type: none"> 8 Puertos FXO (1 para troncales celulares y 7 para troncales analógicas) 					

Tabla 2.37 Características del *Gateway* de voz

La tabla 2.37 muestra las características básicas que debe cumplir el *Gateway* de voz, las funciones e interfaces adicionales, dependerán de las plataformas de *hardware* que ofrece cada solución.

³⁴ Fuente: Manuales técnicos de de la Central Telefónica Avaya

2.1.3.5 Servicios suplementarios y redundancia

Actualmente el sistema telefónico cuenta con doce líneas directas y 6 extensiones analógicas (*18 líneas en total*) para envío y recepción de faxes, repartidas por las diferentes dependencias que conforman la EPN. Las tablas 2.38 y 2.39 muestran las líneas directas y extensiones destinadas para el servicio de fax.

N°	NÚMERO	ABONADO
1	2228112	FAX. INGENIERÍA QUÍMICA
2	2228773	FAX. VICERRECTORADO
3	2236147	FAX. DIREC RELACIONES INSTITUCIONALES
4	2236665	FAX. DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA
5	2523649	FAX. FINANCIERO
6	2550192	FAX. I. C. B.
7	2558456	FAX. DEPTO DE CIENCIAS NUCLEARES
8	2564431	FAX. C. I. T. E.
9	2567750	FAX. INGENIERÍA ELÉCTRICA
10	2567847	FAX. GEOFÍSICA
11	2507142(DDI)	FAX. INST TECNOLÓGICO
12	2567848(DDI)	FAX. RECTORADO

Tabla 2.38 Líneas directas como Fax³⁵

Número de extensión	Descripción
269	Fax de Decanatos
288	Fax CICEF
404	Fax Ingeniería Mecánica
609	Fax de Ingeniería Civil
672	Fax Gestión Empresarial

Tabla 2.39 Extensiones programadas como Fax³⁶

En el caso del servicio de fax por líneas directas, solo se ubica el aparato de fax en el extremo del usuario, haciendo relativamente fácil su implementación; por esta razón no se puede llevar un registro exacto de las líneas que son destinadas para este fin (*fax*).

³⁵ Fuente: Anexo F, tabla F.9

³⁶ Fuente : Anexo E

En cuanto a dar servicio de fax a través de extensiones de la PBX de la EPN, se lo hace solo a través de extensiones sencillas, ya que la información del fax se transmite analógicamente (*PBX tradicional, para una PBX-IP es posible tener fax sobre IP a través del protocolo T-38*), al igual que el caso anterior se ubica la máquina de fax en el extremo de la extensión.

El servicio de fax en la PBX se lo puede habilitar mediante programación o a través de la persona que maneja la operadora (*concediendo el tono de fax a la extensión seleccionada, mediante una tecla programada en su consola de operadora*); en los dos casos se excluyen opciones como el tono de espera, buzón de mensajes y la inclusión (*si no contesta el llamado, se fuerza al terminal a hacerlo mediante manos libres*), necesarios para que al momento de enviar un fax a una extensión analógica designada, la máquina de fax pueda recibirlo sin problemas.

La implementación del servicio de fax en el nuevo sistema telefónico, se la puede realizar principalmente de dos maneras:

- A través de los actuales *faxphone* conectados a través de ATAs (*Analog Telephone Adapter, adaptador telefónico analógico*) a puntos de datos de la Polired. Mediante esta opción no se necesita *hardware* y *software* adicional en los equipos de voz para habilitar el servicio; el inconveniente se encuentra en que será necesario el *faxphone* para enviar y recibir faxes.
- Con el uso de un Fax Server, posibilitando enviar y recibir fax a todos los usuarios que dispongan de una cuenta de correo en el Mail Server. Es decir se puede tener una sola "casilla convergente" (*mensajería unificada*) para correo electrónico, voz y fax, implementados a través del Mail Sever, voice mail (*los mensajes de voz en formato .wav son enviado de forma adjunta a una cuenta de correo electrónico*) y Fax Server, respectivamente, encareciendo la solución en contraste con los beneficios que se obtiene. (*se puede acceder a la "casilla convergente" desde el Internet o cualquier terminal dentro de la Polired*)

Se considera implementar la mensajería unificada en la EPN por motivos de comparación para el *modelo de selección*³⁷ y proporcionar servicios de llamada de última generación; la forma en que se ofrezca este servicio se analizará en cada solución. En el capítulo III se retomará este tema para dilucidar el uso de ATAs o *Fax Server (de acuerdo a los costos y beneficios obtenidos)* desde el enfoque de la tecnología ganadora.

Se considera dar redundancia al nuevo sistema telefónico, principalmente a través de la duplicidad de los elementos de funcionamiento crítico que forman parte del mismo; tales elementos e implementación de redundancia, serán analizados desde el enfoque de cada tecnología en los tres bosquejos de diseños que se realizarán posteriormente en el presente capítulo.

La redundancia por duplicidad de elementos funciona de la misma manera en las diversas soluciones. El servidor principal envía constantemente paquetes “*keep alive*” (“*permanezco activo*”, *generalmente paquetes del tipo TCP*) al servidor de respaldo (*stand by*); si en un lapso determinado el servidor en *stand by* no recibe ninguna señal asume el control de la red. El proceso relatado es transparente para el usuario final.

Cabe indicar, que el elemento a duplicarse puede ubicarse en el entorno LAN/MAN o WAN, tratándose de redundancia local y espacial respectivamente

La redundancia de medios se define cuando dos puntos en la red están conectados por varios enlaces, aumentando la confiabilidad de la comunicación entre los mismos.

Se analizará la implementación de redundancia de manera más detallada en el capítulo III, desde la perspectiva de la tecnología ganadora para el sistema telefónico propuesto para la EPN.

³⁷ Modelo de selección: modelo matemático basado en AHP (Analytic Hierarchy Process) desarrollado en este capítulo, que permite seleccionar la tecnología que mejor desempeño tiene en función de las necesidades del cliente.

2.1.3.6 Síntesis de requerimientos

La tabla 2.40 expone los requerimientos obtenidos para el desarrollo de la red integrada de voz y datos.

Descripción	Extensión/troncal/interfaz	Cantidad
662 Extensiones en total	Extensiones IP	636
	Extensiones IP a través de ATAs o analógicas mediante una tarjeta de extensiones sencillas (Depende de la tecnología empleada en el diseño)	26
Para interactuar con la PSTN	Accesos ISDN-PRI (30 llamadas simultáneas mediante 100 número asignados por el operador público)	2
Para interactuar con la Red Celular	Troncales celulares	6
Gateway de voz H.323 debe soportar los codecs G.711 y G.729	Interfaz ISDN-PRI, conexión a la PBX de la EPN AT&T Avaya (Migración)	1
	Interfaz ISDN-PRI, conexión a la PSTN	2
	Puertos FXO o tarjeta de troncales (6 puertos), conexión a las bases celulares	6
	Interfaz para conexión a la LAN 10/100/1000 Mbits/s	1
Aplicaciones suplementarias	Mensajería Unificada y redundancia	

Tabla 2.40 Síntesis de requerimientos

A continuación se procede a realizar los bosquejos de diseño con tres tipos de tecnología: *Networking*, IP-PBX y Servidores. A través de estos bosquejos se efectuará un modelo de selección que permita escoger cuál de ellas se adapta de mejor manera a la situación real de la EPN.

2.2 SOLUCIÓN MEDIANTE TELEFONÍA IP (*Networking*)

2.2.1 DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA

La tendencia actual en comunicaciones es la convergencia, es decir, la integración a todo nivel de servicios y recursos; basados en esta corriente las empresas dedicadas a telecomunicaciones (*Siemens y Alcatel, por ejemplo*) se han aproximado al campo de los datos, así como las empresas que trabajan en la

creación y diseño de redes de computadoras (*Cisco y 3COM, por ejemplo*) han buscado la integración de la voz entre sus servicios. Producto de esto último es el apareamiento de diversas clases de dispositivos, aparatos, protocolos, convenciones y programas que permiten utilizar una red de datos para la transmisión de voz. Se admiten, por supuesto condiciones previas por cumplirse, entre éstas el control del retardo y el limitar la pérdida de paquetes; situaciones superables en el caso de datos pero críticas para la voz.

Una red de datos que soporta voz es a todo nivel, un conjunto de interfaces estandarizados, lo que hace que el sistema sea más flexible y deje de ser centralizado puesto que las funciones del sistema telefónico pueden distribuirse en toda la red. Es así que dentro de una red de datos ya establecida donde se busca implementar voz, se consideran los elementos fundamentales de la figura 2.17.

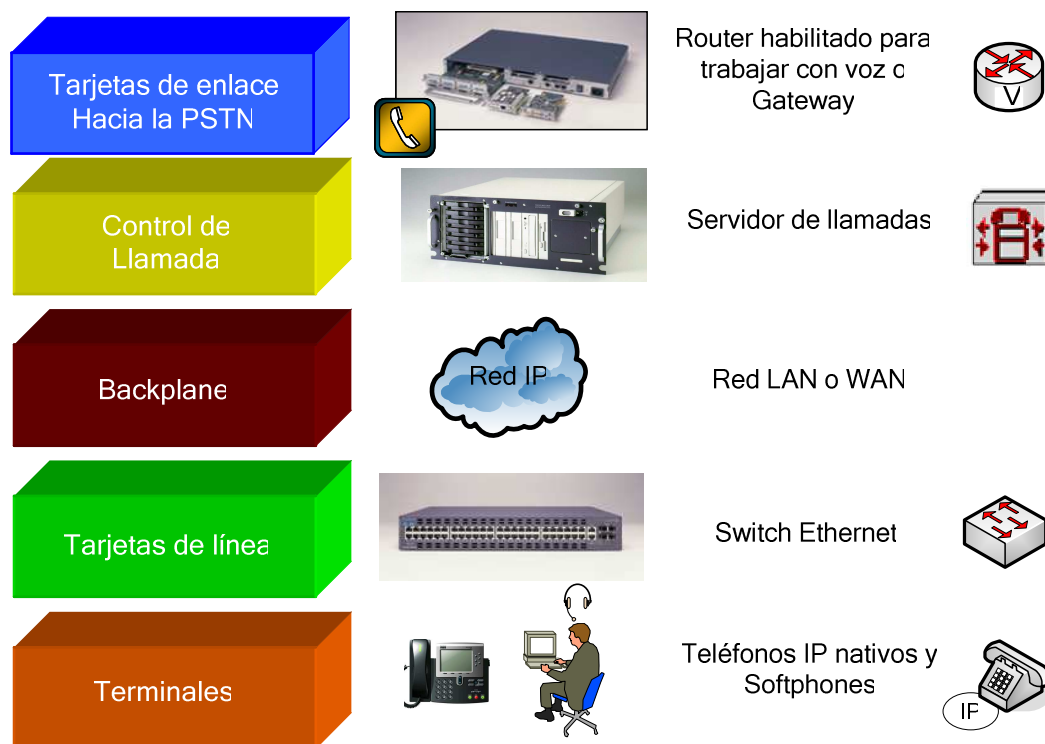


Figura 2.17 Elementos de la Telefonía IP³⁸

³⁸ Fuente. https://www.rediris.es/jt/jt2003/archivo-jt/SALAB/06112003/sesionIV/IsabelCabrera_Fujitsu.ppt

Los terminales IP (*independientemente del tipo*) se conectan a puntos de datos provistos por tarjetas de línea instaladas en *switches*; el conjunto de *switches* están conectados entre sí a través de una Red IP privada (*comunicación a nivel local*) o pública (*en situaciones remotas*) y la operación del conjunto está comandada por el Servidor de Llamadas (*Call Server*). Para interactuar con la PSTN se utilizan los *routers* de voz o *Gateways*. Es decir el *Call Server* y el *Gateway* son los principales elementos para obtener telefonía IP sobre la red de datos y se tratan en detalle a continuación.

Servidor de Llamadas.- Se encarga de las tareas de gestión propias de una PBX tradicional; es decir maneja el control, admisión, establecimiento, desconexión, tarificación de las llamadas, generación de música de espera, servicios de agenda electrónica, etc.

Un conjunto interconectado de servidores de comunicación se le conoce como “*cluster*” de manera que un servidor principal y un servidor de respaldo forman de por sí un *cluster* básico; dependiendo de la complejidad del sistema y el número de usuarios el *cluster* adquiere un mayor número de servidores. Ciertas funciones suplementarias que ejercía un solo servidor como publicación de actualizaciones (*informes a toda la red de cambios de configuración y grabación de detalles de llamada realizada*), descargas TFTP (*archivos de configuración, códigos de uso o tonos de timbrado*), música en espera (*MoH*) o servidor de conferencias pueden delegarse a servidores anexados para un fin único debido al tamaño que adquieren esas tareas junto con el incremento de la red.

Los diversos servidores que forman el *cluster* pueden repartirse en diversos puntos de la red LAN o WAN manteniendo la operabilidad única del *cluster* a través de enlaces *intra-cluster*; esta técnica llamada “clustering” permite evitar que los servidores compartan puntos de falla comunes.

La programación de los servidores se puede hacer vía consola y por vía WEB, tanto a un servidor en particular como a todo el *cluster*.

Dependiendo del entorno de la empresa, es posible utilizar un “modelo de procesamiento de llamada” centralizado o distribuido (*común para cualquier tipo de tecnología empleada: IP-PBX y servidores*). En el primero el *cluster* está ubicado en las oficinas principales de la empresa y uno o más *Gateways* (*de existir sucursales*) se ubican en la matriz y las locaciones remotas de la red, en este caso las operaciones de gestión de llamada y los canales de procesamiento de señal digital se ubican en un punto físico único ya sea mediante un solo *Call Server* o un *cluster*

El modelo de procesamiento distribuido ubica un *Call Server* o un *cluster* en cada sitio remoto y la comunicación entre las locaciones se hace a través de un red IP WAN por donde se envía únicamente tráfico de voz; cabe aclarar que es necesaria la intervención de un *gatekeeper* que gestione la interacción de los *Gateways* al darse llamadas entre las oficinas remotas.

A través del servidor de llamadas es posible la implementación de VoIP en el entorno LAN, sin la necesidad de otro dispositivo como el *Gateway*, este último permite la interoperabilidad con redes externas como la PSTN. Los principales elementos con los que interactúa un servidor de comunicaciones se citan a continuación:

- Teléfono IP o *Softphone*
- *Gateway* de voz
- Servidor de *voice mail*, *Fax Server*
- Troncales *Intra-cluster*
- Recursos para conferencia (*Hardware y software*)

Gateway de voz.- Principalmente maneja extensiones analógicas (*a través de puertos FXS*), actúa como un interfaz con la red telefónica pública y PBX tradicionales. Realiza ciertas funciones suplementarias como la detección/recepción de tonos DTMF, generación de timbrado, soporte para funciones avanzadas de llamada e incluso encriptación de la voz para comunicaciones seguras. El *hardware* utilizado como *Gateway* suele ser un

router o conjunto de *routers* de servicios integrados cuyas múltiples tareas (*enrutamiento, brindar calidad de servicio, seguridad, etc.*) hacen necesario que el dispositivo deba tener amplias capacidades tanto en lo referente al procesador como a la memoria, ya que en éste elemento se realiza la convergencia datos-voz.

Los fabricantes suelen aplicar varios protocolos en lo referente a control del *Gateway*, en este caso se puede nombrar MGCP (*Media Gateway Control Protocol*) y H.323.

Cabe aclarar que el estándar H.323 cuenta con dos versiones; la primera no permitía ofrecer servicios de llamada como espera o transferencia, por lo que los fabricantes estaban obligados a anexar banderas a los paquetes RTP de manera que estos servicios se implementen (*Cisco limitaba su campo de acción solo a codecs G.711*). Sin embargo al ser estas convenciones propias de los fabricantes existían problemas al querer interconectar redes de diversas marcas.

En el caso de H.323v2, se crearon ciertos parámetros en el paquete H.323 como “abrir y cerrar el canal lógico” (*open/close logical channel*) que permitían alterar ciertos procesos relacionados con la negociación de llamada. Por esta razón el incremento de la cabecera por parte de los fabricantes se hacía innecesario y ya se podían usar varias funcionalidades de llamada, incluso la posibilidad de escoger el tipo de codec a usarse en la conversación y solucionar la interconexión de redes de diferentes fabricantes.

La configuración de los *Gateways* no se realiza de forma gráfica, es decir, se lo hace mediante CLI (*Command Line Interface, en el caso de Cisco*) o menú selectivo (*por ejemplo 3COM*), introduciendo cierta complejidad en su configuración y administración; además no es aconsejable con estos tipos de *Gateways* tener un gran número de usuarios o troncales analógicas, ya que por cada uno es necesario líneas de configuración, consumiendo recursos del CPU.

Terminales.- Es posible tener varios tipos de terminales como: H.323, SIP, *Skinny* (propietario de Cisco), o todos; depende de la señalización provista por el Servidor de Llamadas.

La administración general del sistema se la realiza a través del Servidor de llamadas, previa configuración en los respectivos *Gateways*.

El hecho de implementar una solución de voz mediante elementos de *Networking* como Cisco permite: optimizar la red integrada al tener compatibilidad con la mayoría de protocolos empleados en la red de datos, reutilizar elementos como el *router* trabajando como *Gateway* de voz y datos, además de tener un sistema único de administración de los equipos que conforman la red integrada (en *el caso de poseer equipos de un solo fabricante*).

2.2.2 ADAPTABILIDAD DE LA SOLUCIÓN A LA SITUACIÓN FÍSICA

El siguiente diseño considerará como base las soluciones tecnológicas provistas por Cisco *Systems*, debido tanto a la configuración actual de la Polired (*la marca de los dispositivos, el modelo de capas y los protocolos con que trabaja*) como a la amplia difusión de esta marca a nivel global como local.

Los pasos considerados para completar el esquema del nuevo sistema telefónico son los siguientes:

- Selección del modelo de procesamiento de llamada y tamaño del *cluster*
- Selección del *Call Server* (*CallManager para Cisco*).
- Métodos de redundancia
- Selección de la plataforma del *Gateway*
- Mensajería Unificada
- Terminales
- Ubicación de los equipos dentro de la red datos
- Costos

2.2.2.1 Selección del modelo de procesamiento de llamada y tamaño del *cluster*

El modelo de procesamiento a utilizarse para este diseño es del tipo centralizado; el utilizar varios *cluster* dentro de la Polired es innecesario (*por el número de usuarios, 662 inicialmente*) y significaría un aumento de costo importante. Al existir un *cluster* único ubicado en un punto de la red, éste será fácilmente monitoreable y gestionará todo el sistema dentro de la EPN.

En caso de necesitarse enlaces WAN se pueden utilizar *Gateways* de voz preparados para control remoto; esta condición de los equipos se conoce en Cisco como SRST (*Survivable Remote Site Telephony*) característica propia de ciertos *Gateway* de voz que permiten incluso que el mismo actúe como *CallManager* de redundancia en caso de caída del enlace o del *Call Server*.

Inicialmente se buscará determinar el número de servidores necesarios para soportar la cantidad total de extensiones requeridas, a través de la determinación del tamaño del *cluster*.

Para determinar el tamaño del *cluster* se considera el número de terminales IP que forman parte de la red (*662 extensiones*), y lo expuesto en la tabla 2.41.

Número de Teléfonos IP dentro de un <i>cluster</i>	Número recomendado de <i>CallManagers</i>	Número máximo de Teléfonos IP por <i>CallManager</i>
2,500	Tres servidores en total: • Servidor Publicaciones/TFTP • <i>CallManager</i> principal • <i>CallManager</i> de respaldo	2,500
5,000	Cuatro servidores en total: • Servidor Publicaciones/TFTP • Dos <i>CallManager</i> principales • Un <i>CallManager</i> de respaldo	2,500
10,000	Ocho servidores en total: • Un servidor de publicaciones • Un servidor TFTP • Cuatro <i>CallManager</i> Principales • Dos <i>CallManager</i> de Respaldo	2,500

Tabla 2.41 Dimensionamiento del Clúster³⁹

³⁹ Fuente: Cisco IP Telephony Network Design Guide, 2001

De acuerdo a la tabla 2.41, para las necesidades de la EPN (662 extensiones), el fabricante recomienda el uso de tres servidores incluido el *CallManager* de redundancia (2500 extensiones); sin embargo integrando las funciones del servidor TFTP/Publicaciones con el *CallManager* de respaldo se puede obtener un *cluster* de solo dos servidores gracias al tamaño del sistema (los servidores dedicados para actualizaciones o descargas TFTP suelen recomendarse para sistemas con 1250 usuarios en adelante). Además cabe aclarar que el sistema puede partir con el servidor principal sin necesidad de implementar el *cluster* completo.

2.2.2.2 Selección del *Call Server*

Una vez determinado el tamaño del *cluster* se debe definir qué tipo de servidores conformarán el mismo (dependiendo de la capacidad del sistema y de la frecuencia de llamadas). Los servidores vienen clasificados según sus características y límites de *hardware*; tomando en cuenta especialmente procesamiento y capacidad de almacenamiento de datos. La tabla 2.42 muestra la clasificación que da Cisco a sus servidores.

Tipo de Servidor	Características
Servidor Estándar	<ul style="list-style-type: none"> • Mono procesador • Sin soporte de UPS • Non-RAID hard disk
Servidor estándar de alto rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Mono procesador • Con soporte para UPS • SCSI RAID (arreglo de discos redundantes de bajo costo)
Servidor de alto rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Múltiple procesadores • Soporte de UPS • Múltiple SCSI RAID

Tabla 2.42 Tipos de servidores⁴⁰

Siendo el *CallManager* un punto crítico para el funcionamiento del sistema de voz de la EPN, es recomendable provisionar al servidor con soporte de SCSI RAID y UPS, de manera de poder gestionar los datos del sistema en más de un disco duro y proveer mecanismos de redundancia en caso de fallas de energía, respectivamente.

⁴⁰ Cisco IP Telephony Solution Reference Network Design, Febrero 2006

Las características de un “Servidor de alto rendimiento” se usan en sistemas de requerimientos extensos tanto a nivel de funcionalidad como de número de usuarios (10,000); este tipo de servidor sería subutilizado en el sistema propuesto, de manera que un “Servidor estándar de alto rendimiento” es el indicado para la EPN.

El *CallManager* lleva registros de todos los dispositivos de la red e interactúa de diferente forma con los mismos, de manera que el trabajar con un teléfono IP no es lo mismo que gestionar un enlace PRI, o en otras palabras cada dispositivo ocupa recursos de procesamiento y memoria del servidor según su necesidad; dicho esto cada servidor soporta un número máximo de teléfonos IP y un número máximo de dispositivos, lo que se indica en la tabla 2.43.

Plataforma del servidor	Número máximo de dispositivos por servidor	Número máximo de teléfonos IP por servidor
MCS-7845/I2/H1/H2 Intel Xeon 3400MHz, 4G DDR2 (Double Data Rate 2)	15000/ 15000/ 5000	7500/ 7500/ 2500
MCS-7835I2 Intel Xeon 2,33 GHz, 2GB RAM	5000	2500
MCS-7835/I1 Single Intel Nocona or Irwindale Xeon 3.40GHz de alto rendimiento 2GB RAM	5000	2500
MCS-7825/I2 estándar alto rendimiento Presler Pentium Dual core 2.8GHz, 2x2MB L2 cache, 2 GB RAM	1000	1000
MCS – 7825 Servidor estándar	1000	500

Tabla 2.43 Número máximo de dispositivos por servidor⁴¹

Basados en la tabla 2.43 el “MCS-7825/I2 estándar de alto rendimiento” es el servidor que más se ajusta a los requerimientos propuestos. El procesador utilizado por esta plataforma es un Intel D dual Core de 2,8 GHz.; esta plataforma permite instalar memorias certificadas que doblan su memoria inicial mejorando su rendimiento (las características a detalle del servidor MCS-7825/I2 se muestran en la hoja de datos del fabricante adjunta como anexo L).

⁴¹ Fuente: Cisco IP Telephony Network Design Guide 2006

Cabe aclarar que en un *cluster* pueden coexistir varias plataformas de servidores, sin embargo es obligatorio que todos utilicen la misma versión de *software* del *CallManager*, en cuanto al diseño, el release (*versión*) considerado es el *software CallManager 5.1*, el cual viene actualmente por defecto en los equipos Cisco de voz⁴².

2.2.2.3 Métodos de redundancia

La implementación de redundancia se hace a través de un servidor en *Stand By* MCS-7825/I2 de iguales características y programación que el *CallManager* principal, el mismo se colocará en un punto diferente de la red de manera que se provea redundancia espacial al diseño; además se cuenta ya con redundancia de medios gracias a los enlaces existentes entre los *switches* de capa *core* de la Polired (*cquimica - cugi*)

2.2.2.4 Selección de la plataforma del Gateway

Cuatro ítems agrupan los requerimientos que utiliza Cisco para selección del *Gateway*:

❖ *Requerimientos de capa núcleo*

Se refiere a un conjunto de capacidades que todo *Gateway* en un entorno de telefonía IP debe cubrir, como son:

- Manejo DTMF (*Dual Tone MultiFrequency*).- Específicamente el *Gateway* debe ser capaz de separar los paquetes de voz de los dígitos DTMF y enviar estos últimos como señalización a través del canal de control considerado para el *Gateway* (*H.323, o MGCP*), en lugar de que estos dígitos sean transmitidos junto con la conversación; esta técnica conocida como señalización fuera de banda es recomendada si se utilizan codecs de baja tasa de bit (*redes WAN*) debido al peligro de

⁴² Fuente: Andean-trade S:A. distribuidores de equipos Cisco Systems

pérdida o distorsión de señal que tienen los tonos DTMF en estos escenarios.

- Soporte para servicios suplementarios.- Los servicios suplementarios se refieren básicamente a funciones básicas de telefonía, tales como: espera, transferencia y conferencias.
- Soporte para Fax/módem.- Permite utilizar fax en un entorno IP; la imagen del fax se convierte de una señal analógica a datos digitales para transmitirse por la red de conmutación de paquetes.
- Soporte para redundancia de *CallManager*.- El *Gateway* debe tener la capacidad de seleccionar de forma transparente el servidor de respaldo una vez que el principal falla.

❖ *Protocolos del Gateway*

El *software CallManager* versión 3.0 y posteriores soportan el protocolo H.323 y MGCP; la selección del protocolo se hace en base a las necesidades propias del sistema y los equipos de red básicos instalados. El anexo M agrupa todas las plataformas de *Gateway* con que cuenta Cisco y los protocolos soportados por cada una.

Interfaz/Soporte	Beneficio
Interfaces FXS analógicos con señalización <i>ground-start</i> y <i>loop-start</i>	Esta señalización facilita la conexión directa a teléfonos, Fax, y KSU.
Interfaces FXO analógicos con señalización <i>ground-start</i> y <i>loop-start</i>	Facilita la conexión a una PBX o KSU y provee conectividad hacia la PSTN, además de la capacidad CLID (<i>Calling line ID</i>)
Interfaces T1/E1 ISDN PRI Q.931	Conexión con PBX o KSU y provee conexión desde o hacia la PSTN.
Redundancia de <i>CallManager</i>	Capacidad de tomar el <i>CallManager</i> de redundancia cuando el principal sale de servicio.
Conservación de la llamada sobre fallo del <i>CallManager</i> *	Las llamadas que estén ocurriendo mientras cae el <i>CallManager</i> se mantienen hasta que entre a funcionar el de respaldo.

* Se requiere Cisco *CallManager* 4.1(3)SR2 o superior y Cisco IOS 12.4(9)T o superior.

Tabla 2.44 Interfaces y beneficios del *Gateway* de voz H.323

El *CallManager* trabajando en conjunción con un *Gateway* H.323 soportan varios tipos de interfaces, a través de los cuales se accede a servicios y funcionalidades de telefonía. La tabla 2.44 muestra las interfaces y beneficios que dispondrá el *Gateway* de acuerdo a los requerimientos analizados anteriormente.

Una vez determinado que un *Gateway* H.323 Cisco puede soportar las interfaces requeridas (ver tabla 2.37), se define el *software* necesario tanto a nivel de IOS (*Internetwork Operative System Cisco*) como de *software* del *CallManager* para las aplicaciones propuestas.

Interfaz o soporte	Versión Mínima IOS Cisco	Versión mínima del <i>software CallManager</i>
Analógico (FXS y FXO)	12.2(1)M	3.0(5a)
BRI	12.2(1)M	3.0(5a)
T1 CAS y T1/E1 PRI	12.1(2)T	3.0(5a)
T1/E1 Q.SIG	12.1(2)T	3.0(5a)
MCID*	12.3(11)T	4.0

*Identificación de llamada maliciosa sobre PRI

Tabla 2.45 Requerimientos de *software* mínimo para *Gateway* Cisco H.323

Como se puede observar en la tabla 2.44 el release 5.1 que actualmente viene por defecto en los equipos de voz Cisco, permite suplir las funciones de las interfaces requeridas en la tabla 2.37 ya que el release 5.1 incluye todas las funciones del 4.0.

❖ *Protocolos del Gateway para soporte de requerimiento de capa núcleo*

Un *Gateway* H.323v1 no soporta funcionalidades como espera y transferencia de llamada, a menos que se anexe al diseño un MTP (*Media Termination Point*) el cual se antepone a los terminales de usuario para que cumpla con las tareas necesarias para proveer de estos servicios básicos.

H.323v2 permite usar todos los servicios básicos de llamada sin un MTP; requiere que la versión del *software CallManager* sea 3.1 o superior y que la versión del IOS Cisco de la Red sea al menos 12.1.1.T.

❖ *Capacidades específicas del Gateway*

Las capacidades específicas del *Gateway* se refieren básicamente al conjunto de interfaces con que trabajará el dispositivo. La tabla 2.46 muestra el número máximo de interfaces analógicas y digitales que pueden adicionarse a través de módulos o tarjetas a las diferentes plataformas de *Gateways* de voz de Cisco.

De acuerdo a la tabla 2.46 y a los requerimientos de interfaces del *Gateway* de voz analizados anteriormente (*numeral 2.1.3.4*), desde la plataforma Cisco 2610XM en adelante (*Cisco 2620, 2650, 2811, 2851, 2691, 3725, 3745, 3825 y 3845*) permiten suplir las expectativas previstas (*6 puertos FXO y 2 interfaces PRI*). Para definir cuál de estas plataformas se ajusta de mejor forma al sistema telefónico propuesto se compara el número de llamadas simultáneas que cada una de ellas puede soportar, punto que será tratado posteriormente.

Un *Gateway* de voz Cisco puede utilizarse en tres modos, las cuales se resumen a continuación:

- *Standalone*.- Se consideran solamente enlaces del tipo Gigabit ethernet (*entorno LAN*) y además se asume que por el *Gateway* solo existe tráfico de voz, siendo innecesarias políticas de QoS.
- *Límite hacia la red WAN*.- Se consideran enlaces del tipo T1/E1; se añaden algunas políticas de calidad de servicio, pues se considera que por el *Gateway* fluye también tráfico de datos.
- *Límite hacia la red WAN con compresión de la cabecera RTP (CRTP)*.- Incluye el funcionamiento del *Gateway* de voz en modo *límite hacia la red WAN*, con la modificación de que se añade una compresión de la cabecera RTP para compensar las demoras en el enlace WAN.

En el diseño desarrollado, el *Gateway* trabajará en el modo “Límite hacia la WAN” por el tipo de enlaces E1/T1 que se piensa manejar; además de proveer al *Gateway* la posibilidad de manejar tráfico de datos (*enlaces WAN*).

	Cisco 1751 y 1760	Cisco 2801	Cisco 2610XM	Cisco 2620 XM	Cisco 2650 XM	Cisco 2811	Cisco 2821	Cisco 2851	Cisco 2691	Cisco 3725	Cisco 3745	Cisco 3825	Cisco 3845
FXS	1751:12 1760:16	16	12	12	12	28	52	52	12	24	48	52	88
FXO y CAMA	1751:12 1760:16	16	8	8	8	24	36	36	8	16	32	36	56
E&M	1751:6 1760:8	8	4	4	4	12	12	12	4	8	16	16	24
DID	1751:6 1760:8	8	8	8	8	24	32	32	8	16	32	32	48
Puertos BRI	8	4	4	4	12	20	20	20	4	8	16	20	32
Puertos T1/E1	1	1	5	5	5	12	12	12	6	10	18	16	24
Canales T1	24	24	120	120	120	288	288	288	144	240	432	384	576
Canales E1	30	30	150	150	150	360	360	360	180	300	540	480	720

Tabla 2.46 Número máximo de interfaces por *Gateway*⁴³

⁴³ Fuente: Cisco 1700, 2600, 2800, 3700, and 3800 Series *Voice Gateway Router Interoperability with Cisco Unified CallManager*, 2006

La tabla 2.47 muestra el número de llamadas simultáneas (sin exceder el 75% de uso del CPU) para las diversas plataformas de Gateway Cisco considerando el modo de “Límite hacia la red WAN”, y el uso o no de comunicación segura (SRTP, *Secure Real-Time Transport Protocol*).

	Cisco 1751 y 1760	Cisco 2801	Cisco 2610 XM	Cisco 2620 XM	Cisco 2650 XM	Cisco 2811	Cisco 2821
Sin encriptar	32	32	18	20	35	48	88
SRTP	-	32	14	16	39	41	80
	Cisco 2851	Cisco 2691	Cisco 3725	Cisco 3745	Cisco 3825	Cisco 3845	
Sin encriptar	150	100	140	220	290	330	
SRTP	130	82	120	190	240	280	

Tabla 2.47 Número de llamadas simultáneas por plataforma de Gateway Cisco

Finalmente se puede determinar que la plataforma para el Gateway de voz más indicada para el proyecto, de entre las que ofrece Cisco es el Gateway 2821, el cual soporta el protocolo H.323, siendo posible el utilizar interfaces Gigabit Ethernet, FXO y PRI (con los respectivos beneficios citados en la tabla 2.44); además de los codecs estandarizados más comunes en la telefonía IP.

El Gateway 2821 tiene capacidad para 36 puertos FXO y 12 enlaces T1/E1, soporta hasta 88 llamadas simultáneas hacia la PSTN (inicialmente el número máximo de llamadas considerado en el diseño es de 60 simultáneas), u 80 en el caso de utilizar encriptación. Soporta redundancia de servidores y SRST en el caso de utilizarse en sitios remotos. La versión mínima del IOS Cisco de la red debe ser 12.1(2)T y la versión mínima del CallManager es 3.0 (5a). (Actualmente el servidor MCS-7825/I2 parte con un release 5.1).

2.2.2.5 Mensajería Unificada

Cisco considera dos soluciones para el uso de mensajería unificada, que se definen a continuación:

- *Cisco Unity*: *Cisco Unity* es un servidor de mensajería unificada que trabaja con Microsoft Exchange o IBM (*Lotus*) Domino como MUA; puede utilizarse *Unity* como un servidor exclusivo de correo de voz, pero únicamente a través de *Exchange*.
- *Cisco Unity Express*: Esta opción inicialmente está pensada para sistemas de número de usuarios medio y bajo (*120 usuarios máximo*), pero es utilizada también para aplicaciones distribuidas de correo de voz y operadora automática.

En un entorno oficina principal-sucursales, en lugar de manejar un sistema centralizado, cada una de las oficinas remotas utiliza su propio *Cisco Unity Express*, estando éstos conectados entre sí (*a través de una red WAN*) formando un sistema de funcionamiento en conjunto. Esto suele implementarse en especial cuando se carece de un enlace WAN de ancho de banda suficiente para transmitir los mensajes desde un servidor centralizado o la confiabilidad del enlace oficina principal – sucursal no es lo suficientemente alta; en este tipo de ambiente los mensajes son descargados desde el *Cisco Unity Express* local.

En el caso de servidores de *voicemail* de otros fabricantes Cisco ofrece el interfaz SMDI (*Simplified Message Desk Interface*), que permite la conexión de un servidor de correo de voz estándar con el sistema de voz IP.

En el caso de la EPN, al no existir un sistema de mensajería de voz y peor aún un servidor con estos fines, no será necesario establecer procesos de migración de buzones de voz o interfaces para interactuar con el sistema actual. Se debe en cambio seleccionar el equipo de mensajería que más se ajuste a la EPN considerando las siguientes topologías para implementación de mensajería:

- Mensajería de lugar único (*Single-Site Messaging*).- Este modelo se aplica principalmente en redes LAN o entornos (*como un campus*) en los cuales es necesario el uso de enlaces MAN de alta velocidad; en todo caso la característica principal de este modelo es la ausencia de clientes remotos.

- Mensajería Centralizada (*Centralized Messaging*).- De igual manera que el modelo anterior los componentes y equipos para la implementación de mensajería están en el mismo lugar, sin embargo en este modelo los usuarios pueden ubicarse de manera local o remota; esto último implica varias consideraciones de diseño, en especial respecto a los clientes que usan una GUI (*interfaz gráfica de usuario*): *View Mail* en el caso de Outlook al usar Exchange o DUC (*Domino Unified Communications Services*) para Lotus Domino, así como para aplicaciones hacia el usuario final como TRaP (*Telephone Record and Playback*).

Es recomendable que los usuarios de GUI locales y todos los usuarios remotos restantes no usen TRaP, debido a que éste recupera y reproduce el mensaje en un solo proceso, lo que dificulta el procesamiento en el servidor y hace menos confiable la transmisión. La opción en este caso es configurar a los clientes para que descarguen el mensaje completo desde el servidor y después lo reproduzca.

- Mensajería Distribuida (*Distributed Messaging*).- Básicamente son varios sistemas de mensajería *single-site* con un *backbone* de mensajería común. Cada sitio tiene su sistema de mensajería completo y con todos los componentes necesarios para cubrir las exigencias de todos los usuarios y los mensajes viajan de un sitio a otro a través del *backbone* de mensajería con políticas propias de enrutamiento. Este tipo de modelo está diseñado para uso en entornos de gran número de usuarios y grandes distancias entre las oficinas de la organización.

El modelo de mensajería que se ajusta a la EPN, es el modelo de “*mensajería centralizado*” que utiliza un solo servidor *Unity* (*el Unity Express no aprovisiona el número de usuarios definidos, soporta hasta 120 usuarios*) para todos los usuarios y permite el acceso a beneficiarios remotos (*a diferencia del single-site messaging*).

A continuación se definen las características de *hardware* del equipo en el cual funcionará el Cisco *Unity*; para este fin Cisco permite el uso de tres plataformas las cuales se describen en la tabla 2.48.

Características	Plataforma 1	Plataforma 2	Plataforma 3
Sesiones TTS (Text To Speech)	24	48	72/96
Usuarios voicemail	1000	2000	4000
Usuarios de mensajería unificada, con almacenamiento externo	1000	2000	7500
Mensajería integrada	500	1000	1500
Plataforma del <i>hardware</i>	MCS-7825/I2*	MCS-7835*	MCS-7845*

* Sus características son similares a las expuestas en la tabla 2.43

Tabla 2.48 Plataformas del Cisco *Unity*

Ya que se considera el mismo número de extensiones propuestas para el uso de mensajería unificada (662), de acuerdo a la tabla 2.48 la “plataforma 1” es la que se ajusta a los mencionados requerimientos, empleando el equipo MCS 7825/I2. La forma de implementación e interacción con la red de datos (*Polired*), se abordará posteriormente en el capítulo III.

En el diseño se debe incluir consideraciones para entregar redundancia de medios a través de enlaces y puertos de voz, para que la caída de un *CallManager* del *cluster* no deje sin servicios de mensajería a los usuarios del sistema o llamadas entrantes.

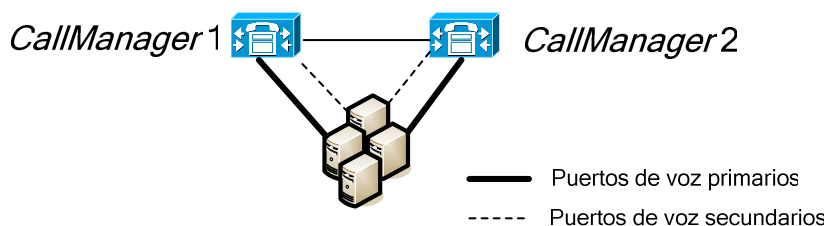


Figura 2.18 Integración del Servidor *Unity* al *cluster* de control

2.2.2.6 Terminales

La selección del terminal indicado para un sistema telefónico se basa principalmente en las necesidades del usuario, no solamente respecto a los servicios y funcionalidades que éste utilizará del sistema sino también de su comportamiento, es decir la cantidad de tráfico que comúnmente genera el beneficiario telefónico.

Otros parámetros que suelen tomarse en cuenta es la jerarquía de las autoridades de la organización, las necesidades de comunicación que tiene un empleado para cumplir con su trabajo y el estado actual del cableado (*puntos de red disponibles*).

A continuación se detallan varios parámetros de los mencionados en el caso puntual del nuevo sistema telefónico de la EPN.

- Generación de tráfico: Cisco Systems divide los teléfonos IP de escritorio en tres grupos, bajo, medio y alto rango. El tráfico generado se puede cuantificar de varias maneras, en este caso se utilizará el número de intentos de llamadas promedio en la hora pico (*BHCA, Busy Hour Call Attempts*); para obtener este valor se suman todas las tentativas de llamada efectuadas en las horas pico de los días considerados en el estudio, y se divide para el número de días:

$$\Sigma_{BHCA} = 3961 \quad (\text{tabulación de datos de las tablas G.1, G.2 y G.3})$$

$$\text{Días considerados} = 10 \quad (\text{Días laborables entre el 14 y el 27 de junio de 2006})$$

$$BHCA_{\text{promedio}} = \frac{\Sigma_{BHCA}}{\text{días considerados}} = \frac{3961}{10} = 396,1 \text{ llamadas en la hora pico}$$

Ecuación 2.5

Si se divide el BHCA promedio para el número de usuarios actuales (*364 extensiones activas*) de la central telefónica de la EPN se obtiene el número de llamadas promedio que realiza el usuario en la hora pico:

$$BHCA_{\text{promedio por teléfono}} = \frac{396,1}{364} = 1,088 \text{ llamadas promedio por usuario en la hora pico}$$

Ecuación 2.6

Considerando este valor se puede considerar que el teléfono IP indicado para el usuario de voz común de la EPN, es de **bajo rango de tráfico**.

- Servicios y funcionalidades del sistema: Inicialmente el sistema partirá con todos los servicios básicos de llamada que presta un sistema telefónico, es decir espera, transferencia y conferencia; además soportará el protocolo

principal del *Gateway* seleccionado (H.323) y el codec con que se trabaja dentro (*G.711, entorno LAN*) y fuera (*G.729, entorno WAN*) de la red. Las capas de distribución y *core* de los elementos activos de la Polired soportan *Power over Ethernet (PoE)*, a diferencia de la capa de acceso donde se encuentran la mayoría de usuarios, por lo que sería importante que los terminales estén provistos de adaptadores de energía.

- Estado actual del cableado: El hacer posible el servicio de telefonía IP podría significar inicialmente la implementación de un nuevo punto por terminal, lo que provocaría una instalación costosa; por este motivo es importante que los teléfonos considerados lleven integrado un *microswitch* ethernet de al menos 10/100 Mbits/s de manera que el teléfono y el computador puedan compartir un mismo punto de datos.
- Operadoras: Las características de los terminales de operadora son las siguientes: alto grado de afluencia de tráfico, variedad de teclas programables para captura de líneas/servicio/funcionalidad y un *switch* ethernet integrado de preferencia 10/100/1000 Mbits/s, o en su defecto utilizar un *softphone* que despliegue en pantalla estas capacidades.
- El número de operadoras y su ubicación se determinará desde el enfoque de la tecnología ganadora del modelo matemático de selección, en el capítulo III.
- Autoridades: Las autoridades de toda organización tienen un tráfico alto y necesitan manejar constantemente funciones avanzadas de llamada, en especial las conferencias. Estas consideraciones deben tomarse en cuenta en la definición del terminal indicado, los teléfonos IP de esta categoría se asignan con el mismo criterio que los teléfonos con línea directa a la PSTN (*56 terminales*).

Una vez definidos los parámetros de selección, la tabla 2.49 describe las características de los teléfonos de escritorio IP con que trabaja Cisco en la actualidad.

Capacidades	7902G	7905G	7910G	7910G+SW	7912G	7920G	7935G, 7936G	7940G	7960G	7970G
G.723	No	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No
G.726	No	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No
G.729	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
VAD (Voice activity detection)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
CNG (Comfort noise generation)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

1. Un puerto 10 Base-T
2. Dos Puertos 10/100 Base-T
3. Un Puerto 10/100 Base-T
4. Función que relaciona el tono emitido por el teléfono (.wav) con el usuario.
5. Último número marcado
6. Música en espera solo *Unicast*.
7. Modo de escucha en una vía
8. El teléfono IP Cisco 7920 soporta solamente un casco (*headset*) con jack de 2.5 mm.
9. Barge es una característica que permite establecer conferencias en entornos LAN, en donde un teléfono participante actúa como puente (built-in bridge) de las tramas de los demás terminales, Barge se usa sólo en llamadas con G.711.
10. cBarge permite conferencias atravesando la red IP WAN, utilizando un *bridge* propio para el efecto, esta característica permite que los teléfonos participantes puedan enlazarse a través del puente y negociación con el *CallManager*.
11. GARP permite prevenir ataques de hombre en el medio (*MITM, man in the middle*), en donde un *hacker* simula ser el router o el usuario final para capturar datos de la red.
12. Disponible solo con configuración Cisco LEAP (*autenticación vía password y username entre el access point y el Terminal IP Cisco wireless*) o WEP (*Static wired equivalente privacy, se usa una contraseña de 10 o 26 caracteres configurada en el access point, el terminal envía su contraseña y accede a la red solo por coincidencia total*).
13. SCCP es un protocolo liviano (paquetes pequeños) utilizado por los teléfonos IP de Cisco para su funcionamiento y obtención de configuración básica (basada en la MAC del Terminal).

Tabla 2.49 Servicios de terminales IP de Cisco⁴⁴

En base al análisis realizado y a la tabla 2.49, el terminal seleccionado para el usuario común del nuevo sistema puede ser el teléfono Cisco IP 7912G o Cisco IP 7910G+SW, sin embargo este último fue discontinuado de producción en el 2006. Por ende el nuevo sistema partiría con 580 terminales 7912G, separando las autoridades de la EPN y los usuarios que no tienen acceso a la Polired (56 y 26 terminales, respectivamente).

Los 56 terminales asignados para las autoridades de la EPN son teléfonos IP Cisco 7960G, ya que son los dispositivos de mejor desempeño en la categoría de rango medio y entregan gran cantidad de funcionalidades (*entre ellas Barge y eBarge para conferencias tanto a nivel LAN como WAN*).

Finalmente se podría suplir el servicio telefónico a los usuarios que no acceden a la Polired de dos maneras: a través de 26 puertos FXS colocados en el *Gateway* ó por medio de adaptadores telefónicos (*ATAs*) conectados a los 26 terminales analógicos. Ambas opciones aprovechan la existencia de cableado telefónico en

⁴⁴ Fuente: Cisco IP Telephony Solution Reference Network Design, febrero 2006

la EPN lo que facilitaría la llegada del servicio a estas zonas de la universidad; sin embargo el uso de puertos FXS en el *Gateway* provoca dos inconvenientes:

- La dificultad de configurar y gestionar en el *Gateway* los 26 puertos requeridos por el diseño (*a través de dial peer*⁴⁵)
- Alto procesamiento que requeriría el dispositivo para administrar y gestionar los 26 puertos FXS independientemente.

Por otro lado los teléfonos analógicos conectados a los ATA entran de manera transparente al sistema y su gestión y monitoreo es igual a la de los teléfonos IP restantes, debido a esto y a lo expuesto anteriormente la adición al nuevo sistema de los usuarios ajenos a la red de datos de la EPN se hará a través de terminales analógicos y ATAs.

La tabla 2.50 expone los teléfonos usados en el diseño del sistema telefónico.




 <p>Cisco Unified IP Phone 7912G</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso para una sola línea y teclas de función. • Soporta aplicaciones XML hacia la pantalla (Menús). • <i>Switch</i> Ethernet integrado 10/100 Base T conexión vía RJ-45 hacia la LAN. • Indicador de llamada y mensaje de espera. • PoE (Power over Ethernet) plus • Soporta estándar SIP
 <p>Cisco Unified IP Phone 7960G</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñado para trabajadores de oficina con altas cargas de tráfico de voz. • Acceso a seis líneas telefónicas (o combinación de líneas y funcionalidades de llamada) • Soporta aplicaciones XML hacia la pantalla (Menús). • <i>Switch</i> Ethernet integrado 10/100 Base T conexión vía RJ-45 hacia la LAN. • Soporta estándar SIP
 <p>ATA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dos puertos FXS • 1 RJ-45 10/100 BaseT uplink • 1 RJ-45 10/100 BaseT data port

Tabla 2.50 Teléfonos del nuevo sistema telefónico de la EPN

⁴⁵ Dial peer: son líneas de programación CLI que permiten la configuración y administración de interfaces telefónicas, estas instrucciones se almacenan en la memoria NVRAM del *Gateway*

2.2.2.7 Ubicación de los equipos en la red de datos

La topología general del diseño se visualiza en la figura 2.19, se adjunta tanto la posición como el número de los usuarios de las diferentes dependencias que forman de la EPN; el cluster estará formado por dos servidores, MCS-7825/I2 con *software* Cisco *CallManager* 5.1, el uno principal y el otro como en *stand by* (*Servidor de respaldo*) que además tiene funciones de actualizaciones y descargas TFTP.

Se aplica *clustering*, en este caso se conecta cada servidor a un *switch* de *core* diferente: al del Edificio de Administración (*Cisco Catalyst 4507R*, "*cugi*") se conecta el *CallManager* principal y al del Edificio Eléctrica-Química (*Cisco Catalyst 4500*, "*cquimica*") el *CallManager* en *stand by*, a través de interfaces Gigabit Ethernet.

El *Gateway* de voz 2821 se enlaza con puertos Gigabit al *switch* de *core* de Administración "*cugi*" y se conecta a la PSTN a través de 2E1/PRI (*al inicio del proyecto*).

Todos los usuarios que no tienen acceso a la Polired (*26 usuarios*) obtienen conectividad a través de adaptadores telefónicos ATAs que permiten que se trabaje con teléfonos analógicos en el lado del usuario.

El Servidor de Mensajería Unificada Cisco *Unity* funciona sobre la plataforma MCS-7825/I2 y se ubica de manera centralizada en el mismo *switch* de *core* *cugi* del *CallManager* principal.

La capacidad del sistema propuesto puede cubrir 12 puertos E1 y hasta 1000 usuarios de manera que las proyecciones consideradas están cubiertas y superadas, la anexión de estas capacidades y servicios avanzados se facilita gracias a la capacidad del *CallManager* y a la modularidad del *Gateway*, respectivamente.

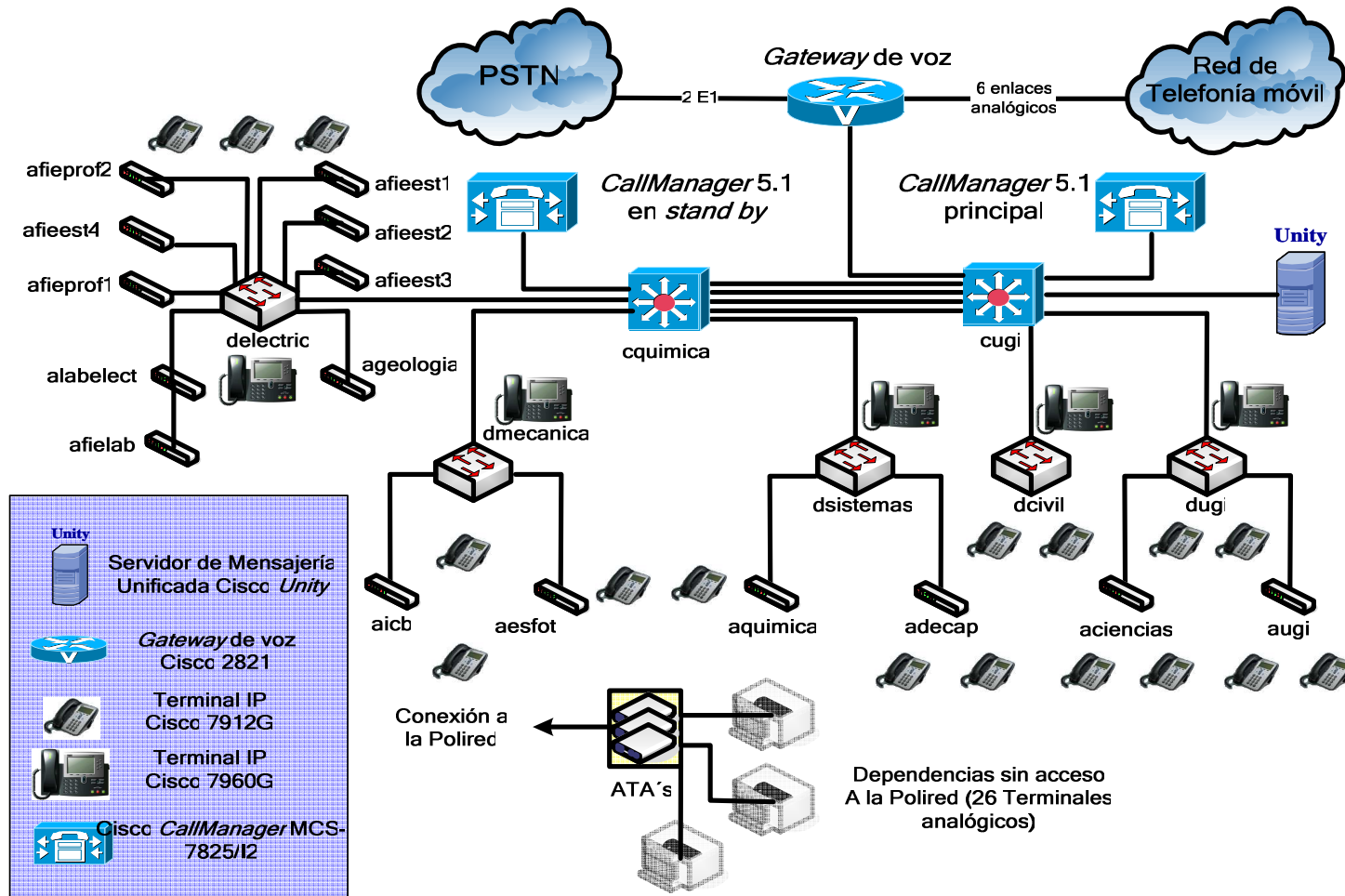


Figura 2.19 Red integrada de voz y datos mediante una solución Cisco Systems

2.2.2.8 Costos

DESCRIPCIÓN	CANT.	P.UNIT	P.TOTAL
CALLMANAGER CISCO			
HW/SW <i>CallManager 5.1 7825-I2 Appliance</i> , 0 Seats	1	\$4.768,75	\$4.768,75
<i>CallManager Device License - 10 units</i>	5	\$340,63	\$1.703,15
<i>CallManager Device License - 1,000 units</i>	2	\$34.062,50	\$68.125,00
SW <i>Only, Unified CallManager 5.1 IBM X306M, 8849-G2Y or 7825-I2</i>	1	\$4.084,09	\$4.084,09
REDUNDANCIA MCS 7825/I2			
Cisco <i>CallManager Back – Up MCS-7825/I2</i>	1	\$4.084,09	\$4.084,09
CISCO UNITY 500 USER DE MENSAJERÍA INTEGRADA			
<i>Unity Connection, 300 users, 16 ports, 1 TTS</i>	1	\$13.080,00	\$13.080,00
<i>One Unity Connectoin VM User</i>	200	\$44,28	\$8.856,00
<i>One IMAP Client Access user license</i>	500	\$6,81	\$3.405,00
MCS-7825-I2 Rack; <i>Unity Connection; 2GB; SATA RAID; Win2003 1 USD 9000.00 21 Days</i>	1	\$6.131,25	\$6.131,25
TELÉFONOS 7912G			
Cisco IP <i>Phone 7912G</i>	580	\$153,28	\$88.902,40
<i>IP Phone power transformer for the 7900 phone series</i>	580	\$30,66	\$17.782,80
<i>7900 Series Transformer Power Cord, China</i>	580	\$6,81	\$3.949,80
TELÉFONOS 7960G			
Cisco IP <i>Phone 7960</i>	56	\$303,16	\$16.976,96
<i>IP Phone power transformer for the 7900 phone series</i>	56	\$30,66	\$1.716,96
<i>7900 Series Transformer Power Cord, China</i>	56	\$6,81	\$381,36
BASES CELULARES			
Base celular, trabaja con chip GSM a 850Mhz - 1900Mhz y 900Mhz -1800Mhz	3	\$169,00 ⁴⁶	\$507,00
TELÉFONOS ANALÓGICOS Y ADAPTADORES			
Teléfonos analógicos (re-utilizables), Panasonic	26	\$0,00	\$0,00
Adaptador LinkSys PAP2, 2 puertos RJ-11, 1 puerto RJ-45 (incluido adaptador de energía)	13	\$1.299,00 ⁴⁷	\$16.887,00
GATEWAY DE VOZ 3 E1/8 LINES CISCO 2821			
2821 <i>Voice Security Bundle,PVDM2-64,Adv IP Serv, 128F/512D Power Cord,110V</i>	1	\$3.171,59	\$3.171,59
<i>Power Cord,110V</i>	1	\$0,00	\$0,00
<i>IP Communications High-Density Digital Voice NM with 2 T1/E1</i>	1	\$2.176,59	\$2.176,59
<i>1-Port RJ-48 Multiflex Trunk - E1</i>	1	\$885,63	\$885,63
<i>48-Channel Packet Voice/Fax DSP Module</i>	1	\$1.635,00	\$1.635,00
<i>64-Channel Packet Voice/Fax DSP Module</i>	1	\$2.180,00	\$2.180,00
<i>8-Channel Packet Voice/Fax DSP Module</i>	1	\$272,50	\$272,50
<i>Four-port Voice Interface Card - FXO (Universal)</i>	2	\$1.090,00	\$2.180,00
TOTAL			\$273.842,92

Tabla 2.51 Precios referenciales del sistema de voz Cisco para la EPN

La tabla 2.51 muestra los precios de los dispositivos, licencias y accesorios considerados en el diseño. Los precios fueron obtenidos de Andean Trade S.A. el cual es el proveedor actual de equipos Cisco para la EPN. Cabe indicar que los precios no incluyen el 12% del IVA (*Impuesto al valor Agregado*).

⁴⁶ Fuente: http://peru.lapapa.com.pe/cva/2032847_Conversor_O_Base_Celular_Gsm_Para_Movistar_Y%2FO_Claro.html

⁴⁷ Fuente: <http://www.tusip.com/telefonos.htm>

Para interacción del *CallManager* con los terminales, Cisco define licencias llamadas “*CallManager Device License – unit*” (*CDLu*), las cuales permiten la gestión y administración de los terminales por parte del *CallManager*. Dependiendo del terminal IP se necesita una o varias de estas licencias por terminal.

- Para el terminal IP 7912G y teléfonos convencionales (*a través de ATAs*) se necesita 3 *CDLu*.
- Para el terminal IP 7960G se necesita 4 *CDLu*.

De acuerdo al número total de teléfonos IP se necesita el siguiente número de licencias:

$$\begin{aligned} CDLu \text{ total} &= (580 \text{ teléfonos } 7912G) \times 3 \text{ } CDLu + (26 \text{ Teléfonos convencionales}) \times \\ &\quad 3 \text{ } CDLu + (56 \text{ teléfonos } 7960G) \times 4 \text{ } CDLu \\ CDLu \text{ total} &= 2042 \end{aligned}$$

Puesto que las *CDLu* se liberan por paquetes de 10, 100 y 1000 unidades, se necesitan 2 paquetes de 1000 *CDLu* y 5 paquetes de 10 *CDLu* (*ver tabla 2.51*), para cubrir las 2042 *CDLu* requeridas para el funcionamiento del número de terminales propuestos.

2.3 SOLUCIÓN HÍBRIDA (IP-PBX)

Una central telefónica híbrida básicamente es aquella que puede soportar terminales de usuario de diversas naturalezas, sean éstos analógicos, digitales, inalámbricos o IP, conservando su funcionamiento modular. La tecnología y ciertos protocolos de señalización con los que trabajan este tipo de IP-PBX son propietarios del fabricante. Las tareas de configuración, gestión, mantenimiento y monitoreo se hacen a través de *software* de aplicación (*comúnmente bajo OS Windows y Linux*) o por terminales de usuario diseñadas para el efecto.

Este tipo de equipo, son desarrollados por empresas especializadas en telecomunicaciones, razón por la cual no presentan un *open source* (*código abierto*) para manipular su sistema operativo. La aplicación radica en saber maximizar las funciones que el fabricante pone en consideración en su equipo.

Una central híbrida cumple con todas las capacidades tradicionales de una PBX (*y funciones avanzadas creadas por el fabricante*); opera a través de tarjetas de función independiente que se interconectan entre sí a través de un *back-panel*, el cual puede funcionar de manera centralizada (*gabinete único*) o en arquitectura distribuida (*varios gabinetes interconectados*).

2.3.1 DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA

Los principales componentes de una central telefónica híbrida se enumeran a continuación:

- Un sistema central de control (*Call Server*)
- Tarjetas, interfaces, radio bases o cualquier dispositivo que permita conectividad a troncales analógicas y digitales de las redes públicas y a los terminales de usuario de todo tipo, conocido este conjunto como "*Media Gateway*". El *Media Gateway* puede funcionar como parte de un gabinete principal o de forma remota interactuando con el sistema central de control.
- Terminales.- Teléfonos analógicos, digitales, inalámbricos, terminales IP (*H.323* o *SIP*), *softphones*.

El sistema central de control o servidor de llamadas ("Call Server, CS").- Es un programa que actúa prácticamente como el cerebro de la central telefónica. A través del sistema central de control se puede: configurar los atributos, propiedades y limitaciones de cada elemento del sistema, agrupar extensiones, permitir o no salida de llamadas, horarios de atención, desvíos automáticos de llamada, etc.

El *Call Server* recibe la información de eventos y estado del sistema vía IP (a través del *Media Gateway*) y toma decisiones según la programación efectuada por el administrador, luego envía estas órdenes por el mismo enlace al *Media Gateway* para su ejecución. Tanto el *Call Server* como el *Media Gateway* pueden compartir o no un solo gabinete; generalmente para redes grandes de voz el *Call Server* es un equipo separado (*servidor*), del cual se aprovecha su alto rendimiento y capacidad de almacenamiento (por ejemplo: guías de voz, buzones de mensajería, reportes, etc.)

Las tareas básicas del sistema central de control pueden resumirse en:

- Administración y gestión de llamada.
- Aplicaciones enfocadas al usuario: modo hotel, modo negocio, *Call Centers*, etc.
- Para VoIP: Servidor DHCP y *gatekeeper*.

El *hardware* que puede contener al *Call Server* puede ser una tarjeta diseñada para el efecto que va montada en un *slot* normal de un gabinete de la PBX o un computador, que toma el nombre de servidor de aplicaciones; la primera opción es la más común pues facilita la conexión con el *Media Gateway*. Cabe recalcar que la conexión que se utiliza entre el *Call Server* y otros dispositivos (*Media Gateway*) se hace generalmente a través de enlaces IP o enlaces dedicados (E1).

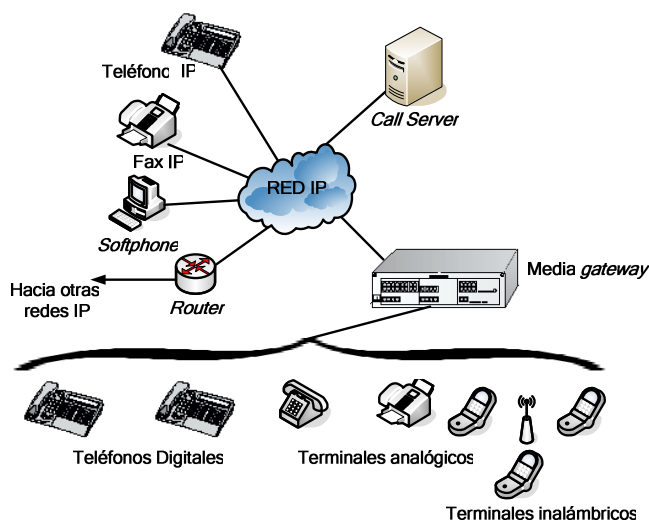


Figura 2.20 Sistema telefónico básico con Central Híbrida

La figura 2.20 muestra la arquitectura básica en la que están conectados un *Call Server* y un *Media Gateway*, comunicados a través de una red IP, entendiéndose por red IP una red de datos de área local.

Cabe mencionar que el *Call Server* no puede trabajar por si solo, necesita del *Media Gateway* para monitorear el sistema y ejecutar sus instrucciones; es decir no es posible implementar VoIP en la LAN únicamente a través del *Call Server* como en el caso del Servidor de Llamadas en la tecnología de *networking* (por ejemplo: Cisco, 3COM, etc.).

El Media Gateway (MG).- Actúa como interfaz entre los usuarios finales y las redes públicas tanto analógicas como digitales. Cada tarjeta tiene una tarea bien definida y se conecta con las demás a través del *back-panel* del gabinete que contiene al conjunto de tarjetas; las aplicaciones y necesidades del sistema es proporcional al número de tarjetas así como al tamaño del gabinete. Ciertos sistemas pueden necesitar extensiones o incluso nuevos gabinetes para cumplir con las exigencias de la red de voz.

El *Media Gateway* ejecuta las instrucciones del *Call Server* y permite la conexión con la PSTN. Principalmente realiza las funciones de *DSP (Procesamiento Digital de Señales)*, implementadas a través de tarjetas hijas (*llamadas cialas DSP, las cuales son pequeños módulos que se montan sobre tarjetas normales de la PBX*), fabricadas exclusivamente para este propósito, prestando alto rendimiento al sistema. Aplicaciones específicas, como guías de voz, mensajes de operadora, RAS (*Sistema de acceso remoto*), etc. al igual que los DSP generalmente se encuentran en tarjetas cialas.

Actualmente, las centrales híbridas soportan conexión con las siguientes redes públicas:

- Redes digitales: ISDN, E1/T1, *tie lines* (*líneas dedicadas, 64 Kbits/s*).
- Redes analógicas: Generalmente *loop-start* y *ground-start* sin embargo algunos fabricantes ocupan líneas E&M (*principalmente para conexión entre PBXs*).

Dependiendo de las necesidades de la organización, varios *Gateways* pueden operar de manera remota bajo un solo sistema central de control. La conexión es básicamente igual que en el caso de trabajar en un ambiente local; sin embargo en estas conexiones el intercambio de información entre el *Call Server* y los *Media Gateway* remotos debe atravesar una red WAN. La figura 2.21 describe el entorno descrito.

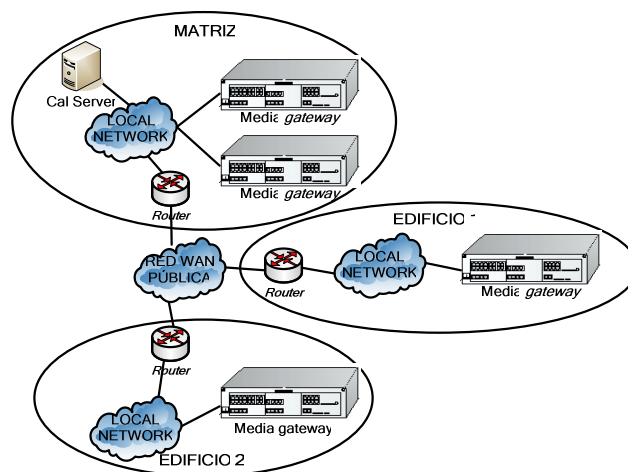


Figura 2.21 Arquitectura de un *Call Server* y *Media Gateway* remotos

Terminales.- Los terminales telefónicos IP y digitales de las centrales híbridas trabajan con protocolos propietarios; es decir una PBX de este tipo trabaja solo con teléfonos del mismo fabricante. Esto inicialmente puede contar con varios puntos negativos, sin embargo permite al constructor proveer aplicaciones exclusivas al usuario. Finalmente muchos fabricantes suelen incluir instaladores de *softphones* propietarios; la dirección IP para los terminales puede obtenerse dinámicamente del *Call Server* si éste está trabajando como un servidor DHCP.

2.3.2 ADAPTABILIDAD DE LA SOLUCIÓN A LA SITUACIÓN FÍSICA

En el mercado nacional existen varias empresas que proveen IP-PBXs de diferentes fabricantes como: Panasonic, Alcatel, Siemens entre otras. Como partida del diseño se propone una central telefónica IP Alcatel por motivos de facilidad de acceso a los equipos e información sobre la configuración de los mismos. Cabe mencionar que el desarrollo del diseño se aplica a una IP-PBX en general, excepto por servicios especiales y protocolos propietarios de las PBX de

distintas marcas que de alguna manera potencializan las aplicaciones prestadas por las mismas. El diseño mediante este tipo de tecnología se realiza completando los siguientes pasos:

- Selección del modelo de procesamiento de llamada (*función centralizada o distribuida*) y cantidad de *Media Gateway*
- Selección de la arquitectura del *Media Gateway*
- Selección del *Call Server*
- Métodos de redundancia
- Terminales
- Mensajería Unificada
- Ubicación de los equipos dentro de la red datos
- Costos

2.3.2.1 Selección del modelo de procesamiento de llamada

En el caso de un sistema telefónico híbrido en un entorno universitario, idealmente se debe contar con sistemas de redundancia y procesamiento de llamada distribuida (*por disponer de un número grande extensiones y tener varios edificios que conforman el campus*). Se implementa redundancia, en caso de presentarse problemas con el *Call Server*, *Media gateway* o en la red de datos; se puede tener elementos en *Stand By* o enlaces de respaldo implementados con STP (*Spanning Tree Protocol*), de manera que garanticen el funcionamiento total o parcial del servicio telefónico.

Al implementar procesamiento de llamada distribuida se tiene más de un *Call Server* y uno o varios *Media Gateway* en la red, ubicados en las dependencias importantes del Campus, con lo cual se maneja sistemas telefónicos autónomos por facultad (*nodos*), los mismos que interactúan con sus similares a través de enlaces IP (*trunking IP*), generando únicamente tráfico de señalización. Los problemas concernientes a dispositivos afectan al área donde ofrecen el servicio de voz. Fallas en los enlaces de *trunking IP* provoca que se formen sistemas aislados de telefonía, con la ventaja de tener el servicio activo para sus respectivos usuarios.

La implementación de un sistema de estas características implica una inversión excesiva en el nuevo equipo, enlaces de redundancia de la red de datos y elementos adicionales para monitoreo de todo el sistema.

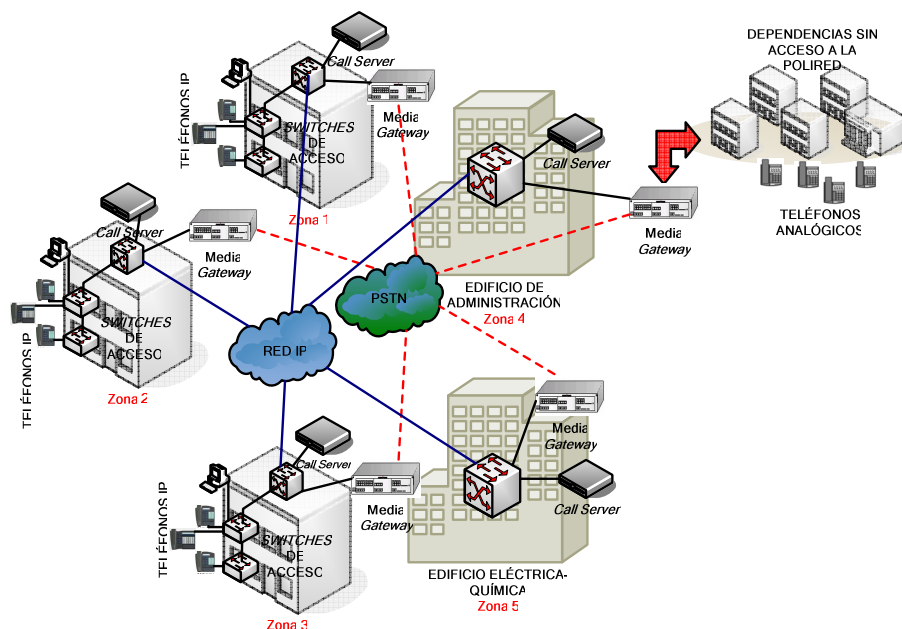


Figura 2.22 Procesamiento de llamada distribuido

En cuanto a la EPN, el número de usuarios y accesos hacia la PSTN se consideran de tamaño medio, respecto a las capacidades de servicio que prestan actualmente las soluciones de voz (*alrededor de 5000⁴⁸ usuarios por nodo*), razones por la cual el modelo que más se ajusta, es el de procesamiento centralizado de llamada (*Un solo Call Server*).

El número de *Media Gateways* depende de la cantidad de usuarios no IP, accesos a la PSTN y conexión con redes heterogéneas (*PBX y enlaces WAN*). De acuerdo con los requerimientos expuestos en la tabla 2.40, se necesita tres accesos PRI; dos para la PSTN y uno para interconexión con la PBX Avaya y una tarjeta de troncales para las líneas directas celulares.

En cuanto a las 26 extensiones que no tienen acceso a la Polired, existen dos alternativas de implementación que se las tratará a continuación desde el enfoque de una IP-PBX:

⁴⁸ Fuente: Alcatel OmniPCX Enterprise R5.1 System Documentation, Edición 03, Septiembre 2003

- Extensiones analógicas (*Recomendado*).- Para este propósito el MG debe disponer de una tarjeta de extensiones sencillas. Los teléfonos conectados a la tarjeta se auto detectan en el sistema de gestión de la IP-PBX facilitando su configuración. Cabe indicar que independientemente de la naturaleza de la extensión el sistema Alcatel las gestiona de forma transparente (*siempre y cuando se trate de terminales propietarios*).
- Con adaptadores IP.- Alcatel no dispone de esta opción, solo permite terminales IP propietarios. Existe la posibilidad de integrar estas extensiones como terminales H.323 a través de un vocodec (*actúa como un Proxy H.323, el cual dispone de puertos FXS para terminales analógico, máximo 8 puertos*). Esta solución implica *hardware* (vocodec) y licencias adicionales para su funcionamiento a más de aplicaciones limitadas. Generalmente es implementada para soluciones *toll by pass*.

En síntesis se necesita de 26 puertos en el MG, dicha cantidad de puertos es fácilmente soportada por un solo Media Gateway (*el gabinete mas pequeño ofrecido por Alcatel tiene 3 slots, en cada uno se puede ubicar tarjetas de máximo 16 puertos*), además de que 22 de las 26 extensiones analógicas se encuentran ubicadas en la parte norte de la EPN, facilitando concentrar los puertos analógicos en un solo equipo. Cabe mencionar que se utilizará el cableado telefónico existente para llegar a los predios de los beneficiarios de dichas extensiones.

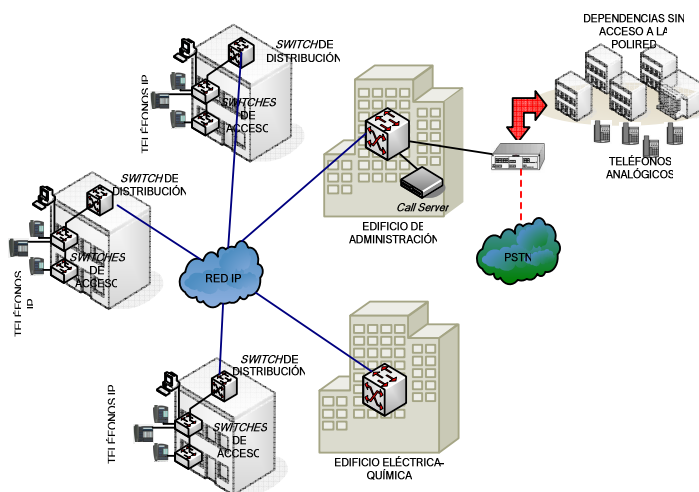


Figura 2.23 Procesamiento de llamada centralizado con un solo MG

Es recomendable utilizar más de un MG en los siguientes casos:

- Cuando se maneje un gran número de usuarios analógicos o digitales. Esta cantidad depende de las características del equipo y la tecnología con la cual funciona, por ejemplo, con una IP-PBX se maneja un promedio de 450⁴⁹ extensiones entre analógicas y digitales. Con Servidores (*como Asterisk*) y elementos de *networking* (*como Cisco y 3Com*) se puede tener un promedio de hasta 90⁵⁰ extensiones analógicas, por equipo.
- Las extensiones analógicas o digitales no se encuentran concentradas en un solo lugar y se carezca de un cableado telefónico convergente.
- Se disponga de un gran flujo de tráfico telefónico hacia la PSTN por dependencia, en este caso cada edificio tendría conexión a la red pública conmutada a través de un *Media Gateway*.

Al ser el servicio telefónico una aplicación de tiempo real y de vital importancia en el desarrollo de las funciones de la Universidad, es obligatorio proveer a la nueva red integrada de voz y datos de redundancia en cuanto a enlaces y equipo de telefonía, las diferentes formas de realizarlos se revisará posteriormente.

2.3.2.2 Selección de la arquitectura del *Media Gateway* (MG)

Actualmente Alcatel presta servicios de telefonía IP a través de dos servidores, Alcatel OmniPCX Office (OXO) y Alcatel OmniPCX Enterprise (OXE), con *Call Server* desarrollados en una plataforma Linux kernel versión 2.4.1

Alcatel OmniPCX Office (OXO).- Posee una arquitectura de *hardware* común (*ver tabla 2.52*), es decir la distribución de su gabinete no conserva la forma de una PBX tradicional (*figura 2.24*); a cambio está provisto de compartimientos necesarios para cada uno de los módulos o tarjetas que formarán la IP-PBX.

⁴⁹ Fuente: Alcatel OmniPCX Enterprise R5.1 System Documentation, Edición 03, Septiembre 2003 y <http://www.telavip.com/Siemens/hicomoptiset.htm>

⁵⁰ Fuente: Tabla 2.46

El sistema OXO está en capacidad de manejar hasta 400 usuarios de diferente naturaleza (200 terminales entre analógicos y digitales y 200 terminales IP⁵¹), por lo cual se considera solución para pequeñas y medianas empresas; por tal motivo sus tarjetas centralizan funciones. Por ejemplo, una sola tarjeta (eCPU-2) es capaz de realizar funciones de *Call Server*, *IP Media Gateway* y administración de los demás módulos que conforman el gabinete. Puesto que el diseño propuesto parte con un número total de 662 extensiones Alcatel OmniPCX Office no se considera como solución.


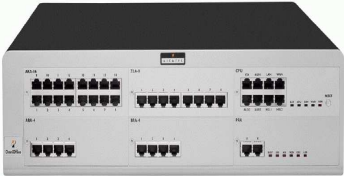
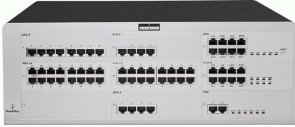

Tipo de rack	Capacidad
 <p style="text-align: right;">Small</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 28 puertos, 3 compartimientos - 1 slot CPU + 2 slots de propósito general (sin placa SLI-16)
 <p style="text-align: right;">Medium</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 56 puertos, 6 compartimientos - 1 slot CPU + 5 slots de propósito general
 <p style="text-align: right;">Large</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 96 puertos, 9 compartimientos - 1 slot CPU + 4 slots de propósito general + 4 slots específicos (sin placas UAI16 y MIX)
 <p style="text-align: right;">En pila</p>	<p>Para garantizar la modularidad, puede añadirse uno o dos módulos al módulo principal. Se pueden realizar todas las combinaciones posibles con un máximo de 3 módulos.</p>

Tabla 2.52 Capacidad de gabinetes del sistema OXO y OXE *hardware* común ⁵²

⁵¹Fuente: Alcatel 2001, Documentación Técnica Alcatel OmniPCX Office

⁵² Fuente: Alcatel 2001, Documentación Técnica Alcatel OmniPCX Office

La tabla 2.52 muestra los diferentes tipos de *rack* para el sistema OXO. Cabe mencionar que esta disposición es también común para el sistema OXE en *hardware* común.

Alcatel OmniPCX Enterprise (OXE).- Tiene una arquitectura en base a *hardware* común igual a la OXO (tabla 2.52) y una en Crystal (figura 2.24). En el primer caso se habla de un IP Media Gateway (IPMG) y en el segundo de un Crystal Media Gateway (CMG). Para cada una de las arquitecturas mencionadas las funciones del sistema telefónico IP como: DSPs, codecs, *Call Server*, etcétera, se distribuyen en diferentes tarjetas destinadas para estos propósitos, de manera que proveen de mayor procesamiento a la IP-PBX concluyendo en un número mayor de usuarios (*hasta 5000 con un solo CS*).

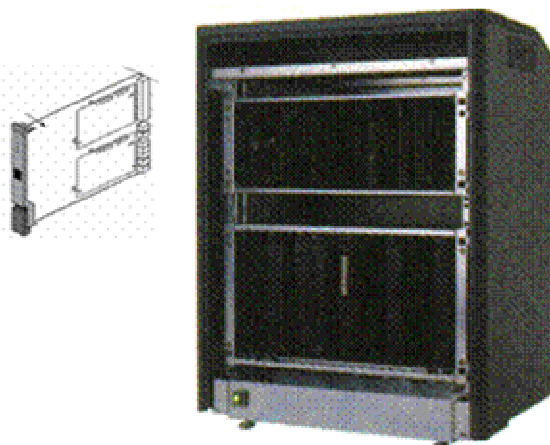


Figura 2.24 Arquitectura en Crystal

En la arquitectura en Crystal, el gabinete conserva la modularidad de la tradicional PBX con *slots* de propósito general (tarjetas de extensiones analógicas, digitales y troncales) y específico (*tarjetas de control como: CPU, CS, etc.*). Esta disposición del armario permite principalmente manejar mayor cantidad de extensiones y troncales, ya que se dispone de mayor número de *slots* y armarios en cascada para colocar tarjetas de diferentes funciones y números de puertos (8, 16 y 32 puertos; con *hardware* común solo hasta 16 puertos), sus capacidades de *hardware* se describen en la tabla 2.53.

Para el caso de la EPN se dispondrá del *hardware* y licencias necesarias para manejar 3 accesos PRI (2 hacia la PSTN y uno para motivos de migración desde la red actual) y 662 extensiones (636 IP y 26 analógicas) con capacidad de incrementar 80 extensiones IP adicionales.

Tipo de rack	Número de tarjetas máximas
WM1	Pequeños sistemas aislados (50 a 200 exts) Un solo Cristal (CPU) de 10 ranuras por gabinete Dos gabinetes máximo (250 puertos)
M2	Utilizado para capacidades medianas hasta 800 extensiones Variantes: Un Crystal de 28 ranuras Dos Crystales de 14 ranuras Un Crystal de 14 ranuras
M3	Utilizado para aplicaciones de gran capacidad, hasta 4000 extensiones Capacidad de 2 Crystales de 28 ranuras Varias combinaciones usando Crystales de 14 ranuras
M1	Se puede tener combinaciones entre racks M2 y M3, con uno o varios M1

Tabla 2.53 Capacidades de *hardware* en Crystal

Debido a que alrededor del 96% de las extensiones son IP y no se necesita de *hardware* (puertos en el gateway) para su conexión al sistema telefónico (obtiene servicio a través de la red de datos), se manejará una arquitectura OXE en *hardware* común. El gabinete deberá estar provisto de tarjetas que suplan los requerimientos mostrados anteriormente:

- Tres tarjetas para los accesos ISDN PRI
- Dos tarjetas de 16 puertos cada una, para las 26 extensiones analógicas
- Tarjetas de control.
- Un compartimiento libre, con fines de proyecciones de ampliación de 8 líneas troncales, proporcionada por una tarjeta de 8 puertos

Es decir el *Gateway* manejará alrededor de siete tarjetas, motivo por lo cual se empleará un **IP Media Gateway**, con un gabinete de tipo *Large* (véase tabla 2.52), provisto de 9 compartimientos.

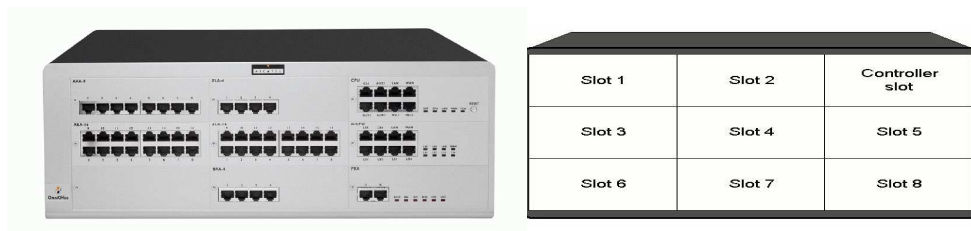


Figura 2.25 IP Media Gateway Tipo Large (IPMG)

Las tarjetas que conformarán el IP Media Gateway Alcatel necesarias para suplir los requerimientos mostrados en la tabla 2.37 son:

- *Tarjetas SLI-16 (Single Line Interface).*- Proporcionan extensiones analógicas, se puede tener un máximo de 16 puertos por tarjeta por lo que se dispondrá de dos tarjetas SLI-16 para las 26 extensiones analógicas propuestas.
- *Tarjetas hijas MADA3 (30 canales de compresión por tarjeta).*- Maneja los DSP para compresión y descompresión de la voz (G.711, G723 y G729). Como se va a manejar 60 llamadas simultáneas a través de dos E1 se requiere de 60 DSP para lo cual se dispondrá de dos tarjetas MADA3. La MADA3 se instala sobre las tarjetas *Gateway Driver (GD)* o *Gateway Application (GA)*, permitiéndose una ciala por cada tarjeta.
- *Una tarjeta GD (Gateway Driver).*- Desarrolla funciones como: controlador del *Media Gateway*, *switching (interfaz para conexión a la red de datos)*, generador de tonos, transmite la señalización, conferencia tripartita, guías de voz entre otras. Una de las dos tarjetas MADA3 debe montarse sobre esta tarjeta.
- *Una tarjeta GA (Gateway Aplicattion).*- Es una tarjeta adicional que incrementa el procesamiento de llamadas en el IPMG, realiza funciones de compresión de recursos VoIP y tareas telefónicas al igual que la GD como: conferencia y guías de voz. Se la usa debido a la capacidad de DSP que debe disponer el IPMG. Al igual que la GD una MADA3 está conectada en la GA.

- Tanto en la GD como en la GA se tiene una máximo de 16 canales simultáneos de reproducción de guías de voz por tarjeta (*en total 32 canales*). Se habilita las mismas con las licencias correspondientes.
- *Tarjetas PRA (Primary Rate Access) – T2 (estándar Q.931)*.- Con 30 canales B para voz o datos y un canal D para señalización. Se tendrá tres tarjetas PRA-T2, dos para acceso a la PSTN y una para conexión a la PBX de la EPN.

Para interconexión con redes de voz heterogéneas, Alcatel recomienda utilizar señalización Q.SIG en las tarjetas de troncales ISDN, pero como se expone en la tabla 2.35 no se necesita de todas las potencialidades prestadas por Q.SIG.

El gabinete contará con dos *slots* vacíos con fines de ampliación de la red, concerniente a extensiones analógicas, digitales, enlaces troncales, enlaces WAN y tarjetas de expansión de gabinetes.

Cabe mencionar que la disposición de las tarjetas dentro del gabinete *Large* cumple con las disposiciones expuestas en la tabla 2.54.

Tarjetas	Slot 1	Slot 2	Slot 3	Slot 4	Slot 5	Slot 6	Slot 7	Slot 8	Slot de control
CS	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No
GD, MEX	No	No	No	No	No	No	No	No	Si
GA	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No	No
SLI4, SLI8, SLI16	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	SI/No*	No
PRA-T2, PRA-T1, PCM R2	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	SI/No*	No
APA2, APA4 (Troncales Analógicas)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	SI/No*	No
APA 8 (Troncales Analógicas)	Si	No	No	No	Si	Si	Si	SI/No*	No
LANX16	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No
UAI4, UAI8 (Ext. Digitales)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	SI/No*	No
UAI16 (Ext. digitales)	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No	No

* No en el gabinete principal, en los remotos sí

Tabla 2.54 Disposición de las tarjetas dentro del IP Media Gateway

En la figura 2.26 se muestra el IPMG conformado con las tarjetas requeridas para el diseño propuesto.

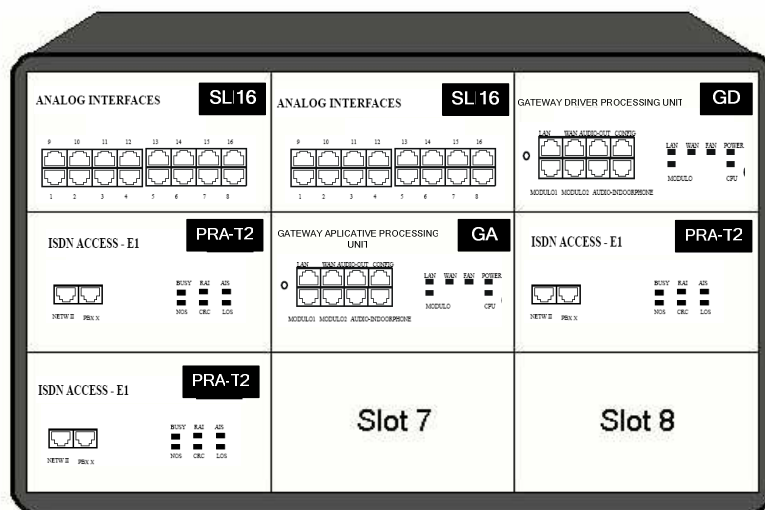


Figura 2.26 Alternativa de posicionamiento de tarjetas en el IPMG

En el IPMG se llevan a cabo los algoritmos de compresión; por defecto la tarjeta GD cuenta con el codec G.711 para interacción con el entorno LAN y digitalización de la voz proveniente de las tarjetas de extensiones analógicas. Para habilitar G.723 o G.729 es necesario liberar los *locks* (*cerraduras digitales*) mediante licencias en el momento de instalar o actualizar el *release* en el *Call Server*.

2.3.2.3 Selección del *Call Server* (CS)

El sistema OXE permite tener varias plataformas para el *software* del *Call Server* basado en Linux, los cuales se describen a continuación:

- Integrado en el CPU del Crystal Media Gateway (*Arquitectura en Crystal*)
- Una tarjeta del gabinete del IPMG (*arquitectura hardware común*)
- Un servidor independiente llamado "*Appliance Server (AS)*", con IP Media Gateway o *Crystal Media Gateway*.

Como se tiene un IP *Media Gateway* la primera alternativa es descartada. Con el *Call Server* como parte del *Gateway* se puede manejar hasta 500 extensiones IP. En este caso el CS es una tarjeta que se adiciona al gabinete (*ubicada en el slot 8*

y provista de un puerto *FastEthernet*) y se comunica con el GD a través de la LAN.

El *Appliance Server* posee los recursos para gestionar, administrar y proveer aplicaciones de 250 a 5000 extensiones IP, éste interacciona con el IP Media *Gateway* a través de la LAN con señalización H.323, constituyéndose en la plataforma que se ajusta a los requerimientos descritos en la tabla 2.40.

El AS es un servidor de aplicación IP de Alcatel, que opera en un equipo de comunicaciones IBM desarrollado especialmente para este fin. Algunas de las funciones que desempeña son:

- Gestiona el establecimiento y terminación de llamada entre dos teléfonos IP a través de protocolos de comunicación estándares (RTP, CRTP, H.323).
- Ofrece un conjunto de facilidades telefónicas.
- Funciones de DHCP, *gatekeeper* y servidor de descarga TFTP.

2.3.2.4 Métodos de redundancia

Para el funcionamiento de la red híbrida tanto el AS como el IPMG no pueden trabajar de manera independiente, siendo ambos críticos para el nuevo sistema telefónico; sin embargo Alcatel ofrece facilidades para redundancia del AS especialmente debido a la robustez con que cuentan los equipos de Media *Gateway*.

Para implementar redundancia del AS, basta con la activación de una licencia denominada "*Licencia de software de redundancia de Servidor de e-Comunicaciones (e-CS)*" y el *hardware* indicado. Las licencias de funcionamiento se duplican en el servidor *Stand By* sin necesidad de adquirir nuevamente las mismas. El duplicar el IPMG requiere la compra íntegra de *hardware* y *software*.

Tanto el AS principal como el de *Stand By* deben tener las mismas base de datos, sistema operativo, *software*, parches y bases de datos.

2.3.2.5 Terminales

En total se dispondrá de 662 terminales: 26 analógicos y 636 IP. En el primer caso se re-utilizará los teléfonos analógicos Panasonic que se encuentran operando en el actual sistema telefónico.

Como existen Unidades Operacionales y entidades unipersonales vitales en el desenvolvimiento de la EPN (56, *Anexo J*), las cuales necesitan mayores funcionalidades como agenda, alarma, conferencia, teclas polifuncionales, etc. en relación con usuarios comunes, se propone asignar 56 teléfonos Alcatel 4038 IP Touch con pantalla gráfica de 6 líneas, navegador 4 direcciones, 10 teclas *software*, manos libres, teclado alfanumérico, microteléfono confort, conector para casco (*diadema*) y micro-switch.

Para el resto de terminales (580) se asigna el teléfono Alcatel 4018 IP Touch con las funciones básicas como: 6 teclas de función con LED (*Light Emisor Diode*), pantalla de 1x20 caracteres, navegador dos direcciones, manos libres y microteléfono confort.

2.3.2.6 Mensajería unificada

Para la implementación de mensajería unificada, es necesario activar las opciones de *voice mail*, FoIP (*Fax sobre IP*) y correo electrónico (*a través del Mail Server*), obteniéndose los mensajes de voz, *e-mail* y fax en una sola casilla.

La aplicación de *voice mail* llamada "4645" en el sistema OXE, se la activa liberando la licencia correspondiente en el AS, sin adición de *hardware* adicional, ya que funciona sobre la misma plataforma. Soporta los protocolos POP3, IMAP e SMTP para interacción con el *Mail Server*, ya sea bajo Linux o *Windows*.

Para el envío y recepción de fax a través de una red IP es permitido utilizar dos tipos de protocolos: los estándares T38 y T30 para llamadas entre *faxphone-IP* y, *Alcatel Fax-IP Protocol* para llamadas de fax entre IPMG en sitios remotos.

El uso del servicio de fax es posible en dispositivos IP-fax conectados a la red de datos y faxphone enlazados directamente a una o varias tarjetas de extensiones analógicas, tal como muestra la figura 2.27.

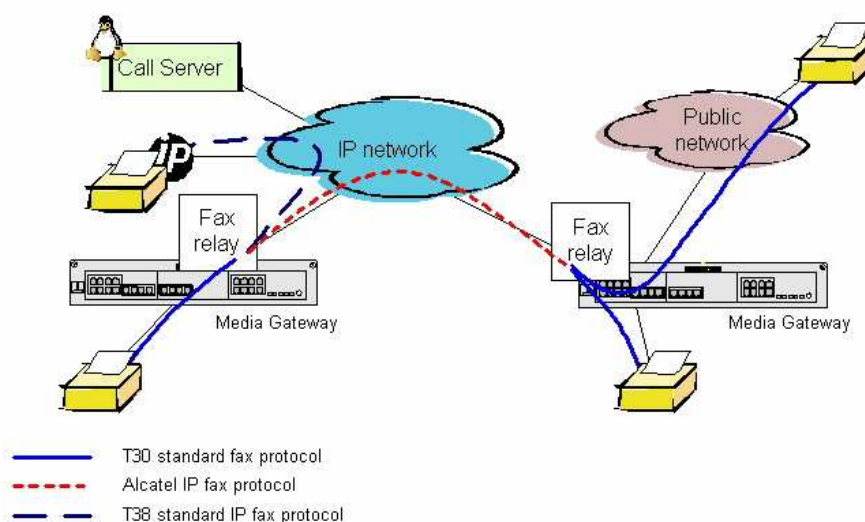


Figura 2.27 Fax sobre IP ⁵³

Para la implementación de un Fax Server, necesario para la realización de mensajería unificada, Alcatel permite la integración de servidores genéricos diseñados para este fin (por ejemplo *Fax Server FaxMaker*).

2.3.2.7 Ubicación de los equipos dentro de la red datos

Aprovechando que el servicio telefónico es un servicio centralizado y que la Polired está dividida en dos zonas (*Norte y sur*) limitadas por los *switches* de *core*, además de poseer redundancia a través del *backbone* principal, los AS se ubicarán en cada uno de los *switches* de *core* (*el AS principal e IPMG al "cugi" y el Stand By al "cquímica"*). La figura 2.28 muestra la disposición de los equipos de voz Alcatel en la Polired.

⁵³ Fuente: Alcatel OmniPCX Enterprise R5.1 System Documentation, Edición 03, Septiembre 2003

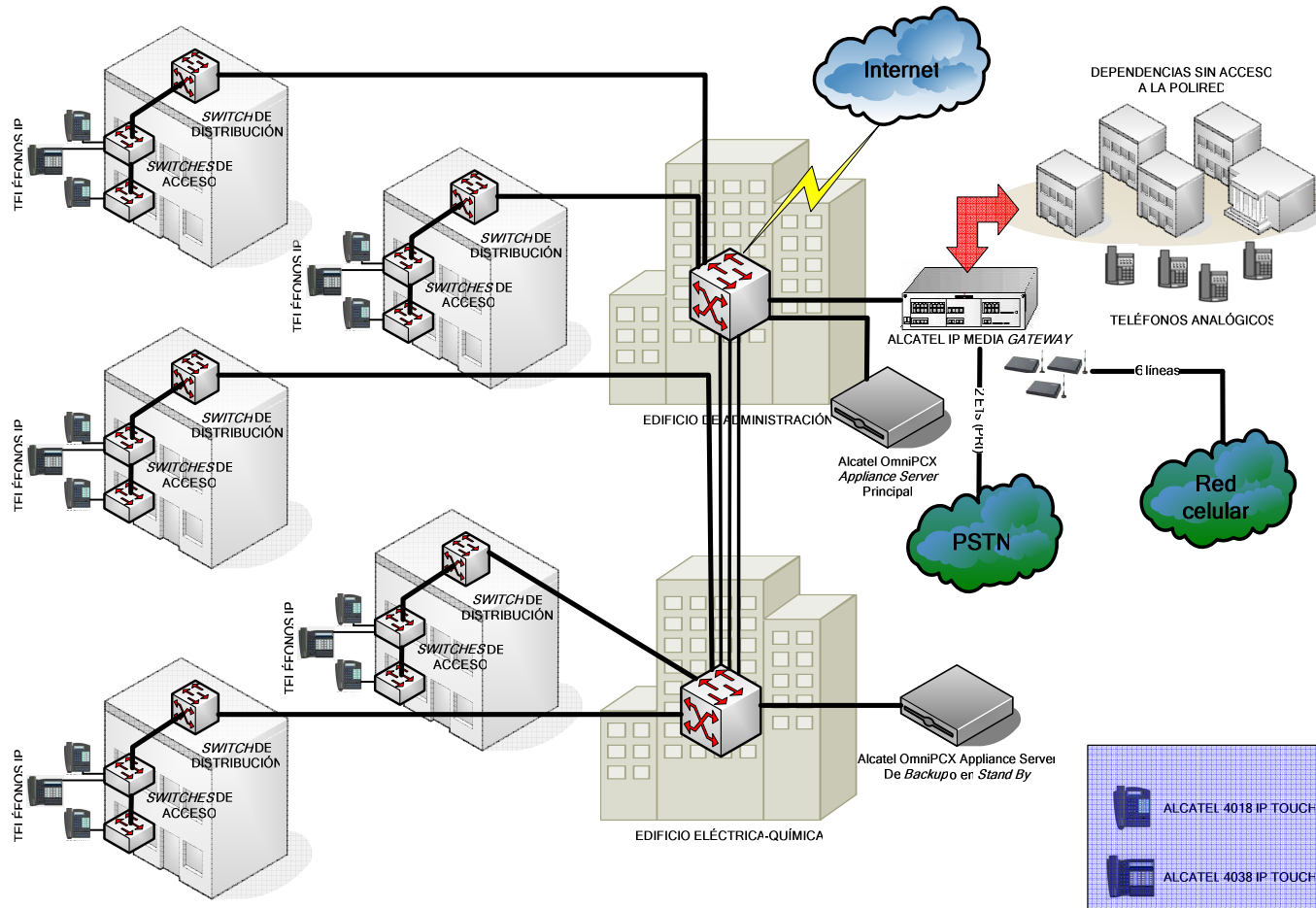


Figura 2.28 Red integrada de voz y datos a través de la IP- PBX OmniPCX Alcatel Enterprise

2.3.2.8 Costos

DESCRIPCIÓN	CANT	P.UNIT	P.TOTAL
OmniPCX ENTERPRISE PACKAGES			
Armarios Alcatel IP media <i>Gateway</i> Tipo Large, hasta 150 usuarios	1	\$5.376,00	\$5.376,00
VOICE BOARD			
\$0,00			
Pack MGA24, 30 canales de compresión VoIP, Una tarjeta GA, una tarjeta MADA3 de 30 canales IP	2	\$1.290,00	\$2.580,00
Placa de acceso a la red pública RDSI - 1 acceso primario	2	\$860,00	\$1.720,00
Placas de extensión analógicas SLI16-1: 16 extensiones	2	\$989,00	\$1.978,00
DATA INFRAESTRUCTURE			
\$0,00			
Cable de alimentación genérico según el catálogo del mercado	2	\$24,00	\$48,00
LAN 16-2 Placa Ethernet LAN <i>switch</i> equipada con 16 puertos	1	\$480,00	\$480,00
Kit de montaje Rack 3 Large	1	\$75,00	\$75,00
Batería 7AH/12V	8	\$63,00	\$504,00
Cargador de bastidor 48V/14VAH sin rectificador	1	\$438,00	\$438,00
Rectificador 500W para cargador de bastidor	1	\$337,00	\$337,00
HARDWARE MAINTENANCE			
\$0,00			
Tapas para slot libres	2	\$15,00	\$30,00
USER SOFTWARE LICENSES			
\$0,00			
Licencia de <i>software</i> para Alcatel OmniPCX <i>Enterprise</i> R7.1	1	\$1,00	\$1,00
Licencia de <i>software</i> de redundancia de Servidor de e-Comunicaciones (e-CS)	1	\$1.249,00	\$1.249,00
Licencia de <i>software</i> para 10 usuarios analógicos adicionales	3	\$625,00	\$1.875,00
Paquete de licencia <i>software</i> para perfiles de usuario IP "Business" que permite utilizar todos los servicios telefónicos en un entorno IP. Este paquete incluye licencias para 10 usuarios del perfil IP "Business"	67	\$1.374,00	\$92.058,00
Servidor G729 Y G723.1 licencia de <i>software</i>	60	\$1,00	\$60,00
Licencia de <i>software</i> e-CS engine actualización de 81 a 150 usuarios	1	\$1.999,00	\$1.999,00
Licencia de <i>software</i> e-CS engine actualización de 151 a 350 usuarios	1	\$1.999,00	\$1.999,00
Licencia de <i>software</i> e-CS engine actualización de 351 a 500 usuarios	1	\$1.999,00	\$1.999,00
Actualización de licencia <i>software</i> para incrementar el tamaño del motor (engine) <i>software</i> OmniPCX <i>Enterprise</i> con 500 usuarios suplementarios	1	\$1.999,00	\$1.999,00
Software para Alcatel OmniPCX <i>Enterprise</i> R7.1	1	\$1,00	\$1,00
SOFTWARE			
\$0,00			
Licencia <i>software</i> de Servicio de Selección Automática de Ruta y desbordamiento de voz entre MG para el motor Software OmniPCX <i>Enterprise</i> con 500 usuarios	1	\$919,00	\$919,00
Licencia para guía de voz incorporadas	1	\$8.231,00	\$8.231,00
Licencia de <i>software</i> de actualización del Servicio de Selección Automático de Ruta y desbordamiento automático de voz entre Media <i>Gateway</i> para el motor Software OmniPCX <i>Enterprise</i> incrementada con 500 usuarios suplementarios	1	\$460,00	\$460,00
VOICE MAIL APPLICATION (46XX)			
\$0,00			
Mensajería vocal Alcatel 4645 - Licencia de software básica	1	\$1.003,00	\$1.003,00
Licencia Software de mensajería Alcatel 4645 para el motor Software OmniPCX <i>Enterprise</i> con 500 usuarios	1	\$8.231,00	\$8.231,00
Licencia Software de actualización de mensajería Alcatel 4645 incrementada con 500 usuarios suplementarios en relación la tamaño del motor Software OmniPCX <i>Enterprise</i> .	1	\$4.345,00	\$4.345,00
CONTACT CENTER/IVR/CTI			
\$0,00			
CSTA bypass 500 - licencia de <i>software</i>	3	\$1,00	\$3,00

DESCRIPCIÓN	CANT	P.UNIT	P.TOTAL
IP FAST ETHERNET SETS			\$0,00
Aparato Alcatel 4038 IP Touch	56	\$524,00	\$29.344,00
Aparato Alcatel 4018 IP Touch	580	\$225,00	\$130.500,00
BASES CELULARES			
Base celular, trabaja con chip GSM a 850Mhz - 1900Mhz y 900Mhz -1800Mhz	3	\$169,00	\$507,00
TELÉFONOS ANALÓGICOS			
Teléfonos analógicos (re-utilizables), Panasonic	26	\$0,00	\$0,00
OEM			\$0,00
Fuente de alimentación 24V para teléfonos IP y adaptadores 4097CBL, 4094ISW S0, 4098FRE y estación base 4070 (packx12) toma US	53	\$193,00	\$10.229,00
CS Y REDUNDANCIA			\$0,00
Alcatel OmniPCX Enterprise Appliance Server , 110/230V, Debe utilizarse con baterías externas	2	\$3.241,00	\$6.482,00
MANAGEMENT, ACCOUNTING APPLICATIONS			\$0,00
Licencia <i>software</i> de tarificación para el motor Software OmniPCX Enterprise con 500 usuarios	1	\$376,00	\$376,00
Licencia de <i>software</i> de gestión de Configuración para el motor Software OmniPCX Enterprise para mas de 500 usuarios	1	\$978,00	\$978,00
Licencia Software de actualización de tarificación incrementada con 500 usuarios suplementarios en relación con el tamaño del motor Software OmniPCX Enterprise	1	\$183,00	\$183,00
Licencia Software de actualización gestión de Configuración incrementada con 500 usuarios suplementarios en relación con el tamaño del motor Software OmniPCX Enterprise	1	\$526,00	\$526,00
TOTAL			\$319.123,00

Tabla 2.55 Costo referencial de una IP-PBX Alcatel OXE para la EPN

La tabla 2.55 muestra los costos sin el 12% de IVA (*Impuesto al Valor Agregado*), de los equipos y licencias para la implementación del diseño a través de una IP-PBX Alcatel OmniPCX OXE, precios obtenidos de Telalca Telecommunication S.A.

Al igual que en el caso de Cisco es necesario adquirir licencias por terminal IP para su interacción con el AS. Alcatel provee un paquete de 10 licencias para perfiles de usuarios IP "Business", siendo necesaria una licencia por terminal IP.

Para el caso de la EPN es necesario 67 paquetes de licencias ($67 \times 10 = 670$ licencias) para dar servicio a las 662 extensiones propuestas.

Para dar servicio a las extensiones consideradas en las proyecciones (80 extensiones a cabo de 10 años) se debe adquirir las licencias correspondientes para cada terminal.

2.4 SOLUCIÓN MEDIANTE SERVIDORES

Un servidor de comunicaciones PC-PBX es un sistema telefónico cuya arquitectura física o *hardware* está basada en la tecnología de un computador personal. Las diferentes funcionalidades de la PC-PBX se implementan a través de diversas tarjetas de expansión PCI (*Peripheral Component Interface*); el control del sistema telefónico y su configuración se realiza por medio de aplicaciones instaladas en el procesador.

2.4.1 DESCRIPCIÓN TECNOLÓGICA

Existen diversas empresas que ocupan este enfoque tecnológico para entregar soluciones de voz. Las tarjetas utilizadas tienen funcionalidades muy similares a las descritas en las IP-PBX y el número de las mismas por servidor depende de varios factores como: el número de usuarios, capacidades del servidor (*principalmente el procesador, la fuente de energía, la memoria RAM y el disco duro*), aplicaciones y servicios que presta la tarjeta.

La elección de la Unidad Central de Proceso (CPU) depende de su velocidad (*proporcional al número de abonados; por ejemplo, un sistema pequeño de hasta 10 usuarios puede trabajar con un procesador de 700 MHz*), y la capacidad de su Unidad de Punto Flotante (FPU); esto último debido a que todos los pasos que conlleva la ejecución de una conferencia se representan como procesos matemáticos cuya prontitud se traduce en eficacia del sistema.

La memoria del procesador es dividida y utilizada por las tarjetas en procesos propios, como por ejemplo información sobre enrutamiento, gestión y control de llamada, tarificación, etc. Finalmente el uso del disco duro se incrementa según las aplicaciones del sistema, en el mismo se graban los archivos de sonido (*.wav*), éstos pueden ser los mensajes utilizados en el IVR, música de espera o incluso grabación de las conversaciones.

Los conectores PCI no son iguales y la diferencia radica en dos aspectos, el voltaje (3,3 y 5V) y el número de bits de trabajo (32 y 64 *bits*). Si bien generalmente los *motherboards* de los servidores vienen con conectores para ambos voltajes, algunos suelen incluir solamente versiones de 5V. La figura 2.29 muestra los conectores anteriormente descritos



Figura 2.29 Identificación visual de *slots* PCI⁵⁴

En cuanto al sistema operativo bajo el cual trabaja el servidor existen opciones tanto bajo *Windows* como *Linux*, en el caso de *Windows* las PC-PBX utilizan las versiones NT o 2000 pro y suelen implementarse como aplicaciones propietarias del fabricante. En el caso de *Linux* se utiliza *Asterisk*, un *software* abierto que emula una central telefónica permitiendo ocupar todas o al menos la mayoría de las capacidades de las centrales comerciales, incluso incrementando las capacidades del servidor a través de programas externos.

Un servidor de comunicaciones puede conectarse a:

- Línea analógica convencional (*POTS*)
- TDM (*Time division Multiplexing*)
- Línea digital RDSI
- Accesos primarios RDSI (*E1/T1*)
- Canal de voz sobre IP
- Redes heterogéneas (*PBX tradicionales*)

⁵⁴ Fuente: “*Asterisk, The future of Telephony*”, Jim Van Meggelen, Jared Smith, y Leif Madsen, Agosto 2005.

Debido a esto el servidor trabaja tanto con terminales IP (*lo más recomendado*) como con terminales analógicos (*teléfonos o fax*) que pueden conectarse directamente a puertos analógicos de las tarjetas o utilizar un adaptador.

Las tarjetas utilizadas en los servidores de comunicación se pueden dividir en dos grupos principales que se describen a continuación.

Tarjetas de voz: Dentro de las tarjetas de voz se pueden agrupar a todas aquellas que entregan conectividad hacia la red telefónica del proveedor local PSTN a través de puertos analógicos y que además son capaces de realizar funciones de gestión de la voz (*digitalización, compresión, grabación y reproducción de la conversación principalmente*) y control del establecimiento, transcurso y terminación de llamada (*generador de tonos de timbrado, espera, ocupado, llamando, etc. y receptores/generadores de tonos digitales de multi-frecuencia, DTMF*), así como la conectividad física hacia las extensiones (*de tipo analógico, a través de conectores RJ-11*).

Dependiendo de la aplicación estas tarjetas suelen construirse de forma exclusiva para recibir troncales (*o puertos FXO*) o solo para entregar extensiones (puertos FXS); sin embargo ciertas tarjetas misceláneas o “mix” entregan tanto puertos troncales como para extensiones.

La distancia que puede existir entre la central y el terminal del usuario son relativamente grandes, alrededor de 1 Km. Normalmente; sin embargo a través de tarjetas especiales, que utilizan fuentes de alimentación extra, para compensar la disipación de energía en la señal de voz esta distancia puede incrementarse a 5 Km. o más. Esto permite dar servicio a edificios de una misma organización como por ejemplo un campus o un hospital con el mismo servidor y el mismo plan de numeración.

En el caso de requerirse un gran número de extensiones analógicas, los servidores utilizan bancos de canales o *switches* de extensión, los cuales permiten que un circuito digital (*T1/E1, por ejemplo*) sea demultiplexado en varios

circuitos analógicos y viceversa; dicho de otra forma un banco de canales permite conectar un teléfono analógico a un sistema a través de líneas digitales como un E1. La figura 2.30 muestra la función de un *switch* de extensión.

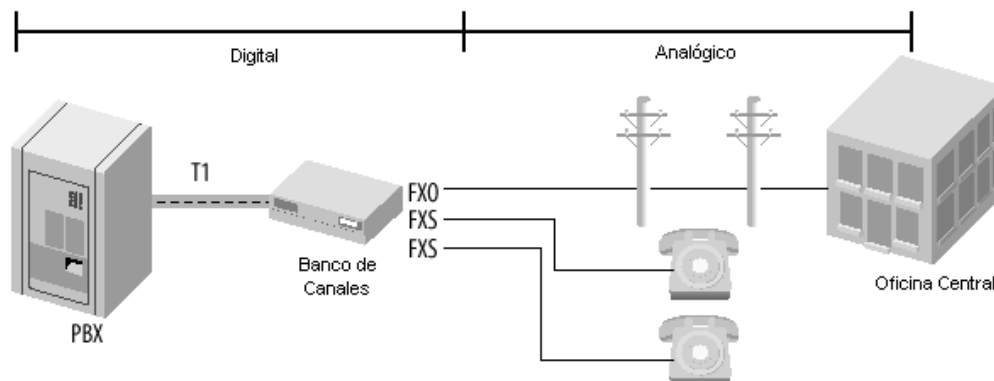


Figura 2.30 *Switch* de extensión⁵⁵

Tarjetas para acceso digital: Cuando se requieren soluciones medias y de alta demanda o si se requiere conectividad digital, las tarjetas de acceso digital son la solución. El protocolo base para estas tarjetas es el ITU-T Q.931 (*Especificación de la capa 3 de la interfaz usuario-red de la ISDN para el control de la llamada básica, acceso PRI y BRI*); sin embargo suelen incluir soporte para otros protocolos como E1 y T1. Estas tarjetas actúan como interfaces entre el proveedor de canales digital y la PC-PBX, y esta última con otros dispositivos (*por ejemplo, un banco de canales o un servidor remoto*).

Para hacer posible la VoIP basta con tener una conexión a la red de datos, El PC-PBX soporta el protocolo de inicio de sesión (*SIP*), H.323 (*protocolo de comunicación de multimedia*) y en el caso de las PC-PBX que utilizan Asterisk el protocolo propietario de *trunking* para intercambio de información cifrada entre servidores conocido como IAX (*Inter Asterisk Exchange*), así como los estándares de voz más comunes:

- Para digitalización y compresión de la voz: G.711 (*Modulación por codificación de pulsos, PCM*) y G.729 (*Predicción algebraica conjugada de código lineal, CS-ACELP*).

⁵⁵ Fuente: “Asterisk, The future of Telephony”, Jim Van Meggelen, Jared Smith, y Leif Madsen, Agosto 2005.

- Para cancelación de eco (*necesaria para la interacción con la PSTN*): G.165 (*Protocolo de eliminación automática de eco*) y G.168 (*compensadores de eco en redes digitales*).
- Para soporte de fax sobre IP (*FoIP*): se utiliza el protocolo T.38 (*Facsimile sobre PSTN a 14400 bits/s*) o ciertos fabricantes adjuntan tarjetas exclusivas con puertos analógicos para facsímiles.

Varios son los tipos de terminales IP posibles con servidores: teléfonos IP nativos, terminales que se conectan directamente a la red, teléfonos analógicos con adaptadores para paquetizar su señal y los *softphones*; también es posible tener terminales analógicos conectados a puertos FXS del servidor.

2.4.2 ADAPTABILIDAD DE LA SOLUCIÓN A LA SITUACIÓN FÍSICA

Considerando la arquitectura de plataforma única que caracteriza a Asterisk el diseño considera los siguientes pasos:

- Selección del modelo de procesamiento de llamada
- Dimensionamiento, formación del servidor de comunicaciones y Mensajería Unificada
- Métodos de redundancia.
- Terminales
- Ubicación de los equipos dentro de la red datos
- Costos

2.4.2.1 Selección del modelo de procesamiento de llamada

La determinación del modelo de procesamiento de llamada viene determinada por un factor en especial, la existencia o no de sistemas remotos. En un entorno “matriz – sucursales”, se suele implementar un servidor “a la medida” (*Tailor-made*) de las necesidades de cada oficina, de manera que cada locación trabaja con su propia plataforma de procesamiento de llamadas; la comunicación entre los diversos sitios de la empresa se puede hacer a través de una red WAN o de

la PSTN. En el caso de la EPN, al tratarse de un campus único, el modelo de procesamiento es del tipo de centralizado; nótese que esto no quiere decir que existe un solo servidor, sino más bien que solo hay un sistema para gestión de la comunicación.

La determinación del número de servidores viene dada tanto por el número de usuarios como por las necesidades de los mismos. En grandes sistemas se aconseja el uso de servidores exclusivos para aplicaciones como buzón de voz, conferencia, servidor de alarmas, entre otros.

2.4.2.2 Dimensionamiento y formación del servidor de comunicaciones ^{56, 57}

Asterisk puede funcionar satisfactoriamente sobre cualquier plataforma x-86 (*casi cualquier computador construido del 2000 en adelante*); sin embargo, para sistemas grandes el dimensionamiento del servidor debe hacerse de manera muy cuidadosa. Recordando que el desempeño del servidor tiene alto impacto sobre el funcionamiento total del sistema, sus cualidades vienen determinadas por las características del sistema telefónico que se busca implementar, siendo las principales a tomarse en cuenta:

- Llamadas concurrentes
- Conferencias y aplicaciones complejas
- Transcodificaciones necesarias.

En general es recomendable siempre sobredimensionar las capacidades del servidor, de manera que se asegure escalabilidad del sistema y entrega de nuevos servicios de ser necesario.

Llamadas concurrentes.- Las llamadas concurrentes se refieren al máximo número de llamadas hacia el exterior que puede manejar el sistema (*en la LAN se dimensionan los enlaces para que el tráfico no los sature*). En el caso de la EPN

⁵⁶ Fuente: “Asterisk, The future of Telephony”, Jim Van Meggelen, Jared Smith, y Leif Madsen, Agosto 2005.

⁵⁷ Fuente: IRONTEC - <http://www.irontec.com>, “Curso sobre VoIP y Asterisk”

se considera un enlace PRI para conexión con el sistema telefónico actual y 60 líneas (*dos enlaces PRI*) hacia la PSTN, que se incrementan en 7 líneas por motivos de proyección.

Conferencias y aplicaciones complejas.- Las conferencias requieren que el servidor mezcle las ráfagas de voz de los diversos participantes de la conferencia, lo que causa un incremento en el uso del CPU. En el entorno de la EPN el uso de esta aplicación es poco común y generalmente de tres participantes, lo que ayudaría a afirmar que el impacto sobre la selección del CPU no es muy apreciable.

Otra aplicación a considerarse es la cancelación de eco necesaria para la interacción del entorno IP con la PSTN, siendo la cancelación de eco una operación matemática; mientras más cancelación esté envuelta en el sistema más carga existe sobre el CPU.

Transcodificaciones necesarias.- Se refiere principalmente a los codecs que maneja el sistema, mientras mayor sea la compresión que maneja el codec, mayor será el procesamiento que deba realizar el CPU. Asterisk considera principalmente dos codecs, el G.711 y el G.729 para entorno LAN y WAN respectivamente. En el caso de la EPN se utilizará solamente el G.711 ya que no se consideran enlaces WAN. G.711 representa menos carga para el servidor que G.729; de hecho un sistema que soporta 50 llamadas simultáneas con G.711, presentará problemas al manejar 10 llamadas simultáneas a través de G.729.

La tabla 2.55 muestra un conjunto de pautas para la selección del procesador, en función del tamaño del sistema telefónico a implementar.

Entorno	Número de extensiones	Requerimientos mínimos
Sistemas pequeños	Hasta 10	433 MHz, 256 MB RAM
Sistemas medianos	Entre 10 y 50	1 GHz, 512 MB RAM
Sistemas grandes	Entre 50 y 500	3 GHz, 1GB RAM
Sistemas muy grandes	Entre 500 y 1000	Procesador Dual, posiblemente también servidores de aplicaciones.

Tabla 2.56 Guías para la selección del procesador

Para la selección de la tarjeta madre se toman en cuenta los siguientes parámetros:

Bajo retardo en los buses del sistema.- Para conexión con la PSTN ya sea a través de enlaces analógicos o PRI, las tarjetas PCI de Asterisk (*marca Digium*) realizarán alrededor de 1000 solicitudes (*pidiendo al CPU que deje lo que está haciendo y realice una tarea solicitada por el periférico, estas solicitudes son llamadas interrupt request; IRQ*) por segundo. Un retardo generado por dispositivos (*chipset*) en el bus que interfiera con estas operaciones tendrá impacto sobre la calidad de la llamada; por tanto se debe buscar que el *chipset* de la tarjeta madre genere la menor latencia por IRQ posible. Una característica deseable sería que el BIOS (*Basic Input-Output System*) de la tarjeta madre sea capaz de controlar los ciclos de IRQ.

Tipo de tarjeta madre.- Dependiendo de las características de las tarjetas PCI que se adicionen al sistema, se pueden ocupar tarjetas madre para servidor o para terminal; básicamente la diferencia es el voltaje que entrega el *slot* al periférico.

Soporte para múltiples procesadores.- Esta característica permite implantar varios procesadores, lo que mejora el desempeño en el manejo de múltiples tareas simultáneas.

Tarjetas integradas.- Se debe evitar que la tarjeta madre tenga integradas las tarjetas de video y de sonido; de hecho el servidor en sí no necesita ninguna para funcionar a menos que se desee instalar un teléfono en el mismo (*se necesitaría solo la tarjeta de sonido*). Esta consideración abarata costos y recursos de CPU.

NIC integrada.- Es recomendable que se instale también un módulo de *internetworking* extra como *backup* en caso de falla; en el caso de la EPN se recomienda una NIC auto-negociable 10/100/1000 Mbits/s.

La tarjeta madre debe además ser la plataforma para todos los interfaces de telefonía que requiere el sistema; en el caso de la EPN las interfaces con las que interactúa el servidor Asterisk se describen a continuación (*la conexión con la tarjeta madre de estas tarjetas se implementa a través de puertos PCI*):

- Una tarjeta *Digium TDM 2400E* que soporta 6 módulos especiales, cada uno de 4 puertos FXS/FXO. Los requerimientos de la EPN describen la necesidad de 14 puertos FXO (*7 para troncales celulares y 7 para troncales analógicas*) para cubrir los requerimientos actuales y proyecciones del nuevo sistema telefónico; razón por la cual la tarjeta TDM 2400E se equipará con 3 módulos X400M, cada uno con 4 puertos FXO (*el módulo S400M provee 4 puertos FXS*). Este tipo de tarjetas suelen denominarse según los módulos adjuntos y el soporte o no de la cancelación de eco. Para el caso de la EPN la denominación de la tarjeta es *TDM 2403E*⁵⁸. A continuación se describe su nomenclatura::

TDM24	X	Y	B
-------	---	---	---

Donde:

X: Es el número de módulos FXS

Y: Es el número de módulos FXO

B: Representa que la tarjeta no adiciona cancelación de eco, si en su lugar hay una E, quiere decir que la tarjeta soporta esta característica.



Figura 2.31 Tarjeta para puertos FXS/FXO TDM 2400E con 3 módulos X400M (rojos) y tres módulos S400M (verdes)⁵⁹

⁵⁸ Fuente: http://www.voiplink.com/Digium_TDM2403E_p/digium-tdm2403e.htm

⁵⁹ Fuente: http://www.jornadas.linux-malaga.org/material1/VoIP_con_Asterisk.pdf

- Una tarjeta TE412P de 4 enlaces E1 para conexión, tanto hacia la PSTN (*dos enlaces*) como hacia el sistema actual de telefonía de la EPN (*un enlace*). En caso de no realizarse migración, esta tarjeta puede reemplazarse por la TE212P que tiene dos enlaces PRI.

El nuevo sistema de la EPN puede implementarse dentro de un solo servidor. En el caso de necesitarse más de 4 enlaces E1 en un sistema, se recomienda el uso de más servidores⁶⁰, debido a que se puede producir pérdida de llamadas por sobrecarga del CPU, en el caso de tener 5 o más enlaces PRI en un solo servidor. La TE412P incorpora además un nuevo módulo DSP que permite un mejor manejo para la cancelación de eco lo que permite liberar carga de procesamiento del CPU, además la calidad de la voz aumenta en 8 veces.



Figura 2.32 Tarjeta de acceso primario TE412P⁶¹

Para la implementación de mensajería unificada, al igual que en el caso de Alcatel, el servidor Asterisk debe proveer el servicio de *voice mail*, de manera que junto con el *Mail Server* y *Fax Server* pueda implementar una sola “casilla universal”.

La activación del *voice mail* se realiza por *software*, no necesita módulos de *hardware*; sin embargo se recomienda el incremento de la capacidad de

⁶⁰ Fuente: <http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+dimensioning>, Sugerencias de Scott Stingel, www.evtmedia.com

⁶¹ Fuente: http://www.jornadas.linux-malaga.org/material1/VoIP_con_Asterisk.pdf

almacenamiento del disco duro mientras mayor sea el tamaño del sistema telefónico. Pruebas de funcionamiento muestran que un sistema medio trabaja sin problemas con un disco duro de 80 GB.

La página electrónica <http://www.tomshardware.com>, provee de estudios de comparación de desempeño entre los procesadores AMD e Intel bajo diversas condiciones (*aplicaciones de sonido, video, diseño gráfico, comportamiento del ALU, e incluso juegos 3D*). En el caso de Asterisk importa principalmente el comportamiento del CPU, la capacidad de manejo aritmético e incluso el desempeño de aplicaciones multimedia (*de ser éstas parte del sistema a implementarse*). *Tom's hardware* no hace sus recomendaciones solamente en base a desempeño sino también a costo, recuérdese que los elementos de última tecnología de los fabricantes suelen tener un costo muy superior a los dispositivos promedio de desempeño.

El anexo N (*figuras N.1, N.2 y N.3*) muestra las comparaciones a nivel de desempeño en procesos aritméticos, uso del CPU y aplicaciones multimedia a través del programa *SiSoftware Sandra 2007* de todos los procesadores de Intel y AMD lanzados al mercado en el 2006. Como resultado se obtiene que en los tres parámetros de comparación se recomienda el procesador de Intel, Core 2 EX 6800 (*Conroe, 2666/266, 1975X, DDR2-800*); debido a estas características este procesador se utilizará en el servidor de comunicación Asterisk.

Una vez seleccionado el procesador, es momento de elegir la tarjeta madre óptima para el servidor de comunicaciones *Asterisk*. La página <http://www.tomshardware.com> incluye también un informe completo sobre siete *motherboards* diseñados para la serie Core 2 de Intel. En el anexo N (*desde la figuras N.4 a N.13 y tabla N.1*) se incluye el “*Test setup*” del proceso, tal proceso incluye: parámetros y condiciones de prueba tanto a nivel de *hardware* y *software* que se aplicaron en todas las tarjetas madres, además de los resultados parciales en cada una de las pruebas realizadas.

La figura 2.33 muestra los resultados finales del análisis comparativo entre los siete *motherboards*.

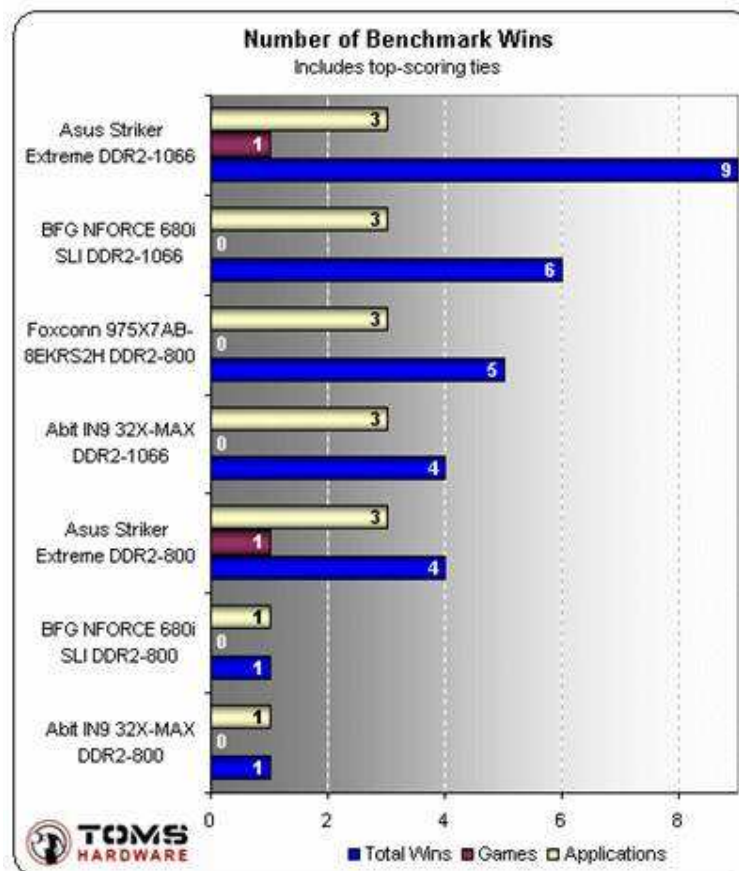


Figura 2.33 Resultados del análisis comparativo entre los *motherboards* para la serie Core2 de Intel ⁶²

El resultado muestra que la *Asus Striker Extreme DDR2-1066* (1066 millones de datos transmitidos por segundo) supera a sus competidoras, tanto en el desempeño frente a aplicaciones de alto rendimiento, como en mediciones del desempeño usando el mismo CPU.

En cuanto a memoria, tratándose de un servidor para sistemas grandes, se recomienda un mínimo de 1 GB⁶³. La tarjeta *Asus* permite DIMMs DDR2 (*Tipo de*

⁶² Fuente: <http://www.tomshardware.com/2006/12/21/680i-motherboard-comparison/page12.html>

⁶³ Fuente: <http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+dimensioning>, Sugerencias de Scott Stingel, www.evtmedia.com

memoria dinámica de acceso aleatorio, DRAM, capaz de manejar 4 bits por ciclo de lectura) de memoria hasta alcanzar 8 GB.

Cabe indicar que experiencias de usuarios de Asterisk no han reportado necesidad de utilizar más de 2 GB en sistemas de un solo servidor.

Existen diversas marcas que producen memorias DDR2, las cuales tienen desempeño y costo similar. Para el caso de la EPN se seleccionó la memoria *Corsair 2GB PC2-5400 DDR2 DIMM*, que es una memoria de 2 GB, del tipo DDR2, y con una capacidad máxima de transferencia de 5.333 GB/s (*La denominación PC2-xxxx indica la velocidad de transferencia redondeada a su valor superior*)⁶⁴.

Ciertas características hacen que la memoria *Corsair 2GB PC2-5400 DDR2 DIMM* sobresalga sobre sus competidores (*si bien su costo es superior*), tales como: dispersor de calor, gran estabilidad, acceso rápido a los datos y garantía de tiempo de vida⁶⁵.

Finalmente, en base al número de usuarios (662) el sistema telefónico propuesto para la EPN se considera “muy grande” (*ver tabla 2.56*), razón por la cual es recomendable utilizar un disco duro muy por encima de los 80 GB considerados para redes medianas; por lo expuesto anteriormente se seleccionó 250 GB como tamaño para el disco duro del nuevo sistema.

La marca seleccionada es *Maxtor*, el modelo *MaXLine II Plus 250 GB* que tiene un costo equilibrado, larga garantía y trabaja rápido y silenciosamente, según la opinión de los compradores⁶⁶.

La tabla 2.57 muestra los componentes del servidor de comunicaciones Asterisk, recomendado para el sistema de telefonía de la EPN.

⁶⁴ Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/DDR2>

⁶⁵ Fuente: http://www.preciomania.com/rating_getprodrev.php/masterid=11618564/id_type=masterid

⁶⁶ Fuente: http://mx.preciomania.com/rating_getprodrev.php/masterid=924223/id_type=masterid





Componente	Figura	Características
Procesador: Intel Core 2 EX 6800		<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad: 2.93 GHz • Doble núcleo • Velocidad del bus frontal: 1066 MHz • Memoria Cache: 2 MB x 2 • Tipo de socket: LGA 775 • Garantía: 3 años • Pines: 775
Tarjeta Madre: Asus Striker Extreme DDR2-1066		<ul style="list-style-type: none"> • Socket del procesador: LGA 775 • Estilo de Placa: ATX • Tecnología de memoria: DDR2 • Velocidad del bus: 1333 MHz • Chipset del sistema: nVIDIA nForce 680i SLI • Número máximo de procesadores: 1 • Memoria máxima: 8 GB • Número de slots de memoria: 4 • Conectores para disco duro SATA: 6 • Conectores para disco duro IDE: 1 • Conectores para ventilación: 8 • Número de slots PCI: 2 • Número de slots PCI-Express x8: 1 • Número de slots PCI-Express x16: 2 • Número de slots PCI-X: 1 • Número de slots PCI-Express x1: 1 • Interfaz de red: Ethernet 10/100/1000 • Conectores: USB 2.0, disco 3 1/2 , audio(1/8" Mini), teclado (PS2) y Mouse (PS2) • Garantía: 3 años
Memoria: Corsair 2GB PC2-5400 DDR2 DIMM		<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de memoria: 2 GB • Tipo de socket: DIMM • Tecnología: DDR2 • Número de módulos: 2 • Velocidad: 675 MHz • Dispersor de calor incluido
Disco duro: Maxtor MaXLine II Plus 250 GB		<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad: 250 GB • Tiempo de acceso: 9 ms • Velocidad de rotación: 7200 RPM • Interfaz: SATA • MBTF: 1000000 horas • Tasa de transferencia: 150 MB/s • Tamaño de cache: 8 MB • Tipo: Interno, entorno de PC • Garantía: 3 años • Ancho del drive: 3,5 pulgadas.

Tabla 2.57 Componentes del servidor de comunicaciones Asterisk para la EPN

2.4.2.3 Métodos de redundancia

La redundancia se logra a través de un servidor idéntico en capacidades y configuración (*duplicidad de dispositivos*); sin embargo se hacen cambios en la configuración de Asterisk en el directorio `smb.conf` de uno de los servidores, para que esté en modo BDC (*backup domain controller*).

Parte de la configuración es apuntar (*ingresar en el archivo la dirección IP del servidor principal*) el servidor de *backup* hacia el principal, de manera que periódicamente solicite señales de “vida” (*keep alive*); en caso de terminarse estas señales el servidor de respaldo asume las funciones del principal y transmite mensajes de actualización hacia todos los componentes del sistema, para que éstos hagan cambios en su configuración y redistribuyan el mensaje a otros dispositivos, de manera que la red asimile los cambios rápidamente.

2.4.2.4 Terminales

Asterisk está diseñado para soportar todo tipo de terminal ya que soporta el protocolo de inicio de sesión (SIP) y H.323 (*protocolo de comunicación de multimedia*), además todas las PC-PBX que ocupan Asterisk pueden utilizar el protocolo propietario de *trunking* para intercambio de información cifrada entre servidores conocido como IAX (*Inter Asterisk Exchange*). Las siguientes marcas ofrecen teléfonos manejados por Asterisk:

- Aastra
- Grandstream
- ArtDio
- Linksys
- Snom

Asterisk incluso soporta el protocolo SCCP (*Skinny Client Control Protocol*) lo que le permite utilizar la serie 79xx de los teléfonos IP de Cisco. Gracias a esta gran diversidad de marcas se puede utilizar todo tipo de terminales con diferentes

capacidades, aplicaciones y costo, de manera que se adapten mejor a la necesidad del usuario.

GrandStream® proporciona dos terminales IP cuyas cualidades se ajustan a las necesidades de la EPN y de menor costo que los competidores (*de hecho los teléfonos GrandStream fueron ganadores del premio “The Best of Internet Telephony”, gracias a su calidad y precio extremadamente bajo*).

Para el usuario común de la EPN (*580 usuarios*) se recomienda el uso del terminal Grandstream *BudgeTone* 102, el cual está diseñado para tráfico de voz común (*1 sola línea*). Tiene un *microswitch* Ethernet de dos puertos, control del *jitter*, control de demora y pérdida de paquetes, soporta conferencia de tres vías, cancelación de eco, llamada en espera, identificación del llamante, encriptación, fácil configuración, soporte para capa 2 (*802.1q VLAN, 802.1p*) y capa 3 (*ToS y Multi Protocol Layer Switching*), redial, control de volumen, llamada de emergencia, VAD y CNG. Es además un terminal del tipo SIP, para lo cual el servidor Asterisk debe estar configurado como Proxy SIP, el cual dispone de la señalización necesaria para la gestión de llamadas IP.

Para los 56 funcionarios de la EPN se usará el terminal SIP Grandstream GXP-2000, que funciona con carga de tráfico de voz del tipo ejecutivo, además de las características del *BudgeTone* 102, trabaja con 4 líneas y soporta hasta dos módulos GXP-2000EXT, cada módulo adiciona 56 teclas de funcionalidad programables.



Figura 2.34 Terminales IP compatibles con Asterisk para la EPN⁶⁷

⁶⁷ Fuente: <http://www.sistematic.com/FichaProducto.asp?IdProd=OIP0007> y <http://www.sistematic.com/FichaProducto.asp?IdProd=OIP0008>

En el caso de los usuarios sin acceso a la Polired (26) es recomendable el uso de adaptadores telefónicos, debido a que el utilizar una tarjeta periférica PCI para proveer conectividad para terminales convencionales (*puertos FXS*) provocaría un mayor número de IRQs en el sistema, traduciéndose en mayor demora y uso de recursos del CPU.

Asterisk trabaja con diversas marcas de adaptadores, entre éstos Sipura, *Linksys*, *GrandStream* y *Digium*; excepto por los adaptadores S10xx de Digium conocidos también como IAXy que trabajan solo bajo el protocolo IAX, los demás adaptadores utilizan SIP y tienen características similares. En el caso de la EPN se optó por utilizar el adaptador de Linksys (*división de Cisco*) por tener un precio más bajo respecto a las otras marcas.

Linksys PAP2 tiene las siguientes características: 1 puerto Ethernet 10/100 RJ-45 para conexión a la red, 2 puertos RJ-11 para teléfonos analógicos, un puerto para energizar el adaptador telefónico (5 V; 2A) y soporte para G.711, G.729, G.723 y G.726.



Figura 2.35 Adaptador telefónico Linksys PAP2 ⁶⁸

2.4.2.5 Ubicación de los equipos dentro de la red datos

Si bien el servidor puede conectarse en cualquier punto de la red, es aconsejable aprovechar la estructura jerárquica de la Polired; en este caso el servidor principal y el de *backup* estarán conectados a “cugi” y “cquímica” respectivamente, de manera que la configuración, cambios y actualizaciones que se generen en el sistema puedan viajar rápidamente, aumentando la convergencia de la red.

⁶⁸ Fuente: <http://www.tusip.com/telefonos.htm>

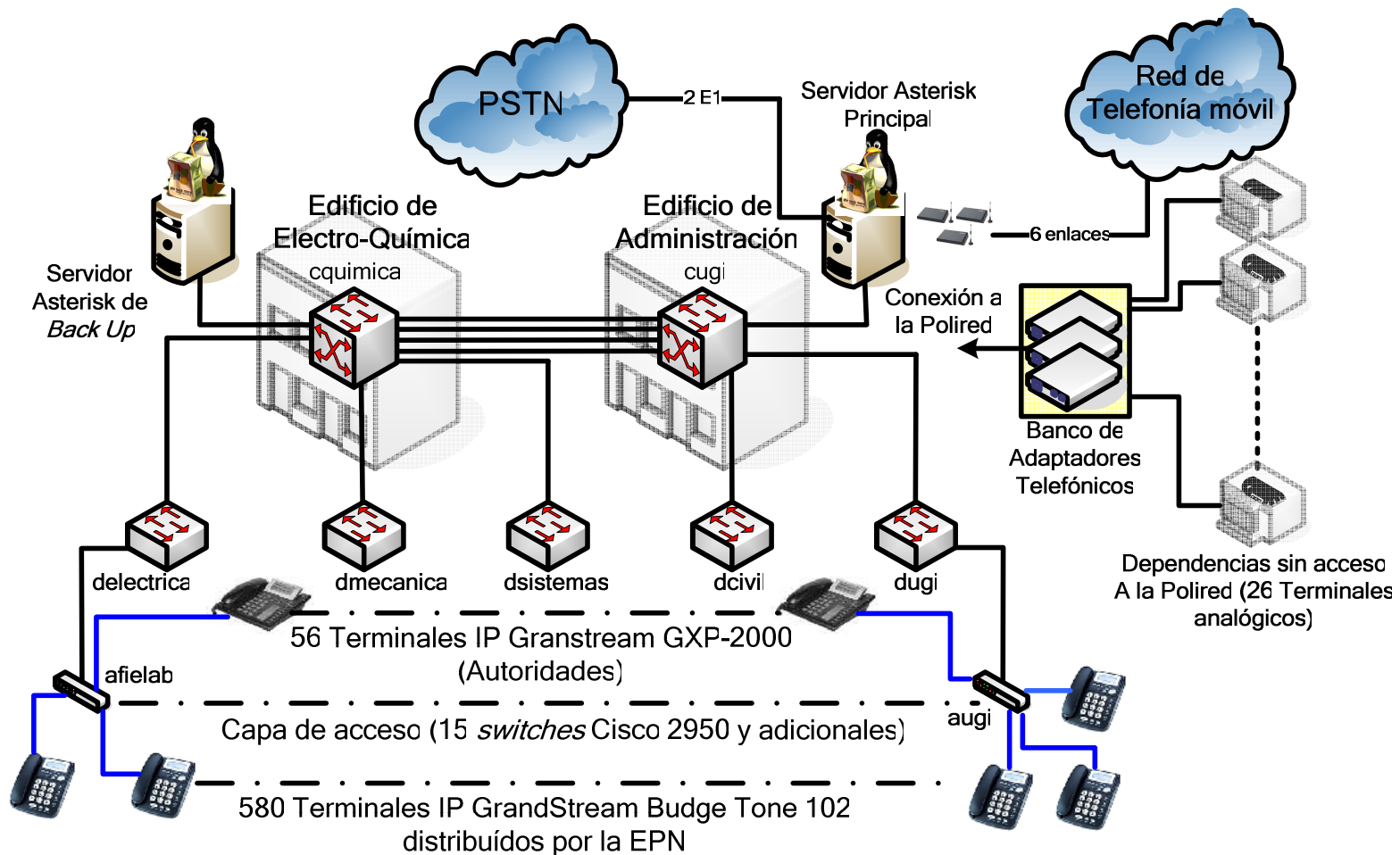


Figura 2.36 Red integrada de voz y datos a través de la PC- PBX Asterisk

2.4.2.6 Costos

DESCRIPCIÓN	CANT.	P.UNIT	P.TOTAL
SERVIDOR DE COMUNICACIONES			
Procesador: Intel Core 2 EX 6800, doble núcleo 2.93 GHz.	1	\$1.100,00	\$1.100,00
<i>Motherboard</i> : Asus Striker Extreme DDR2-1066	1	\$385,00	\$385,00
Memoria: Corsair 2GB PC2-5400 DDR2 DIMM	1	\$200,02	\$200,02
Disco duro: Maxtor MaXLine II Plus 250 GB	1	\$122,00	\$122,00
Case o Carcaza: ATX	1	\$40,00	\$40,00
INTERFACES TELEFÓNICAS			
Tarjeta Digium TDM400E (Tarjeta base para puertos FXS/FXO)	1	\$1.885,00	\$1.885,00
Módulo Digium X400M (4 puertos FXO), interfaz PCI	3	\$277,00	\$831,00
Tarjeta Digium TE412P; 4 enlaces E1/T1; interfaz PCI	1	\$2.245,00	\$2.245,00
BASES CELULARES			
Base celular, trabaja con chip GSM a 850Mhz - 1900Mhz y 900Mhz -1800Mhz	3	\$169,00	\$507,00
TERMINALES IP			
GrandStream BudgeTone 102, 1 línea, <i>Switch</i> .Ethernet 2 puertos	580	\$124,40 ⁶⁹	\$72.152,00
GrandStream 2000GXP, 6 líneas, <i>switch</i> Ethernet 2 puertos	56	\$178,14 ⁷⁰	\$9.975,84
Teléfonos analógicos (re-utilizables), Panasonic	26	\$0,00	\$0,00
Adaptador universal de energía para terminal IP, 120V/5V; 400 mA	636	\$6,60 ⁷¹	\$4.197,60
Patch Core para conexión a la red de datos, Cat 5e, 5m, RJ-45.	636	\$8,00 ⁷²	\$5.088,00
Adaptador LinkSys PAP2, 2 puertos RJ-11, 1 puerto RJ-45, incluido cable de red	13	\$1.299,00	\$16.887,00
SOFTWARE Y LICENCIAS NECESARIAS			
Linux Red Hat 7.3 (Licencia General Pública, que permite realizar cambios al código fuente)	1	\$179,00	\$179,00
Asterisk 1.28 (Última versión "liberada" sometida a pruebas de funcionamiento)	1	\$0,00	\$0,00
Licencia para Codec G.729	1	\$9,00	\$9,00
REDUNDANCIA			
Servidor Linux-Asterisk de Redundancia	1	\$1.847,02	\$1.847,02
TOTAL			\$117.650,48

Tabla 2.58 Costos referenciales del diseño presentado a través de Asterisk

Los anteriores precios fueron obtenidos del enlace de Internet www.preciomania.com, el cual realiza comparaciones de costo entre tiendas especializadas de computación, estos costos referenciales son similares para toda Latinoamérica; los precios no incluyen IVA.

⁶⁹ Fuente: <http://www.sistematic.com/FichaProducto.asp?IdProd=OIP0007>

⁷⁰ Fuente: <http://www.sistematic.com/FichaProducto.asp?IdProd=OIP0008>

⁷¹ Fuente: http://www.solostocks.com/lotes/comprar/adaptador-transformador_universal:_3v_-_4.5v_-_5v_-_6v_-_9v_-_eyepower/oferta_1348430.html

⁷² Fuente: <http://www.deremate.com.ar/accdb/viewitem.asp?idi=13427796>

2.5 DESARROLLO DEL MODELO MATEMÁTICO DE PRIORIZACIÓN Y PROCESO DE SELECCIÓN ⁷³

El presente modelo busca ser una herramienta de comparación de soluciones tecnológicas de comunicaciones con el propósito de tener una idea clara, tanto de las necesidades puntuales que se buscan solventar como de la tecnología que más se acopla a tales requerimientos. Las alternativas tecnológicas tomadas en consideración para el presente proyecto son: Servidores, Telefonía IP (*networking*) e IP-PBX, representados por Asterisk, Cisco y Alcatel respectivamente. Con estas alternativas se realizó los bosquejos de diseños y análisis tecnológico, necesarios para proporcionar niveles de priorización en base a los criterios a considerarse.

El desarrollo del modelo matemático de priorización se basará en el proceso de análisis AHP (*Analytic Hierarchy Process, descrito a profundidad en el anexo O*), el cual permite seleccionar una alternativa a través de múltiples criterios. El proceso requiere de evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios, para posteriormente especificar su preferencia con respecto a cada una de las alternativas y para cada criterio. Su resultado es una jerarquización de prioridades que muestra la preferencia global para cada una de las alternativas tomadas en cuenta.

En ambientes de certidumbre en el AHP, es posible incluir datos cuantitativos relativos a las alternativas, pero adicionalmente permite incorporar aspectos cualitativos que por lo general se quedan fuera de un análisis debido a su complejidad para ser medidos, y que en algunos casos suelen ser relevantes.

El modelo que se va a desarrollar será una modificación al proceso AHP, en el cual se podrá ingresar diferentes niveles de priorización de acuerdo a los requerimientos de la empresa, como por ejemplo: número de usuarios, tipo de aplicaciones, compatibilidad con la tecnología existente en la empresa, etc. Todo

⁷³ Fuente: Toskano Hurtado, Gérard Bruno; “El Proceso de Análisis Jerárquico”; UNMSM

esto puesto que no se puede generalizar una tecnología como la mejor, ya que depende de los requerimientos y condiciones del cliente.

En primera instancia se definirá el objetivo global, los criterios de evaluación y las alternativas; luego se procederá a establecer las prioridades respecto al objetivo global, criterios y alternativas, por separado a través de una matriz de comparaciones pareadas, tal como se muestra en la figura 2.37.

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & & 1 \end{pmatrix}$$

Figura 2.37 Matriz de comparaciones pareadas

En la figura 2.37, A es una matriz cuadrada $n \times n$. Se dice que A es una matriz de comparaciones pareadas si a_{ij} es la medida de preferencia de la alternativa en la fila i cuando se la compara con la alternativa de la columna j . Cuando $i = j$ el valor de a_{ij} es 1 ya que se está comparando consigo misma. Además se cumple que $a_{ij} \cdot a_{ji} = 1$ y $a_{ij} = 1/a_{ji}$.

Es importante que los juicios que se toman para realizar las comparaciones sean consistentes, de manera de proporcionar un proceso de priorización de calidad. Para este fin, es posible medir el grado de consistencia de la matriz pareada en función de los juicios emitidos; de alcanzarse un grado aceptable se prosigue con el proceso, caso contrario se deben redefinir las comparaciones. Se considera como razonable los valores de consistencia de 0.10 o menos. La manera de calcular el índice de consistencia (CR , *Consistency Ratio*), se describe en el anexo O.

Después se realiza la síntetización⁷⁴ para cada una de las matrices correspondientes, obteniéndose vectores de priorización de cada una de ellas.

$$\begin{array}{c}
 \text{Meta} \\
 \text{Global} \\
 \text{Criterio 1} \\
 \text{Criterio 2} \\
 \dots \\
 \text{Criterio } m
 \end{array}
 \begin{pmatrix}
 P'_1 \\
 P'_2 \\
 \dots \\
 P'_m
 \end{pmatrix}$$

Figura 2.38 Vector de prioridades

En la figura 2.38, m es el número de criterios y P'_i es la prioridad del criterio i con respecto a la meta global, para $i = 1, 2, 3, \dots, m$

Se denomina matriz de prioridades (figura 2.39), a la que resume las prioridades para cada alternativa en términos de cada criterio. Para m criterios y n alternativas.

$$\begin{array}{c}
 \text{Criterio 1} \quad \text{Criterio 2} \quad \dots \quad \text{Criterio } m \\
 \text{Alternativa 1} \\
 \text{Alternativa 2} \\
 \dots \\
 \text{Alternativa } n
 \end{array}
 \begin{pmatrix}
 P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\
 P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm}
 \end{pmatrix}$$

Figura 2.39 Matriz de prioridades

En la figura 2.39, P_{ij} es la prioridad de la alternativa i con respecto al criterio j para $i = 1, 2, 3, \dots, n$; y $j = 1, 2, 3, \dots, m$.

La prioridad global (figura 2.40), para cada alternativa de decisión, se resume en el vector columna que resulta del producto de la matriz de prioridades por el vector de prioridades de criterios.

⁷⁴ La síntetización consiste en calcular la priorización para cada uno de los elementos que se comparan; se suma cada columna, luego se divide cada elemento de la matriz para su respectiva suma (MATRIZ NORMALIZADA) y finalmente se calcula el promedio de cada fila, obteniéndose un vector de priorización.

$$\begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ \dots \\ P'_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Pg_1 \\ Pg_2 \\ \dots \\ Pg_n \end{pmatrix}$$

Figura 2.40 Prioridad global

En la figura 2.40, Pg es la prioridad global de la alternativa i , $i = 1, 2, 3, \dots, n$

El proceso de selección se realizará completando cada uno de los siguientes pasos:

- Identificación del objetivo global
- Identificación de criterios y sub - criterios
- Identificación de alternativas
- Árbol de jerarquías
- Aplicación del modelo, emisión de juicios y evaluaciones
- Compendio de priorizaciones y proceso matemático
- Interpretación de resultados
- Análisis de sensibilidad

2.5.1 IDENTIFICACIÓN DEL OBJETIVO GLOBAL

Se lo define como **“Selección de la mejor tecnología para un sistema telefónico basado en los requerimientos de la empresa”**.

2.5.2 IDENTIFICACIÓN DE CRITERIOS Y SUB-CRITERIOS

Mediante el bosquejo del diseño y análisis tecnológico se determinan los siguientes criterios y sub – criterios para la evaluación del objetivo global:

Capacidad[Capc]- Desempeño de la tecnología en función del número y tipo de extensiones, así como de los recursos de *hardware* para su funcionamiento.

Tipo de Capacidad	Numero de extensiones
Baja	1 a 100
Media	100 a 1000
Alta	Mayor a 1000

Tabla 2.59 Tipos de capacidades⁷⁵

Dependiendo del número de usuarios requeridos por el cliente, el sistema pertenece a una de las clasificaciones descritas en la tabla 2.59.

Mantenimiento [Mant].- Se refiere al monitoreo, puesta en marcha del sistema y mecanismos de administración del sistema tanto de interfaces como de usuarios. El mantenimiento es un criterio macro que se relaciona con la configuración, administración y actualización de *software*.

Configuración inicial [Conflni].- Programación básica del sistema para entrar en operación.

Administración y gestión del sistema [Admin].- Grado de simplicidad en la detección y corrección de fallas del sistema, así como en la administración de usuarios. Se prioriza en base a dos niveles: bajo y alto. El nivel superior contiene las opciones del inferior.

Nivel	Características
Baja	Sistema de administración que viene por defecto en los equipos de telefonía y permite realizar funciones como: adición de nuevos usuarios y configuración de perfiles de usuario, sin prevención de fallas.
Alta	Instalación de aplicaciones diseñadas para manejo y gestión del sistema, que facilitan y optimizan esta tarea, permitiendo incluso prevenir algunas fallas; por ejemplo servidores de alarmas y programas propietarios de gestión (<i>CiscoWorks</i> , <i>Alcatel 4760</i>).

Tabla 2.60 Niveles de Administración y gestión del sistema

⁷⁵ Fuente: Obtenidos de los bosquejos de diseño realizados para la EPN, tomando en cuenta las diferentes soluciones posibles presentadas por cada alternativa, Asterisk, Cisco y Alcatel.

Actualización del software [Act].- Se refiere a los recursos necesarios para actualización del *release* y las funciones agregadas adquiridas.

Servicios [Serv].- Trata sobre las diferentes funciones de llamada ofrecidas por los sistemas telefónicos y los recursos necesarios para implementarlas. Se realiza la priorización en función de tres niveles de servicios, descritos en la tabla 2.61.

Servicios	Descripción	Ejemplos
Básicas	Si el cliente requiere solamente las funciones de llamada básicas que proporcionan los sistemas telefónicos por defecto.	Marcación abreviada , conferencia, desvío, etc.
Medias	Cuando el cliente requiere servicios fuera de los básicos, pero que en la mayoría de casos se activan o se configuran con el mismo sistema telefónico sin <i>hardware</i> adicional.	- Operadora Automática e IVR - Distribución automática de llamadas (ACD) - Enrutamiento de llamadas por coste (LCR, <i>least cost routing</i>), y gestión de las mismas
Avanzadas	Cuando el cliente requiere aplicaciones de última generación; generalmente requiere la adición de <i>hardware</i> .	- Videotelefonía - Mensajería Unificada - Redes IP Wireless - Fax y voz sobre Internet a través de un ISFP (<i>Internet Service Fax Provider</i>) y ISTP (<i>Internet Service Telephony Provider</i>), respectivamente

Tabla 2.61 Tipos de servicio

Convergencia tecnológica [ConvTec].- Características que permiten que la solución propuesta se complemente con mayor o menor facilidad al entorno tecnológico (*red de voz y red de datos*) y la topología (*LAN, WAN*) requeridos por el cliente.

Principalmente este factor influye cuando se dispone de una red de datos de un solo fabricante, el cual también ofrece soluciones de voz, que en conjunto pueden brindar ciertas potencialidades al sistema en general. Las priorizaciones se realizarán separadamente, con el supuesto de poder implementar una red convergente (*en cuanto a un solo fabricante*). De no darse el caso, se aplica un vector de priorización llamado “general”. Inicialmente se debe seleccionar si existe

o no la convergencia tecnológica a través de las opciones presentadas en la tabla 2.62.

Tipo de convergencia tecnológica	Descripción
Asterisk	En la red actual se encuentran funcionando servidores Asterisk
Cisco	Los equipos que forma la red de datos son Cisco
Alcatel	Los equipos que forma la red de datos son Alcatel
General	La red de datos es heterogénea (equipos de diferentes fabricantes) o no existe una red de datos implementada

Tabla 2.62 Tipos de convergencia tecnológica

Escalabilidad [Esc].- Factibilidad de crecimiento del sistema telefónico y los recursos que esto acarrea.

Costos [Cost].- Engloba el menor costo que cubre el establecer un sistema telefónico desde el *hardware*, *software* y liberación de servicios a través de licencias.

2.5.3 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS

Debido a que se trata de seleccionar la tecnología de un sistema telefónico, las opciones tomadas en cuenta son:

Alternativa 1 [**Asterisk**]: Mediante servidores, representada por Asterisk.

Alternativa 2 [**Cisco**]: Mediante elementos de *networking*, representada por la solución Cisco *Systems*.

Alternativa 3 [**Alcatel**]: A través de una central telefónica IP (IP-PBX), representada por Alcatel.

2.5.4 ÁRBOL DE JERARQUÍAS

Una vez establecido el objetivo global, los criterios y alternativas, se puede graficar la estructura del árbol de jerarquías (*figura 2.41*).

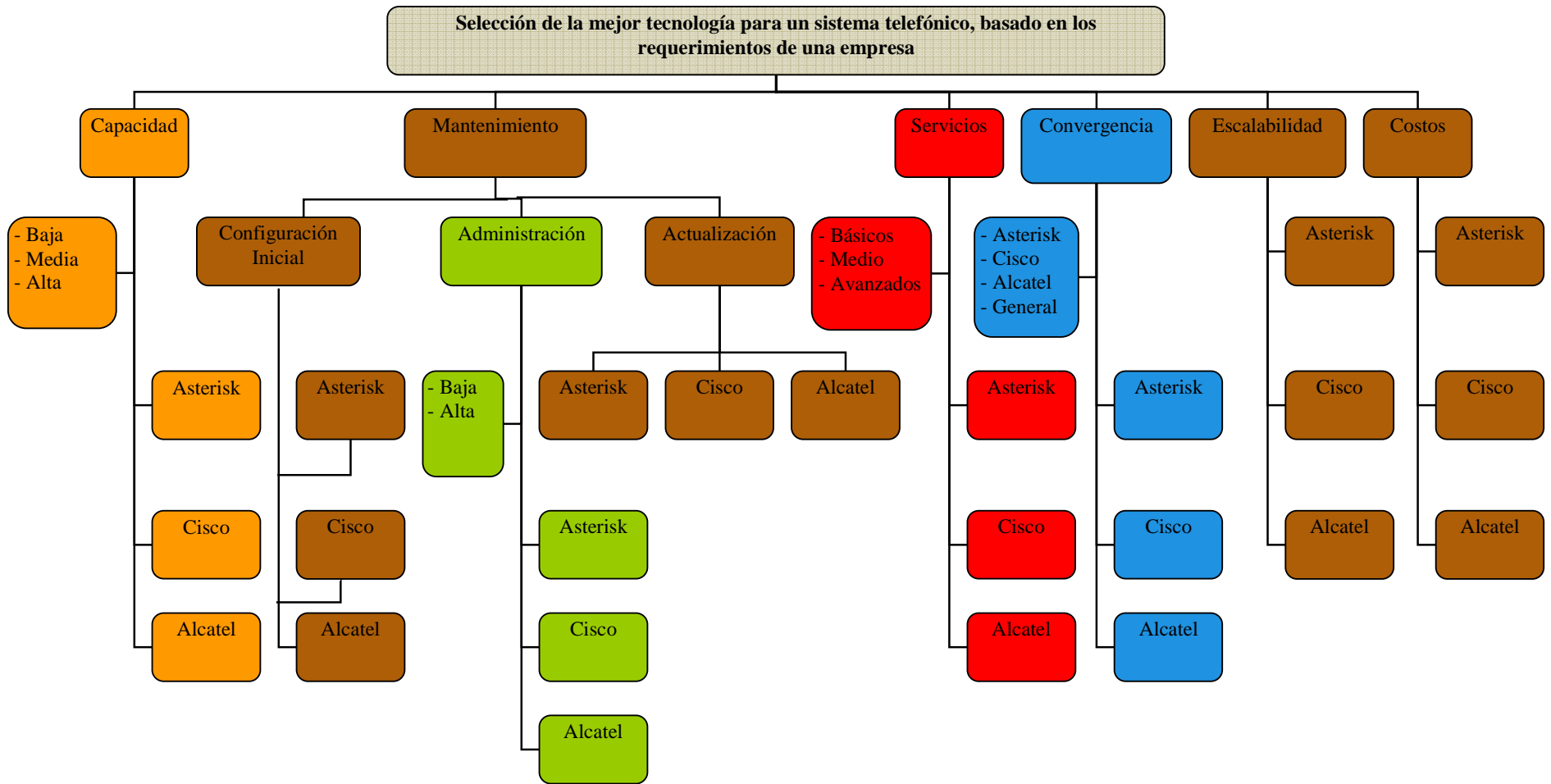


Figura 2.41 Árbol de jerarquías

Los bloques que se encuentran en color café constituyen la parte estática del modelo de selección (*Escalabilidad, costos, configuración inicial y actualización de software*), ya que se los puede cuantificar sin tomar en cuenta los requerimientos de la empresa a evaluar. Los bloques que están en diferente color al café, son cuantificados en base a los requerimientos de la empresa e inicialmente serán seleccionados de acuerdo a las opciones presentadas en la tabla 2.63. Por ejemplo de acuerdo a los requerimientos de una empresa se puede tener una capacidad baja, servicios avanzados, red de datos Cisco y un nivel de administración y gestión del sistema alta. Para este fin se provee de una tabla de priorizaciones para cada una de las diferentes combinaciones, las mismas que se detallan posteriormente en este capítulo.

Parámetros	Opciones	Descripción	
Capacidad	Baja	De 1 a 100 extensiones	
	Media	De 100 a 1000 extensiones	
	Alta	Mas de 1000 extensiones	
Administración y gestión del sistema	Baja	Sistema de administración que viene por defecto en los equipos de telefonía y permiten realizar funciones como: adición de nuevos usuarios y configuración de perfiles de usuario, sin prevención de fallas.	
	Alta	Instalación de aplicaciones diseñadas para manejo y gestión del sistema, que facilitan y optimizan esta tarea, permitiendo incluso prevenir algunas fallas; por ejemplo servidores de alarmas y programas propietarios de gestión (CiscoWorks, Alcatel 4760).	
Servicios	Básicos	Si el cliente requiere solamente las funciones de llamada básicas que proporcionan los sistemas telefónicos por defecto.	Marcación abreviada , conferencia, desvío, etc.
	Medios	Cuando el cliente requiere servicios fuera de los básicos, pero que en la mayoría de casos se activan o se configuran con el mismo sistema telefónico sin <i>hardware</i> adicional.	- Operadora Automática e IVR - Distribución automática de llamadas (ACD) - Enrutamiento de llamadas por coste (LCR, least cost routing), y gestión de las mismas
	Avanzados	Cuando el cliente requiere aplicaciones de última generación; generalmente requiere la adición de <i>hardware</i> .	- Videotelefonía - Mensajería Unificada - Redes IP <i>Wireless</i> - Fax y voz sobre Internet a través de un ISFP y ISTP, respectivamente.
Convergencia tecnológica	Asterisk	En la red actual se encuentran funcionando servidores Asterisk	
	Cisco	Los equipos que forma la red de datos son Cisco	
	Alcatel	Los equipos que forma la red de datos son Alcatel	
	General	La red de datos es heterogénea (equipos de diferentes fabricantes) o no hay una infraestructura de datos implementada.	

Tabla 2.63 Parámetros iniciales de selección de acuerdo a los requerimientos de la empresa

2.5.5 APLICACIÓN DEL MODELO, EMISIÓN DE JUICIOS Y EVALUACIONES

Las comparaciones se realizan mediante juicios verbales, las cuales se cuantifican según la tabla 2.64.

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación numérica
Extremadamente preferible	9
Muy fuertemente preferible	8
Fuertemente preferible	7
Muy preferible	6
Preferible	5
Moderadamente preferible	4
Medianamente preferible	3
Ligeramente preferible	2
Igualmente preferible	1

Tabla 2.64 Escala de preferencias

A continuación se procede a realizar las comparaciones mediante la matriz pareada respecto a la meta global, criterios de evaluación y alternativas.

Prioridades respecto a la meta global

Como se observa en la figura 2.41 existen seis criterios que intervienen directamente en el cumplimiento de la meta global, para los cuales se tienen las siguientes comparaciones pareadas:

Comparación	Planteamiento verbal de la comparación
Capacidad Vs. Mantenimiento	La capacidad es igualmente preferible al mantenimiento ya que el sistema debe partir con la capacidad para beneficiar al total de usuarios requeridos, pero además debe garantizar la calidad del servicio que entrega el sistema a través del mantenimiento del mismo. (Calificación:1)
Capacidad Vs. Servicios	La capacidad es ligeramente preferible a los servicios ya que en un sistema de voz se busca primero dar comunicación básica a todos los usuarios para después entregar servicios y funcionalidades a los mismos. (Calificación:2)
Capacidad Vs. ConvTec	La capacidad es medianamente preferible a la convergencia tecnológica ya que el sistema debe soportar el número de usuarios requeridos, antes de alcanzar compatibilidad con la red del usuario. (Calificación:3)

Comparación	Planteamiento verbal de la comparación
Capacidad Vs. Escalabilidad	La capacidad es preferible respecto a la escalabilidad ya que los recursos del sistema están pensados principalmente para solventar las necesidades actuales del cliente antes que las futuras. (Calificación:5)
Capacidad Vs. Costos	La capacidad es ligeramente preferible que el costo ya que las necesidades de una organización de comunicación son vitales, a pesar del costo que representen. (Calificación:2)
Mantenimiento Vs. Servicios	El mantenimiento es ligeramente preferible respecto a los servicios, ya que el mantenimiento gestiona el funcionamiento de los servicios. (Calificación:2)
Mantenimiento Vs. ConvTec	El mantenimiento es medianamente preferible a la convergencia tecnológica debido a que el primero garantiza el funcionamiento correcto del sistema antes que la compatibilidad con otras plataformas. (Calificación:3)
Mantenimiento Vs. Escalabilidad	El mantenimiento es moderadamente preferible a la escalabilidad ya que primero es deseable proveer un buen funcionamiento y gestión del sistema actual antes que el asegurar servicio a usuarios futuros. (Calificación:4)
Mantenimiento Vs. Costo	El mantenimiento es ligeramente preferible al costo ya que es crucial el mantener en buen estado del sistema, a pesar del costo que esto represente. (Calificación:2)
Servicio Vs. ConvTec	El servicio es ligeramente preferible a la convergencia tecnológica ya que se debe precautelar beneficios y funcionalidades a los usuarios internos del sistema antes que la relación de este último con el entorno externo. (Calificación:2)
Servicio Vs. Escalabilidad	El servicio es medianamente preferible que la escalabilidad ya que se busca primero satisfacer necesidades de beneficio actuales antes que conectividad para usuarios futuros. (Calificación:3)
Servicio Vs. Costo	El servicio es igualmente preferible al costo ya que los servicios de comunicación son importantes para obtener ventaja tecnológica de la organización sobre sus competidores, todo en función, sin embargo de las capacidades económicas del cliente. (Calificación:1)
ConvTec Vs. Escalabilidad	La convergencia tecnológica es ligeramente preferible que la escalabilidad, ya que la compatibilidad del sistema con el entorno actual provee ciertas funcionalidades agregadas al sistema, de manera que se busca el beneficio del usuario actual antes que proyecciones futuras. (Calificación:2)
ConvTec Vs. Costo	El costo es ligeramente preferible a la convergencia tecnológica ya que un gran aumento de costos en busca de compatibilidad con otras plataformas no está justificado. (Calificación:2)
Escalabilidad Vs. Costo	El costo es medianamente preferible a la escalabilidad ya que la inversión que se haga en el sistema actual tiene mayores repercusiones en la organización que proyecciones futuras. (Calificación:3)

Tabla 2.65 Comparaciones pareadas respecto a la meta global

De acuerdo a las ponderaciones obtenidas de la tabla 2.65 se tiene la siguiente matriz de comparaciones pareadas:

	Capc	Mant	Serv	ConvTec	Esc	Cost
Capc	1	1	2	3	5	2
Mant	1	1	2	3	4	2
Serv	1/2	1/2	1	2	3	1
ConvTec	1/3	1/3	1/2	1	2	1/2
Esc	1/5	1/4	1/3	1/2	1	1/3
Cost	1/2	1/2	1	2	3	1

Tabla 2.66 Matriz de comparaciones pareadas respecto a la meta global

Prioridades respecto a los criterios

Como se puede observar en la figura 2.41 únicamente el criterio *Mantenimiento* tiene sub-criterios; la tabla 2.67 expone las comparaciones pareadas.

Comparación	Planteamiento verbal de la comparación
ConfIni Vs. Admin.	Para el normal funcionamiento del sistema es primordial monitorear el sistema telefónico, tanto a usuarios e interfaces, por tal motivo se decide que la Administración y gestión del sistema es ligeramente preferible a la Configuración inicial (calificación:2)
ConfIni Vs. Act	La configuración inicial tiene relación con la complejidad de la puesta en marcha del sistema, el que este proceso se facilite es ligeramente preferible al tener métodos simples de actualización del sistema. (calificación 2)
Admin Vs. Act	Se considera que el mantener un buen funcionamiento del sistema a través de la administración es ligeramente preferible a la factibilidad de obtener optimizaciones a través de actualizaciones de <i>software</i> de los equipos. (calificación 2)

Tabla 2.67 Comparaciones pareadas respecto al criterio Mantenimiento

En base a las ponderaciones realizadas en la tabla 2.67 se obtiene la siguiente matriz pareada:

	Conf	Admin	Act
Conf	1	1/2	2
Admin	2	1	2
Act	1/2	1/2	1

Tabla 2.68 Matriz de comparaciones pareadas respecto al criterio Mantenimiento

Como los restantes criterios no poseen sub-criterios se analiza directamente la comparación de las alternativas.

Evaluación de las alternativas respecto a los criterios, sub-criterios y requerimientos de la empresa

CAPACIDAD

Se realizan las respectivas comparaciones tanto para capacidad baja, media y alta respecto a las alternativas consideradas. De acuerdo a los requerimientos de la empresa se deberá escoger una de las tres matrices pareadas, para ser incluida en el proceso de selección.

	Comparación	Planteamiento verbal de la comparación
CAPACIDAD BAJA	Asterisk Vs. Cisco	Asterisk requiere lo mínimo de <i>hardware</i> , para implementar un sistema con capacidades bajas, concerniente a un servidor de mediano procesamiento y las interfaces de telefonía correspondientes para las extensiones y troncales, ajustándose de esta forma más puntualmente a los requerimientos del cliente. Cisco presenta para pequeñas empresas una solución a través del CallManager Express con escalabilidad a 120 usuarios, lo que implica que puede haber sobre dimensionamiento en el caso de requerir, por ejemplo 50 usuarios, a más de invertir en <i>hardware</i> especializado como <i>CallManager Express</i> y <i>Gateways de voz</i> (para capacidades bajas generalmente forma parte del router). Razones por las cuales Asterisk es ligeramente preferible a Cisco (calificación: 2)
	Asterisk Vs. Alcatel	Alcatel OmniPCX Office (<i>OXO</i>), es la solución para empresas pequeñas, puede manejar hasta 400 usuarios, haciendo uso de gabinetes de diferente capacidad y tarjetas para su implementación; la plataforma de entrada está sobredimensionada para sistemas de capacidad bajos, sin embargo se puede manejar con facilidad cualquier tipo de extensión (<i>200 y terminales IP y 200 analógicos, digitales o inalámbricos DECT</i>) con respecto a Asterisk (diseñado para extensiones IP principalmente), por esta razón Asterisk es ligeramente preferible a Alcatel para capacidades bajas. (calificación :2)
	Cisco Vs. Alcatel	En ambas soluciones es necesario la adquisición de <i>hardware</i> propietario, pero Cisco trabaja con <i>routers</i> de servicios integrados lo que le permite tener servicios de voz a través de módulos instalados en el <i>router</i> de datos, además de poder instalar el <i>software</i> del <i>CallManager</i> en un servidor común (<i>con ciertas restricciones</i>), ahorrando algunos recursos, este ahorro hace que Cisco sea ligeramente preferible a Alcatel (calificación :2)

Tabla 2.69 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Capacidad baja

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	2	2
Cisco	1/2	1	2
Alcatel	1/2	1/2	1

Tabla 2.70 Matriz pareada para Capacidad Baja

	Comparación	Planteamiento verbal de la comparación
CAPACIDAD MEDIA	Asterisk Vs. Cisco	Debido a que Asterisk concentra el <i>gateway</i> de voz y el <i>Call Server</i> en un solo equipo, la selección de un servidor para esta capacidad se complica, pues no hay reglas específicas para este fin; en todo caso es posible distribuir la carga en diferentes servidores, lo que implica cierta complejidad en la implementación. Las soluciones prestadas por Cisco se adaptan de mejor manera a capacidades medias, presentando una serie de <i>CallManagers</i> cuyas capacidades están dimensionadas respecto al número de usuarios del sistema, como por ejemplo el MCS-7825-I2 (<i>maneja hasta 1000 usuarios</i>) usado en el bosquejo de diseño para la EPN. La seguridad en el dimensionamiento del servidor para beneficiar a todos los usuarios hace que Cisco sea ligeramente preferible a Asterisk en sistemas de capacidad media. (calificación: 2)
	Asterisk Vs. Alcatel	Al igual que en el caso anterior, Alcatel presenta soluciones estándar que se ajustan a capacidades medias a través del sistema OXO, por tal motivo Alcatel es ligeramente preferible a Asterisk. (calificación: 2)
	Cisco Vs. Alcatel	Ambas soluciones prestan similar desempeño para capacidades medias, por tal motivo Cisco es igualmente preferible que Alcatel (calificación: 1)

Tabla 2.71 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Capacidad Media

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1/2	1/2
Cisco	2	1	1
Alcatel	2	1	1

Tabla 2.72 Matriz pareada para Capacidad Media

	Compa ración	Planteamiento verbal de la comparación
CAPACIDAD ALTA	Asterisk Vs. Cisco	Cisco es ligeramente preferible a Asterisk respecto a capacidad alta, debido a que distribuye el procesamiento en diferentes servidores (<i>TFTP, anunciador, conferencia, actualización, etc.</i>) gestionados por el <i>CallManager</i> ; con Asterisk también es posible el procesamiento distribuido, pero como se analizó, el dimensionamiento de los servidores no lleva un proceso bien definido (se basa en recomendaciones), a más de complicarse la programación para la comunicación entre servidores (<i>a través del protocolo DUNDi</i>). En ambos casos se sirven del procesamiento de un Servidor para al implementación de VoIP, con la diferencia que Cisco tiene estandarizados los mismos, garantizando su funcionamiento. (calificación: 2)
	Asterisk Vs. Alcatel	Alcatel es ligeramente preferible a Asterisk, puesto que posee una arquitectura diseñada exclusivamente para telefonía, por lo cual hace posible gestionar un gran número de usuarios (<i>Alcatel OXE, 5000 usuarios con un solo Call Server</i>) sin la necesidad de distribuir procesamiento en varios equipos como lo hace Asterisk, en todo caso el utilizar una plataforma de grandes capacidades se traduce muchas veces en adquirir más de lo que se necesita. (calificación: 2)
	Cisco Vs. Alcatel	Alcatel es ligeramente preferible a Cisco, pues para sistemas de gran número de usuarios necesita menos infraestructura; Cisco recomienda para estos sistemas el uso de servidores con propósito específico, como TFTP o MoH por ejemplo. La plataforma Alcatel en cambio tiene ya grandes capacidades que entran en acción a través de liberación de licencias o instalación de tarjetas hijas. (calificación: 2)

Tabla 2.73 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Capacidad alta

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1/2	½
Cisco	2	1	½
Alcatel	2	2	1

Tabla 2.74 Matriz pareada para Capacidad Alta

CONFIGURACIÓN INICIAL

Las comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Configuración Inicial, se muestran en la tabla 2.75, de acuerdo a la información obtenida de los bosquejos de diseño para la EPN.

Comparación	Planteamiento verbal de la comparación
Asterisk Vs. Cisco	Cisco es ligeramente preferible a Asterisk respecto a configuración inicial, gracias a que la información sobre configuración de estos equipos está ampliamente difundida en el mercado, además de que Asterisk necesita al menos un nivel medio de conocimiento de Linux para poder obtener mejores beneficios. (calificación:2)
Asterisk Vs. Alcatel	La configuración de equipos de telefonía de Alcatel no está muy difundida, sin embargo trabaja con interfaces gráficas y menús de selección que facilitan la tarea de puesta en marcha del sistema en contraste con los comandos de Asterisk, por esto Alcatel es ligeramente preferible a Asterisk. (calificación:2)
Cisco Vs. Alcatel	Alcatel es ligeramente preferible a Cisco en la puesta en marcha del sistema ya que su interfaz gráfica permite entender a fondo el comportamiento de las extensiones programadas, en contraste al uso de CLIs en la programación del <i>gateway</i> de voz; en el <i>CallManager</i> la interfaz de programación es gráfica. (calificación:2)

Tabla 2.75 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Configuración inicial

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1/2	½
Cisco	2	1	½
Alcatel	2	2	1

Tabla 2.76 Matriz pareada para Configuración inicial

ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DEL SISTEMA [Admin]

Se realiza las comparaciones para dos niveles de administración y gestión del sistema: baja y alta.

Comparación		Planteamiento verbal de la comparación
NIVEL BAJO	Asterisk Vs. Cisco	Asterisk maneja varios comandos rudimentarios para administración del sistema, tales comandos requieren conocimiento y un buen entendimiento de los resultados; en contraste Cisco permite un mejor manejo de los eventos que ocurren en el sistema en especial con el interfaz gráfico del <i>CallManager</i> . Por esta razón Cisco es ligeramente preferible a Asterisk en cuanto a administración baja. (calificación:2)
	Asterisk Vs. Alcatel	Alcatel es medianamente preferible a Asterisk ya que permite administración del sistema tanto a nivel del servidor de llamadas como a través de varios terminales especializados; esta disposición mejora la administración que se pueda dar al sistema ya que las posibles fallas pueden resolverse desde distintos puntos de la red, en cambio Asterisk maneja un sistema de administración básico y centralizado. (calificación:3)
	Cisco Vs. Alcatel	Cisco es igualmente preferible a Alcatel respecto a administración baja ya que ambos manejan sistemas de administración por defecto con funcionalidades parecidas, en especial para resolución de fallas. (Re-configuración del Terminal a través de descargas TFTP o reseteo del sistema, por ejemplo). (calificación:1)

Tabla 2.77 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Administración, nivel bajo

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1/2	1/3
Cisco	2	1	1
Alcatel	3	1	1

Tabla 2.78 Matriz pareada para Administración, Nivel bajo

Comparación		Planteamiento verbal de la comparación
NIVEL ALTO	Asterisk Vs. Cisco	Asterisk y Cisco manejan desde su enfoque sistemas de administración bastante eficaces, en el caso de Asterisk se pueden usar un sinnúmero de aplicaciones de distinta naturaleza (a través del Interfaz para programas de aplicación; API) así como el manejo de un servidor de alarmas (<i>capaz de detectar y prevenir fallas ocurridas o por ocurrir</i>), en el caso de Cisco se maneja <i>CiscoWorks</i> , una aplicación instalada en un servidor independiente cuya función es el monitoreo y administración de los equipos del sistema. (calificación:1)
	Asterisk Vs. Alcatel	Frente al servidor de alarmas y las aplicaciones en flash o Java (desarrolladas por programadores independientes relacionados con Linux) con que cuenta Asterisk, Alcatel utiliza la aplicación “4760” que permite usar un servidor de alarmas, este último puede ser cualquier máquina de la red LAN. (calificación:1)
	Cisco Vs. Alcatel	Cisco Works y Alcatel “4760” comparten capacidades similares para administración y gestión avanzadas del sistema. (calificación:1)

Tabla 2.79 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Administración, nivel alto

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1	1
Cisco	1	1	1
Alcatel	1	1	1

Tabla 2.80 Matriz pareada para Administración, Nivel alto

ACTUALIZACIÓN DE SOFTWARE

De acuerdo a la información obtenida de los bosquejos de diseños, realizados con las tres alternativas, se tienen las siguientes consideraciones especificadas en la tabla 2.81.

Comparación	Planteamiento verbal de la comparación
Asterisk Vs. Cisco	Asterisk es ligeramente preferible a Cisco respecto a la actualización de <i>software</i> , ya que las descargas de paquetes, actualizaciones y controladores para Asterisk se pueden hacer desde cualquier lugar y en forma gratuita desde la red (<i>de no ser así las licencias no son costosas, por ejemplo para manejar el módulo de G.729 para Asterisk cuesta \$9</i>), Cisco mientras tanto entrega sus actualizaciones a través de proveedores y con cierto costo. (calificación:2)
Asterisk Vs. Alcatel	Los altos costos en actualizaciones que requiere Alcatel frente a la naturaleza gratuita de las mismas en el caso de Asterisk, hace que este último sea medianamente preferible a Alcatel. (calificación:3)
Cisco Vs. Alcatel	Cisco y Alcatel son igualmente preferibles respecto a actualización de <i>software</i> ya que ambos requieren de licencias para obtener estos beneficios. (calificación:1)

Tabla 2.81 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Actualización de *software*

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	2	3
Cisco	1/2	1	1
Alcatel	1/3	1	1

Tabla 2.82 Matriz pareada para Actualización de *software*

SERVICIOS

Como se observa en la figura 2.41 se realiza las comparaciones para tres niveles: baja, media y alta.

	Comparación	Planteamiento verbal de la comparación
NIVEL BAJO	Asterisk Vs. Cisco	Tanto para Asterisk como para Cisco la implementación de servicios básicos viene dada por defecto, y se implementa en ambos de manera fácil; por lo que son igualmente preferibles.(calificación:1)
	Asterisk Vs. Alcatel	Alcatel presta los servicios básicos sin necesidad de liberar licencias, el acceso a estos servicios en Asterisk se logra a través de configuración simple de directorios en el núcleo del sistema. (calificación:1)
	Cisco Vs. Alcatel	Ambas tecnologías entregan servicios básicos de llamada por defecto, junto a la comunicación de voz sin necesidad de adquirir equipo o <i>software</i> adicional. (calificación:1)

Tabla 2.83 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Servicios básicos

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1	1
Cisco	1	1	1
Alcatel	1	1	1

Tabla 2.84 Matriz pareada para Servicios básicos

	Comparación	Planteamiento verbal de la comparación
NIVEL MEDIO	Asterisk Vs. Cisco	Cisco es ligeramente preferible a Asterisk en cuanto a la entrega de servicios medios, ya que la configuración de los mismos se dificulta en este último, a diferencia de Cisco que incluso entrega varios de estos servicios por defecto(<i>con un número limitado, por ejemplo 10 IVRs</i>). (calificación:2)
	Asterisk Vs. Alcatel	Al igual que Cisco, Alcatel entrega algunas capacidades medias por defecto (en función del tamaño del sistema), es pues ligeramente preferible a Asterisk. (calificación :2)
	Cisco Vs. Alcatel	Tanto Cisco como Alcatel entregan junto a la solución básica un conjunto de servicios medios gratuitos, como guías de voz o IVRs, sin necesidad de configuración o equipos adicionales; por esta razón Alcatel y Cisco son igualmente preferibles respecto a servicios medios.(calificación:1)

Tabla 2.85 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Servicios medios

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1/2	1/2
Cisco	2	1	1
Alcatel	2	1	1

Tabla 2.86 Matriz pareada para Servicios medios

	Comparación	Planteamiento verbal de la comparación
NIVEL ALTO	Asterisk Vs. Cisco	Asterisk es ligeramente preferible a Cisco en la implementación de servicios avanzados, debido a que si bien la configuración es dificultosa, no es mandatorio el uso de <i>hardware</i> extra, como servidores específicos, módulos de conectividad o <i>software</i> propietario. (calificación:2)
	Asterisk Vs. Alcatel	Asterisk y Alcatel son igualmente preferibles respecto a servicios avanzados ya que ninguno usa implementación de nuevo <i>hardware</i> , mientras la configuración dificultosa de Asterisk es compensada por la necesidad de liberación de licencias en Alcatel. (calificación:1)
	Cisco Vs. Alcatel	Alcatel es ligeramente preferible a Cisco en la implementación de servicios avanzados ya que integra en una sola plataforma todos los servicios ofrecidos y su uso depende de la liberación o no de licencias. (calificación:2)

Tabla 2.87 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Servicios avanzados

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	2	1
Cisco	1/2	1	1/2
Alcatel	1	2	1

Tabla 2.88 Matriz pareada para Servicios avanzados

CONVERGENCIA TECNOLÓGICA [ConvTec]

Como se observa en la figura 2.41 se realizan las comparaciones para cuatro niveles: Cisco, Asterisk, Alcatel y convergencia general.

	Comparación	Planteamiento verbal de la comparación
CONV. GENERAL	Asterisk Vs. Cisco	Asterisk es ligeramente preferible a Cisco respecto a convergencia tecnológica debido a que está diseñado para interactuar con todo tipo de tecnologías y plataformas. (calificación 2)
	Asterisk Vs. Alcatel	Asterisk es medianamente preferible a Alcatel respecto a Convergencia tecnológica ya que tradicionalmente las empresas de telecomunicaciones han trabajado con protocolos propietarios, dificultando la convergencia con otras plataformas, o al menos perdiendo funcionalidad en el proceso. (calificación 3)
	Cisco Vs. Alcatel	Cisco es ligeramente preferible a Alcatel respecto a convergencia tecnológica ya que al ser una empresa de <i>networking</i> trabaja con estándares de manera que la comunicación con otros sistemas está soportada de antemano. (calificación 2)

Tabla 2.89 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Convergencia Tecnológica General

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	2	3
Cisco	1/2	1	2
Alcatel	1/3	1/2	1

Tabla 2.90 Matriz pareada para Convergencia Tecnológica General

Comparación		Planteamiento verbal de la comparación
CONV. CISCO	Asterisk Vs. Cisco	Cisco es preferible a Asterisk respecto a convergencia con redes Cisco ya que el tener una arquitectura con una marca única facilita la conexión y explota todas las capacidades del sistema en total. (calificación 5)
	Asterisk Vs. Alcatel	Asterisk es medianamente preferible a Alcatel ya que soporta los protocolos propietarios de Cisco MGCP y SCCP, facilitando la comunicación con esta marca. (calificación 3)
	Cisco Vs. Alcatel	Cisco es fuertemente preferible a Alcatel ya que la explotación de funcionalidades y facilidad de comunicación se facilita con dispositivos con marca en común y aún más cuando Alcatel prefiere trabajar con protocolos propietarios. (calificación 7)

Tabla 2.91 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Convergencia Tecnológica Cisco

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1/5	3
Cisco	5	1	7
Alcatel	1/3	1/7	1

Tabla 2.92 Matriz pareada para Convergencia Tecnológica Cisco

Comparación		Planteamiento verbal de la comparación
CONV. ALCATEL	Asterisk Vs. Cisco	Asterisk es medianamente preferible a Cisco respecto a convergencia tecnológica en entorno Alcatel ya que Asterisk soporta una mayor cantidad de protocolos facilitando la comunicación y adición de funcionalidades inter-plataforma. (calificación 3)
	Asterisk Vs. Alcatel	Alcatel es preferible a Asterisk, debido a que en un entorno Alcatel las funcionalidades exclusivas que entrega la empresa pueden entregarse fácilmente hacia el usuario final. (calificación 5)
	Cisco Vs. Alcatel	Alcatel es fuertemente preferible a Cisco en entornos Alcatel debido a la naturaleza diferente de ambas soluciones, la una desde el enfoque de <i>networking</i> y la otra tradicionalmente de telecomunicaciones cuyos protocolos propietarios permiten robustez y funcionalidad del conjunto en total. (calificación 7)

Tabla 2.93 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Convergencia Tecnológica Alcatel

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	3	1/5
Cisco	1/3	1	1/7
Alcatel	5	7	1

Tabla 2.94 Matriz pareada para Convergencia Tecnológica Alcatel

	Comparación	Planteamiento verbal de la comparación
CONV. ASTERISK	Asterisk Vs. Cisco	Asterisk es medianamente preferible a Cisco ya que la interconexión con otros servidores Asterisk puede hacerse a través del protocolo IAX, que optimiza el uso de ancho de banda entre sistemas al agrupar múltiples comunicaciones en una sola ráfaga de datos. (calificación:3)
	Asterisk Vs. Alcatel	Asterisk es muy preferible a Alcatel; el incluir dispositivos Alcatel en un entorno Asterisk subdimensionaría la explotación de ambos sistemas, ya que los servicios y funcionalidades de llamada se abordan de diferente forma en ambos casos. (calificación:6)
	Cisco Vs. Alcatel	Debido a que Asterisk soporta protocolos propietarios de Cisco como MGCP, la inclusión de Cisco a estos sistemas se facilitaría en relación a Alcatel, incluso los terminales IP de Cisco de la serie 79xx funcionan bajo Asterisk. (calificación:2)

Tabla 2.95 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Convergencia Tecnológica Asterisk

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	3	6
Cisco	1/3	1	2
Alcatel	1/6	1/2	1

Tabla 2.96 Matriz pareada para Convergencia Tecnológica Asterisk

ESCALABILIDAD

	Comparación	Planteamiento verbal de la comparación
	Asterisk Vs. Cisco	Cisco es ligeramente preferible a Asterisk respecto a Escalabilidad debido a que sus soluciones (<i>gateway de voz modular en especial</i>) permiten un crecimiento del sistema mayor y más simple. (calificación 2)
	Asterisk Vs. Alcatel	Alcatel es ligeramente preferible a Asterisk, ya que el anexar nuevos usuarios en Asterisk (sobre todo en cantidades considerables) provoca efectos no muy bien definidos sobre el sistema, lo que no permite obtener una escalabilidad bien planificada, a diferencia de Alcatel. (calificación 2)
	Cisco Vs. Alcatel	Alcatel es ligeramente preferible a Cisco debido a que su capacidad de crecimiento es bastante grande y ya está incluida en la plataforma de <i>hardware</i> de manera que no es necesario adquirir nuevos recursos. (calificación 2)

Tabla 2.97 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio Escalabilidad

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1/2	1/2
Cisco	2	1	1/2
Alcatel	2	2	1

Tabla 2.98 Matriz pareada para Escalabilidad

COSTOS

Las comparaciones pareadas respecto a los costos se realizaron en base a las proformas obtenidas en cada uno de los bosquejo de diseño.

Comparación	Planteamiento verbal de la comparación
Asterisk Vs. Cisco	Asterisk es ligeramente preferible a Cisco debido a que los costos que involucran el servidor son menores a los de los dispositivos Cisco. (calificación:2)
Asterisk Vs. Alcatel	Asterisk es medianamente preferible a Alcatel en costos ya que las soluciones por servidor son mucho más baratas que los equipos de Alcatel, además las soluciones hechas "a la medida" de Asterisk hacen posible que todo gasto realizado sea optimizado. (calificación:3)
Cisco Vs. Alcatel	Cisco es ligeramente preferible a Alcatel debido a que sus soluciones provocan menos gastos. Alcatel entrega soluciones corporativas de grandes capacidades en una sola plataforma que se compra completa, esta compra genera gastos por sobre-dimensionamiento para sistemas pequeños y medianos. (calificación:2)

Tabla 2.99 Comparaciones pareadas de las alternativas respecto al criterio
Costos

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	2	3
Cisco	1/2	1	2
Alcatel	1/3	1/2	1

Tabla 2.100 Matriz pareada para Costos

2.5.6 COMPENDIO DE PRIORIZACIONES Y PROCESO MATEMÁTICO

De acuerdo a las bases matemáticas presentadas, se procede a sintetizar cada una de las matrices pareadas respecto a la meta global, criterio de evaluación y alternativas. A partir de cada una de ellas se obtendrán vectores priorizados.

Como ejemplo, se sintetizará y hallará la razón de consistencia de la matriz pareada de los sub-criterios **Mantenimiento [Mant]** (tabla 2.68); el primer paso de

la sintetización es la normalización de la matriz pareada para luego hallar los promedios de cada fila de la matriz normalizada.

Normalizar la matriz (*tabla 2.101-b*), consiste en sumar los elementos de cada columna de la matriz pareada (*tabla 2.101-a*), teniendo tres sumatorias resultantes, luego se divide cada elemento de la matriz para su respectiva suma. Finalmente se obtiene la priorización para cada elemento de la matriz (*tabla 2.101-c*), realizando el promedio de cada fila de la matriz normalizada, formando el vector de priorización en este caso respecto a los sub-criterios de [Mant].

	ConfIni	Admin	Act
ConfIni	1	1/2	2
Admin	2	1	2
Act	1/2	1/2	1
SUMA	3,500	2,000	5,000

a)

$1/3.5 = 0,286$	$(1/2) / 2 = 0,250$	$2/5 = 0,400$
$2/3.5 = 0,571$	$1/2 = 0,500$	$2/5 = 0,400$
$(1/2)/3.5 = 0,143$	$(1/2)/2 = 0,250$	$1/5 = 0,200$

b)

ConfIni	$(0.286 + 0.25 + 0.4) / 3 = \mathbf{0,312}$
Admin	$(0.571 + 0.5 + 0.4) / 3 = \mathbf{0,490}$
Act	$(0.143 + 0.25 + 0.2) / 3 = \mathbf{0,198}$
SUMA	1,00

c)

Tabla 2.101 Sintetización de una matriz pareada.

a) Matriz Pareada b) Matriz Normalizada c) Vector de priorización

Realizada la sintetización se observa que el sub-criterio de más importancia de acuerdo a los juicios emitidos en la tabla 2.67, es la *Administración y gestión del sistema* con el 49% seguido de la *Configuración inicial* 31.2% y *Actualización de software* con el 19.8%.

Para verificar la congruencia en la cuantificación de los juicios emitidos en la tabla 2.101-a, se mide el grado de consistencia (*RC, Razón de consistencia*); de ser menor a 0.1 se consigue un grado aceptable de consistencia, caso contrario se debe redefinir las comparaciones.

	ConfIni	Admin	Act
ConfIni	1	1/2	2
Admin	2	1	2
Act	1/2	1/2	1

X

0,312	ConfIni
0,490	Admin
0,198	Act

=

0,952
1,510
0,599

a)
b)
c)

$0,952 / 0,312 = 3,053$
$1,510 / 0,490 = 3,078$
$0,599 / 0,198 = 3,030$

$$n_{max} = \frac{3,053 + 3,078 + 3,030}{3}$$

$$n_{max} = 3,053$$

$$IC = \frac{n_{max} - n}{n - 1}$$

$$IC = \frac{3,053 - 3}{3 - 1} = 0,027$$

d)
e)
f)

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0,027}{0,58} = 0,046$$

g)

Tabla 2.102 Análisis de consistencia de una matriz pareada

Para el cálculo del RC, en primer lugar se obtiene un vector (tabla 2.102-c), producto de la multiplicación de la matriz de comparaciones pareadas (tabla 2.102-a) por el vector de priorización (tabla 2.102-b), luego se divide cada valor del vector resultante por cada uno de los datos del vector de priorización, obteniéndose un vector promedio de *n* elementos que se comparan (tabla 2.102-d), el promedio de sus valores se denomina *nmax*, donde $n_{max} \geq n$. Entre más cercano sea *nmax* a *n*, la matriz pareada es más consistente.

El valor de *n* es igual a tres, ya que se realiza comparaciones pareadas entre: la Configuración Inicial, Administración y Actualización (tabla 2.102-a).

La razón de consistencia (RC) se calcula como el cociente entre el índice de consistencia de la matriz pareada y el índice de consistencia aleatoria:

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Donde:

IC es el índice de consistencia de la matriz pareada y se calcula de la siguiente forma:

$$IC = \frac{n \max - n}{n - 1}$$

IA es el índice de consistencia aleatoria, es decir es el índice de consistencia de la matriz pareada generada aleatoriamente, y depende del número de elementos que se comparan. La tabla 2.103 muestra el IA para diferentes números de elementos de comparación, observándose que para un valor de n=3, le corresponde un IA = 0,58

Número de elementos que se compara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice de consistencia aleatorio (IA)	0	0	0,58	0,89	1,11	1,24	1,32	1,4	1,45	1,49

Tabla 2.103 Estimaciones del índice de Consistencia Aleatorio

En las tablas 2.102-f y 2.102-g se especifican los cálculos del índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC), respectivamente.

El análisis de consistencia da como resultado una Razón de Consistencia (RC) de 0,046, confirmando la congruencia en la cuantificación de los juicios emitidos de la matriz pareada de los sub-criterios **Mantenimiento [Mant]** (tabla 2.68).

A continuación se repiten los procesos descritos anteriormente para realizar las sintetizaciones y análisis de sensibilidad para las matrices pareadas respecto a la meta global, criterios de evaluación y alternativas.

	Capc	Mant	Serv	ConvTec	Esc	Cost
Capc	1	1	2	3	5	2
Mant	1	1	2	3	4	2
Serv	1/2	1/2	1	2	3	1
ConvTec	1/3	1/3	1/2	1	2	1/2
Esc	1/5	1/4	1/3	1/2	1	1/3
Cost	1/2	1/2	1	2	3	1

a)

0,283	0,279	0,293	0,261	0,278	0,293
0,283	0,279	0,293	0,261	0,222	0,293
0,142	0,140	0,146	0,174	0,167	0,146
0,094	0,093	0,073	0,087	0,111	0,073
0,057	0,070	0,049	0,043	0,056	0,049
0,142	0,140	0,146	0,174	0,167	0,146

b)

(W a)	
0,281	Capc
0,272	Mant
0,152	Serv
0,089	ConvTec
0,054	Esc
0,152	Cost

c)

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
1,697	6,040			
1,644	6,048			
0,920	6,037	6,032	0,006	0,005
0,533	6,013			
0,324	6,017			
0,920	6,037			

d)

Tabla 2.104 Sintetización de la matriz pareada respecto al objetivo global

a) Matriz pareada b) Matriz normalizada c) Vector de priorización [Wa] d) Análisis de consistencia

	ConfIni	Admin	Act
ConfIni	1	1/2	2
Admin	2	1	2
Act	1/2	1/2	1

a)

0,286	0,250	0,400
0,571	0,500	0,400
0,143	0,250	0,200

b)

(W b)	
0,312	ConfIni
0,490	Admin
0,198	Act

c)

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
0,952	3,053			
1,510	3,078	3,054	0,027	0,046
0,599	3,030			

d)

Número de elementos (n)= 3

Tabla 2.105 Sintetización de la matriz pareada respecto al criterio Mantenimiento

a) Matriz pareada b) Matriz normalizada c) Vector de priorización [Wb] d) Análisis de consistencia

La figura 2.42 muestra los resultados del vector de priorizaciones respecto al objetivo global [Wa].

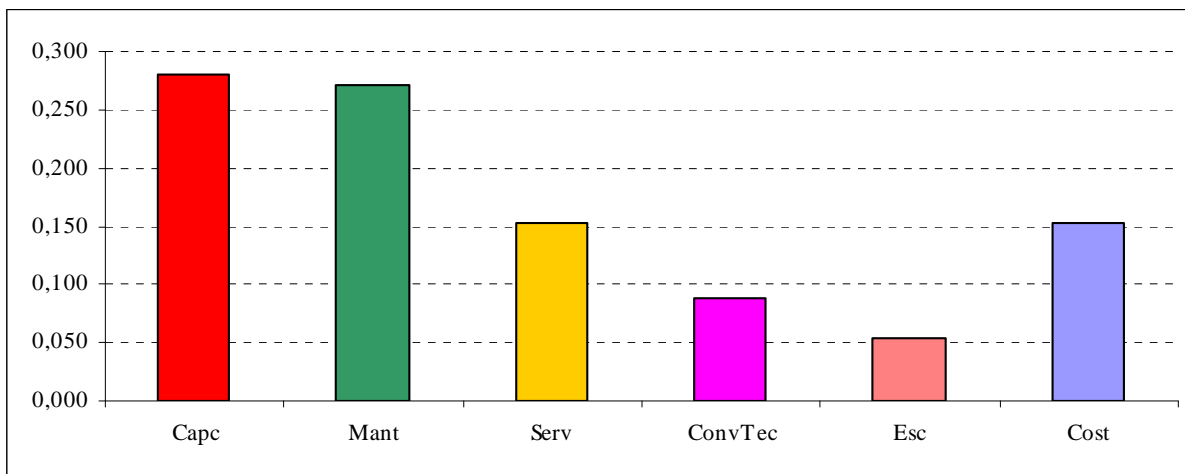


Figura 2.42 Ponderaciones respecto al objetivo global

La figura 2.46 muestra los resultados del vector de priorización respecto al criterio Mantenimiento [Wb].

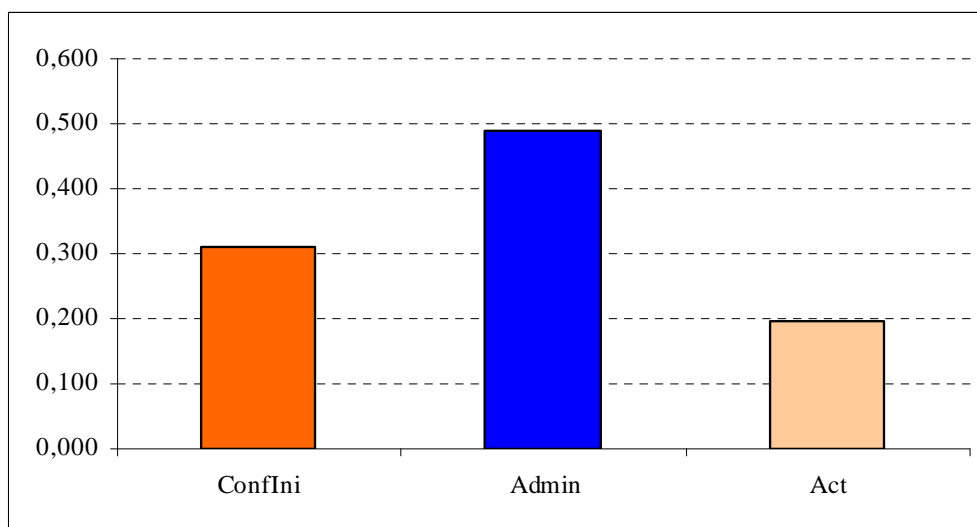


Figura 2.43 Ponderaciones respecto al criterio Mantenimiento

CRITERIO - CAPACIDAD BAJA

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	2	2
Cisco	1/2	1	2
Alcatel	1/2	1/2	1

Número de elementos (n)= 3

MATRIZ NORMALIZADA

0,500	0,571	0,400
0,250	0,286	0,400
0,250	0,143	0,200

VECTOR DE PRIORIZACIÓN

(W1)
0,490
0,312
0,198

a)

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
1,510	3,078	3,054	0,027	0,046
0,952	3,053			
0,599	3,030			

CRITERIO - CAPACIDAD MEDIA

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1/2	1/2
Cisco	2	1	1
Alcatel	2	1	1

Número de elementos (n)= 3

MATRIZ NORMALIZADA

0,200	0,200	0,200
0,400	0,400	0,400
0,400	0,400	0,400

VECTOR DE PRIORIZACIÓN

(W2)
0,200
0,400
0,400

b)

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
0,600	3,000	3,000	0,000	0,000
1,200	3,000			
1,200	3,000			

CRITERIO - CAPACIDAD ALTA

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1/2	1/2
Cisco	2	1	1/2
Alcatel	2	2	1

Número de elementos (n)= 3

MATRIZ NORMALIZADA

0,200	0,143	0,250
0,400	0,286	0,250
0,400	0,571	0,500

VECTOR DE PRIORIZACIÓN

(W3)
0,198
0,312
0,490

c)

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
0,599	3,030	3,054	0,027	0,046
0,952	3,053			
1,510	3,078			

Tabla 2.106 Sintetizaciones de las matrices pareadas de alternativas respecto al criterio Capacidad

a) Vector de priorización de Capacidad Baja [W1] b) Vector de priorización de Capacidad Media [W2] c) Vector de priorización de Capacidad Alta [W3]

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1/2	1/2
Cisco	2	1	1/2
Alcatel	2	2	1

Número de elementos (n)= 3

a)

0,200	0,143	0,250
0,400	0,286	0,250
0,400	0,571	0,500

b)

(W4)
0,198
0,312
0,490

c)

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
0,599	3,030			
0,952	3,053	3,054	0,027	0,046
1,510	3,078			

d)

Tabla 2.107 Sintetización de la matriz pareada de alternativas respecto al criterio Configuración Inicial

a) Matriz pareada b) Matriz normalizada c) Vector de priorización [W4] d) Análisis de consistencia

CRITERIO - NIVEL BAJO

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1/2	1/3
Cisco	2	1	1
Alcatel	3	1	1

Número de elementos (n)= 3

MATRIZ NORMALIZADA

0,167	0,200	0,143
0,333	0,400	0,429
0,500	0,400	0,429

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

(W5)
0,170
0,387
0,443

a)

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
0,511	3,009			
1,170	3,020	3,018	0,009	0,016
1,340	3,025			

CRITERIO - NIVEL ALTO

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1	1
Cisco	1	1	1
Alcatel	1	1	1

Número de elementos (n)= 3

MATRIZ NORMALIZADA

0,333	0,333	0,333
0,333	0,333	0,333
0,333	0,333	0,333

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

(W 6)
0,333
0,333
0,333

b)

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
1,000	3,000			
1,000	3,000	3,000	0,000	0,000
1,000	3,000			

Tabla 2.108 Sintetización de la matriz pareada de alternativas respecto al criterio Administración y gestión del sistema

a) Vector de priorización de Administración Nivel Bajo [W5] b) Vector de priorización de Administración Alta [W6]

CRITERIO - BÁSICO

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1	1
Cisco	1	1	1
Alcatel	1	1	1

Número de elementos (n)= 3

MATRIZ NORMALIZADA

0,333	0,333	0,333
0,333	0,333	0,333
0,333	0,333	0,333

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

(W7)
0,333
0,333
0,333

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
1,000	3,000			
1,000	3,000	3,000	0,000	0,000
1,000	3,000			

a)

CRITERIO - MEDIO

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1/2	1/2
Cisco	2	1	1
Alcatel	2	1	1

Número de elementos (n)= 3

MATRIZ NORMALIZADA

0,200	0,200	0,200
0,400	0,400	0,400
0,400	0,400	0,400

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

W8
0,200
0,400
0,400

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
0,600	3,000			
1,200	3,000	3,000	0,000	0,000
1,200	3,000			

b)

CRITERIO - AVANZADO

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	2	1
Cisco	1/2	1	1/2
Alcatel	1	2	1

Número de elementos (n)= 3

MATRIZ NORMALIZADA

0,400	0,400	0,400
0,200	0,200	0,200
0,400	0,400	0,400

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

W9
0,400
0,200
0,400

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
1,200	3,000			
0,600	3,000	3,000	0,000	0,000
1,200	3,000			

c)

Tabla 2.109 Sintetización de la matriz pareada de alternativas respecto al criterio Servicios

a) Vector de priorización de Servicios Básicos [W7] b) Vector de priorización de Servicios Medios [W8] c) Vector de priorización de Servicios Avanzados [W9]

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	2	3
Cisco	1/2	1	1
Alcatel	1/3	1	1

0,545	0,500	0,600
0,273	0,250	0,200
0,182	0,250	0,200

W10
0,548
0,241
0,211

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
1,662	3,030			
0,726	3,013	3,018	0,009	0,016
0,634	3,012			

Número de elementos (n)= 3

a) b) c) d)
 Tabla 2.110 Sintetización de la matriz pareada de alternativas respecto al criterio Actualización de *Software*

a) Matriz pareada b) Matriz normalizada c) Vector de priorización [W10] d) Análisis de consistencia

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1/2	1/2
Cisco	2	1	1/2
Alcatel	2	2	1

0,200	0,143	0,250
0,400	0,286	0,250
0,400	0,571	0,500

W11
0,198
0,312
0,490

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
0,599	3,030			
0,952	3,053	3,054	0,027	0,046
1,510	3,078			

Número de elementos (n)= 3

a) b) c) d)
 Tabla 2.111 Sintetización de la matriz pareada de alternativas respecto al criterio Escalabilidad

a) Matriz pareada b) Matriz normalizada c) Vector de priorización [W11] d) Análisis de consistencia

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	2	3
Cisco	1/2	1	2
Alcatel	1/3	1/2	1

0,545	0,571	0,500
0,273	0,286	0,333
0,182	0,143	0,167

(W12)
0,539
0,297
0,164

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
1,625	3,015			
0,894	3,008	3,009	0,005	0,008
0,492	3,004			

1 Número de elementos (n)= 3

a) b) c) d)
 Tabla 2.112 Sintetización de la matriz pareada de alternativas respecto al criterio Costos

a) Matriz pareada b) Matriz normalizada c) Vector de priorización [W12] d) Análisis de consistencia

CRITERIO - GENERAL

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	2	3
Cisco	1/2	1	2
Alcatel	1/3	1/2	1

Número de elementos (n)= 3

MATRIZ NORMALIZADA

0,545	0,571	0,500
0,273	0,286	0,333
0,182	0,143	0,167

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

(W 13)

0,539
0,297
0,164

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
1,625	3,015			
0,894	3,008	3,009	0,005	0,008
0,492	3,004			

a)

CRITERIO - RESPECTO A CISCO

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	1/5	3
Cisco	5	1	7
Alcatel	1/3	1/7	1

Número de elementos (n)= 3

MATRIZ NORMALIZADA

0,158	0,149	0,273
0,789	0,745	0,636
0,053	0,106	0,091

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

(W 14)

0,193
0,724
0,083

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
0,588	3,043			
2,273	3,141	3,066	0,033	0,057
0,251	3,014			

b)

CRITERIO - RESPECTO A ALCATEL

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	3	1/5
Cisco	1/3	1	1/7
Alcatel	5	7	1

Número de elementos (n)= 3

MATRIZ NORMALIZADA

0,158	0,273	0,149
0,053	0,091	0,106
0,789	0,636	0,745

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

(W 15)

0,193
0,083
0,724

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
0,588	3,043			
0,251	3,014	3,066	0,033	0,057
2,273	3,141			

c)

CRITERIO - RESPECTO A ASTERISK

	Asterisk	Cisco	Alcatel
Asterisk	1	3	6
Cisco	1/3	1	2
Alcatel	1/6	1/2	1

Número de elementos (n)= 3

MATRIZ NORMALIZADA

0,667	0,667	0,667
0,222	0,222	0,222
0,111	0,111	0,111

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

(W 16)

0,667
0,222
0,111

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

(Y)	(X)	nmax	IC	RC
2,000	3,000			
0,667	3,000	3,000	0,000	0,000
0,333	3,000			

d)

Tabla 2.113 Sintetización de la matriz pareada de alternativas respecto al criterio Convergencia tecnológica

a) Vector de priorización de Convergencia General [W13] b) Vector de priorización de Convergencia Cisco [W14] c) Vector de priorización de Convergencia Alcatel [W15] d) Vector de priorización de Convergencia Asterisk [W16]

La tabla 2.114 muestra todos los vectores de priorización para los criterios y sub-criterios considerados, ya sea respecto al objetivo global (W_a y W_b) así como en relación a las alternativas [W_1, W_2, \dots, W_{16}], obtenidos del proceso matemático anteriormente desarrollado.

Nomenclatura	Descripción	Vector de priorización
W_a	Vector de priorización de Criterios Generales	[0.281; 0.272;0.152;0.89;0.054; 0.152]
W_b	Vector de priorización de los sub-criterios de Mantenimientos	[0.312;0.49;0.198]
W_1	Vector de priorización de Capacidad Baja	[0.490;0.312;0.198]
W_2	Vector de priorización de Capacidad Media	[0.200;0.400;0.400]
W_3	Vector de priorización de Capacidad Alta	[0.198;0.312;0.490]
W_4	Vector de priorización de Configuración Inicial	[0.198;0.312;0.490]
W_5	Vector de priorización de Administración Nivel bajo	[0.170;0.387;0.443]
W_6	Vector de priorización de Administración Nivel Alto	[0.333;0.333;0.333]
W_7	Vector de priorización de Servicios Básicos	[0.333;0.333;0.333]
W_8	Vector de priorización de Servicios Medios	[0.200;0.400;0.400]
W_9	Vector de priorización de Servicios Avanzados	[0.400;0.200;0.400]
W_{10}	Vector de priorización de Actualización de Software	[0.548;0.241;0.211]
W_{11}	Vector de priorización de Escalabilidad	[0.198;0.312;0.490]
W_{12}	Vector de priorización de Costos	[0.539;0.297;0.164]
W_{13}	Vector de priorización de Convergencia General	[0.539;0.297;0.164]
W_{14}	Vector de priorización de Convergencia Cisco	[0.193;0.724;0.083]
W_{15}	Vector de priorización de Convergencia Alcatel	[0.193;0.083;0.724]
W_{16}	Vector de priorización de Convergencia Asterisk	[0.667;0.222;0.111]

Tabla 2.114 Compendio de vectores de priorización

Realizadas las sintetizaciones correspondientes, se procede a armar la matriz de vectores de priorización de los criterios generales ($m=6$, donde m es el número de criterios generales considerados) respecto a las alternativas consideradas ($n=3$, donde n es el número de alternativas). Es decir la matriz de vectores de priorización será 3×6 .

Como se observó en el árbol de jerarquías (figura 2.41) el criterio de Mantenimiento tiene tres sub-criterios, es decir antes de proceder a formar la matriz de vectores de priorización de criterios generales respecto a las alternativas, se debe calcular el vector global respecto al criterio Mantenimiento, al cual se denomina [W_m].

[Wm] se obtiene de la multiplicación de la matriz formada por los vectores de priorización de los sub-criterios respecto a las alternativas ($[W4, W5, W6, W10]$) por el vector de priorización de los sub-criterios [Wb].

El sub-criterio Administración tiene dos tipos de niveles: bajo y alto, representados por los vectores W5 y W6 respectivamente. Uno de los dos se incluye en el proceso, de acuerdo a los requerimientos de la empresa, los cuales son seleccionados inicialmente.

A continuación en la tabla 2.115 se muestra el cálculo del vector global respecto al criterio mantenimiento, tomando como partida una Administración Baja [W5]

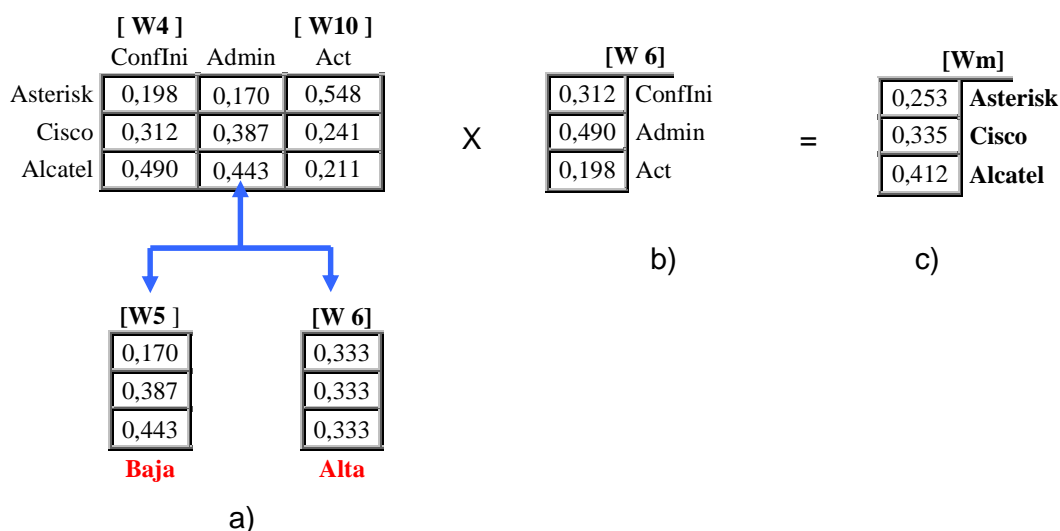


Tabla 2.115 Vector global respecto al criterio Mantenimiento

a) Matriz de vectores de priorización de los sub-criterios respecto a las alternativas b) Vector de priorización de los sub-criterios c) Vector global de Mantenimiento

Una vez obtenido el vector de priorización global respecto al criterio de Mantenimiento se recopila todos los vectores de priorización en la matriz de los criterios generales respecto a las alternativas denominada [Wc].

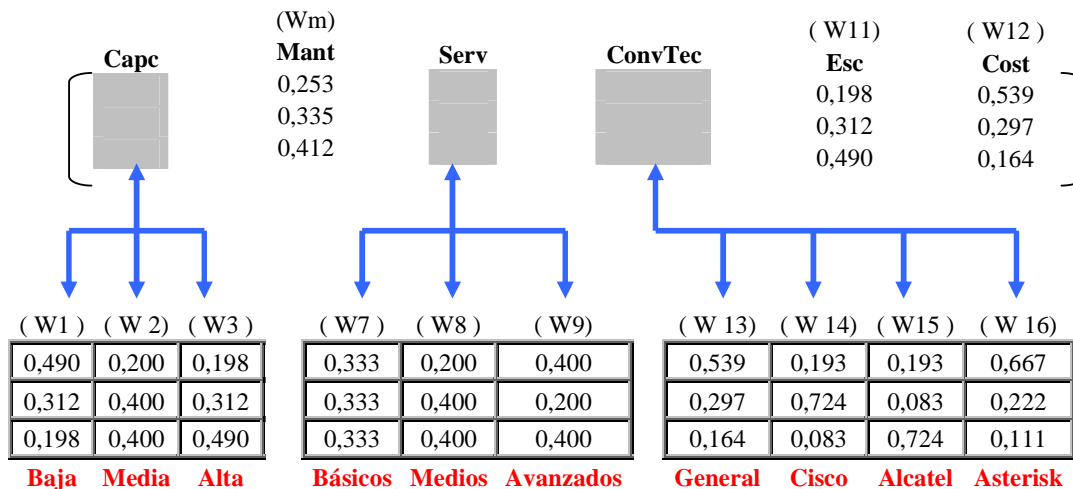


Figura 2.44 Matriz de vectores de priorización de los criterios generales respecto a las alternativas [Wc]

Al igual que el criterio Administración, los criterios de Capacidad, Servicio y Convergencia, tiene varios vectores de priorización. Solo un vector por criterio entra en el proceso matemático de acuerdo a los requerimientos y lo expuesto en la tabla 2.63.

El resultado del proceso matemático se expresa en un vector global [Wg]; para esto se multiplica la matriz [Wc] por el vector de priorización general en función de la meta global [Wa] (ver tabla 2.104-c)

$$[Wg]_{3 \times 1} = [Wc]_{3 \times 6} \times [Wa]_{6 \times 1}$$

El vector global [Wg] especifica los resultados totales para cada una de las alternativas consideradas, Asterisk, Cisco y Alcatel.

Aplicando el modelo matemático de priorización a los requerimientos analizados en el numeral 2.13 para el nuevo sistema de telefonía para la EPN, se tienen los siguientes parámetros iniciales a utilizarse en el modelo matemático de selección de acuerdo a la tabla 2.63:

Capacidad media.- El número inicial de extensiones del Nuevo Sistema Telefónico de la EPN es de 662, lo que indica que se debe escoger el vector de priorización correspondiente a capacidad Media [W2] (ver tabla 2.114).

Administración y gestión del sistema baja.- Ya que se piensa administrar los servicios y usuarios del sistema con las aplicaciones de *software* entregadas por defecto en las diversas soluciones de voz, se debe seleccionar el vector de priorización correspondiente a Administración nivel bajo [W5] (ver Tabla 2.114).

Servicios avanzados.- Se consideran los servicios avanzados dentro de la EPN al proveer al sistema de mensajería unificada. Vector [W9] (ver tabla 2.114).

Convergencia Tecnológica Cisco.- La plataforma utilizada en la Polired es proporcionada por Cisco Systems, razones por la cual se emplea este tipo de convergencia. Vector [W14] (ver tabla 2.114).

El vector global [Wg] resultante de acuerdo a los parámetros iniciales de selección propuestos, definirá el nuevo sistema telefónico de la EPN, el cual se detalla en la figura 2.45.

$$[Wg]_{3 \times 1} = [Wc]_{3 \times 6} \times [Wa]_{6 \times 1}$$

	[W5]	[Wm]	[W9]	[W14]	[W11]	[W12]		(Wa)						
	Capc	Mant	Serv	ConvTec	Esc	Cost			Capc					
Asterisk	0,200	0,253	0,400	0,193	0,198	0,539	X	0,281	Mant	=	[Wg]	Asterisk		
Cisco	0,400	0,335	0,200	0,724	0,312	0,297		0,272	Serv				Asterisk	
Alcatel	0,400	0,412	0,400	0,083	0,49	0,164		0,152	ConvTec					Cisco
								0,089	Esc					
							0,054	Cost						
							0,152							

Figura 2.45 Vector de priorización global de las alternativas respecto al objetivo global [Wg] aplicado a la EPN

De acuerdo al modelo matemático de priorización desarrollado para la “Selección de la mejor tecnología para un sistema telefónico, basado en los requerimientos de una empresa” aplicado a la Escuela Politécnica Nacional, se obtienen los

resultados expuestos en el vector de priorización total de las alternativas respecto al objetivo global $[W_g]$, en donde se observa que **Cisco** es la mejor alternativa (36%) para el cumplimiento de la meta global. En segundo lugar **Alcatel** con el 34.4% y finalmente **Asterisk** con un aporte de 29.6%.

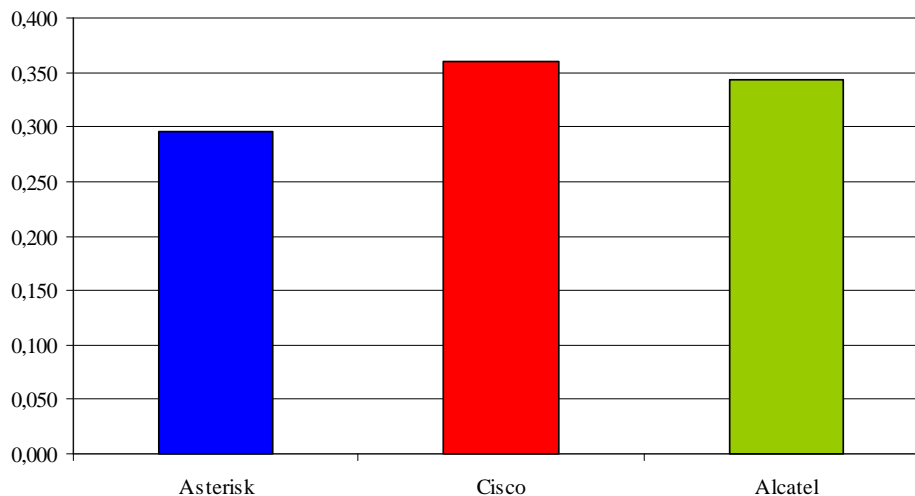


Figura 2.46 Resultados del proceso matemático aplicados a la EPN

En el capítulo siguiente se realiza el diseño completo de la red integrada de voz y datos para la EPN a través de la alternativa de *Networking Cisco Systems*.

2.5.7 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Si bien la solución que de mejor manera se adapta a los requerimientos de la EPN es *Cisco Systems*, es importante conocer el desempeño de las alternativas en función a cada uno de los criterios generales, obteniéndose una idea más clara de los resultados del modelo de priorización.

Para definir el desempeño de las soluciones propuestas en función de cada criterio general, se hace uso de los valores obtenidos de la comparación de las tecnologías (*tabla 2.116-a*) y el peso o ponderación de cada uno de los criterios generales ($[W_m]$, *tabla 2.116-b*), de manera que el resultado del producto parcial de las dos matrices es la matriz de desempeño tecnológico.

	Capacidad	Mantenimiento	Servicios	Convergencia Tecnológica	Escalabilidad	Costos
Asterisk	0,200	0,253	0,400	0,193	0,198	0,539
Cisco	0,400	0,335	0,200	0,724	0,312	0,297
Alcatel	0,400	0,412	0,400	0,083	0,490	0,164

a) Matriz de priorización de alternativas respecto a los criterios generales

0,281	Capacidad
0,272	Mantenimiento
0,152	Servicios
0,089	Convergencia Tecnológica
0,054	Escalabilidad
0,152	Costos

b) Vector de priorización de los criterios generales

	Capacidad	Mantenimiento	Servicios	Convergencia	Escalabilidad	Costos
Asterisk	$0,2 \cdot 0,281 = 0,056$	$0,253 \cdot 0,272 = 0,069$	$0,4 \cdot 0,152 = 0,061$	$0,193 \cdot 0,089 = 0,017$	$0,198 \cdot 0,054 = 0,011$	$0,539 \cdot 0,152 = 0,082$
Cisco	$0,4 \cdot 0,281 = 0,112$	$0,335 \cdot 0,272 = 0,091$	$0,2 \cdot 0,152 = 0,030$	$0,724 \cdot 0,089 = 0,064$	$0,312 \cdot 0,054 = 0,017$	$0,297 \cdot 0,152 = 0,045$
Alcatel	$0,4 \cdot 0,281 = 0,112$	$0,412 \cdot 0,272 = 0,112$	$0,4 \cdot 0,152 = 0,061$	$0,083 \cdot 0,089 = 0,007$	$0,49 \cdot 0,054 = 0,026$	$0,164 \cdot 0,152 = 0,025$

c) Producto parcial de matrices

	Capacidad	Mantenimiento	Servicios	Convergencia	Escalabilidad	Costos
Asterisk	0,056	0,069	0,061	0,017	0,011	0,082
Cisco	0,112	0,091	0,030	0,064	0,017	0,045
Alcatel	0,112	0,112	0,061	0,007	0,026	0,025

d) Matriz de desempeño tecnológico

Tabla 2.116 Proceso de obtención de la matriz de desempeño

La figura 2.47 basada en la matriz de desempeño tecnológico (*tabla 2.116-d*), expone el comportamiento de las tres soluciones de acuerdo a cada uno de los criterios considerados en el modelo matemático. Por ejemplo para el criterio general Capacidad, tanto Alcatel como Cisco tienen un rendimiento igual entre sí

y superior al de Asterisk, el puntaje de esta última se ve afectado ampliamente debido a que la Capacidad es el criterio general de mayor peso.

Cisco mantiene un segundo puesto tanto en mantenimiento, escalabilidad y costo, siendo el criterio general “Convergencia Tecnológica” que coloca a esta tecnología como triunfadora.

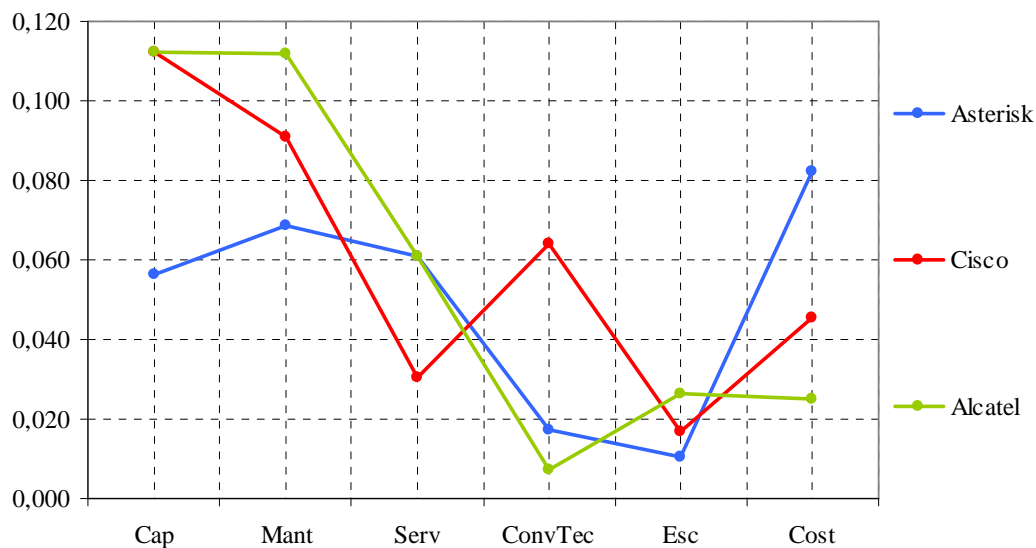


Figura 2.47 Desempeño de las soluciones respecto a los diferentes criterios

2.5.8 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad presenta un estudio detallado de los efectos en el resultado del modelo matemático ante posibles cambios en los parámetros iniciales de selección y ponderaciones de los criterios generales.

2.5.8.1 Cambio en los parámetros iniciales de selección

El análisis de sensibilidad a través del cambio en los parámetros iniciales de selección (*tabla 2.63*), considera todas las combinaciones posibles que un usuario podría ingresar al modelo, y los resultados que arroja el mismo (*Anexo P*). Para un mejor entendimiento de este análisis se tomará el caso de la EPN, se mantiene como constante el parámetro de selección inicial “Capacidad media”,

debido a que en este rango (*Capacidad media de 100 a 1000 extensiones*) se encuentra el número de extensiones propuestas (*662 extensiones*) y Convergencia Tecnológica Cisco por la infraestructura tecnológica actual de la Polired.

Parámetros iniciales de selección				Resultados			Ganadora
Capacidad	Convergencia	Administración	Servicios	Asterisk %	Cisco %	Alcatel %	
Media	Cisco	Baja	Básicos	28,6	38	33,4	Cisco
Media	Cisco	Baja	Medios	26,5	39,1	34,4	Cisco
Media	Cisco	Baja	Avanzados	29,6	36	34,4	Cisco
Media	Cisco	Alta	Básicos	30,8	37,3	31,9	Cisco
Media	Cisco	Alta	Medios	28,7	38,4	32,9	Cisco
Media	Cisco	Alta	Avanzados	31,8	35,3	32,9	Cisco

Tabla 2.117 Análisis de sensibilidad con variación de parámetros iniciales para el caso de la EPN

De la tabla 2.117 se concluye que para la EPN, la solución Cisco se ajusta para todas las combinaciones posibles de los parámetros (*excepto Capacidad media y convergencia tecnológica Cisco*) de selección inicial. Si bien la convergencia tecnológica no tiene un peso considerable dentro de los criterios generales de comparación (8,9%), la cercanía en el desempeño de las tecnologías permite que esta defina a Cisco como ganadora en toda condición, corrobora esta afirmación, al considerar a la convergencia tecnológica como otro parámetro de selección inicial variable.

La tabla 2.118 permite decir que de haber sido la Polired una red heterogénea (de otros fabricantes) o no existir una infraestructura actual para datos (*ambos casos correspondientes a la convergencia tecnológica "General"*) tanto Alcatel como Asterisk podían ganar en distintos casos, e incluso más si la Polired estuviera conformada por equipos Alcatel o Asterisk (*Convergencia tecnológica "Alcatel" y "Asterisk" respectivamente*); por ejemplo manteniendo la capacidad media, servicios avanzados, administración baja y convergencia general la alternativa ganadora es Alcatel con 35,1%.

Parámetros iniciales de selección				Resultados			Ganadora
Capacidad	Administración	Servicios	Convergencia	Asterisk %	Cisco %	Alcatel %	
Media	Alta	Básicos	General	33,8	33,6	32,6	Asterisk
Media	Alta	Básicos	Asterisk	34,9	32,9	32,2	Asterisk
Media	Alta	Avanzados	General	34,8	31,5	33,7	Asterisk
Media	Alta	Avanzados	Asterisk	36	30,8	33,2	Asterisk
Media	Baja	Básicos	General	31,6	34,3	34,1	Cisco
Media	Baja	Básicos	Cisco	28,6	38	33,4	Cisco
Media	Baja	Medios	General	29,6	35,3	35,1	Cisco
Media	Baja	Medios	Cisco	26,5	39,1	34,4	Cisco
Media	Baja	Avanzados	Cisco	29,6	36	34,4	Cisco
Media	Alta	Básicos	Cisco	30,8	37,3	31,9	Cisco
Media	Alta	Medios	General	31,8	34,5	33,7	Cisco
Media	Alta	Medios	Asterisk	32,9	33,9	33,2	Cisco
Media	Alta	Medios	Cisco	28,7	38,4	32,9	Cisco
Media	Alta	Avanzados	Cisco	31,8	35,3	32,9	Cisco
Media	Baja	Básicos	Alcatel	28,5	32,4	39,1	Alcatel
Media	Baja	Medios	Alcatel	26,5	33,4	40,1	Alcatel
Media	Baja	Avanzados	General	32,7	32,2	35,1	Alcatel
Media	Baja	Avanzados	Asterisk	33,8	31,6	34,6	Alcatel
Media	Baja	Avanzados	Alcatel	29,6	30,3	40,1	Alcatel
Media	Alta	Básicos	Alcatel	30,8	31,6	37,6	Alcatel
Media	Alta	Medios	Alcatel	28,7	32,7	38,6	Alcatel
Media	Alta	Avanzados	Alcatel	31,8	29,6	38,6	Alcatel
Baja	Media	Básicos	Asterisk	32,8	33,6	33,6	Cisco y Alcatel
Baja	Media	Medios	Asterisk	30,8	34,6	34,6	Cisco y Alcatel

Tabla 2.118 Análisis de sensibilidad para el caso de la EPN manteniendo solo la Capacidad media como parámetro de selección inicial constante

2.5.8.2 Variación de las ponderaciones de los criterios generales

La variación de las ponderaciones de los criterios generales, permite tener una idea clara de la flexibilidad de los resultados ante diferentes juicios de opinión del cliente, reflejándose estos juicios en nuevos pesos de los criterios.

Refiriéndose a la EPN y manteniendo los parámetros de selección iniciales correspondientes, por ejemplo se varía los criterios generales en relación principal

al costo. En este ejemplo se busca definir el valor de costo sobre el cual el resultado original (*Cisco Systems*) se ve afectado.

La tabla 2.119 muestra el incremento en la ponderación del criterio general costos, en consecuente pérdida de pesos en los demás criterios. Se observa que para una prioridad de costo menor a 32.4% Cisco se mantiene como la opción ganadora. Para valores mayores a 32.4% la opción a elegir será Asterisk.

Criterios generales						Alternativas		
Capacidad	Mantenimiento	Servicios	Convergencia	Escalabilidad	Costos	Asterisk	Cisco	Alcatel
28,1%	27,2%	15,2%	8,9%	5,4%	15,2%	29,6%	36,0%	34,4%
25,1%	24,2%	13,2%	7,9%	4,4%	25,2%	32,4%	35,4%	32,2%
23,6%	22,7%	12,2%	7,4%	3,9%	30,2%	33,8%	35,0%	31,1%
23,0%	22,1%	11,8%	7,2%	3,7%	32,2%	34,4%	34,9%	30,7%
22,4%	21,5%	11,4%	7,0%	3,5%	34,2%	35,0%	34,8%	30,2%

Tabla 2.119 Análisis de sensibilidad con variación de criterios generales respecto al costo

La figura 2.48 muestra el desempeño de las alternativas tecnológicas ante la variación del criterio Costo, observándose que mientras el costo adquiere importancia para el cliente, Asterisk va obteniendo una mejor puntuación dentro del modelo.

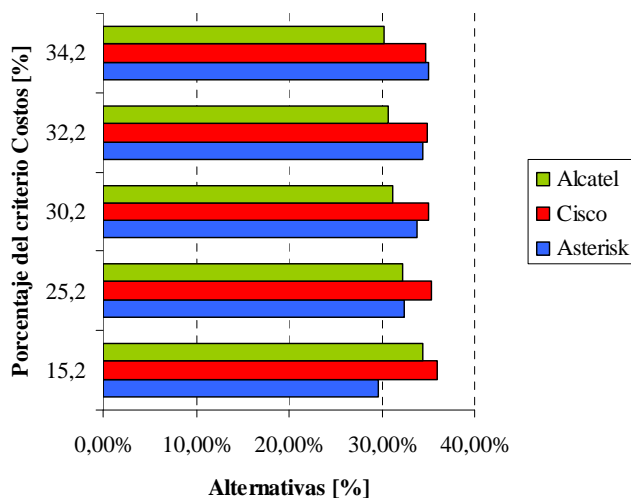


Figura 2.48 Análisis de sensibilidad ante la variación del criterio costo



CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LA RED INTEGRADA DE VOZ Y DATOS PARA EL CAMPUS EPN

De acuerdo al análisis de requerimientos desarrollado y al resultado del modelo matemático, se procederá a diseñar y dimensionar la red integrada de voz y datos a través de la selección de equipos obtenidos de la solución de *Networking Cisco Systems* (numeral 2.2).

El diseño abarca una solución con servicios de última generación (*mensajería unificada y Fax Server*), incrementando el costo de la red integrada, sin embargo se presenta una alternativa de red básica la cual permita ajustarse al presupuesto limitado con el que cuenta la EPN.

3.1 PREDICCIONES DE TRÁFICO

El ancho de banda requerido para la transmisión de VoIP a través de la Polired depende de varios parámetros como: el tipo de codec, razón de muestreo, compresión de cabecera CRTP (*de 40 bytes a 4 bytes*), cancelación de eco, detección de actividad de voz (*VAD, Voice Activity Detect*), entre las principales.

Al tratarse de un entorno LAN, el ancho de banda no es crítico, razón por la cual las comunicaciones de voz se las transmiten sin compresión, es decir empleando el codec G.711 el mismo que se encuentra ubicado en los terminales IP, ahorrando recursos del sistema al no tener que emplear DSP por comunicación de voz. En este tipo de entorno el sistema simplemente gestiona y administra el estado de la llamada (*establecimiento, conexión y terminación de una llamada*) a través de la señalización correspondiente.

Opciones como la detección de actividad de voz y la compresión de cabecera son necesarios en entornos donde el ancho de banda es limitado (*enlaces WAN*), además de estar relacionada con codec de baja tasa de bits (*G.723 y G.729*), por lo que se puede decir no son de utilidad en la Polired. Cabe indicar que las

mencionadas opciones son habilitadas en el *Gateway* de voz empleando recursos del sistema.

Con VAD el silencio no es transmitido por la red, solamente la conversación audible permitiendo un ahorro de alrededor de un 50%⁷⁶ de ancho de banda; debido a que el silencio puede confundirse con una comunicación desconectada, se provee localmente la generación de “ruido blanco” llamado CNG (*Confort Noise generation*) de manera que la comunicación parezca normalmente conectada en ambas partes.

La cancelación de eco (*Echo Cancellation, EC*) es un método para remover señales indeseables en la señal de voz y no tiene repercusión sobre el consumo de ancho de banda; esta propiedad al igual que CRTP y VAD es habilitada en el *Gateway* de voz y es usada principalmente en conversaciones entre la red IP local y la PSTN.

Las características del codec G.711 se muestran en la tabla 3.1.

Codec	Tasa de muestreo [ms]	Payload [Bytes]	Paquetes por segundo	Ancho de banda de conversación [Kbits/s]
G.711	20	160	50	80

Tabla 3.1 *Payload* y cabeceras IP para el codec G.711

La ecuación 3.1 permite calcular el ancho de banda a nivel de capa enlace, la misma que tabula las cabeceras ethernet/IP/UDP/RTP y la respectiva carga de VOZ.

$$AB_{requerido} = AB_{codec} \times \frac{longitud_sobrecarga + longitud_encapsulamiento}{longitud_sobrecarga}$$

Ecuación 3.1⁷⁷

Donde:

$AB_{requerido}$ = AB requerido por comunicación de voz IP.

$Longitud_sobrecarga$ = longitud del *payload*

⁷⁶ Fuente: Integración de redes de voz y datos, Scott Keagy, Pearson Educación S.A. Madrid 2001

⁷⁷ Fuente: Integración de redes de voz y datos, Scott Keagy, Pearson Educación S.A. Madrid 2001, Pág 149

Longitud_encapsulamiento = longitud de la cabecera del *payload* necesario para el transporte del paquete de voz.

El *payload* correspondiente para el G.711 es de 160 Bytes (*tabla 3.1*), la cabecera a nivel de capa enlace incluye: 12 bytes de cabecera RTP, 8 bytes de UDP, 20 bytes del paquete IP y 14 de la trama ethernet, en total 54 bytes.

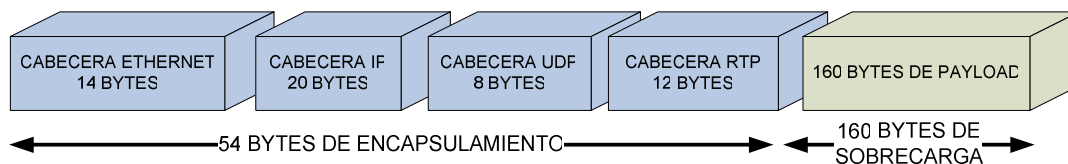


Figura 3.1 Sobrecarga y encapsulamiento de un paquete IP

Aplicando estos datos a la ecuación 3.1 se obtiene el ancho de banda⁷⁸ para una comunicación de voz en el nivel Ethernet:

$$AB_{requerido} = 64 \frac{Kbits}{s} \times \frac{160bytes + 54bytes}{160bytes} = 85.6 \frac{Kbits}{s}$$

Respecto a las 26 extensiones que se adicionan a la Polired a través de adaptadores telefónicos, se recomienda conectarlos a un *switch* (*Cisco Catalyst 2950*) independiente enlazado al *switch* de *core* “*cugi*”, debido a dos razones:

- Situación física favorable.- Como se va disponer del cableado telefónico actual para llegar a los predios del usuario final, se aprovecha que todo los pares telefónicos convergen al edificio de Administración (*segundo piso*), facilitando la conexión del *switch* propuesto al *switch* de *core* “*cugi*” que se encuentra en el subsuelo de mencionado edificio.
- Al encontrarse directamente conectado al *switch* de *core* “*cugi*” donde están ubicados el *CallManager* y *Gateway* de voz, se evita congestionar la red con tráfico concerniente a señalización, actualizaciones (*a través del servidor TFTP incorporado en el CallManager*) y tráfico de voz.

⁷⁸ De acuerdo a la referencia bibliográfica del fabricante Cisco, el ancho de banda en el presente proyecto de titulación, hace referencia a la velocidad de transmisión o capacidad de un canal, expresada en [bits/s]

En base a la tabla 2.28, relacionada con el número de extensiones por *switch* de distribución y los criterios mencionados anteriormente, se obtiene el ancho de banda que deben soportar los *switches* de distribución y *core*; suponiendo el máximo de comunicaciones de voz posibles (662 llamadas). La tabla 3.2 muestra los resultados que se obtienen de la multiplicación del número de extensiones en cada *switch* por el $AB_{requerido}$ (85.6 Kbits/s) por comunicación de voz.

<i>Switch de core</i>	<i>Switch de distribución</i>	Edificio	# de extensiones propuestas	Ancho de banda [Kbits/s]	
cquimica 360 extensiones 30,09Mbits/s 30816Kbits/s	dsistemas 101 extensiones 8,44Mbits/s	Sistemas	55	4708	8645,6
		Alim y Biotecnología	23	1968,8	
		Química	23	1968,8	
	dmecanica 136 extensiones 11,36Mbits/s	ESFOT	51	4365,6	11641,6
		ICB	47	4023,2	
		Mecánica	38	3252,8	
	delectrica 123 extensiones 10,28Mbits/s	Eléctrica antiguo	52	4451,2	10528,8
		Eléctrica nuevo	54	4622,4	
		Petróleos	17	1455,2	
cugi 302 extensiones 25,24Mbits/s 25851.2Kbits/s	dcivil 104 extensiones 8,69Mbits/s	Civil	51	4365,6	8902,4
		CIAP	10	856	
		EPCAE	9	770,4	
		Ambiental	18	1540,8	
		CICAM	6	513,6	
		C. Vivienda	10	856	
	dugi 154 extensiones 12,87Mbits/s	Administración	141	12069,6	13182,4
		Museo	6	513,6	
		Teatro	2	171,2	
		Lab. Aguas. y Micro	5	428	
	cugi 44 extensiones	Abastecimientos	18*	1540,8	1540,8
		Sin acceso a la Polired	26*	2225,6	2225,6
TOTAL		662		56667,2Kbits/s	

* Conexión a través de un *switch* enlazado directamente al *switch* de *core* cugi

Tabla 3.2 Tráfico telefónico hacia los *switches* de *core* y *backbone*

Las peores condiciones de carga en la Polired corresponden al tráfico generado por el conjunto de aplicaciones de datos y de voz para las 662 llamadas simultáneas. De acuerdo a los resultados de la tabla 2.12 (que muestra el promedio de tráfico de datos en los principales enlaces hacia el nivel de *core* y

backbone) y de la tabla 3.2, se predice el nivel de tráfico total a través de la red de datos.

Enlace	Tráfico de datos [Kbits/s]	Tráfico telefónico [Kbit/s]	Tráfico Total	
			Kbits/s	Mbits/s
Backbone cugi-cquimica	2.995,46	30.816,00	33.811,46	33,02
dugi-cugi	646,904	13.182,40	13.829,30	13,51
dsistemas-cquimica	2.001,08	8.645,60	10.646,68	10,40
dmecanica-cquimica	578,967	11.641,60	12.220,57	11,93
delectrica-cquimica	437,495	10.528,80	10.966,30	10,71
dcivil-cugi	116,656	8.902,40	9.019,06	8,81

Tabla 3.3 Predicción de tráfico total en la Polired

En la tabla 3.3 se expone los niveles totales de tráfico que circularía por los enlaces de distribución y backbone de la Polired, una vez que entre en funcionamiento el sistema telefónico propuesto. Se observan flujos bajos en comparación con la capacidad máxima que soportan mencionados enlaces (1000 Mbits/s), confirmando de esta manera el soporte de telefonía IP en la red de datos.

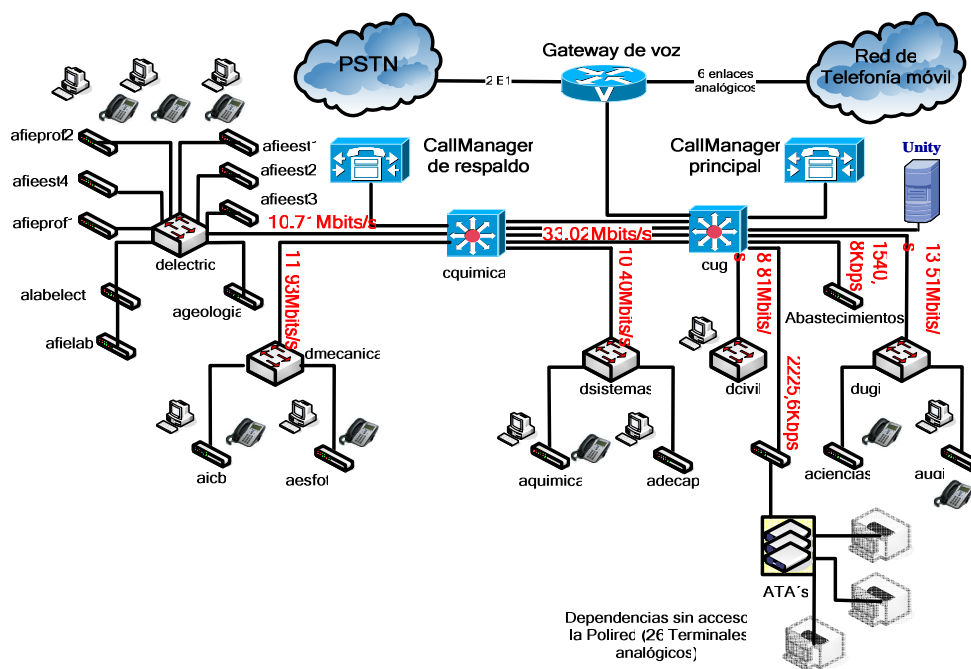


Figura 3.2 Predicción de ancho de banda en los enlaces de la Polired a nivel de distribución y backbone

En la figura 3.2 y la tabla 3.3 se observa que a través del *backbone* existiría un flujo de 33.811,46 Kbits/s en el caso de que las 360 extensiones correspondientes al *switch “cquímica”* establecieran comunicación simultánea con la PSTN o con usuarios pertenecientes al *switch “cugi”*, incluyendo además el tráfico de datos entre los dos *switches* de *core*, siendo estas las condiciones de mayor tráfico en la Polired.

3.2 DIMENSIONAMIENTO Y DESARROLLO DEL DISEÑO

Una vez definidos los dispositivos y la topología del nuevo sistema telefónico, se desarrolla el diseño en función de la integración de los mismos a la red de datos, a través de los siguientes aspectos:

- Direccionamiento IP
- Plan de numeración
- Servicios Suplementarios
- Redundancia
- Migración

3.2.1 DIRECCIONAMIENTO IP

Para realizar el direccionamiento IP es recomendable en primera instancia separar el tráfico de voz y datos mediante el uso de VLANs (802.1q), debido a las siguientes razones:

- Conservación de un rango de direcciones IP y protección de los terminales IP de redes externas.
- Protección de ataques maliciosos desde la red, gracias al campo TAG de la trama 802.1q, que incluye prioridad 802.1p y VLAN ID (*identificación de la VLAN*).
- Facilita la administración, adición de terminales IP en la capa acceso y configuración de QoS.

El direccionamiento IP en la Polired se lo realiza en base a la dirección privada de clase B 172.31.0.0/24, empleando la máscara 255.255.248.0 ó /21 para la creación de subredes, teniendo una capacidad de 32 subredes con un máximo de $2^{11} = 2048$ host por subred.

Dirección IP clase B	Dirección de subredes	Subred
172.31.0.0	172.31.0.0/31	1
	172.31.8.0/31	2
	172.31.16.0/31	3

	172.31.248.0/31	32

Figura 3.3 División de subredes en la Polired

Actualmente están utilizadas cinco de las 32 subredes posibles, definidas en cada uno de los *switches* de distribución: delectrica, dsistemas, dmecanica, dcivil y dugi. Cada subred se vuelve a subnetear empleando la máscara 255.255.255.0 ó /24, obteniéndose 8 subredes por *switch* de distribución con una máximo de 2^8 (256) hosts por cada subred.

De las ocho subredes (con máscara 255.255.255.0) se utilizan seis, asociadas con diferentes VLANs (especificadas en cada puerto de los *switches*), las cuales definen perfiles de usuarios como son: VLAN de monitoreo, profesores, administrativo, investigación, estudiantes y SAE (ver tabla 2.11).

De acuerdo a los datos de la tabla 3.2 ningún *switch* de distribución va a soportar más de 255 extensiones o terminales IP (el de mayor carga corresponde al dugi con 154 extensiones), por lo cual se puede hacer uso de una de las dos subredes con máscara 255.255.255.0 restantes para tráfico de voz; es decir se tendrá 5 subredes de voz (cada una asociada a una VLAN, en total 5 VLAN), una por cada *switch* de distribución.

Para las extensiones IP correspondientes a Abastecimientos (18) y las adicionales mediante adaptadores telefónicos (26), se hará uso de dos de las 27

subredes restantes (*subneteo de la dirección clase B 172.31.0.0*), para luego al igual que las cinco subredes de los *switches* de distribución, dividir las en ocho subredes (*con máscara 255.255.255.0*) siendo una de éstas utilizada para tráfico de voz; y asociada con su respectiva VLAN. Es decir se definen dos VLANs: “voz-abastecimientos” y “voz-adaptadores” correspondientes al edificio de Abastecimientos y a las 26 extensiones con adaptadores telefónicos, respectivamente. En total, la Polired tendrá siete VLANs de voz.

Al igual que las VLANs actualmente definidas, se debe configurar las tablas de enrutamiento estáticas para permitir conectividad entre las siete VLANs de voz establecidas.

Como el *Gateway* de voz y el *CallManager*, serán conectados al *switch* de core “*cugi*”, se deben configurar dos puertos *GigabitEthernet* para que pertenezcan a la VLAN de voz. Los puertos del *switch* “*cugi*” son parte de la subred 172.31.40.0/21 (*utilizada por dugi*), por lo cual los dos puertos configurados para voz pertenecerán a la VLAN “voz-ugi”.

Dirección IP Clase B: 172.31.0.0			
Switch	VLAN	Dirección	Subred física
delectrica	voz-eléctrica	172.31.14.0/24	172.31.8.0/21
dmecanica	voz-mecánica	172.31.22.0/24	172.31.16.0/21
dsistemas	voz-sistemas	172.31.31.0/24	172.31.24.0/21
dcivil	voz-civil	172.31.38.0/24	172.31.32.0/21
dugi	voz-ugi	172.31.46.0/24	172.31.40.0/21
		<i>CallManager</i> 172.31.46.1/24 <i>Gateway</i> de voz 172.31.46.2/24	
cugi	voz-abastecimientos	172.31.48.0/24	172.31.48.0/21
cugi	voz-adaptadores	172.31.56.0/24	172.31.56.0/21

Tabla 3.4 Direccionamiento IP de voz

La tabla 3.4 expone las VLANs de voz y direcciones IP, necesarias para permitir la implementación del servicio de VoIP en la Polired. Se observa además las direcciones propuestas para el servidor de llamadas (*CallManager* 172.31.46.1/24) y *Gateway* de voz (172.31.46.2/24).

Cabe mencionar que los terminales IP propuestos para el nuevo sistema telefónico, poseen un *microswitch*, el cual permite compartir un punto de datos al teléfono IP y un PC, por lo cual se debe configurar los puertos correspondientes para que pertenezcan a una VLAN de datos y una VLAN de voz, de ser el caso.

3.2.2 PLAN DE NUMERACIÓN, OPERADORAS Y PUERTOS DISA

Para el diseño del plan de numeración, en primer lugar se debe decidir el número de dígitos a utilizar, para este fin se toma en cuenta dos aspectos: *prefijo de sitios* y *extensión de sitio*.

En el caso de la Escuela Politécnica Nacional, el número total de extensiones es de 662. Según los datos adquiridos, se tiene que el Campus EPN se constituye de 28 (*prefijo de sitio*) dependencias (*tabla 2.27*), correspondiendo el número máximo de extensiones al Edificio de Administración con 141 (*extensión de sitio*). Basado en esto, se necesitaría un *prefijo de sitio* de 2 dígitos y 3 dígitos para *extensión de sitio*. En total, el plan de marcación contaría con 5 dígitos.

Tener un plan de numeración con cinco dígitos significa que se puede tener hasta 100 sitios (*00-99*), cada uno con una “extensión de sitio” de 1000 extensiones (*000-999*); a primera vista este plan de numeración sobredimensiona el sistema propuesto, ya que en algunos sitios se cuenta con un número de extensiones bajo (*por ejemplo CIERHI 5 extensiones, CICAM 6 extensiones, MUSEO 6 extensiones, etc.*) en contraste a las 1000 que se puede disponer. Además que el tener mayor número de dígitos exige mayor procesamiento al sistema.

Para solucionar este inconveniente, se decide trabajar con un plan de marcación de 2 dígitos para el “prefijo de sitio” y 2 para la “extensión de sitio”, en total 4 dígitos, con la modificación que la numeración comienza desde la cifra 2000 en adelante, ya que se reserva la serie desde 1000 a 1999 para el plan de numeración de las 141 extensiones del Edificio de Administración. Se justifica este criterio en base a las siguientes razones:

- A excepción del Edificio de Administración las demás dependencias tienen un máximo de cincuenta y cuatro extensiones.
- Se ahorra recursos de la red, ya que el sistema telefónico con 2 dígitos enruta la llamada a la dependencia correspondiente y de la misma forma ubica la extensión dentro de la dependencia con 2 dígitos.
- La serie del 1000 a 1999 se la usa para el Edificio de Administración, el primer dígito "1" representa la dependencia y los tres restantes identifican a la extensión dentro del edificio. *(No se emplea la serie del 0000 a 0999 ya que el prefijo "0" se usa generalmente para captura de líneas troncales).*

Con esto el plan de numeración con 4 dígitos estará en capacidad de representar, 80 sitios *(desde 20 hasta 99)* cada uno con 100 *(desde 00 a 99)* extensiones como máximo.

Edificio	# de extensiones propuestas	Plan de numeración		
		Prefijo de sitio	Comienzo	Fin
Sistemas	55	20	2000	2099
Alimts. y Biotecnología	23	21	2100	2199
Química	23	22	2200	2299
ESFOT	51	23	2300	2399
ICB	47	24	2400	2499
Mecánica	38	25	2500	2599
Eléctrica antiguo	52	26	2600	2699
Eléctrica nuevo	54	27	2700	2799
Petróleos	17	28	2800	2899
Civil	51	29	2900	2999
CIAP	10	30	3000	3099
EPCAE	9	31	3100	3199
Ambiental	18	32	3200	3299
CICAM	6	33	3300	3399
C. Vivienda	10	34	3400	3499
Administración	141	1	1000	1999
Museo	6	35	3500	3599
Teatro	2	36	3600	3699
Lab. Aguas. y Micro	5	37	3700	3799
Abastecimientos	18	38	3800	3899
Sin acceso a la Polired	26	39	3900	3999

Tabla 3.5 Plan de numeración propuesto

La tabla 3.5 propone un plan de numeración para la EPN. Se observa que a pesar de que algunas dependencias poseen un número bajo de extensiones (*Teatro 2 extensiones, EPCAIE 9 extensiones, etc.*), se les asigna una serie completa de numeración (*por ejemplo: CIAP con 10 extensiones le corresponde serie desde 3100 a 3199*), ganando facilidad de acceso para los usuarios telefónicos.

En relación a las operadoras que poseerá el nuevo sistema telefónico, se recomienda tener una operadora en dependencias que posean gran concentración de usuarios como son: el edificio de Administración, Eléctrica, Mecánica, Civil, Sistemas, ESFOT y Ex-ICB, equilibrando el tráfico entrante a la operadora general. La operadora general estará ubicada en el Edificio de Administración para manejar el mayor número de usuarios (*141*) y por estar concentradas allí las oficinas de la mayoría de autoridades y unidades funcionales de la EPN. Las restantes operadoras (6) son secundarias.

La operadora general es el terminal que más tráfico telefónico entrante maneja, razón por la cual es conveniente que esté conectada directamente al *switch* de *core* "cugi", para evitar congestionar la red con este tipo de tráfico. El terminal operadora se diferencia de los comunes, al poseer teclas de recursos que permiten visualizar las llamadas entrantes en cola que se están generando y tener programadas los números de extensiones más concurridas (*por ejemplo: secretaria de Eléctrica, Mecánica, etc.*). Para la operadora general⁷⁹ se recomienda el terminal Cisco IP Phone 7970G con 12 teclas programables con un módulo de expansión de 14 teclas; en total se pueden almacenar 26 extensiones de acceso directo a través de una tecla específica.

Para las 6 operadoras secundarias⁸⁰, el terminal 7970G sin módulo de extensión cumple con las expectativas requeridas, ya que solo se requiere gestionar las llamadas entrantes hacia su respectiva dependencia.

⁷⁹ El cargo de operadora general requiere de un trabajador a tiempo completo, además de un terminal adecuado para el tráfico que maneja. Atiende las llamadas que no puede resolver la operadora automática, transfiriéndolas a la dependencia de la EPN correspondiente.

⁸⁰ El cargo de operadora secundaria está asignado a las secretarías de las correspondientes facultades consideradas en el diseño. La operadora secundaria transfiere las llamadas correspondientes a una sola dependencia de la EPN.

Cabe mencionar que como se dispone de 2 enlaces E1s con señalización ISDN, se debe programar al grupo de operadoras con marcación interna directa (*DID*), para que de esta forma cuando se marque el correspondiente número telefónico público timbre directamente en la operadora requerida.

En resumen, el tráfico telefónico de entrada a la EPN, de acuerdo a los criterios de operadoras considerados puede ser recibido de dos formas:

- A través de la operadora automática.- En caso de conocerse la extensión la llamada será enrutada a su destino caso contrario se desviará a la operadora general.
- Mediante las operadoras secundarias.- Se accede a las mismas utilizando 6 números telefónicos públicos, asignados en base a los 200 números posibles correspondientes de los 2 E1.

Para la utilización de los puertos DISA⁸¹ (*Sistema de Acceso Interno Directo*) u operadora automática, el *Gateway* de voz Cisco 2821 posee 10 puertos que vienen por defecto en el equipo. Sin embargo hay que determinar si este número de puertos satisfacen las necesidades de la EPN; caso contrario se tiene que proveer estos puertos, ya sea mediante la liberación de licencias o aumento de los recursos de *hardware* del *Gateway* de voz.

Considerando el peor de los casos, se pueden tener 60 llamadas simultáneas accediendo a la operadora automática, que corresponden a los 2 enlaces E1.

Ahora, de acuerdo a datos obtenidos a través de la operadora general de la EPN, se recibe en promedio 8 llamadas por hora por troncal analógica.

Típicamente el tiempo de reproducción del mensaje de operadora automática está entre 15 y 30 segundos, admitiendo una demora de la atención (*tiempo en que tarda la operadora automática en responder*) de 0.75 segundos.

⁸¹ DISA.- permite reproducir un mensaje de bienvenida al usuario externo y enrutar las llamadas dentro del sistema telefónico, indicándole por ejemplo: “Marque la extensión con la que quiere comunicarse en caso de conocerla, o inmediatamente será atendido por una operadora”

Se realiza el cálculo de los puertos DISA mediante el análisis de Erlang C, donde se trabaja con un número infinito de fuentes (*los usuarios en búsqueda de comunicarse con la EPN*), modelo de llegada de llamada al azar y modelo de llamadas perdidas en espera.

Con los datos mencionados anteriormente (*8 llamadas/(hora*línea)*, *60 líneas de entrada*, *tiempo de duración de la reproducción de la operadora automática de 15 ó 30 segundos*, y *0.75 de segundo de demora de la atención*), se determinan el número de puertos DISA requeridos:

Para 15 segundos

$$\frac{8\text{llamadas}}{3600\text{segxlínea}} * 15\text{segundos} * 60\text{líneas} = 2 \text{ Erlang}$$

$$\text{factor_de_retraso} = \frac{0.75\text{segundo}}{15\text{segundos}} * 100\% = 5\%$$

Para 30 segundos

$$\frac{8\text{llamadas}}{3600\text{segxlínea}} * 30\text{segundos} * 60\text{líneas} = 4 \text{ Erlang}$$

$$\text{factor_de_retraso} = \frac{0.75\text{segundo}}{30\text{segundos}} * 100\% = 2.5\%$$

Ahora basándose en la tabla de Erlang C, con una carga de tráfico de 2 Erlangs y un factor de retraso del 5%, se determina que se necesitan 6 puertos DISA. De igual forma se calcula para 4 Erlangs y 2.5% de factor de retraso, resultando 9 puertos DISA (*ver Anexo Q*).

De lo anterior se concluye que los 10 puertos DISA con los que dispone el *Gateway* de voz Cisco 2821, permiten trabajar a la operadora automática incluso en las peores condiciones de llamadas entrantes y admitiendo una duración del mensaje de 30 s.

3.2.3 SERVICIOS SUPLEMENTARIOS

Como se explicó anteriormente la mensajería unificada permite tener una “bandeja de entrada universal” donde se integran los mensajes de voz, fax (*para*

lo cual se requiere un Fax Server) y el e-mail, lo que permite al usuario acceder a cualquier tipo de mensajes en cualquier lugar, a cualquier hora y desde el terminal que desee (PC o teléfono IP). La meta del sistema de mensajería unificada es simplificar y agilizar los procesos de comunicación de la empresa.

La implementación de la “bandeja de entrada universal” se lo puede realizar a través del Cisco *Unity* de dos formas⁸²:

- En la plataforma del Cisco *Unity* (MCS-7825/I2) se almacena las cuentas de todos los beneficiarios de mensajería unificada, lo que quiere decir que en este servidor se instala un MTA para que gestione el servicio de correo. Cisco *Unity* es compatible con *Microsoft Exchange* y *Lotus Domino*. La plataforma del Cisco *Unity* permite tener como máximo 500 usuarios, en este tipo de configuración. Esta solución es llamada Cisco Unified Communication o Mensajería Integrada.
- Las cuentas de los beneficiarios de la mensajería unificada se almacenan en un servidor separado que generalmente es el *Mail Server* de la empresa. En esta configuración el Cisco *Unity* trabaja en modo *standalone*, lo que quiere decir que solo realiza el proceso necesario para permitir enviar un mensaje de voz como archivo adjunto a una cuenta de correo electrónico (*voice mail*).

En el modo de *standalone* los *voice mail* pueden ser enviados directamente al *Mail Server* de la empresa o ser almacenados en el Cisco *Unity*. En el primer caso se debe proveer al *Mail Server* para este tipo de almacenamiento y procesamiento, lo que podría concluir en un redimensionamiento de su *hardware*. En el segundo caso el Cisco *Unity* interactúa con el *Mail Server*, de manera que los *voice mail* solicitados por los usuarios son consultados o descargados del Cisco *Unity* mediante IMAP o POP3, respectivamente.

Con Cisco *Unity* en *standalone* y sobre la plataforma MCS-7825/I2 es posible gestionar hasta 1000 usuarios de *voice mail*, por ende en conjunto con el *Mail Server*, 1000 usuarios de mensajería unificada.

⁸² Fuente: “Cisco *Unity* Supported Platforms List”, publicaciones de Cisco Systems, 2006, www.cisco.com/go/offices

En el caso de la EPN, se tienen 662 usuarios de *voice mail* correspondientes al número de extensiones IP propuestas para el diseño (*una extensión IP se relaciona con una casilla de voice mail*), por tanto el número máximo de beneficiarios de mensajería unificada es 662. Concluyendo que la solución Cisco *Unified Communication* no se ajusta a los requerimientos de la EPN, por el número de usuarios que soporta.

Para optimizar los recursos del *Unity* y cumplir con los requerimientos de mensajería unificada de la EPN, el Cisco *Unity* trabajará en modo *standalone* con almacenamiento de *voice mail*, evitando de esta manera cargar de procesamiento y almacenamiento al *Mail Server* de la EPN.

El *Fax Server* permite recibir faxes como correo electrónico en forma de archivo adjunto, y enviar faxes ya sea internamente a través de la LAN o externamente utilizando líneas de acceso a la PSTN (*troncales analógicas, BRI, PRI, etc.*). Uno de lo más difundidos en el mercado nacional y ampliamente usado por su facilidad de configuración y compatibilidad es el *Faxmaker Server*, además la plataforma sobre la que funciona no precisa de alto rendimiento. Los requerimientos mínimos del equipo servidor son 256 Mbytes de RAM, un procesador de 800 MHz y tener instalado *Windows Server*. Las tarjetas para enviar/recibir fax a través de la PSTN son de tipo PCI y se montan sobre la tarjeta madre del servidor.

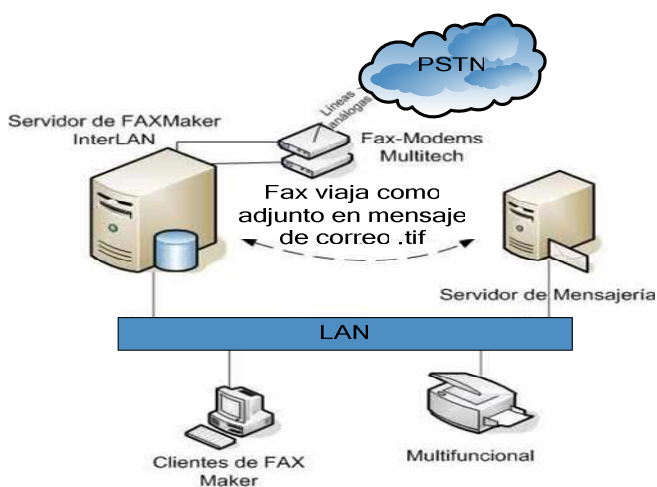


Figura 3.4 Topología del Fax Server *Faxmaker*⁸³

⁸³ Fuente: <http://www.interlan.com.co/faxmaker.htm>

En la figura 3.4 se expone la manera de integración del *Faxmaker* a la Polired. Este *Fax Server* es un interfaz entre las líneas de fax y el servidor de Mensajería interno, bien sea *Exchange*, *Lotus Notes*, SMTP o similar. También se integra con servidores de correo bajo Linux, como en el caso de la EPN (*MTA Sendmail*).

El número de líneas de fax hacia la PSTN depende del número de usuarios que se desea disponer; en el caso de la EPN se van a tener 56 usuarios de fax ya que corresponden a las entidades unipersonales y unidades funcionales más importantes de la EPN (*anexo J*).

El nivel de tráfico correspondiente a faxes es siempre menor al generado por usuarios telefónicos; por tal motivo asumiendo las peores condiciones el número de líneas de fax se calculan como si se tratase de 56 usuarios telefónicos, con estos antecedentes y haciendo uso de la ecuación 2.4, GoS = 1%, tráfico telefónico y número de usuarios actuales se tiene:

$$A_1 = \frac{U_f}{U_a} A_0$$

Donde:

- A_1 = Intensidad de tráfico proyectada
- A_0 = Intensidad de tráfico actual = 26.117 Erlangs
- U_f = Usuarios finales = 56
- U_a = Usuarios actuales = 364

$$A_1 = \frac{56 \text{ usuarios}}{364 \text{ usuarios}} * 26.117 \text{ Erlangs} = 4 \text{ Erlangs}$$

Basado en la tabla de Erlang B con un tráfico de 4 Erlangs y el mismo GoS de 1%, se necesitan 9 líneas directas (*ver Anexo H, Pág. H-1*).

Al igual que en la mayoría de dispositivos la cantidad de usuarios lo determina el fabricante; en relación al *Faxmaker*, para 56 usuarios se debe comprar el servidor

con capacidad de 100⁸⁴ usuarios, ya que el inmediato inferior maneja hasta 50 clientes.

En general el sistema de fax se compone del *Faxmaker* con capacidad para 100 usuarios y 9 líneas directas para envío y recepción de faxes a través de la PSTN

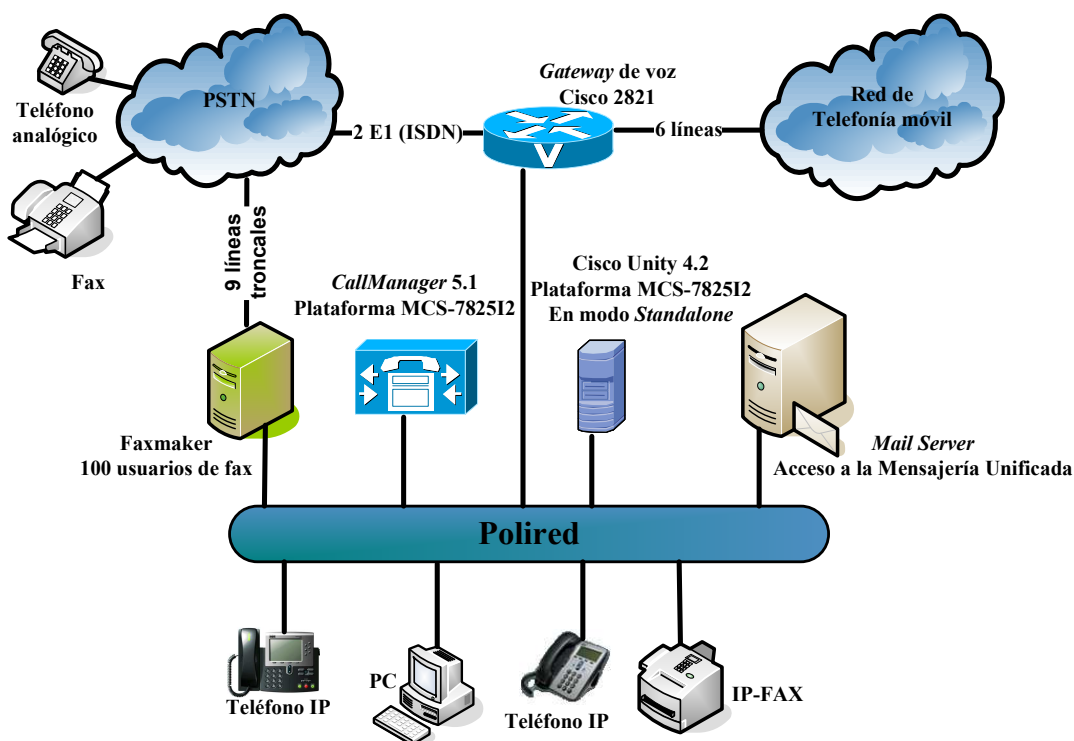


Figura 3.5 Mensajería Unificada en la EPN

La figura 3.5 muestra los dispositivos necesarios para implementar la mensajería unificada, además de los terminales que interactúan en el sistema telefónico. Como el *CallManager*, *Faxmaker*, *Cisco Unity* y *Gateway de voz* definen servicios centralizados (*común para todos los usuarios de la EPN*), se conectan directamente al *switch de core "cugi"*.

3.2.4 REDUNDANCIA

La redundancia puede abordarse desde distintos aspectos:

⁸⁴ Fuente: <http://www.gfihispana.com/pricing/pricelist.aspx?product=FAX&lang=es>

- **Redundancia de CallManager.** Debido a su naturaleza crítica dentro del sistema, todos los fabricantes recomiendan el uso de servidores de llamada redundantes, es decir mantener un servidor en “stand by” que entre en funcionamiento una vez que el principal falle. Esta operación se logra a través de un diálogo entre los servidores, a través del cual se envía constantemente una señal **“keep alive”** (*paquetes TCP*); al dejar de emitirse ésta por parte del servidor principal el de respaldo sabe que debe asumir sus funciones.

Todos los teléfonos de la red mantienen sesiones TCP activas tanto con el servidor principal como con el secundario, lo que facilita la detección de fallos y la posterior conmutación para uso del *CallManager* de respaldo. Una vez superado el problema el proceso se revierte y todos los terminales retoman la utilización del servidor principal.

Cabe aclarar que la función de redundancia de servidores debe habilitarse también en los *Gateways*, de manera que éstos sean capaces de redireccionar sus requerimientos al *CallManager* en “Stand by”, al momento de existir una falla. Esta característica conocida como “Cisco Unified *CallManager* failover redundancy” es común a todos los *Gateway* Cisco de la serie 2800⁸⁵ (*incluido el Gateway Cisco 2821, seleccionado para la EPN*) y permite que una vez perdida la comunicación con el *CallManager* principal, el *Gateway* automáticamente seleccione el siguiente *CallManager* disponible en la red.

El proceso anterior se configura dentro del *Gateway* de voz a través de un número, conocido como “prioridad” que se asigna a cada servidor de llamada. El servidor principal llevará la prioridad más alta, y el de respaldo la inmediata inferior.

⁸⁵ “Cisco 1700, 2600, 2800, 3700, and 3800 Series Voice Gateway Router Interoperability with Cisco Unified *CallManager*”. Publicación digital de Cisco, noviembre de 2006, www.cisco.com

En el caso de la EPN, al tener dos servidores se podría, por ejemplo, configurar al servidor principal con prioridad 10 y 9 al *CallManager* en *stand-by*.

- **Redundancia de sub-sistemas:** Se refiere principalmente a sistemas como proveedores de energía o equipos de administración, de cuyo funcionamiento depende el *CallManager*; en este caso se recomienda el uso de UPS y varias plataformas de gestión disgregadas por todo el sistema.

El UPS a utilizarse para el *CallManager* Cisco 7825/I2 de la EPN no debe superar la potencia máxima admitida por el servidor, que es de 350 W⁸⁶.

- **Redundancia del Gateway:** En un entorno IP todos los paquetes que salen de una red local transmitidos por terminales telefónicos o computadoras, se envían a un *Gateway* por defecto configurado en cada dispositivo; en el caso de haber daño en el mismo se permite que los dispositivos puedan usar un *Gateway* de respaldo. La forma de comunicación es similar a la redundancia de servidores.

En el caso de la EPN no se considera el uso de *Gateways* de respaldo, debido a que las extensiones al interior de la EPN son de tipo IP; es decir que un daño en el *Gateway* no afectaría la comunicación en el entorno LAN (VoIP).

- **Redundancia de medios:** Finalmente la redundancia de medios se refiere a la implementación de conexiones idénticas para dispositivos de funcionamiento crítico duplicados, en el caso de la EPN el *CallManager*.

Los enlaces redundantes pueden provocar problemas de enrutamiento, conocidos como “lazos” o “*loops*”; en esta condición los paquetes recorren

⁸⁶ Fuente: “Cisco MCS-7825-I2 Data Sheet”. Publicación digital de Cisco, diciembre de 2006, www.cisco.com

una y otra vez los enlaces en búsqueda de su destino. Para evitar este problema (*que suele causar retardos y duplicidad de los paquetes*) existen diversos protocolos, el de mayor uso es el protocolo “spanning-tree” IEEE 802.1d, que garantiza que existe uno y solo un camino activo entre dos posicionamientos de red.

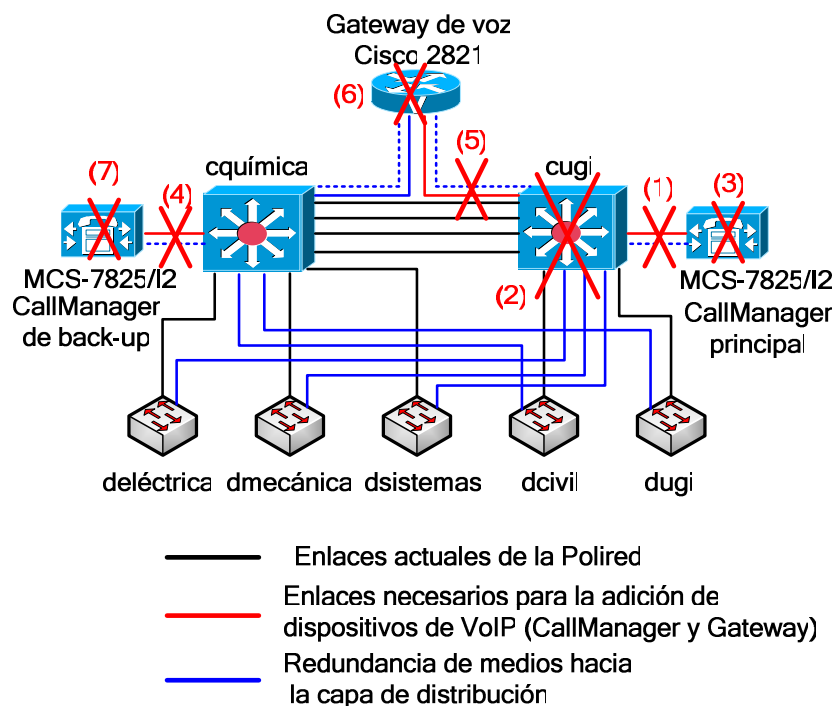


Figura 3.6 Redundancia de medios para el sistema de voz de la EPN

En el caso de la Polired existe ya redundancia de medios entre cugi-cquímica de manera que se da gran confiabilidad al *backbone* de la red; sin embargo es recomendable que ambos *switches* de *core* compartan las mismas conexiones hacia la capa de distribución, de manera que un fallo en un *switch* de *core* o en el *CallManager* principal no provoque un funcionamiento parcial del sistema. La figura 3.6 explica de mejor manera la situación en la Polired.

Los eventos considerados en la figura 3.6 son los siguientes:

1. Fallo del enlace cugi-*CallManager* principal
2. Fallo del *switch* de *core* “cugi”
3. Fallo del *CallManager* principal

4. Fallo del enlace química-*CallManager* en *stand-by*
5. Fallo del enlace cugi-*Gateway* de voz
6. Fallo del *Gateway* de voz
7. Fallo del *CallManager* de respaldo

Considerando solo la implementación de las conexiones necesarias para poner en marcha el nuevo sistema de voz (*enlaces en rojo*), el evento 1 o el evento 3 pondrían en marcha el *CallManager* de redundancia; éste entraría a gestionar llamadas de todos los usuarios (*se mantiene conectividad a la PSTN*). En este estado el evento 4 o el evento 7 serían fatales para el sistema.

Tanto el evento 1 como el evento 4 serían menos probables con la adición de un enlace redundante entre el *CallManager* y su respectivo *switch* de *core*; de igual manera se configura en los dispositivos, un enlace “activo” que es el que se usa normalmente y el de respaldo que entra en funcionamiento ante el fallo del primero.

Partiendo nuevamente de las condiciones originales (*solo los enlaces necesarios para la puesta en marcha del sistema*) el evento 2 pondría en marcha el *CallManager* de redundancia; éste entraría sólo a gestionar llamadas de los usuarios conectados a *delectrica*, *dmecanica* y *dsistemas* (*perdiendo incluso la conectividad a la PSTN*), quedando sin servicio los clientes de *dcivil* y *dugi*. Igualmente en estas condiciones, el evento 4 o el 7 dejarían inoperante al sistema de manera total.

El evento 5 y el evento 6 ocasionan desconexión con la red pública telefónica; sin embargo a través de un enlace redundante se podría hacer menos probable que el evento 5 ocurra.

Para permitir que el *CallManager* de respaldo pueda gestionar de manera total todas las funcionalidades del sistema, es necesario duplicar todas las conexiones de “cugi” en “química” (*enlaces en azul*), tanto hacia la capa distribución, como hacia el *Gateway*.

3.2.5 MIGRACIÓN

El momento de iniciar la implementación del nuevo sistema es necesaria la interconexión temporal con la red telefónica actual; para este proceso conocido como migración se usará un enlace PRI que conecta la PBX Avaya con el Gateway de voz Cisco 2821.

Se consideran cuatro modelos básicos de migración⁸⁷, dependiendo del estado actual de la red. Estos modelos están representados en la figura 3.7.

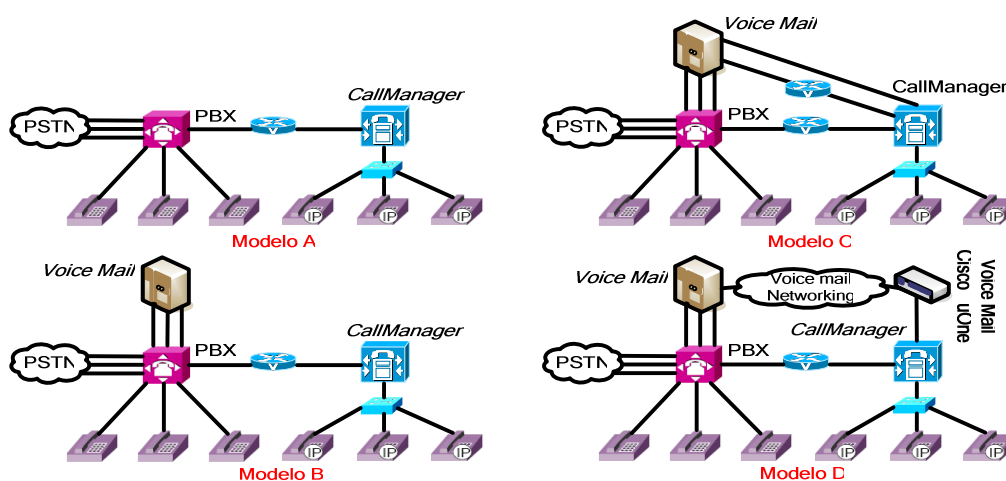


Figura 3.7 Modelos de Migración de Cisco

El modelo de migración indicado para la EPN, de acuerdo a la figura 3.7 es el modelo A, debido a que el sistema telefónico vigente carece de un buzón de voz. Tres fases se consideran en el proceso de migración:

1. **Fase piloto:** Se introduce la red de telefonía IP con un número de usuarios limitados; en este estado suele ocurrir que los usuarios retienen sus teléfonos del sistema tradicional junto a los terminales IP. De todas formas el cambio al nuevo entorno se hace de manera inmediata; cuando las pruebas piloto finalizan de manera satisfactoria, el sistema puede expandirse. Se considera para el plan piloto alrededor de un 10% de las

⁸⁷ Fuente: Cisco IP Telephony Network Design Guide

extensiones con que trabajará el sistema, en el caso de la EPN este valor está alrededor de 60 extensiones.

Por facilidad, el plan piloto se implementará en el subsuelo, planta baja, primer y segundo piso (*excepto por la Oficina de Proyectos*) del Edificio de Administración (*agrupando 57 extensiones, anexo I*), ya que allí se encuentra ubicado el *switch* de core “cugi”. Se utilizará para el efecto el *CallManager* MCS 7825/12 (*Determinación del CallManager, Numeral 2.2.2.2*), conectado vía GigabitEthernet a uno de los 25 puertos disponibles de “cugi” (*tabla 2.6*), con la configuración necesaria para proveer de servicios a 57 terminales.

Básicamente las pruebas piloto (*limitadas al entorno LAN*) se enfocan en detectar posibles problemas en la comunicación (*retardos o pérdidas de los paquetes de voz, jitter, entre otros*) y su solución. Otra tarea que se realiza en este período es la obtención del MOS (*Mean Opinion Score*) a través de encuestas realizadas a los usuarios sobre la calidad de la voz apreciada.

La figura 3.8 muestra la topología de la fase piloto para la EPN.

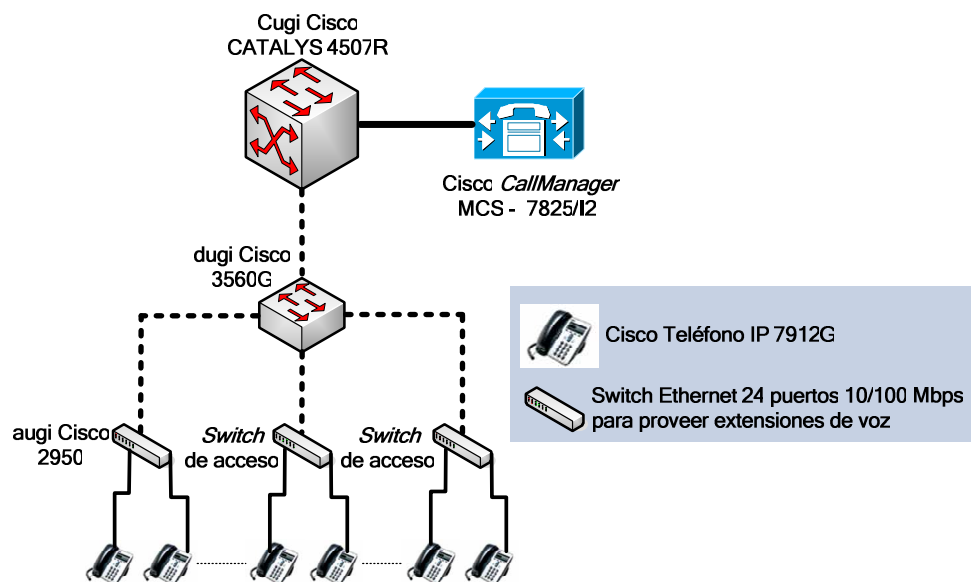


Figura 3.8 Fase Piloto para la EPN

En la figura 3.8 se consideran dos *switches* de acceso extras conectados a “dugi” (*siete puertos FastEthernet disponibles, tabla 2.6*) para proveer de conectividad a todas las extensiones previstas.

- 2. Migración de bloques de usuarios:** Un bloque de usuarios es removido (*usualmente en días no laborables*), del sistema tradicional al nuevo sistema. La selección del bloque migrado depende de la situación geográfica del grupo o su naturaleza laboral (*migración de los usuarios del edificio Matriz o todo el bloque del departamento de ventas, por ejemplo*).

En el caso de la EPN, se recomienda migrar todos los usuarios relacionados con un *switch* de distribución de una sola vez, es decir según la tabla 2.28, se efectuaría el proceso de migración en este orden:

- 154 extensiones correspondientes a dugi
- 136 extensiones correspondientes a dmecanica
- 123 extensiones correspondientes a delectrica
- 104 extensiones correspondientes a dcivil
- 101 extensiones correspondientes a dsistemas
- 18 extensiones correspondientes a cugi, y 26 extensiones correspondientes a las dependencias sin acceso a la Polired.

- 3. Migración intensa de bloques de usuarios:** El número máximo de usuarios que pueden migrarse viene determinado por el desempeño del equipo técnico que instala el nuevo sistema telefónico, y el número de fines de semana o días no laborables que tiene a disposición; en todo caso la migración debe ser lo más corta posible.

Tomando el caso de la EPN, se dispondrá de un fin de semana para migrar cada uno de los bloques de extensiones al nuevo sistema, considerando 8 horas laborables por día; el tiempo disponible en minutos será de 960 minutos (*2 días x 8 horas x 60 minutos*).

Asumiendo que cada terminal telefónico representa 15 minutos de trabajo a un técnico (en algunos casos bastaría configurar y conectar el teléfono, mientras en otros se requiere la instalación de un nuevo switch de acceso y cableado), éste podría instalar idealmente 64 teléfonos; 2 operarios 128 teléfonos, y tres 192, en el tiempo previsto (960 minutos).

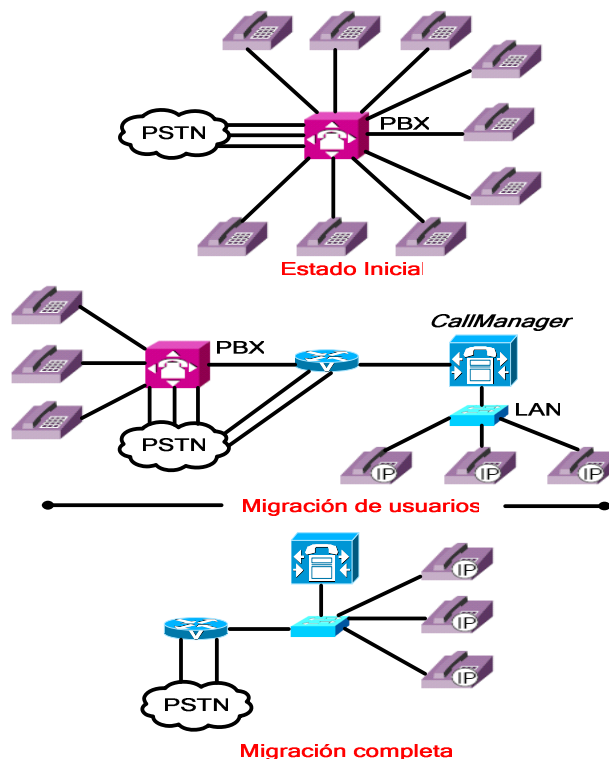


Figura 3.9 Pasos en el proceso de migración

Tomando el bloque más grande de migración que comprende 154 usuarios y entregando un margen de error en el tiempo de instalación, un equipo técnico conformado por tres personas (*bajo las condiciones expuestas*) estaría en capacidad de cumplir a satisfacción el período de migración planteado en un periodo de 5 fines de semana. La figura 3.9 muestra un esquema simplificado del proceso de migración.

Finalmente, dos inquietudes, deben resolverse:

1. ¿Deben las troncales que utiliza la PBX permanecer allí hasta el final de la migración, o deben ser movidas hacia el nuevo sistema junto con los bloques de usuarios migrados?
2. ¿En qué condiciones se dará la conexión entre la PBX actual y el entorno IP?

En cuanto a la primera inquietud se reutilizarán todos los medios y recursos que tiene la red actual; según avance el proceso de migración, las 59 troncales utilizadas por la PBX Avaya (*tabla 2.21*) deben devolverse gradualmente a Andinatel, reservando 9 líneas directas necesarias para el funcionamiento del *Faxmaker*. Referente a la segunda inquietud, la *tabla 2.36* muestra los servicios integrados de que se dispone una vez conectados el *Gateway* de voz y la PBX a través del enlace PRI.

Cuando la llamada se origina en un sistema, es pasada al otro y devuelta, de manera que dos canales del enlace son utilizados en el inicio y durante todo el tiempo que se tome la comunicación; como resultado de lo anterior es que solo 14 llamadas simultáneas (*el uso total del enlace es considerado saturación*) pueden hacerse a través del enlace PRI.

Las ventajas del modelo A (*ver figura 3.7*) incluyen una implementación fácil y barata y una re-configuración mínima en la PBX; en cuanto a las desventajas se considera una disminución en la calidad y servicios de las llamadas inter-sistemas al no utilizarse Q-SIG y además la dificultad de crear un sistema de facturación para la interacción de los dos sistemas (*aplicación innecesaria en el entorno de la EPN*).

3.3 SELECCIÓN DE EQUIPOS

A continuación se sintetizan los equipos seleccionados para el sistema telefónico de la EPN, así como los dispositivos con que cuenta la Polired que se utilizarán para la red de voz.

3.3.1 EQUIPOS SELECCIONADOS PARA EL NUEVO SISTEMA TELEFÓNICO

Como partida de este punto, se considera lo realizado en el numeral 2.2.2 a través de la solución de Cisco Systems (ver figura 2.19). Como síntesis del mismo se obtuvieron los siguientes resultados:

- Se cuenta con un procesamiento de llamada centralizado a través de un *CallManager (Call Server)*.
- El *CallManager* principal seleccionado es el MCS-7825/I2 “estándar de alto rendimiento” con las siguientes características de *hardware*: 2 GB en RAM y procesador Intel D, *dual core* de 2.8 Ghz. El *release* o versión del *software* es el *CallManager* 5.1. Este *CallManager* estará conectado al *switch* “cugi”.
- Se dispone de redundancia local a través de un *CallManager* con *software* y *hardware* de similares características que el principal, conectado al *switch* de *core* “*cquimica*”.
- El *Gateway* de voz seleccionado es el Cisco 2821 que maneja la *suite* de protocolos H.323; tiene capacidad para 36 puertos FXO, 12 enlaces T1/E1 y soporta hasta 88 llamadas simultáneas hacia la PSTN u 80 en el caso de utilizar encriptación SRTP. Soporta redundancia de servidores y SRST en el caso de utilizarse en sitios remotos. La versión mínima requerida del IOS Cisco de la red es 12.1(2) y la versión del *CallManager* 3.0 (5a).

Inicialmente las interfaces disponibles en el *Gateway* serán:

- Dos interfaces T1/E1 con señalización ISDN, para acceso a la PSTN
 - Una interfaz T1/E1 *trunk* para conexión a la PBX actual de la EPN
 - Dos módulos de 4 puertos FXO cada uno, para conexión de las 6 bases celulares
 - Un paquete de 64 canales DSP, para soporte de los dos enlaces T1/E1 (60 llamadas simultáneas, 2E1)
- El sistema es IP en su totalidad, a través de 580 terminales Cisco 7912G para usuarios comunes, 56 Cisco 7960G para usuarios a nivel ejecutivo, un terminal 7970G con un módulo de expansión de teclas 7914 para la

operadora general, seis terminales 7970G para operadoras secundarias y 13 adaptadores telefónicos (2 puertos RJ-11 cada uno) para la integración de las extensiones sin acceso a la Polired (26).

Respecto a la mensajería unificada, a través del numeral 3.2.3 (*Servicios suplementarios*) se obtuvieron los siguientes equipos:

- El servicio de *voice mail* se implementa a través del Servidor Cisco *Unity* 4.2, en modo *standalone* con soporte para 1000 usuarios.
- El servicio de fax es integrado a través de un servidor genérico de marca “*Faxmaker*”, equipado para dar servicio a 100 usuarios del nuevo sistema (con prioridad para las 56 autoridades de la EPN), con envío/recepción de facsímiles. El estudio arrojó como resultado la necesidad de adquirir 9 líneas troncales para el servidor de fax.

Los módulos *Brooktrout* TR1034+P8-8L-R 8-PT V.34⁸⁸ compatibles con *Faxmaker* están equipados con 8 puertos, razón por la cual se decide trabajar con un solo módulo; la adquisición de un nuevo módulo por una sola línea troncal no es recomendable, tanto por el costo como por el mantenimiento de 7 puertos del servidor sin uso alguno. El impacto de usar 8 líneas en lugar de 9 sobre el servicio de fax provoca un valor en el GoS del 2%.

3.3.2 EQUIPOS REUTILIZABLES

El nuevo sistema de voz utilizará, todo el “esqueleto” de la Polired para proveer de conectividad a los usuarios propuestos; es decir tanto el cableado como los *switches* a nivel de *core*, distribución y acceso son utilizados en el sistema telefónico.

En las dependencias de la EPN en donde no se provea el suficiente número de puertos para la conexión de terminales telefónicos es necesaria la adición de nuevos *switches* de acceso. La figura 3.10 muestra recomendaciones para los

⁸⁸ Fuente: <http://www.securemart.com/cgi-bin/future/process.html?id=JQuKhCuq>

nuevos *switches* de acceso de la Polired, con el fin de garantizar el reconocimiento, priorización y clasificación de tráfico de VoIP.

Para mantener la homogeneidad de la red y proveer de QoS al tráfico de voz, debería procurarse utilizar el mismo modelo de *switch* de capa de acceso de la Polired, Cisco 2950 (*soporta QoS 802.1p*).

Los terminales analógicos de las oficinas de la EPN que vayan migrando al nuevo sistema telefónico pueden ser utilizados por las dependencias sin acceso a la Polired, que obtendrán servicio a través de adaptadores telefónicos (*26 teléfonos analógicos re-utilizados*).

En el numeral 3.2.3, correspondiente a servicios suplementarios se describieron los requisitos necesarios del servidor que alberga el *software* del *Faxmaker*, mientras que en la tabla 2.7 se establecieron las características del servidor DHCP de la EPN. La tabla 3.6 reúne estos datos.

	Sistema operativo	Memoria RAM [Kbytes]	Procesador	Slots PCI disponibles
DHCP	<i>Windows Server 2003</i>	256	Pentium IV	2
Requisitos FaxMaker	<i>Windows Server</i>	256	Pentium III o procesador de 800 MHz.	1.

Tabla 3.6 Servidor DHCP y Requisitos para *FaxMaker*

Como se puede ver en la tabla 3.6, el servidor DHCP de la Polired reúne las características que pide el fabricante del *Faxmaker*, además el tiempo de préstamo de direcciones IP configurado en el DHCP es de seis meses, lo que provoca un bajo consumo de los recursos del servidor. Como conclusión de lo anterior el servidor DHCP de la EPN puede albergar sin problemas el *software Faxmaker* y convertirse en servidor de fax, constituyéndose en un equipo reutilizable para el nuevo sistema telefónico.

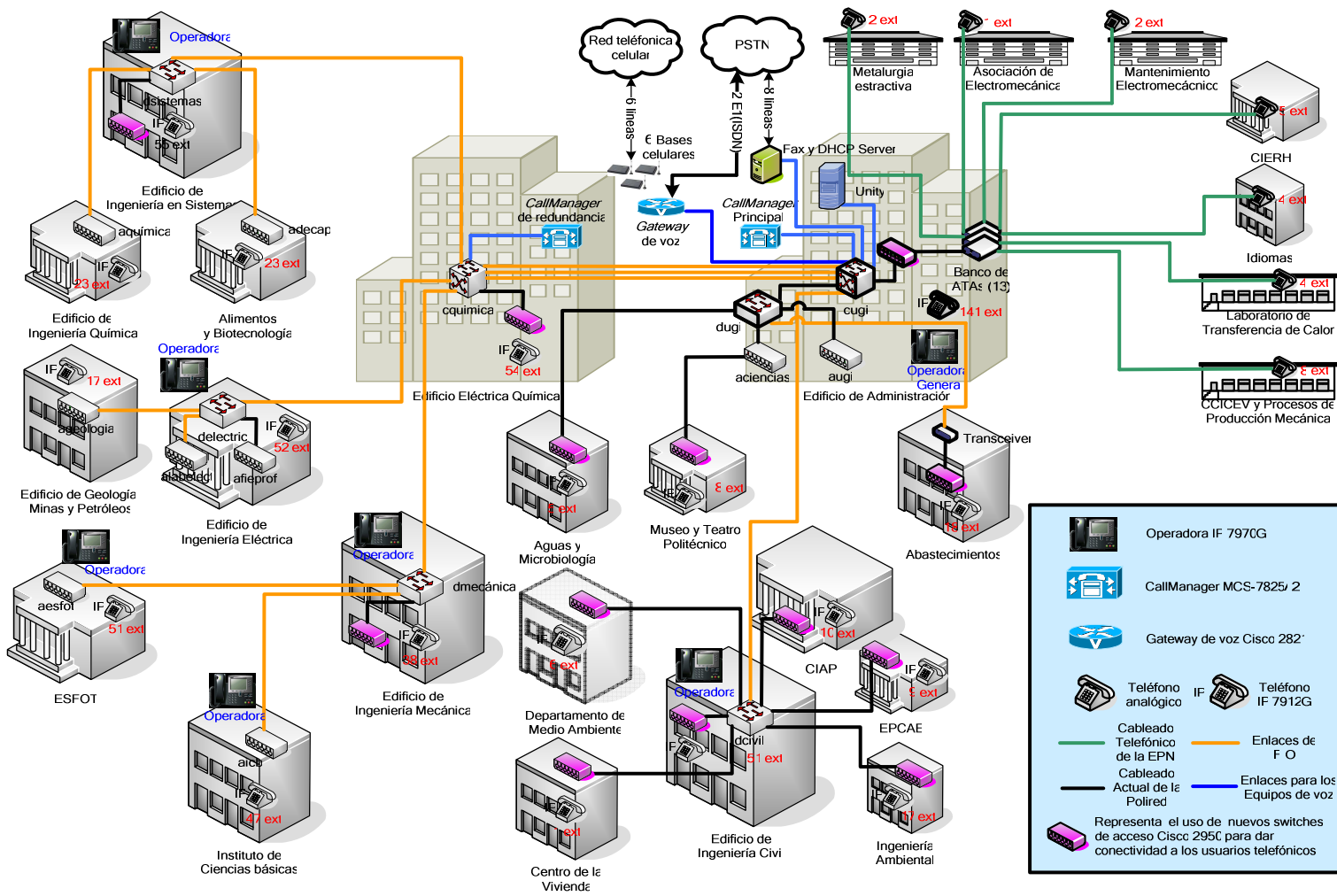


Figura 3.10 Esquema general del sistema telefónico propuesto

En la figura 3.10 se expone el esquema general de la red integrada de voz y datos diseñada.

3.4 CONFIGURACIÓN BÁSICA DE LOS EQUIPOS

A continuación se describe el proceso de configuración básica de los elementos principales para poner en marcha el nuevo sistema telefónico de la EPN, así como la implementación de diversos parámetros tanto en los puertos de los *switches* de acceso, como en los de distribución para la vinculación de VoIP en la Polired.

3.4.1 CONFIGURACIÓN DEL *CALLMANAGER*⁸⁹

El *software CallManager* permite tanto la configuración del servidor de procesamiento de llamada, como la configuración de dispositivos IP (*como teléfonos o Gateways*) y aplicaciones multimedia. Aplicaciones adicionales de voz, datos y video como la mensajería unificada, conferencias multimedia o IVRs son administrados a través del API (*Interfaz de programación de aplicación*) del Cisco *CallManager*.

La configuración del servidor se hace a través del programa de administración del *software CallManager*; el acceso a este paquete de administración se hace vía-*browser* desde cualquier terminal de la red, que no sea el mismo servidor de procesamiento de llamada (*no existe software de navegación en el CallManager*) ni el servidor WEB del sistema. El programa de administración de Cisco *CallManager* soporta los siguientes navegadores:

- *Microsoft Internet Explorer (IE) 6.0 o superior*
- *Netscape 7.1 o superior*

El ingreso al *CallManager* vía-*browser* cubre los siguientes pasos:

⁸⁹ Fuente: *Cisco Unified CallManager Administration Guide 5.0, 2006*

- 1.- Inicie la aplicación de navegador en su computador
- 2.- Ingrese la siguiente URL, en la barra de direcciones del navegador:
`https://<Nombre-servidor-CM>:{8443}/ccmadmin/showHome.do`
Donde <Nombre-servidor-CM>, representa el nombre o la dirección IP del servidor.
- 3.- Aparece en este momento un diálogo de seguridad (dé *clic en la opción apropiada*), y después la petición de ingreso de contraseña del usuario, especificada durante la instalación del *software CallManager* en el servidor; ingrese el nombre de usuario y el *password*, y dé click en **Submit**.
- 4.- Si el ingreso fue correcto, aparecerá la ventana del programa de administración del *CallManager*. Por razones de seguridad el programa requiere que cada 30 minutos se ingrese nuevamente el usuario y la contraseña.
- 5.- Para dejar el programa de administración basta con usar el botón **Log Off** de la ventana principal del mismo.

Varios paquetes del *software CallManager* soportan el uso de HTTPS, incluido el programa de administración del servidor. A través de HTTPS se da seguridad a la comunicación entre el cliente y el WEB Server de la organización por medio de certificados de autenticación y encriptación de la comunicación; esto permite además que tanto el nombre de usuario como la contraseña del sistema no puedan ser accedidos por agentes externos.

El programa de administración maneja el interfaz clásico de ventanas, así como las combinaciones de teclas de atajo usadas en *Windows*, (*Alt+Tab para navegar entre las opciones del menú, por ejemplo*) permitiendo manejar el programa incluso sin un ratón.

El programa de administración del *software CallManager* permite configurar servidores Cisco existentes en la red. El primer paso para configurar el servidor es

su adición o búsqueda dentro del sistema. En el primer caso se adicionan servidores en el programa de administración de la siguiente manera:

- Escoja **System**, después **Server** y dé clic en **Add new**.

En este momento se abre la ventana de configuración del servidor, en donde el administrador debe ingresar varios parámetros, éstos se describen en la tabla 3.7. (Los valores para la EPN, tomados del direccionamiento IP se muestran entre corchetes).

Campo de Información del Servidor	Descripción
Host Name/Dirección IP [CallManager EPN 172.31.46.1/24]	En el caso de usar un servidor DNS se puede usar el nombre de <i>host</i> del <i>CallManager</i> , caso contrario se debe ingresar la dirección IP completa del servidor. Nota: La información de nombre y dirección IP del <i>CallManager</i> debe ser actualizada en el servidor DNS antes de ser utilizada aquí.
Dirección MAC	Opcional, es recomendable ingresar la dirección MAC de la NIC del <i>CallManager</i> solo si el sistema requiere constantes cambios de ubicación del servidor de llamada, de manera que los dispositivos puedan siempre identificar al mismo gracias a la MAC, cualquiera sea su ubicación
Descripción [Servidor centralizado de llamada de la EPN]	Opcional, es una breve descripción del servidor.

Tabla 3.7 Parámetros de configuración de un servidor

La búsqueda de servidores se debe a que varios pueden coexistir dentro de una red; el *software* Cisco *CallManager* permite localizar servidores específicos (*un CallManager de un cluster ó Cisco Unity*) desde un terminal de la red, a través de varios criterios. Los siguientes pasos permiten descubrir servidores dentro de una red:

- Escoja la opción **Server** dentro del menú **System** del programa de administración del *CallManager*; como respuesta se despliega la ventana **Find and List Servers**, la cual permite configurar criterios de búsqueda de servidores, ya sea por: nombre, dirección IP, descripción, etc.
- Una vez definida la búsqueda dé clic en el botón **Find**
- Se despliega una lista de servidores que cumplen con los criterios de búsqueda, clasificados por su nombre/dirección IP y descripción.

- De la lista se toma el servidor al que se desea administrar, abriéndose en ese momento la ventana de configuración de servidor con los parámetros ya descritos en la tabla 3.7.

La ventana de configuración del Cisco *CallManager* muestra otros parámetros a ser ingresados por el administrador, los cuales se describen en la tabla 3.8.

Campo	Descripción
Información del Servidor	
Servidor Cisco <i>CallManager</i> [MCS-7825/I2]	Campo de sólo lectura muestra la plataforma del servidor, en donde está instalado el <i>software CallManager</i> .
Nombre del Cisco <i>CallManager</i> [<i>CallManager</i> EPN]	Se ingresa el nombre que se desea asignar al <i>CallManager</i>
Descripción	Breve descripción de las tareas y funciones del servidor.
Información de auto-registro	
Número inicial de directorio [1]	Ingreso del primer número del directorio de uso en el autoregistro de dispositivos.
Número final de directorio [1]	Ingreso del último número del directorio de uso en el autoregistro de dispositivos. Nota: El ingreso de un rango válido de números de directorio a través del número final e inicial automáticamente activa el autoregistro ⁹⁰ . Si los valores, inicial y final del directorio son iguales el autoregistro se considera deshabilitado.
Partición [None]	Si no se va a utilizar particiones escoja <None>. Si está utilizando particiones, escoja la partición a la cual pertenecen los números de directorio de autoregistro (Menú desplegable). Nota: Solo una vez activado el autoregistro, el programa permite la selección de una partición o máscara exterior para número telefónico.
Máscara exterior para número telefónico	Especifica la máscara que se coloca como prefijo en el identificador de llamante (<i>Caller ID</i>), para todas las llamadas al exterior realizadas desde dispositivos con autoregistro. <ul style="list-style-type: none"> - La máscara puede contener hasta 50 caracteres. - Se ingresan los números que se desean como prefijos, y se representan con X el número de directorio del dispositivo con autoregistro. Ejemplo: Si se especifica una máscara de 122109XXXX, una llamada desde el teléfono IP con autoregistro, con extensión 1234 hacia el exterior, despliega el siguiente número de <i>Caller ID</i> : 1221091234.
Deshabilitar el autoregistro en el Servidor <i>CallManager</i> [Deshabilitado]	El autoregistro está deshabilitado por defecto para prevenir conexiones no autorizadas a la red, la habilitación o no de este servicio puede hacerse de varias formas: <ul style="list-style-type: none"> - Para habilitar el autoregistro retire la marca del cuadro “<i>Auto-registration Disabled</i>” - Configurando el valor inicial y final del directorio con el mismo número deshabilita el autoregistro.

⁹⁰ El autoregistro permite que al conectar en la red, un dispositivo IP como un teléfono, se registra en el *CallManager* automáticamente y obtiene parámetros básicos de funcionamiento como su número de extensión, esto simplifica la conexión de nuevos terminales (no se *configuran los números del directorio de manera manual cuando se adiciona un nuevo teléfono*), pero se pierde control sobre el plan de numeración, en especial en sistemas de procesamiento centralizados.

Campo	Descripción
Parámetros del puerto TCP para este <i>CallManager</i>	
Puerto telefónico Ethernet [2000]	El <i>CallManager</i> utiliza este puerto para comunicarse con los Teléfonos IP de Cisco (sólo SCCP) dispersos en la red. -Acepte el valor por defecto de 2000, a menos que este puerto esté ya utilizado en su sistema; el valor 2000 etiqueta al puerto como “sin seguridad” -Asegúrese que todas las entradas al puerto son únicas (no duplicadas). -El rango válido para asignación de número de puertos va desde 1024 a 49151.
Puerto de escucha [2427]	El <i>CallManager</i> usa este puerto TCP para detectar mensajes provenientes de un <i>gateway</i> . - Acepte el valor de puerto por defecto de 2427 a menos que este número de puerto esté ya utilizado en su sistema. - Asegúrese que todas las entradas al puerto son únicas. - El rango válido para asignación de número de puertos va desde 1024 a 49151.
Puerto de mensajes “keep-alive” [2428]	El <i>CallManager</i> usa este puerto TCP para intercambiar mensajes “keep-alive” con un <i>gateway</i> . - Acepte el valor de puerto por defecto de 2428 a menos que este número de puerto esté ya utilizado en su sistema. - Asegúrese que todas las entradas al puerto son únicas. - El rango válido para asignación de número de puertos va desde 1024 a 49151.
Puerto telefónico SIP [None]	Este campo especifica el número del puerto que el <i>CallManager</i> usará para escuchar los registros de líneas SIP vía TCP y UDP.
Puerto telefónico SIP con seguridad [None]	Este campo especifica el número del puerto que el <i>CallManager</i> usará para escuchar los registros de líneas SIP vía TLS (<i>Transport Layer Security, Seguridad en capa de transporte</i>).

Tabla 3.8 Parámetros de configuración para el Cisco *CallManager*

Una vez ingresados todos los valores de la tabla 3.8 en la ventana de configuración del *CallManager*, el servidor está listo para funcionar, sin embargo es recomendable configurar el servidor para el uso de los servicios que el mismo presta por defecto.

A continuación se describe los servicios por defecto del *CallManager*:

- **Alarms (Alarmas):** Permite grabar las alarmas generadas por el sistema, durante la resolución de desperfectos, además de definir la forma en que el sistema entrega los mensajes de alerta.

- **Trace (Prueba):** Permite guardar los archivos de prueba de servicios para resolución de problemas en el futuro, además se puede configurar los parámetros de las pruebas y analizar la información obtenida.
- **Control Center (Centro de Control):** Visualiza el estado de los servicios del *CallManager*, a través del *Control Center* el administrador puede poner en marcha o detener un servicio.
- **Admin Serviceability Tool (AST, Herramienta para administración de funcionalidades):** Monitorea en tiempo real los componentes de un *cluster* de *CallManager*.

Para la activación/desactivación de los servicios que presta el *CallManager* se siguen los siguientes pasos:

- Escoja el menú **Aplication** en el administrador del Cisco *CallManager* y seleccione **Cisco CallManager Serviceability**, como respuesta se visualiza la ventana de funcionalidades del *CallManager*.
- En esta ventana seleccione:
 - **Alarm** y después **Configuration** para configuración y puesta en marcha de las alarmas.
 - **Trace** y después **Configuration** para configuración y activación de la herramienta *Trace*.
 - **Tools** y después **Control Center** para visualizar el estado del *CallManager* y sus servicios.
 - **Tools** y después **Admin serviceability Tool** para seleccionar los parámetros de monitoreo de *cluster* (*vienen parámetros ya definidos por defecto*) y poner en marcha el servicio.

Una vez configurado el *CallManager*, el *software* de administración puede utilizarse para configurar los elementos de la red con que el servidor interactúa, principalmente el *Gateway* y los teléfonos IP.

3.4.2 CONFIGURACIÓN DEL GATEWAY⁹¹

Para configurar el *Gateway* del sistema, primero se configuran todos los interfaces del mismo a través de CLI y después se lo debe adicionar a la base de datos de configuración del *CallManager* Cisco. La adición, las ventanas y los parámetros de configuración varían en función de la plataforma del *Gateway* a agregar.

El procedimiento para adicionar un nuevo *Gateway* en el *CallManager* se describe a continuación:

- En la ventana principal del programa de Administración del *CallManager*, se escoge el menú **Device** y dentro de este **Gateway**, como respuesta se despliega un listado de *gateways* con sus características (“*Find and list Gateways window*”).
- Seleccione el botón **Add new** se despliega la ventana de adición de un nuevo *gateway*.
- Del menú de selección visualizado, escoja el *gateway* que desea adicionar al *CallManager*, ciertos campos como el protocolo IP a utilizarse del dispositivo (“*Device protocol*”) podrían llenarse automáticamente luego de seleccionar la plataforma del *Gateway*.
- Pulse el botón **Next**, para visualizar la ventana de configuración del *gateway* respectivo.

En este punto nacen las diferencias de configuración tanto por las diversas plataformas de *gateway* de Cisco, como por el protocolo de comunicación *CallManager-Gateway* utilizado (*MGCP*, *SCCP* o *H.323*).

La tabla 3.9 muestra los parámetros respecto al dispositivo a ingresar por el administrador de red, solicitados por la ventana de configuración, para un *Gateway* 2821 con protocolo H.323, lo que corresponde al caso de la EPN.

⁹¹ Fuente: *Cisco Unified CallManager Administration Guide* 5.0, 2006

Campo	Descripción
Nombre del dispositivo [Gateway de voz 172.31.46.2/24]	Se usa para ingresar la dirección IP, y un nombre único con el que el <i>CallManager</i> identifica el dispositivo.
Descripción [Gateway de voz de la EPN]	Una descripción breve sobre el propósito del dispositivo.
Pool del dispositivo	Se selecciona el <i>pool</i> apropiado según el dispositivo, se proporciona un conjunto de propiedades según el elemento, por ejemplo configuración por autoregistro, Sincronización con un servidor de hora del sistema, etc.
Clasificación de llamada [Por defecto]	Este parámetro determina cuando una llamada entrante que está usando este <i>gateway</i> es considerada fuera de la red (<i>Offnet</i>) o dentro de la red (<i>OnNet</i>). Si se deja este parámetro como por defecto, el propio <i>CallManager</i> clasifica las llamadas. Este campo provee un tono de alerta <i>OnNet</i> o <i>OffNet</i> dependiendo del tipo de llamada.
Listado de grupos de recursos multimedia	Esta lista provee prioridad entre agrupaciones de recursos multimedia. Por ejemplo, una aplicación, que requiere un servidor MoH, revisa en esta lista el de mayor prioridad y lo utiliza.
Localización [None]	Escoja la localización apropiada para el dispositivo, la localización especifica el ancho de banda total disponible para las llamadas desde y hacia esta localización. Una localización en <None> indica no mantener un control en el ancho de banda que el dispositivo consume.
Puerto de señalización [1720]	El valor indica el puerto de señalización H.225 que utilizará el dispositivo. El valor por defecto es 1720. El rango válido va desde 1 hasta 65535.
MTP requerido [desactivado]	Parámetro de uso de H.323v1 para solventar funciones como espera y transferencia, en el caso de usar H.323v2 hay que mantenerlo desactivado.
SRTP permitido [deshabilitado]	Permite el uso de llamadas seguras en el <i>gateway</i> , los paquetes de voz RTP son encriptados.

Tabla 3.9 Parámetros básicos de configuración de un Gateway H.323

Para que la configuración de un dispositivo entre en marcha suele ser necesario resetear el equipo. Por esta razón el administrador de *CallManager* permite reiniciar el equipo desde el terminal del administrador de red, de la siguiente forma:

- Escoja **Device** y luego **Gateway**
- Realice el proceso de búsqueda y selección del *gateway* a restaurar.
- Pulse el botón **Reset Selected**; como resultado se muestra la ventana de Reset, con las siguientes opciones a seleccionarse:
 - **Restart**: Reinicia el equipo sin apagarlo.
 - **Reset**: Apaga el equipo y lo enciende nuevamente.
 - **Close**: Regresa a la ventana anterior sin realizar ninguna acción.

3.4.3 CONFIGURACIÓN DE LOS TERMINALES ⁹²

El programa de administración del *CallManager* 5.1 posee la capacidad para realizar la configuración de los siguientes terminales y dispositivos IP:

- Teléfonos IP Cisco Unified serie 7900 para protocolos SCCP y SIP. (*Serie a la que pertenecen los terminales considerados para la EPN, 7912G, 7960G y 7970G*)
- Video teléfono Cisco IP 7985
- Teléfono IP Cisco modelo 30 VIP
- Teléfono IP Cisco modelo 12 S
- Teléfono IP Cisco modelo 12 SP
- Teléfono IP Cisco modelo 12 SP+
- Teléfono IP Cisco modelo 30 SP+
- Cliente H.323
- Puertos de integración Informática-Telefonía (*Computer Telephony Integration, CTI*)
- Comunicador IP Cisco
- Intercomunicador personal Cisco *Unified*
- Adaptador telefónico Cisco 186
- Puertos Cisco VG248 (*teléfonos analógicos*)

La configuración de los teléfonos se hace de dos maneras, por auto-registro y de manera manual a través de la ventana de configuración de terminales IP del administrador del *CallManager*. El auto-registro permite que un teléfono obtenga un número de extensión y conectividad apenas es conectado a la red; el uso de esta configuración se recomienda al momento de probar el funcionamiento de la red o en planes pilotos previos a la implementación de un proyecto. La configuración manual, mientras tanto permite relacionar el teléfono considerado con su número de extensión, y no es vulnerable al ingreso de agentes ajenos a la red como el sistema de auto-registro.

⁹² Fuente: *Cisco Unified CallManager Administration Guide 5.0*, 2006

Desde la ventana del administrador del *CallManager* se realizan los siguientes pasos para configuración de un teléfono:

- Elegir el menú **Device** y posteriormente **Phone**
- Se despliega un listado ("*Find and list phone window*") para ingreso de criterios de búsqueda de terminales IP en la red. En este punto se pueden realizar cuatro tareas:
 - Para copiar un teléfono ya existente, se realiza la búsqueda en el sistema, y se copia sobre el nuevo terminal que se quiere adicionar con el botón **Copy**.
 - Para copiar un teléfono ya existente, y copiar la configuración de sus servicios como: marcado rápido, indicador de mensaje en espera, etc. se busca el teléfono a copiar y se usa el botón **Copy w/Lines**.
 - Para adicionar un nuevo teléfono en la ventana de búsqueda de terminales se usa el botón **Add new**, como respuesta se despliega un listado de los teléfonos soportados por el *CallManager*, se escoge un modelo y posteriormente el protocolo del dispositivo (*SCCP en el caso de los terminales Cisco de la EPN*).
 - Para modificar un teléfono ya existente, se realiza la búsqueda del mismo y se lo selecciona del listado de resultados de búsqueda. (*Las modificaciones toman efecto, después de resetear el teléfono*).
- En este momento (*para las cuatro opciones*) se abre la ventana de configuración del teléfono (*los parámetros de configuración varían según el dispositivo*), una vez ingresados los parámetros por el administrador, se graban los cambios con el botón **Save**.

La tabla 3.10 muestra los principales parámetros de configuración de un terminal IP:

Campo	Descripción
Dirección MAC	Se ingresa la dirección MAC del teléfono (<i>sólo hardphones</i>), asegúrese que se ingresan 12 dígitos hexadecimales.
Nombre del dispositivo	Ingrese un nombre con que el <i>CallManager</i> reconocerá al teléfono, se pueden ingresar hasta 15 caracteres alfanuméricos.
Descripción	Identifica el propósito del terminal, en este campo se puede colocar el nombre del usuario o la ubicación del teléfono (recepción, por ejemplo).
Pool del dispositivo	El <i>pool</i> setea características para un grupo de dispositivos, como fecha/hora, región, etc.
Plantilla de teclas del teléfono	La plantilla de teclas define la configuración de botones del teléfono y el servicio asociado a los mismos, como toma de línea, marcado rápido, etc.
Plantilla de <i>softkey</i>	Define el funcionamiento de las teclas virtuales del teléfono, si la plantilla de <i>softkey</i> está definida en el <i>pool</i> del dispositivo hay que dejar este campo en blanco.
Listado de grupos de recursos multimedia	Esta lista provee prioridad entre agrupaciones de recursos multimedia. Por ejemplo, una aplicación, que requiere un servidor MoH, revisa en esta lista el de mayor prioridad y lo utiliza.
Localización	Permite limitar el ancho de banda dedicado a llamadas desde y hacia un teléfono, si se setea en <i><Hub_None></i> significa que no se realiza control del ancho de banda consumido.
Bridge integrado	Los teléfonos 7960G solo pueden mantener conferencia sin encriptación, esta opción se habilita automáticamente
SRTP requerido	Permite que el teléfono trabaje con encriptación de paquetes de voz. IPsec ⁹³ debe ser configurado para proveer seguridad en toda la red.
Recepción DTMF requerida	Para teléfonos SCCP (<i>como en la EPN</i>) o SIP esta opción debe estar habilitada.
Módulo 1	Se escoge el módulo de extensión apropiado (<i>En el caso de las operadores de la EPN, se selecciona el módulo 7914</i>).
Descargar Módulo 1	Permite cargar el <i>software</i> de operación del módulo, de ser necesario.
Módulo 2	Se escoge el segundo módulo de extensión, de existir.
Descargar Módulo 2	Permite cargar el <i>software</i> de operación del módulo 2, de ser necesario.

Tabla 3.10 Parámetros básicos de configuración de un teléfono IP

En el caso de descartar un teléfono del sistema, se debe retirar su información de la base de datos del *CallManager*, en este caso el proceso a seguirse es el siguiente:

- Escoja **Device** en la ventana principal del administrador de *CallManager*, y después **Phone**.
- Seleccione los parámetros de búsqueda del Terminal y pulse **Find**.

⁹³ IPsec (*Seguridad IP*) .- “Túneles” virtuales creados dentro de VPNs (*Redes privadas vituales*) para enviar información encriptada, se suele usar para transmisión de señalización entre dispositivos, por ejemplo un *CallManager* y un *gateway* remoto.

- Elija el teléfono que desea eliminar y pulse **Delete selected**, o si desea borrar todos los terminales de la ventana pulse **Select All** y después **Delete Selected**, como respuesta aparecerá un cuadro de texto, pulse **OK**.

Para que los cambios realizados en la configuración de un teléfono se lleven a efecto es necesario resetear el terminal, para realizar esta tarea se efectúa el siguiente proceso:

- Busque y seleccione el teléfono (o teléfonos) a través de la herramienta **Find** del administrador de *CallManager*.
- Pulse **Reset selected**, aparecerá la ventana de reseteo de dispositivo.
- Se consideran tres opciones:
 - **Restart**: Reinicia el equipo sin apagarlo.
 - **Reset**: Apaga el equipo y lo enciende nuevamente.
 - **Close**: Regresa a la ventana anterior sin realizar ninguna acción.

3.4.4 CONFIGURACIÓN DE LOS SWITCHES DE LA POLIRED ⁹⁴

Para la configuración de los switches de acceso (*Cisco 2950*) y distribución (*Cisco 3560G*) se utiliza el interfaz de líneas de comando (CLI); es decir a través de un terminal conectado vía consola, puerto, serial o telnet se configura al switch a través de un conjunto de comandos escritos por líneas. Este tipo de configuración es común a muchos dispositivos de *internetworking*, como *routers*, *bridges* y *switches* administrables.

Como se citó, es importante que la red integrada mantenga en diferentes VLANs la voz y los datos; esto además de permitir gestionar de mejor manera el ancho de banda para cada aplicación consigue seguridad, ya que se puede restringir el acceso a la VLAN de voz.

La configuración actual de la Polired, permite la creación de VLANs en los switches de distribución, para que éstos los reproduzcan automáticamente en los switches de la capa de acceso. La configuración de las siete VLANs de voz a

⁹⁴ Fuente: www.cisco.com/application/pdf/en/us/guest/netsol/ns439/c664/cdccont_0900aecd800e856b.pdf

usarse en la EPN es prácticamente la misma. Por ejemplo para la VLAN *voz_electrica*, la configuración en el *switch* de distribución *delectrica* sería la siguiente:

```
delectrica>enable
Password: xxxxxxxx
delectrica# vlan database
delectrica(vlan)# vlan 10 name voz_electrica
delectrica(vlan)# exit
```

Para las demás LAN virtuales de la Polired basta con asignar en cada *switch* de distribución los números y nombres correspondientes. Todas las VLANs creadas en la capa de distribución se crean automáticamente en la capa de acceso.

Para el nuevo sistema telefónico de la EPN se tomaron en cuenta los terminales Cisco IP 7912G para el usuario común, y 7960G para las autoridades; estos modelos poseen dos puertos ethernet (*uno para la conexión a la red y el otro para conexión de un PC*), permitiendo mantener el cableado y un ahorro de puertos en la capa de acceso. Sin embargo, el que el teléfono y el computador del usuario obtengan acceso a la Polired a través del mismo puerto del *switch* de acceso, hace necesario que tanto los paquetes de la VLAN de voz como de datos fluyan por el mismo puerto.

Se pueden asignar los puertos de un *switch* ya sea a la VLAN de voz, datos o ambas a través de configuraciones *macro SmartPort* (*puertos inteligentes*), los cuales definen ciertos parámetros (*seguridad, auto-negociación QoS con el teléfono IP, QoS en modo trust, STP, etc.*) que permiten optimizar el flujo de tráfico telefónico y de datos en la red.

La tabla 3.11 muestra los *SmartPort* empleados para la configuración de los *switches* de la Polired.

<i>SmartPort</i>	Configuración	Descripción
Cisco <i>Phone</i>	Switch(config)#interface range f0/4 Switch(config-if-range)#macro apply cisco-phone \$AVID 2 \$VVID 10	Se emplea cuando un teléfono IP y un PC comparten un puerto. \$AVID se refiere a la VLAN de datos (VLAN 2) y \$VVID a la de voz. (VLAN 10)
Cisco <i>Desktop</i>	Switch(config)#interface range f0/4 Switch(config-if-range)#macro apply cisco-desktop \$AVID 2	Se lo utiliza cuando un PC está conectado directamente al puerto del <i>switch</i> .
Cisco <i>Switch</i>	Switch(config)#interface g0/1 Switch(config-if-range)#macro apply cisco-switch \$NVID 1	Permite configurar el puerto de <i>trunk</i> para tráfico de voz y datos, además de reducir los tiempos de convergencia. Identifica la VLAN nativa mediante la variable \$NVID y configura QoS en modo <i>trust</i> .
Cisco <i>Router</i>	Switch(config)#interface g0/1 Switch(config-if-range)#macro apply cisco-router \$NVID 999	Permite tener políticas de QoS de extremo a extremo, es empleada en la interfaz de enlace con el <i>Gateway</i> de voz.

Tabla 3.11 Configuraciones macro *SmartPort*

En la capa de acceso se emplean los macros *Cisco Phone* y *Cisco Desktop* para configurar los puertos donde se encuentren los teléfonos IP y PCs, dependiendo si comparten o no un puerto del *switch*. En el caso de los 26 adaptadores se emplea el macro *SmartPort* con la modificación que los números de la VLAN de voz y datos deben coincidir, por ejemplo:

```
Switch(config)#interface range f0/4
```

```
Switch(config-if-range)#macro apply cisco-phone $AVID 10 $VVID 10
```

Los puertos *trunk* hacia los niveles de Distribución y *Core* se configuran con el macro *SmartPort Cisco Switch*, para transmitir flujos correspondientes a VLANs de datos y voz definidas en el *switch*.

En la interfaz de conexión del *switch* de *core cugi* al *Gateway* de voz Cisco 2821 se emplea el macro *Cisco Router* obteniendo las ventajas descritas en la tabla 3.11. Además se debe asignar los puertos correspondientes al *Gateway* de voz, *CallManager*, *Faxmaker*, *Unity* y operadora general a la VLAN de voz “voz_ugi”, como se muestra a continuación:

```
Switch(config)#interface range f0/4
```

```
Switch(config-if-range)#switchport mode access
```

```
Switch(config-if-range)#switchport access vlan 10
```

3.5 GESTIÓN, ADMINISTRACIÓN Y SEGURIDAD DE LA RED

Cisco permite un manejo de gestión y administración del sistema telefónico a través de herramientas por defecto, que forman parte del *software* del servidor de llamadas o con aplicaciones propietarias de mejores capacidades que pueden instalarse en un servidor común. A continuación se describen las aplicaciones de administración que puede hacer uso la EPN.

3.5.1 GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN CON CISCO *CALLMANAGER*⁹⁵

El *software* Cisco *CallManager* versión 5.1 es una aplicación instalada en un servidor para el procesamiento de llamadas en los sistemas de comunicación IP de Cisco. Este programa se utiliza en plataformas de la serie 7800 (como el 7825/12 de uso en la EPN).

El *software* *CallManager* v5.1 incluye varios paquetes para gestión y administración básicos del sistema, los mismos que se detallan a continuación.

- **Base de datos de configuración:** Contiene toda la información de configuración del sistema y del servidor de llamada, incluido el plan de marcación.
- **Software de administración *CAR (CDR Analysis and reporting tool):*** CAR es una herramienta de análisis y creación de informes de registro de detalles de llamada (*CDR, Call details register*); proporciona informes basados en CDR, que incluyen llamadas por usuario, llamadas a través de *gateways*, duración de la llamada y un mecanismo de búsqueda de CDR. Además CAR ofrece administración limitada de base de datos; por ejemplo, la eliminación de registros en función del tamaño de la base.
- **Herramienta de administración por lotes *BAT (Bulk Administration Tool):*** Permite a los administradores realizar operaciones por lotes para agregar, eliminar y actualizar dispositivos y usuarios; de esta manera el

⁹⁵ Fuente: “Cisco Unified Call Manager Versión 5.1”; 2006, y “Cisco Unified Call Manager Versión 5.0”; 2006, Documentos de información pública de Cisco

administrador optimiza su trabajo ya que puede agregar o quitar atributos a grupos de usuarios y no a extensiones una por una.

- **Herramienta de supervisión en tiempo real (RTMT):** Esta herramienta supervisa el comportamiento en tiempo real de los componentes que supervisa el *CallManager*. RTMT utiliza HTTP y TCP para supervisar el estado del dispositivo, el rendimiento del sistema y las aplicaciones de integración de telefonía a computadora (CTI). También proporciona capacidades de administración y supervisión en tiempo real de archivos de rastreo y registro de los dispositivos. Cisco *Unified CallManager* RTMT puede enviar alertas de página y correo electrónico cuando se detectan problemas. Se conecta directamente con Cisco *Unified CallManager* utilizando HTTP para solucionar los problemas del sistema.
- **Puente para conferencias de Cisco:** Proporciona recursos de *software* para puentes de conferencia.
- **Cisco *Unified CallManager Locale Installer*:** Proporciona ajustes regionales de usuario y de red con el fin de agregar compatibilidad con otros idiomas que no sean el inglés. Los ajustes regionales permiten que los usuarios vean el texto traducido, tengan tonos de teléfono específicos para un país y reciban indicaciones en el idioma de su selección cuando trabajan con interfaces compatibles. Esta aplicación se puede descargar del sitio WEB de Cisco cuando se necesite.
- **Proveedor de servicios de telefonía Cisco *Unified CallManager*:** Contiene el proveedor de servicios (TSP) de API de telefonía (TAPI) de Cisco y los controladores Cisco *Wave Drivers* que permiten a las aplicaciones TAPI realizar y recibir llamadas en el sistema de telefonía IP de Cisco.
- **Analizador de número marcado de Cisco:** Herramienta de capacidad de servicio que analiza el plan de marcación para números específicos.
- **Cisco *Unified CallManager Assistant*:** Proporciona funciones de administración junto con páginas WEB para una mejor gestión de las llamadas.

3.5.2 CISCOWORKS LMS (LAN MANAGEMENT SOLUTION) ⁹⁶

Al ser utilizada la Polired para transmisión de diversos tipos de tráfico, se recomienda una aplicación que gestione la LAN en toda su extensión, es decir sea capaz de gestionar los dispositivos de voz como los de datos.

CiscoWorks es una aplicación propietaria, soportada por los sistemas operativos *Windows* y *Solaris*, que reúne un conjunto de paquetes para administración, gestión y solución de problemas dentro de redes Cisco. Provee un sistema integrado que permite compartir información entre los elementos de la red de manera que se tiene una idea clara del funcionamiento real de la red, se ingresan cambios a la misma rápidamente y permite predecir probables desperfectos.

CiscoWorks centraliza la administración de toda la red, simplificando la tarea; la aplicación incluye los siguientes paquetes:

- **Administrador de fallas de dispositivo (DFM, Device Fault Manager)**
2.0.6: Permite:
 - Detección de fallas a tiempo real
 - Análisis y reportes usando informes obtenidos de los mismos dispositivos
 - Predecir síntomas de fallo dispositivo a dispositivo, basados en experiencias anteriores
- **Campus Manager 4.0.6:** Un conjunto robusto de herramientas de capa 2 para:
 - Descubrimiento de dispositivos y enlaces disponibles
 - Vistas detalladas de topología
 - LAN virtual/Emulación de LAN (*VLAN/LANE, Virtual LAN/LAN Emulation*)
 - Configuración ATM
 - Seguimiento hacia el terminal final

⁹⁶ “*CiscoWorks Management Solution 2.6*”, Enero de 2007, Documento de información pública de Cisco.

- Análisis de ruteo a nivel de capa 2 y 3
 - Información de usuario y ruta de teléfono IP
- **Manejo básico de los recursos (RME, Resource Manager Essentials)**
- 4.0.5:** Herramientas para:
- Manejo del inventario de equipos del sistema y gestión para cambios de dispositivos
 - Configuración de la red
 - Actualizaciones y manejo del *software* de los equipos
 - Gestión de la disponibilidad de la red y análisis *syslog*⁹⁷
- **Monitor de desempeño de *internetwork* (IPM, Internetwork Performance Monitor) 2.6:** Una aplicación de monitoreo de posibles desperfectos de la red a tiempo real. Esta herramienta permite a los administradores mejorar su desempeño respecto a reparaciones de la red usando reportes históricos y en tiempo real, incluso a nivel de enlaces WAN.
- **CiscoView 6.1.5:** Permite manejo, administración y gestión de los dispositivos a través de un interfaz gráfico, adiciona incluso un código de colores para identificar estados operacionales de los equipos.
- **Servicios comunes 3.05:** Contiene los instaladores para el servidor y los terminales de administración o clientes de *CiscoWorks*. Los clientes pueden acceder a los informes que mantiene el servidor sobre el estado de la red a través de un *browser*, vía HTTP.



Figura 3.11 Paquetes de *software* de *CiscoWorks*⁹⁸

⁹⁷ *Syslog*: es una utilidad de inicio de sesión de Cisco, basada en la utilidad homónima de *UNIX*, que poseen: las aplicaciones, los procesos y el sistema operativo de los equipos Cisco para informar de la actividad y de condiciones de error. Estos mensajes no solicitados son enviados por los dispositivos a una estación de administración de la red.

⁹⁸ Tomado del artículo: “*CiscoWorks Management Solution 2.6*”

CiscoWorks es ofrecido a través de dos licencias:

- *CiscoWorks LMS 2.6 Enterprise (soporte restringido de dispositivos)*: Diseñado para redes empresariales de hasta 300 dispositivos Cisco por servidor de *CiscoWorks*. Para el caso de la EPN esta licencia sería la recomendada ya que los dispositivos Cisco de la Polired están muy por debajo de 300 (entre switches, CallManager, Unity, gateway de voz y routers).
- *CiscoWorks LMS 2.6 Large Enterprise (soporte absoluto de dispositivos)*: Diseñado para grandes organizaciones desde 300 a 1500 equipos por servidor *CiscoWorks*.

Espacio en disco	-Solaris: 1 GB de swap space -Windows: 1 GB de memoria virtual
Memoria	512 MB
Hardware/Software	Sistema IBM-compatible con un procesador mínimo Intel Pentium IV con: -Windows 2000 Professional con <i>Service Pack 4</i> -Windows 2000 Server con <i>Service Pack 4</i> -Windows 2000 Advanced Server con <i>Service Pack 4</i> -Windows Server 2003 Ediciones Estándar y Empresarial con <i>Service Pack 1</i> -Windows 2003 R2 Ediciones Estándar, Server y Empresarial -Solaris 8, Solaris 9 (Sólo en inglés y japonés)
Browser	-Internet Explorer 6.0. Service Pack 2 bajo Windows 2000, Windows Server 2003 -Internet Explorer 6.0.2900.2180 bajo Windows XP -Netscape Navigator 7.1 and 7.2 bajo Windows 2000, Windows Server 2003 -Netscape Navigator 7.0 bajo Solaris 8, Solaris 9 -Mozilla 1.7.13 bajo Windows 2000, Windows Server 2003, Windows XP, Solaris 8, Solaris 9 -Java Plug-in version 1.4.2_10 (Usado solo para <i>CiscoWorks Campus Manager e IPM</i>).

Tabla 3.12 Requerimientos del sistema del cliente *CiscoWorks*

Finalmente los requerimientos necesarios del cliente o terminal del administrador y para el servidor (que obtiene y procesa los informes obtenidos de la red), se describen en las tablas 3.12 y 3.13 respectivamente.

Espacio en disco	20 GB libres o superior para aplicaciones
Hardware	<p>Solaris:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sun UltraSPARC IIIi ó Sun UltraSPARC IIICu para <i>CiscoWorkss LMS 2.6</i> con licencia <i>Enterprise</i> - Dual Sun UltraSPARC IIIi o dual Sun UltraSPARC IIICu para <i>CiscoWorkss LMS 2.6</i> con licencia <i>Large Enterprise</i> <p>Windows:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Procesador 2.8 GHz Intel Pentium IV ó 2.8 GHz Intel Xeon para <i>CiscoWorkss LMS 2.6</i> con licencia <i>Enterprise</i> - Procesador Dual 2.8 GHz Intel Pentium IV ó dual 2.8 GHz Intel Xeon para <i>CiscoWorkss LMS 2.6</i> con licencia <i>Large Enterprise</i> <p>Nota: Es requerido el sistema de archivos NTFS</p>
Memoria	<ul style="list-style-type: none"> - 2 GB (<i>CiscoWorkss LMS 2.6 Enterprise</i>) ó 4 GB (<i>LMS 2.6 Large Enterprise</i>) - Solaris: 4 GB para <i>swap space</i> (<i>LMS 2.6 Enterprise</i>) ó 8 GB de <i>swap space</i> (<i>LMS 2.6 Large Enterprise</i>) - Windows: 4 GB de memoria virtual (<i>LMS 2.6 Enterprise</i>) ó 8 GB de memoria virtual (<i>LMS 2.6 Large Enterprise</i>) <p>Nota: Lo recomendable es que el <i>swap space</i>/memoria virtual doble el tamaño de la RAM.</p>
Software	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Windows 2000 Professional</i> con <i>Service Pack 4</i> - <i>Windows 2000 Server</i> con <i>Service Pack 4</i> - <i>Windows 2000 Advanced Server</i> con <i>Service Pack 4</i> - <i>Windows Server 2003</i> Ediciones estándar y empresarial con <i>Service Pack 1</i> - <i>Windows 2003 R2</i> Ediciones estándar, <i>Server</i> y empresarial. - <i>Solaris 8, Solaris 9</i> (<i>Solo en inglés y japonés</i>)
Solución Integrada para administración de la red	<p><i>CiscoWorkss CiscoView</i> con el módulo <i>NMIM (Network Management Integration Module)</i> y el Administrador de fallas en dispositivos (<i>Device Fault Manager, DFM</i>) soporta integración con el Administrador de nodo de red <i>OpenView</i> de <i>Hewlett-Packard 6.4</i> y <i>7.01</i> e <i>IBM Tivoli NetView 7.1</i> y <i>7.1.4</i>.</p>

Tabla 3.13 Requerimientos para el sistema del servidor *CiscoWorks*⁹⁹

3.5.3 SEGURIDAD EN LA RED¹⁰⁰

La seguridad dentro de una red corporativa viene definida por sus políticas; las mismas se refieren a un conjunto de guías que permiten diferenciar qué tipo de datos, que viajan a través de nuestra red deben ser protegidos, y bajo qué métodos se debe dar esta protección.

Una vez implementado el nuevo sistema telefónico en la EPN, a través de la misma viajaría tanto voz como datos; una dificultad en este entorno es el intentar

⁹⁹ Fuente: Artículo: “*CiscoWorks Management Solution 2.6*”

¹⁰⁰ Fuente: Artículo “*Cisco CallManager Security Guide 5.0 (1)*”, 2006

implementar sobre los paquetes de voz, tanto las políticas de seguridad propias de una red de datos, así como las de redes telefónicas tradicionales.

Dentro del entorno VoIP la seguridad puede implementarse a lo largo de toda la red, es decir, desde el mismo teléfono IP, (*atravesando las capas de acceso, distribución y core*) hasta el servidor de procesamiento de llamadas; por esta razón existen los “niveles de seguridad”, que son las formas de incluir comunicaciones seguras en diversas jerarquías de la red.

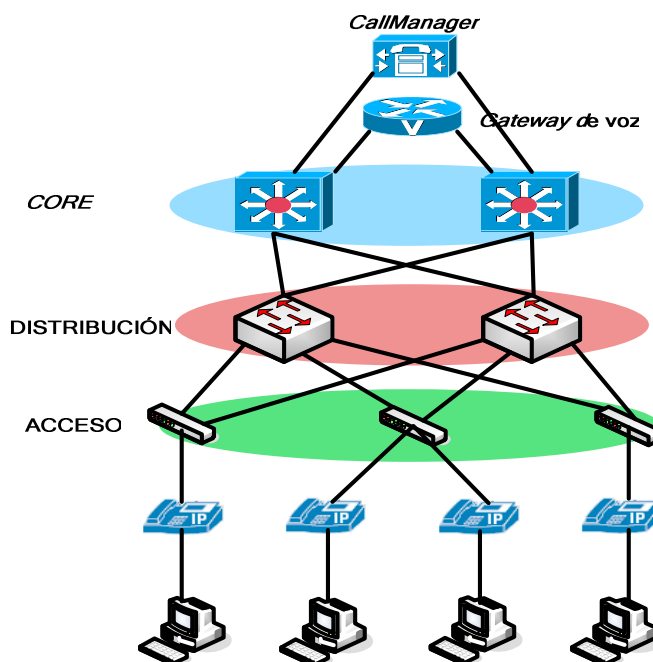


Figura 3.12 Niveles de seguridad

A continuación se presentan diversos métodos de introducción de seguridad a la red en varios niveles.

3.5.3.1 Direccionamiento IP

Mientras mejor sea la definición del direccionamiento IP en una red, mayor control se podrá implementar sobre la misma. En el caso concreto de la EPN se cuenta con siete VLANs de voz; esta implementación tiene las siguientes ventajas desde el punto de vista de la seguridad:

- El direccionamiento privado de los teléfonos en la VLAN de voz impide que estos terminales sean accedidos a través de redes públicas.
- Se facilita la implementación de ACLs¹⁰¹ (*listas de control de acceso*), permitiendo o no el acceso a la red.

Idealmente se debería implementar una VLAN de voz en cada *switch*, para mantenerla libre de lazos que requieran implementar el protocolo *Spanning Tree*. En el caso de la EPN, se tiene una VLAN de voz por *switch* de distribución, por lo que no se implementa STP, excepto por la capa de *core* que tiene medios redundantes entre *cugi-cquimica*, siendo mandatorio el uso de STP.

3.5.3.2 Seguridad en el teléfono

Todos los modelos de Cisco llevan integradas características para integrar seguridad a la comunicación, tales características pueden habilitarse o no en función de las políticas de seguridad de la empresa y la forma en que el administrador del sistema haya programado el sistema telefónico.

Dependiendo del modelo del teléfono, varía el soporte y configuración para las herramientas de seguridad en las llamadas, en el caso de la EPN, los terminales IP 7912 y 7960G pueden mantener tres formas de llamada, desde el enfoque de seguridad¹⁰²:

- Llamada autenticada: Se verifica la identidad de los teléfonos que intervienen en la llamada. El sistema envía códigos de identidad que después los participantes intercambian entre sí para asegurar la comunicación.
- Llamada cifrada: El teléfono envía y recibe los paquetes de voz cifrados, a través de la red IP, las llamadas encriptadas también están autenticadas.

¹⁰¹ Las ACLs son un conjunto de reglas creadas por el administrador de red, aplicadas al interfaz de un dispositivo, que funcionan como filtro de tráfico. Un programador, puede por ejemplo, permitir el acceso a Internet, pero evitar que los usuarios de la LAN hagan telnet entre sí.

¹⁰² Fuente: “Teléfono IP 7912G de Cisco, para Cisco *CallManager* 4.1(3)”, “Teléfono IP de Cisco 7960G y 7940G para Cisco *CallManager*”, 2005, Publicaciones de Cisco *Systems*

- Llamada no segura: Al menos uno de los terminales, o su respectiva conexión, no admite estas funciones de seguridad.

Tanto en el modelo 7912G como en el modelo 7960G en el *display* se visualizarán íconos según el nivel de seguridad asignado a la llamada.

Las opciones de llamada segura son configuradas por el administrador de red en el Cisco *CallManager* y sólo para modelos que soportan esta opción; en el caso de no asignarse ninguna herramienta de seguridad a la llamada, no aparecerá ningún icono de señalización en la pantalla.

En un ambiente VoIP, un dispositivo puede adicionarse en cualquier punto a lo largo de la red; si bien esto es una gran ventaja desde el enfoque de la funcionalidad, es un problema para la seguridad, pues con solo tener acceso a un punto de datos, un intruso puede ingresar al sistema.

Para limitar los puntos de datos de los que podría hacer uso un atacante, Cisco permite el habilitar o deshabilitar el *microswitch* ethernet (2 puertos 10/100, uno para conexión con la red y otro para el PC, conocido como *PC-Port*) de los terminales. La idea principal, es restringir al acceso a la red a través de teléfonos de fácil acceso al público, como terminales ubicados en el *lobby* de un hotel, o la sala de espera de un hospital.

La deshabilitación del PC port (*puerto del microswitch del teléfono IP que se conecta al PC*) se puede realizar en todos los teléfonos Cisco con la característica de *microswitch*, incluidos el 7912G y el 7960G.

Gracias a que los terminales de voz de la EPN, están colocados dentro de las oficinas de la institución y serán utilizados solamente por profesores y trabajadores, el uso de esta opción no se considera práctico, además de la necesidad de mantener trabajando el *microswitch* de los terminales para facilitar la conexión de una PC en las diversas dependencias.

En caso de no querer deshabilitar totalmente el PC-port, otra opción permite que el *microswitch* de los terminales Cisco discrimine el tráfico a través de las VLANs de voz y datos. De esta manera el *microswitch* puede rechazar todos los paquetes 802.1q (o incluso solamente los que viajan hacia la VLAN de voz, dependiendo de las capacidades del teléfono) provenientes desde el PC-port. Referente a la EPN, el 7912G no soporta esta opción, a diferencia del 7960G, el cual rechaza todos los paquetes pertenecientes a las VLANs de voz que vienen y van hacia el PC-port, de manera que este último no pueda usarse para posibles ataques al sistema de voz.

Los teléfonos VoIP, son vulnerables también a ataques tradicionales de las redes de datos, como MITM (*Man in the middle*), en el cual el atacante, “engaña” al *router* simulando ser un terminal o engaña al terminal emulando un *router*; en ambos casos el atacante podría tanto capturar como enviar paquetes desde y hacia la red.

A través de GARP (*Gratuitous address resolution protocol, protocolo de resolución de direcciones gratuitas*), tanto la señalización como las tramas de voz (en RTP) viajan protegidas desde el teléfono hacia la red, previniendo el acceso de esta información por parte de un atacante; éste, sin embargo puede tomar paquetes que vienen desde la red hacia el teléfono. Por esta razón es recomendable en una infraestructura Cisco, el usar GARP a través de los puertos de los *switches* de la red, antes que a través del terminal, de manera que tanto la red como el teléfono estén protegidos. Por tanto, la implementación de GARP en la EPN se recomienda en los puertos de los *switches* de la Polired.



Figura 3.13 Uso del GARP en el terminal

Todos los terminales IP de Cisco pueden cambiar parámetros de su configuración de manera manual, sin embargo un posible atacante podría usar su teléfono para obtener información valiosa del sistema, como la dirección IP del *CallManager* o del servidor TFTP; para evitar la fuga de información, el *CallManager* permite deshabilitar la posibilidad de realizar cambios desde el terminal del usuario. Sin embargo esta opción podría ser poco práctica debido a que parámetros como volumen del parlante o el contraste del *display* tampoco estarían a disposición del usuario. Para la EPN, sería recomendable dejar habilitado el acceso a parámetros de configuración desde el terminal, e implementar a su vez seguridades a nivel más alto.

3.5.3.3 Puertos del *switch* de acceso

A continuación se describen algunas herramientas que se pueden usar a nivel de *switches* de acceso para dar seguridad a la red de voz, la mayoría están enfocados a ataques clásicos que se dan en una red de datos.

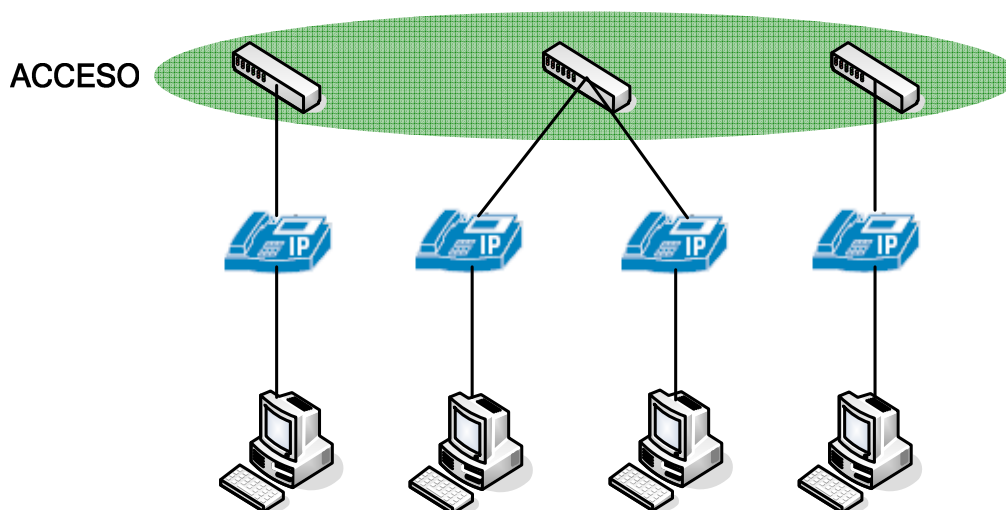


Figura 3.14 Seguridad en la capa de acceso

Ataques MAC-CAM (*Memoria del contenido direccionable*).- Un ataque clásico en las redes de datos es la inundación de la MAC-CAM, en donde el intruso envía al *switch* muchas direcciones MAC (*basta con un generador aleatorio de direcciones*), sobrecargando la memoria CAM, de manera que el dispositivo no

sabe cuál puerto está relacionado con cuál máquina. En este estado el *switch* envía como *broadcast* toda la información que le llega hacia toda la VLAN, siendo posible capturar todo el tráfico de la LAN virtual.

Para evitar este tipo de ataques hay que limitar el número de direcciones MAC que permite el *switch* en sus puertos; por ejemplo, si el administrador de red asigna el puerto de acceso a una sola máquina debe limitar el número de direcciones MAC a uno. En este caso el *switch* descartará toda dirección MAC extra que reciba, de manera que su memoria no se sobrecargará. Este método también funciona para evitar extensiones de la red (*como es el caso de la EPN*) pues impide la conexión de *hubs*, *switches* o *access points* en cascada.

El *switch* de capa de acceso de la EPN, Cisco 2950 permite un control de puertos tanto a nivel de capa 2 como 3, asegurando un control de los paquetes que entran y salen del *switch* a nivel de dirección MAC y dirección IP respectivamente, incluso permite que el administrador detecte si una máquina nueva ha sido conectada al sistema o salido del mismo.

Control de acceso al puerto.- El administrador de red puede asignar de manera estática, una sola dirección MAC a un puerto, para prevenir conexiones de máquinas intrusas. Al funcionar la dirección MAC como un identificador de autenticidad solo el terminal deseado tendrá acceso a la red.

El control de acceso dinámico permite que el administrador configure al *switch* para que aprenda un número limitado de direcciones MAC; se asume que al inicio se conectarán al conmutador los dispositivos que se desea ingresen autenticados (*a través de la MAC*) a la red.

En caso de desconexión el *switch* mantiene su tabla de asignaciones MAC indefinidamente o por cierto tiempo. En caso de asignarse un tiempo de espera, al final del mismo se libera el puerto para la conexión de un nuevo equipo.

El *switch* de acceso de la Polired Cisco 2950 permite el uso de tablas estáticas para relacionar puertos-dirección MAC; se recomienda el uso de esta característica para evitar el ingreso de terminales intrusos en la red.

Ataques a través de DHCP.- Inicialmente todos los terminales IP, hacen solicitudes al DHCP para conseguir sus direcciones IP y entrar en funcionamiento; en este ambiente, un atacante puede obtener direcciones IP válidas e ingresar al sistema, e incluso dejar sin sus direcciones a clientes válidos. En este caso se configuran los puertos de los *switches* Cisco asociados a las diferentes VLAN, con una herramienta conocida como “DHCP *Snooping*”, la cual marca puertos “validados” y “no validados”, los primeros están asociados a equipos reconocidos como parte de la red, mientras que los otros en caso de enviar una solicitud de información al DHCP serán bloqueados automáticamente.

Tanto a nivel de distribución y *core* se incrementa el uso de ACLs para el control de tráfico, pero estando en un nivel más alto se suelen colocar estas listas para permitir el acceso o no de los usuarios a las distintas aplicaciones de la red.

En el caso de la voz, el uso de ACLs es aplicado en el control del *Gateway* de parte del *CallManager*. A través de la ACL se puede definir exactamente que tipo de tráfico puede fluir entre el *gateway* y el servidor de llamada.

3.6 ANÁLISIS DE COSTOS

El implementar un sistema telefónico de última generación y mensajería unificada para la Escuela Politécnica Nacional, implica tener los costos referenciales que se describen en la tabla 3.14, los cuales no incluyen el 12% del IVA.

Cabe indicar que los precios de los equipos Cisco (*CallManager*, *Gateway de voz*, Cisco *Unity* y *terminales IP*) fueron obtenidos del actual proveedor de la EPN, Andean-Trade S.A.

DESCRIPCIÓN	CANT.	P.UNIT	P.TOTAL
CALLMANAGER CISCO			
HW/SW <i>CallManager</i> 5.1 7825-I2 Appliance, 0 Seats	1	\$4.768,75	\$4.768,75
<i>CallManager</i> Device License - 10 units	8	\$340,63	\$2.725,04
<i>CallManager</i> Device License - 1,000 units	2	\$34.062,50	\$68.125,00
SW Only, Unified CMgr 5.1 IBM X306M, 8849-G2Y or 7825-I2	1	\$4.084,09	\$4.084,09
REDUNDANCIA MCS 7825/I2			
Cisco <i>CallManager</i> Back – Up MCS-7825/I2	1	\$4.084,09	\$4.084,09
CISCO UNITY 500 USER DE MENSAJERÍA INTEGRADA			
Unity Connection, 300 users, 16 ports, 1 TTS	1	\$13.080,00	\$13.080,00
One Unity Connectoin VM User	200	\$44,28	\$8.856,00
One IMAP Client Access user license	500	\$6,81	\$3.405,00
MCS-7825-I2 Rack; Unity Connection; 2GB; SATA RAID; Win2003 1 USD 9000.00 21 Days	1	\$6.131,25	\$6.131,25
TELÉFONOS 7912G			
Cisco IP Phone 7912G	580	\$153,28	\$88.902,40
IP Phone power transformer for the 7900 phone series	580	\$30,66	\$17.782,80
7900 Series Transformer Power Cord, China	580	\$6,81	\$3.949,80
TELÉFONOS 7960G			
Cisco IP Phone 7960	56	\$303,16	\$16.976,96
IP Phone power transformer for the 7900 phone series	56	\$30,66	\$1.716,96
7900 Series Transformer Power Cord, China	56	\$6,81	\$381,36
TELÉFONOS 7970G OPERADORAS SECUNDARIAS			
Cisco IP Phone 7970G, Global	6	\$436,00	\$2.616,00
IP Phone power transformer for the 7900 phone series	6	\$30,66	\$183,96
7900 Series Transformer Power Cord, China	6	\$6,81	\$40,86
TELÉFONOS 7970G OPERADORA GENERAL			
Cisco IP Phone 7970G, Global	1	\$436,00	\$436,00
IP Phone power transformer for the 7900 phone series	1	\$30,66	\$30,66
7900 Series Transformer Power Cord, China	1	\$6,81	\$6,81
7914 IP Phone Expansion Module	1	\$269,09	\$269,09
Footstand kit for single 7914	1	\$22,48	\$22,48
TELÉFONOS ANALÓGICOS Y ADAPTADORES			
Teléfonos analógicos (re-utilizables), Panasonic	26	\$0,00	\$0,00
Adaptador LinkSys PAP2, 2 puertos RJ-11, 1 puerto RJ-45 (incluido adaptador de energía)	13	\$1.299,00	\$16.887,00
BASES CELULARES			
Base celular, trabaja con chip GSM a 850Mhz - 1900Mhz Y 900Mhz -1800Mhz	3	\$169,00 ¹⁰³	\$507,00
GATEWAY DE VOZ 3 E1/8 LINES CISCO 2821			
3821 Voice Security Bundle,PVDM2-64,Adv IP Serv, 128F/512D	1	\$8.171,59	\$3.171,59
Power Cord,110V	1	\$0,00	\$0,00
IP Communications High-Density Digital Voice NM with 2 T1/E1	1	\$2.176,59	\$2.176,59
1-Port RJ-48 Multiflex <i>Trunk</i> - E1	1	\$885,63	\$885,63
48-Channel Packet Voice/Fax DSP Module	1	\$1.635,00	\$1.635,00
64-Channel Packet Voice/Fax DSP Module	1	\$2.180,00	\$2.180,00
8-Channel Packet Voice/Fax DSP Module	1	\$272,50	\$272,50
Four-port Voice Interface Card - FXO (Universal)	2	\$1.090,00	\$2.180,00
FAX SERVER FAXMAKER			
Faxmaker 100 usuarios, FAX100	1	\$3.125,00	\$3.125,00
Equipo servidor: DHCP <i>Server</i> (equipo re-utilizable), PIV, 256MB de RAM	1	\$0,00	\$0,00
Tarjeta de Fax BROOKTROUT, 8 puertos Fax, TR1034+P8-8L-R 8-PT	1	\$4.275,57 ¹⁰⁴	\$4.275,57
TOTAL			\$285.871,24

Tabla 3.14 Costos referenciales de equipos

¹⁰³ Fuente: http://peru.lapapa.com.pe/cva/2032847_Conversor_O_Base_Celular_Gsm_Para_Movistar_Y%2F_Claro.html

¹⁰⁴ Fuente: <http://www.securemart.com/cgi-bin/future/process.html?id=JQuKhCuq>

A continuación, de acuerdo a los equipos descritos en la tabla 3.14 y sus capacidades de *hardware*, se describen los límites del sistema telefónico actual:

- **CallManager.**- La plataforma MCS-7825/I2 permite manejar hasta 1000 extensiones IP (*la plataforma inferior MCS-7815/I2 maneja hasta 300 usuarios*). Inicialmente el sistema parte con 662 extensiones para usuarios en general y 7 extensiones para el grupo de operadoras.
- **Cisco Unity.**- Como “Mensajería Integrada” maneja hasta 500 usuarios. En modo “*standalone*” (*voice mail*) permite gestionar hasta 1000 beneficiarios. Tiene incorporado 16 puertos TTS (*Text-to-speech*) empleados para escuchar un mensaje en texto, cuando se accede desde un terminal telefónico.
- **Gateway de voz.**- El *Gateway* de voz maneja la *suite* de protocolos H.323, tiene capacidad para 36 puertos FXO, 12 enlaces T1/E1 y soporta hasta 88 llamadas simultáneas hacia la PSTN u 80 en el caso de utilizar encriptación SRTP. Puede actuar como *CallManager* pero solo para 36 usuarios IP. Inicialmente se dispone de 3 accesos E1 y 8 puertos FXO.
- **Fax Server.**- Puede gestionar hasta 100 usuarios de fax, y el módulo de tarjetas fax cuenta con 8 puertos *loop-start*. Se da servicio de fax a 56 usuarios.
- **Redundancia.**- Se provee un dispositivo de respaldo de las mismas características que el *CallManager* principal.

Cabe aclarar que los equipos Cisco comercializados por Andean-Trade, vienen con una garantía por defecto de 90 días, la cual cubre únicamente desperfectos de fábrica. En caso de que el cliente desee obtener una mejor garantía, Cisco ofrece la licencia *Smartnet* por dispositivo, la cual tiene las siguientes características:

- Garantía extendida a 1 año.
- Sustitución del equipo en caso de desperfectos de fábrica y averías por fallo de energía; previa verificación de que se cumplen las condiciones

eléctricas (*conexión a tierra y UPS*) y físicas (*ventilación*) de funcionamiento recomendadas por el fabricante.

- Actualizaciones del IOS y acceso a información técnica clasificada (*a través de login y password entregados con Smartnet*) del dispositivo en el sitio WEB de Cisco.
- La licencia *Smartnet* está vigente ocho horas por cada día laborable de la semana (*5 días*) siendo el tiempo de respuesta (*tiempo que tarda en repararse una avería efectiva, medida desde el momento en que se produce el reclamo y se notifica al proveedor del servicio hasta la reparación de la misma*) máximo de 4 horas (*8X5X4*).

Siendo el servicio de voz de naturaleza crítica y la inversión en los nuevos equipos considerable para la EPN, se recomienda adquirir la licencia *Smartnet* para el *CallManager*, el *Gateway* de voz y *Cisco Unity*. Cabe aclarar que los terminales IP Cisco considerados en la tabla 3.14 tienen por defecto un año de garantía. La tabla 3.15 muestra el costo adicional por la adquisición de *Smartnet* en cada uno de los dispositivos de voz.

Dispositivo	Descripción	Precio
<i>CallManager/MCS-7825-I2</i>	<i>SMARTNET 8X5X4 CallManager 5.1 7825-I2 Appliance, 0 Seats</i>	\$1.117,00
<i>Cisco Unity/MCS-7825-I2</i>	<i>SMARTNET 8X5X4 MCS7825-I2 Rack Unity</i>	\$1.436,00
<i>Gateway de voz Cisco 3825</i>	<i>SMARTNET 8X5X4 3825 Voice</i>	\$2.442,00
TOTAL		\$4.995,00

Tabla 3.15 Costos de garantía

En la inversión del sistema desarrollado, además de considerar los costos de los equipos y garantía, hay que sumar el gasto que se emplea en contratación de enlaces para la interacción del sistema con redes exteriores. En la tabla 3.16 se describe el precio de inscripción de los enlaces dimensionados para la EPN.

Concepto	Inscripción (USD)	Cantidad	Total
RDSI Primario (<i>ISDN-PRI</i>)	\$2250	2	\$4500
Línea urbana comercial	\$60	8	\$480
TOTAL			\$4980

Tabla 3.16 Costos de inscripción de enlaces

Por ejemplo, los costos de inscripción, si se contratase únicamente líneas analógicas serían de \$4080 (*68 líneas analógicas x \$60, correspondiente a 60 líneas de voz y 8 del Faxmaker*). Si bien este rubro es \$900 ($\$4980 - \4080) menor al considerado en la tabla 3.16, los costos de operación por pensión básica son mayores como se explica a continuación.

Los costos mensuales de operación del sistema dependen del tipo de enlace contratado y equivalen al consumo mensual más la pensión básica del enlace. En el caso del E1 se cobra el consumo extraordinario mensual como una línea telefónica normal dependiendo del número de canales del servicio (*60 canales, 2 E1*), y de acuerdo al tipo de categoría de línea en función de la tabla 3.17. Las líneas analógicas propuestas (*8 líneas, correspondientes al Faxmaker*), son del tipo comercial y su tarificación también se rige a lo expuesto en la tabla 3.17.

Categoría	Local	Regional	Nacional	Internacional a España	Internacional a EE.UU y Región Andina
C (Comercial)	\$0,024/min	\$0,056/min	\$0,0112/min	\$0,31/min	\$0,31/min

Tabla 3.17 Costos de operación de enlaces: consumo

La tabla 3.18 muestra los costos mensuales por pensión básica, tanto para los enlaces considerados en el diseño como en el caso de usar únicamente líneas analógicas. La diferencia mensual es de \$273.60 ($\$820,08 - \$546,48$), lo que representa un ahorro anual de \$3283.20 respecto al uso exclusivo de líneas analógicas, recuperándose el costo extra por inscripción de los enlaces considerados en el diseño ($\$900$) en los primeros cuatro meses de puesto en marcha el nuevo sistema telefónico.

Enlaces considerados en el diseño			
Tipo de enlace	Cantidad	Pensión básica mensual	Total
E1	2	\$225,00	\$450,00
Línea analógica	8	\$12,06	\$96,48
TOTAL			\$546,48
Con líneas analógicas			
Tipo de enlace	Cantidad	Pensión básica mensual	Total
Línea analógica	68	\$12,06	\$820,08
TOTAL			\$820,08

Tabla 3.18 Costos de operación de enlaces: pensión básica

Los costos de diseño y mano de obra del sistema propuesto se describen en la tabla 3.19. Éstos se obtienen basados en el proceso de migración descrito anteriormente, cuya conclusión es la necesidad de contratar tres técnicos que trabajen durante 5 fines de semana ($10 \text{ días} \times 8 \text{ horas} = 80 \text{ horas}$) para realizar la instalación total del nuevo sistema telefónico.

Descripción	Número del personal	Pago por hora	Número de horas	Total
Diseñadores	2	\$20	240	\$9600
Técnicos de Instalación	3	\$8	80	\$1920
			TOTAL	\$11520

Tabla 3.19 Costo de diseño y mano de obra

En síntesis, los costos descritos en la tabla 3.20 permiten la implementación del sistema en su totalidad.

Rubro	Cantidad
Equipos	\$285.871,24
Garantía	\$4.995,00
Enlaces con la PSTN	\$4.980,00
Diseño y mano de obra	\$11.520,00
Total	\$307.366,24

Tabla 3.20 Costo total del nuevo sistema telefónico de la EPN

Por tener la EPN un presupuesto limitado se propone una alternativa de implementación a 3 años, partiendo con los requerimientos mínimos con los que el sistema podría funcionar. Se divide el proceso de implementación en tres etapas anuales.

Primera etapa.- Se considera como aspecto fundamental el prestar servicio telefónico a toda la EPN, para lo cual se debe disponer de 662 extensiones. Para este fin se mantiene el sistema telefónico actual Avaya con 364 extensiones (*entre analógicas y digitales*) y troncales analógicas; el resto de extensiones ($662 - 364 = 298 \text{ extensiones}$) se cubren a través del sistema propuesto.

El nuevo sistema parte con los servicios telefónicos básicos que proporciona un sistema telefónico funcional, como son servicio de llamadas (*desvío, captura, llamada en espera, etc.*) y fax, que además son con los que actualmente cuenta la EPN. Los servicios de llamada se dan a través del *CallManager* y la PBX Avaya, de acuerdo al grupo de extensiones que cada una de ellas gestione. En relación al servicio de fax se mantiene la infraestructura telefónica actual para enviar y recibir faxes (*18 líneas en total, 12 directas y 6 a través de extensiones; ver tablas 2.38 y 2.39 respectivamente*). Al no contar el nuevo sistema IP con un *Fax Server*, el servicio de fax en las 298 extensiones respectivas no está habilitado.

Dentro de las 298 extensiones (*7912G*) con las que inicia el sistema propuesto no se consideran los 56 terminales *7960G* propuestos para las autoridades unipersonales y unidades funcionales de la EPN, ya que los mismos deben disponer de todos los servicios telefónicos (*como el servicio de fax*).

Como se adiciona 298 usuarios al sistema telefónico total se debe prever enlaces para interacción hacia la PSTN; haciendo uso de la ecuación 2.4, el tráfico telefónico y número de usuarios actuales se tiene:

$$A_1 = \frac{U_f}{U_a} A_0$$

Donde:

- A_1 = Intensidad de tráfico proyectada
- A_0 = Intensidad de tráfico actual = 26.117 Erlangs
- U_f = Usuarios finales = 298
- U_a = Usuarios actuales = 364

$$A_1 = \frac{298 \text{ usuarios}}{364 \text{ usuarios}} * 26.117 \text{ Erlangs} = 21 \text{ Erlangs}$$

DESCRIPCIÓN	CANT.	P.UNIT	P.TOTAL
CALLMANAGER CISCO			
HW/SW <i>CallManager</i> 5.1 7825-I2 Appliance, 0 Seats	1	\$4.768,75	\$4.768,75
SMARTNET 8X5X4 <i>CallManager</i> 5.1 7825-I2 Appliance, 0 Seats	1	\$1.117,00	\$1.117,00
<i>CallManager</i> Device License - 1000 units	1	\$34.062,50	\$34.062,50
SW Only, Unified <i>CallManager</i> 5.1 IBM X306M, 8849-G2Y or 7825-I2	1	\$4.084,09	\$4.084,09
TELÉFONOS 7912G			
Cisco IP Phone 7912G	298	\$153,28	\$45.677,44
IP Phone power transformer for the 7900 phone series	298	\$30,66	\$9.136,68
7900 Series Transformer Power Cord, China	298	\$6,81	\$2.029,38
GATEWAY DE VOZ 3 E1/8 LINES CISCO 2821			
3821 Voice Security Bundle,PVDM2-64,Adv IP Serv, 128F/512D	1	\$3.171,59	\$3.171,59
Power Cord,110V	1	\$0,00	\$0,00
IP Communications High-Density Digital Voice NM with 2 T1/E1	1	\$2.176,59	\$2.176,59
1-Port RJ-48 Multiflex <i>Trunk</i> - E1	1	\$885,63	\$885,63
48-Channel Packet Voice/Fax DSP Module	1	\$1.635,00	\$1.635,00
64-Channel Packet Voice/Fax DSP Module	1	\$2.180,00	\$2.180,00
8-Channel Packet Voice/Fax DSP Module	1	\$272,50	\$272,50
Four-port Voice Interface Card - FXO (Universal)	2	\$1.090,00	\$2.180,00
SMARTNET 8X5X4 3825 Voice Bundle,PV	1	\$2.442,00	\$2.442,00
BASES CELULARES			
Base celular, trabaja con chip GSM a 850Mhz - 1900Mhz Y 900Mhz -1800Mhz	3	\$169,00	\$507,00
COSTO POR DISEÑO DE LA RED			
Diseñadores	1	\$9.600,00	\$9.600,00
MANO DE OBRA			
Instaladores	3	\$213,33	\$640,06
COSTO DE ENLACES			
Acceso PRI-ISDN	1	\$2.250,00	\$2.250,00
TOTAL			\$128.816,14

Tabla 3.21 Costos de implementación de la primera etapa

Basado en la tabla de Erlang B, para un tráfico de 21 Erlangs ($GoS = 1\%$), se necesitan 31 líneas directas (ver Anexo H, Pág. H-1), por lo cual el Gateway de voz Cisco 2821 inicialmente deberá tener una interfaz E1 (señalización ISDN), además de un puerto *trunk* E1 para la integración con la PBX Avaya de la EPN.

Los costos de implementación y enlaces de la primera etapa se describen en la tabla 3.21.

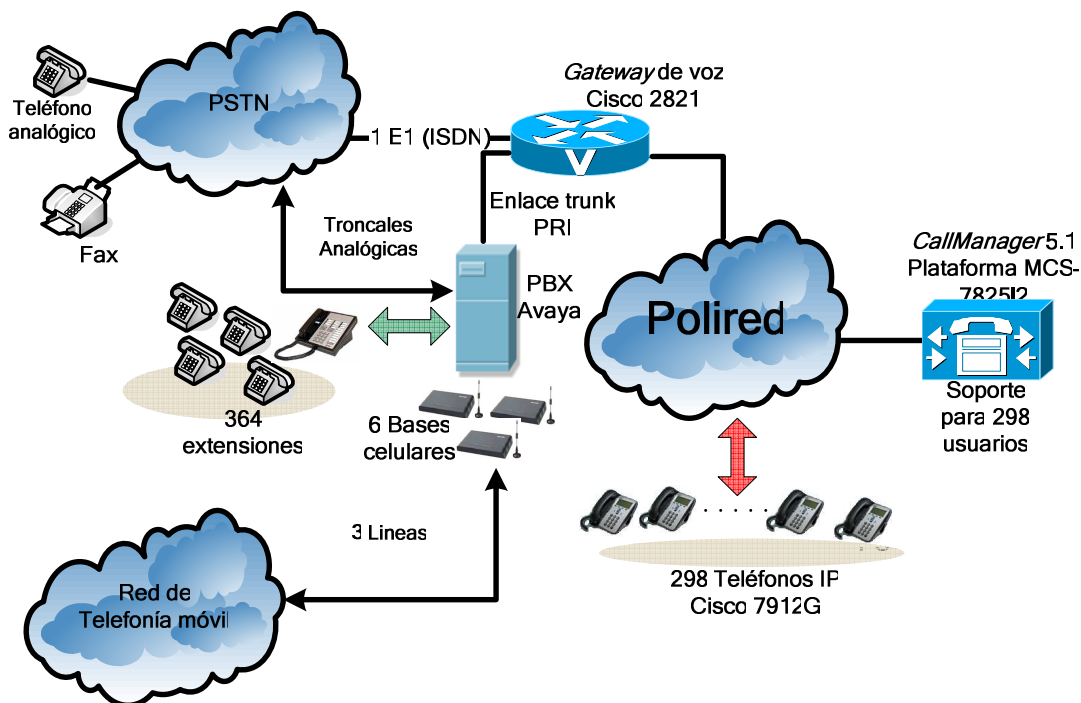


Figura 3.15 Esquema general de la primera etapa

Segunda etapa.- Se migran al sistema telefónico IP, 182 de las 364 extensiones gestionadas por la PBX Avaya en la primera etapa, es decir se tendrá 480 extensiones IP y 182 extensiones entre analógicas y digitales del antiguo sistema (662 extensiones en total).

En este punto del diseño, la mayoría de extensiones son gestionadas por el sistema telefónico propuesto, motivo por el cual la interacción hacia la PSTN se realizará a través del *Gateway* de voz Cisco 2821, retirando las troncales analógicas de la PBX Avaya. Las 182 extensiones pertenecientes a la PBX salen hacia la PSTN a través del *Gateway* de voz Cisco 2821.

Al carecer la PBX Avaya de troncales analógicas, es necesario suplir el servicio de operadora automática y fax. En el primer caso se habilita la opción de operadora automática en el *CallManager*, siendo necesario contar con una consola de operadora general Cisco 7970G con el módulo de expansión de 14 teclas. Para el servicio de fax se implementa el *Faxmaker*, con 8 líneas directas.

Dentro del grupo de 182 extensiones a migrar, se encuentran las 56 correspondientes a las entidades funcionales de la EPN (*correspondiéndoles el terminal Cisco 7960 G*), ya que el sistema puede entregar los servicios telefónicos básicos de operación (*funciones de llamada y fax*). El terminal para el resto de extensiones IP ($182-56= 126$ extensiones) es el Cisco 7912G.

En base a los antecedentes expuestos, la tabla 3.22 muestra el costo de implementación de la segunda etapa.

DESCRIPCIÓN	CANT.	P.UNIT	P.TOTAL
CALLMANAGER CISCO			
CallManager Device License - 1000 units	1	\$34.062,50	\$34.062,50
TELÉFONOS 7912G			
Cisco IP Phone 7912G	126	\$153,28	\$19.313,28
IP Phone power transformer for the 7900 phone series	126	\$30,66	\$3.863,16
7900 Series Transformer Power Cord, China	126	\$6,81	\$858,06
TELÉFONOS 7960G			
Cisco IP Phone 7960	56	\$303,16	\$16.976,96
IP Phone power transformer for the 7900 phone series	56	\$30,66	\$1.716,96
7900 Series Transformer Power Cord, China	56	\$6,81	\$381,36
TELÉFONO 7970G OPERADORA GENERAL			
Cisco IP Phone 7970G, Global	1	\$436,00	\$436,00
IP Phone power transformer for the 7900 phone series	1	\$30,66	\$30,66
7900 Series Transformer Power Cord, China	1	\$6,81	\$6,81
7914 IP Phone Expansión Module	1	\$269,09	\$269,09
Footstand kit for single 7914	1	\$22,48	\$22,48
FAX SERVER FAXMAKER			
Faxmaker 100 usuarios, FAX100	1	\$3.125,00	\$3.125,00
Equipo servidor: DHCP Server (equipo re-utilizable), PIV, 256MB de RAM	1	\$0,00	\$0,00
Tarjeta de Fax BROOKTROUT, 8 puertos Fax, TR1034+P8-8L-R 8-PT	1	\$4.275,57	\$4.275,57
MANO DE OBRA			
Instaladores	3	\$213,33	\$639,99
COSTO DE ENLACES			
Acceso PRI-ISDN	1	\$2.250,00	\$2.250,00
Lineas directas comerciales	8	\$60,00	\$480,00
TOTAL			\$88.707,88

Tabla 3.22 Costos de implementación de la segunda etapa

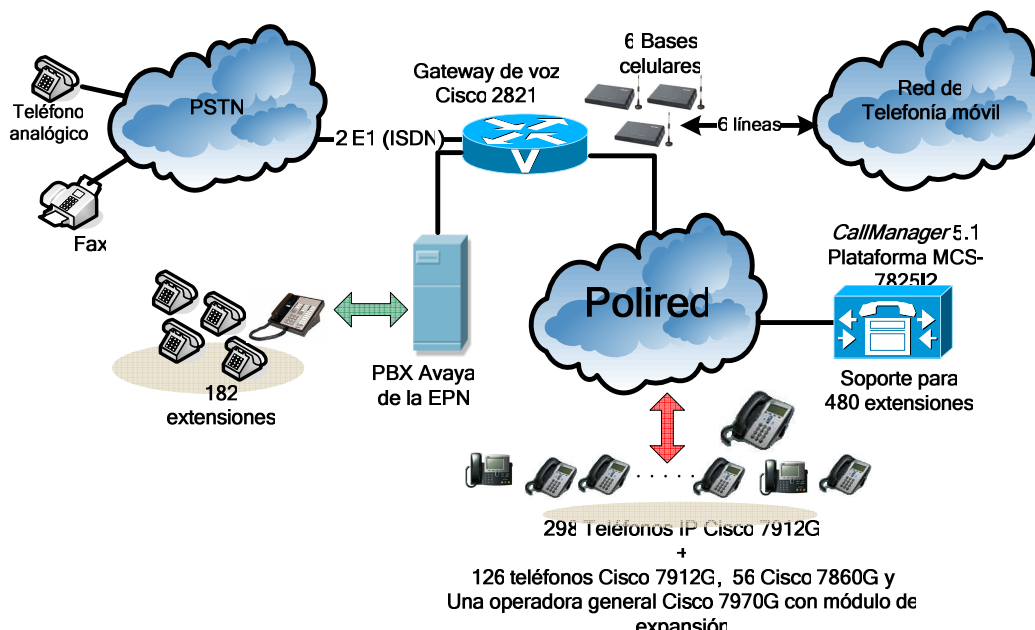


Figura 3.16 Esquema general de la segunda etapa

Tercera etapa.- Sale de servicio la PBX Avaya, con lo cual migran las 182 extensiones restantes al sistema telefónico propuesto. Dentro de las 182 extensiones se encuentran las 26 que se integran al sistema a través de adaptadores telefónicos IP, utilizando terminales analógicos. El terminal para el resto de extensiones a migrar es el Cisco 7912G ($182 - 26 = 156$ teléfonos).

En la tercera etapa se considera el funcionamiento de las operadoras secundarias ya que el sistema gestiona el número total de extensiones. Los terminales para la consola de operadora secundaria son Cisco 7960G.

Se implementa el Cisco *Unity* (en modo *standalone*), para que en conjunto con el *Fax Server* y *Mail Server* poder ofrecer mensajería unificada.

Debido a que el servicio telefónico es crítico para el desarrollo de las actividades de la EPN, se provee de redundancia al *CallManager* a través de un equipo de las mismas características.

La tabla 3.23 muestra los costos concernientes a la tercera etapa, donde el sistema telefónico propuesto se ha implementado en su totalidad.

DESCRIPCIÓN	CANT.	P.UNIT	P.TOTAL
CALLMANAGER CISCO			
<i>CallManager Device License - 10 units</i>	8	\$ 340,63	\$2.725,00
REDUNDANCIA MCS 7825/I2			
<i>Cisco CallManager Back – Up MCS-7825/I2</i>	1	\$4.084,09	\$4.084,09
CISCO UNITY 500 USER DE MENSAJERIA INTEGRADA			
<i>Unity Connection, 300 users, 16 ports, 1 TTS</i>	1	\$13.080,00	\$13.080,00
<i>One Unity Connectoin VM User</i>	200	\$44,28	\$8.856,00
<i>One IMAP Client Access user license</i>	500	\$6,81	\$3.405,00
<i>MCS-7825-I2 Rack; Unity Connection; 2GB; SATA RAID; Win2003 1 USD 9000.00 21 Days</i>	1	\$6.131,25	\$6.131,25
<i>SMARTNET 8X5X4 MCS7825I2 Rack Unity Con 2GB SATA RAID</i>	1	\$1.436,00	\$1.436,00
TELÉFONOS 7912G			
<i>Cisco IP Phone 7912G</i>	156	\$153,28	\$23.911,68
<i>IP Phone power transformer for the 7900 phone series</i>	156	\$30,66	\$4.782,96
<i>7900 Series Transformer Power Cord, China</i>	156	\$6,81	\$1.062,36
TELÉFONOS 7970G OPERADORAS SECUNDARIAS			
<i>Cisco IP Phone 7970G, Global</i>	6	\$436,00	\$2.616,00
<i>IP Phone power transformer for the 7900 phone series</i>	6	\$30,66	\$183,96
<i>7900 Series Transformer Power Cord, China</i>	6	\$6,81	\$40,86
TELÉFONOS ANALÓGICOS Y ADAPTADORES			
<i>Teléfonos analógicos (re-utilizables), Panasonic</i>	26	\$0,00	\$0,00
<i>Adaptador LinkSys PAP2, 2 puertos RJ-11, 1 puerto RJ-45 (incluido adaptador de energía)</i>	13	\$1.299,00	\$16.887,00
MANO DE OBRA			
<i>Instaladores</i>	3	\$213,33	\$639,99
TOTAL			\$89.842,15

Tabla 3.23 Costos de implementación de la tercera etapa

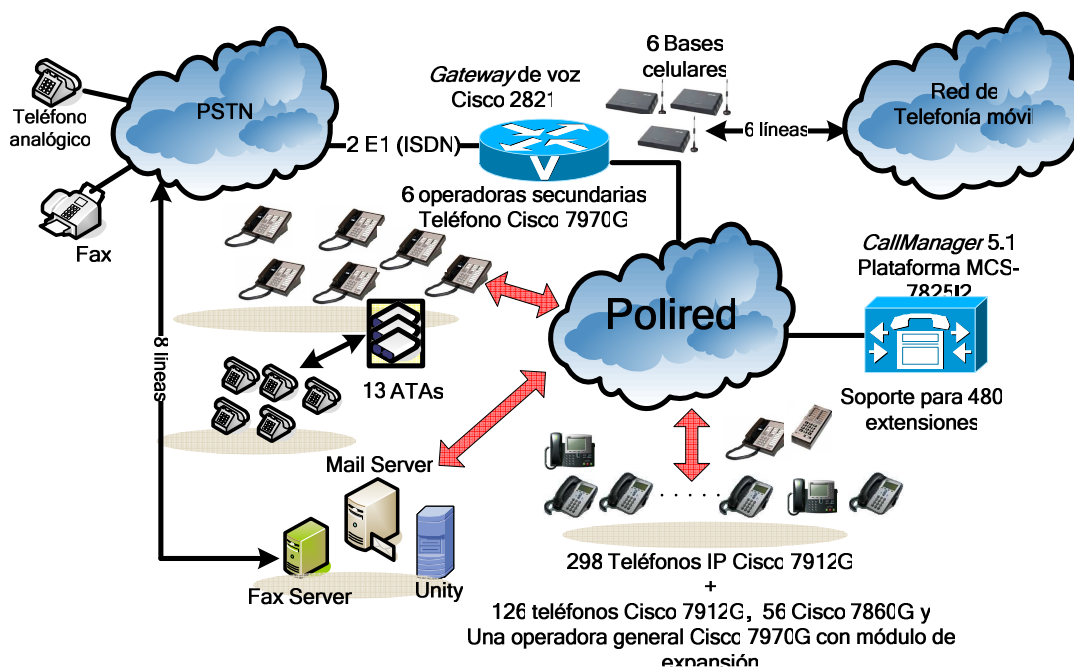


Figura 3.17 Esquema general de la tercera etapa



CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- ❖ El uso de VoIP es cada vez más común en entornos empresariales por las siguientes razones:
 - Uso eficiente de los medios de transmisión a través de la conmutación de paquetes.
 - Disminución de costos al utilizar una infraestructura de comunicación única, capaz de converger múltiples servicios.
 - Ahorro en gastos de llamada en entornos matriz – sucursal, al no usar los circuitos de la RTC. La utilización de VoIP en estos ambientes provee comunicaciones cuya tarificación es independiente tanto respecto a la distancia como al tiempo de conexión.

- ❖ Del análisis de la red de datos de la EPN se obtuvieron los siguientes resultados:
 - El tráfico interno es bajo, ocupando alrededor del 1% de la capacidad de los enlaces del nivel de distribución y *backbone*; el mayor volumen de tráfico corresponde al acceso a Internet.
 - La disponibilidad de los enlaces en los niveles de distribución y *backbone* corresponde a 99.9980% y 99.5788% respectivamente, lo que implica realizar únicamente acciones correctivas en el *backbone* principal para la implementación de VoIP. Los mencionados valores no hacen referencia a la disponibilidad del servicio de Internet, ya que adicionalmente depende del estado de los dispositivos de *networking* (*switches, routers y hubs*), servidores e ISP.
 - La implementación del servicio de VoIP en la Polired, es factible gracias al bajo tráfico generado por los usuarios, siempre y cuando se establezcan políticas para incremento del nivel de acceso y se corrijan los problemas en el *backbone* para aumentar su disponibilidad.

- ❖ Del análisis del sistema de voz de la EPN se obtuvieron los siguientes resultados:
 - El sistema telefónico actual no entrega servicio de voz a todos los usuarios de la EPN (364 extensiones), ya que a través del criterio de número de ambientes físicos se determinó que es necesario 662 extensiones para brindar cobertura a toda la Institución.
 - Del análisis de tráfico se concluye que se requieren 37 líneas troncales para el acceso a la PSTN y 7 troncales celulares (con un $GoS=1\%$) para satisfacer el flujo de tráfico telefónico de los usuarios actuales de la PBX Avaya. Actualmente, se cuenta con 32 troncales analógicas y 3 líneas celulares. Las 3 líneas celulares son suficientes para suplir el tráfico celular debido a que existen perfiles de usuarios que restringen llamadas celulares.
 - El sistema telefónico actual de la EPN tiene más de 12 años de funcionamiento por lo que presenta problemas de operación, degradación del *hardware*, discontinuidad del modelo y dificultad para prestar nuevos servicios y funcionalidades; por estas razones es una necesidad imperiosa implementar un sistema capaz de dar cobertura a toda la EPN con servicios de llamada avanzados.

- ❖ El codec seleccionado para el sistema influye de manera importante sobre la calidad de voz que se entrega al usuario final; el criterio básico considera que mientras menor sea el ancho de banda utilizado por el codec, menor será la calidad de voz. En entornos WAN se emplean, generalmente, codecs de baja tasa de bit para optimizar el uso del AB disponible.

- ❖ Independientemente de la tecnología utilizada para la implementación de VoIP en un entorno LAN, los fabricantes emplean el codec G.711 a 64 Kbits/s para transmisión de la voz, debido principalmente a que se busca proporcionar la más alta calidad de voz, siendo el ancho de banda un aspecto no crítico (*generalmente 100 Mbits/s en el ambiente LAN*).

- ❖ Las soluciones de voz a través de *networking* o PC-PBX permite la asignación de servicios o procesamiento de llamadas a través de varios servidores, en función de la complejidad y el número de usuarios del sistema.
- ❖ A través de una infraestructura única, las soluciones de voz mediante IP-PBX permiten dar servicio a un mayor número de usuarios, en relación a equipos de *networking* y PC-PBX; esto gracias al manejo de *hardware* especializado de telefonía. El uso de varios servidores, en el caso de IP-PBX, se reserva para la interconexión de emplazamientos empresariales con un considerable número de usuarios.
- ❖ Asterisk es una aplicación para servidor de comunicación del tipo “*open source*”, es decir los códigos con los que se realizó son de fácil acceso al usuario, permitiendo que el administrador pueda alterar el sistema telefónico de acuerdo a lo que se requiera (“*Sistemas Taylor-made*”), sin necesidad de compra de licencias.
- ❖ Las funcionalidades computacionales de telefonía (*CTI*) son de fácil implementación en los PC-PBX; en contraste, la mayoría de PBX suelen necesitar un interfaz extra para trabajar con estas funcionalidades, e incluso los procesos de señalización entre las centrales y los servidores de CTI no son eficientes, lo que afecta al sistema entero.
- ❖ El desarrollo del modelo matemático de priorización está basado en el proceso de análisis AHP (*Analytic Hierarchy Process*), el cual permite seleccionar una alternativa a través de múltiples criterios. El proceso requiere de evaluaciones subjetivas en base a la importancia relativa de cada uno de los criterios, para posteriormente especificar su preferencia respecto a cada una de las alternativas y para cada criterio. El resultado es una jerarquización de prioridades que muestra la preferencia global para cada una de las alternativas tomadas en cuenta.

- ❖ La aplicación de AHP al presente proyecto de titulación permitió analizar diversas soluciones tecnológicas para telefonía IP que existen en el mercado nacional con los requerimientos de la EPN; muchos aspectos tanto tecnológicos como económicos fueron considerados en los criterios generales de comparación, de manera que el usuario u organización pueden asegurarse de que no se ha dejado de lado ningún enfoque, al momento de hacer su selección.
- ❖ La determinación y ponderación de los criterios generales necesarios para determinar la mejor tecnología de voz aplicada a los requerimientos de una empresa, está basada en opiniones subjetivas, manteniendo como finalidad la búsqueda de la mejor tecnología de telefonía IP enfocada principalmente al aspecto tecnológico y no económico.
- ❖ Las ponderaciones de las alternativas, respecto a cada criterio, están sujetas a la experiencia obtenida al realizar los bosquejos de diseño con las tres alternativas consideradas (*Networking, Servidores e IP-PBX*).
- ❖ Según el modelo matemático desarrollado y la ponderación asignada a los criterios generales establecidos (*Capacidad 28.1%, Mantenimiento 27.2%, Servicios 15.2%, Costos 15.2%, Convergencia Tecnológica 8.9% y Escalabilidad 5.4%*), el resultado obtenido en base a los requerimientos de la EPN indica que la tecnología a seleccionarse para el nuevo sistema telefónico es Cisco Systems, siendo la convergencia tecnológica el criterio dirimente según el Análisis de Sensibilidad realizado.
- ❖ Se concluye que para la EPN, la solución Cisco se ajusta a todas las combinaciones posibles de los parámetros de selección inicial (*excepto Capacidad media y convergencia tecnológica Cisco*). Si bien la convergencia tecnológica no tiene un peso considerable dentro de los criterios generales de comparación (8,9%), la cercanía en el desempeño de las tecnologías permite que ésta defina a Cisco como ganadora en toda condición.

- ❖ El diseño propuesto de la red integrada de voz y datos para la EPN, brinda servicio a todos los usuarios de la Institución, por lo cual no es necesario el mantenimiento de los sistemas telefónicos independientes en los edificios de Sistemas, CEC y Aguas y Microbiología (*todas centrales Panasonic*).
- ❖ Refiriéndose a la EPN, con el fin de que la comparación de tecnologías se centre en el factor económico, se varía la ponderación de los criterios generales en relación al criterio costos, observándose que para una ponderación de “costo” menor a 32.4% Cisco se mantiene como la opción ganadora, y para valores mayores a 32.4% la alternativa a elegir será Asterisk; tales valores fueron obtenidos del análisis de sensibilidad realizado.
- ❖ La implementación de mensajería unificada en la EPN requiere la interacción de tres servidores: el servicio de *voice mail* a través del Servidor Cisco *Unity 4.2*, en modo *standalone* con soporte para 1000 usuarios; el servicio de fax mediante un servidor genérico de marca “Faxmaker”, equipado para dar servicio a 100 usuarios, y el *Mail Server* necesario para acceder a la casilla de mensajes convergente. El uso de tres servidores en lugar de uno (*mensajería integrada*) responde al número de usuarios de la EPN, y al ahorro en costos por reutilización del *Mail Server* de la Polired.
- ❖ Si bien el presente proyecto de titulación es la solución a un problema específico, se ha logrado establecer un procedimiento de diseño, el cual puede manejarse como guía para otros proyectos. Este procedimiento es abierto y adaptable porque los pasos descritos pueden ser cambiados, siempre que satisfaga de manera óptima los requerimientos del sistema a diseñar.
- ❖ La cuidadosa interpretación de las necesidades del cliente es fundamental para una correcta selección de equipos y materiales a utilizarse en el proyecto. El diseñador debe ser capaz de ver más allá de las palabras del

cliente y saber discernir qué es realmente necesario para la empresa en cuestión, seleccionando el equipo indicado. Además al trabajar en una infraestructura ya operativa se debe realizar una re-ingeniería de la red, que básicamente cubra el análisis y optimización del sistema actual y la reutilización de equipos actuales para aplicaciones futuras.

- ❖ El movimiento del mercado y el presupuesto del cliente son hechos a considerar por el diseñador; por esta razón se presenta un análisis que permite la implementación del nuevo sistema de voz de la EPN por etapas, en el lapso de tres años, con todos los servicios avanzados considerados en el diseño.
- ❖ Los costos de inscripción de los enlaces considerados en el diseño (2 acceso E1s y 8 líneas analógicas) representan un costo adicional de \$900 respecto al uso exclusivo de líneas analógicas (68 líneas analógicas); sin embargo los costos mensuales por pensión básica de los enlaces considerados en el diseño son más baratos en relación al uso de líneas analógicas, existiendo una diferencia mensual de \$273.60, lo que representa un ahorro anual de \$3283.20, recuperándose el costo extra por inscripción de los enlaces considerados en el diseño, en los primeros cuatro meses de puesto en marcha el nuevo sistema telefónico.

4.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Una buena planificación permite entender y alcanzar de mejor manera un proyecto. Para la implementación de redes integradas de voz y datos se recomienda considerar los siguientes pasos:
 - Establecimiento de requisitos
 - Establecimiento de la interfaz de telefonía e información de la señalización
 - Selección de una tecnología VoX (*entornos WAN*)
 - Planificación de requisitos del enlace troncal
 - Selección de alternativas
 - Evaluación de la red

- ❖ Establecer como política de red que los usuarios del correo electrónico configuren sus MUAs con el protocolo de descarga de *mail* IMAP; en este caso los *mails* serán recuperados del servidor pero no descargados en el equipo del usuario, previniendo así la pérdida de información por daño en el host local. Además IMAP mantiene constancia de los *mails* enviados (*bandeja de salida*).
- ❖ Se aconseja optimizar el servidor WEB Apache de la EPN activando las opciones de compresión y aceleración de código PHP, lo cual permite un mayor número de usuarios accediendo simultáneamente a la página de la universidad y menor tiempo de descarga de la misma.
- ❖ Se recomienda una auditoria de cableado de la EPN, debido a que presenta problemas por voltajes inducidos y puesta a tierra, lo que provoca disminución de la calidad de voz prestada por el sistema y constantes cambios de pares de las extensiones.
- ❖ Se recomienda crear una nueva cátedra dentro del plan de estudios de la carrera de Electrónica que enfoque la Telefonía IP, debido a la tendencia actual de convergencia de servicios dentro de las redes de datos.
- ❖ Siendo el servicio de voz de naturaleza crítica y la inversión en los nuevos equipos considerable para la EPN, se recomienda adquirir licencias de garantía *Smartnet* para el *CallManager*, el *Gateway* de voz y *Cisco Unity*, lo que significa un costo extra de \$4995. La adquisición de licencias *Smartnets* permiten el acceso a los siguientes servicios:
 - Garantía extendida a 1 año.
 - Sustitución del equipo en caso de desperfectos de fábrica y averías por fallo de energía; previa verificación de que se cumplen las condiciones eléctricas (*conexión a tierra y UPS*) y físicas (*ventilación*) de funcionamiento recomendadas por el fabricante.

- Actualizaciones del IOS y acceso a información técnica clasificada (*a través de login y password entregados con Smartnet*) del dispositivo en el sitio WEB de Cisco.
- La licencia *Smartnet* está vigente ocho horas por cada día laborable de la semana siendo el tiempo de respuesta (*tiempo que tarda en repararse una avería efectiva, medida desde el momento en que se produce el reclamo y se notifica al proveedor del servicio hasta la reparación de la misma*) máximo de 4 horas.