



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEPRESENCIA Y DE FIBRA ÓPTICA PARA EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPALIDAD DE AMBATO (GADMA)

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

PAÚL FERNANDO GUAYGUA REYES
fguaygua@gmail.com

DIRECTOR: ING. PABLO HIDALGO
pablo.hidalgo@epn.edu.ec

Quito, Noviembre 2015

DECLARACIÓN

Yo, Paúl Fernando Guaygua Reyes declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo el derecho de propiedad intelectual correspondiente 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.

Fernando Guaygua R.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Paúl Fernando Guaygua Reyes, bajo mi supervisión.

Ing. Pablo Hidalgo
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por acompañarme y cuidarme todos los días.

A mi Madre Marcia Reyes: No dejo de pensar en los primeros pasos que dí en mi vida gracias a tí, si hay algo que sé hacer bien es por tí, y cuando llega la recompensa por un esfuerzo no puedo dejar de recordar tu cariño, esfuerzo, devoción y tú ejemplo. Que ésta sea la recompensa a tantos años de entrega, desvelos y apoyo incondicional. Te quiero con todo mi corazón.

A mi Padre Hernán Guaygua: Detrás de este logro estás tú, tu apoyo, confianza y cariño. Nada podría ser mejor. Gracias por darme la oportunidad de hacer realidad este sueño compartido, por alentarme a hacer lo que quiero y ser como soy. Te adoro.

A mis hermanas Cristina, Paulina y Gaby, siempre estuvimos juntos y nos hemos dado la mano hasta en los momentos más difíciles, siempre compartiendo penas y alegrías. Gracias por su amor y apoyo.

A todas mis lindas sobrinas y sobrinos que con su alegría y ocurrencias han alegrado nuestras vidas de una forma única.

A mis tías Blanquita y Chelita, sin su ayuda al inicio de mi carrera nada de esto hubiera sido posible.

A Elsita Quintana que me ayudó con el crédito del IECE para poder seguir estudiando y culminar mi carrera profesional.

A mi tutor, Ing. Pablo Hidalgo, más que un excelente profesor es un gran amigo, su sabiduría, paciencia y experiencia me ayudó a culminar esta meta, y no sólo a mi persona sino a cientos de estudiantes.

A la Escuela Politécnica Nacional que con sus profesores y prestigio a nivel nacional me han encaminado a ser un profesional de élite.

A todos mis amigos, que son como hermanos. Gracias por su ayuda y su gran amistad. Jorge Guijarro, Daniel Dávalos, Israel Murillo, Mabell Ortíz, Andrea Enríquez, Lizeth Aguirre y Alex Sánchez.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la dueña de mi corazón, mi razón de lucha diaria, me da mucha nostalgia saber que por más que lo intentamos no logramos estar juntos, siempre serás lo más importante de mi vida, este trabajo es para tí Karen Fonseca.

CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
CONTENIDO.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	XIII
LISTA DE TABLAS.....	XXIII
RESUMEN.....	XXXI
PRESENTACIÓN.....	XXXIII

TOMO I

CAPÍTULO I

FUNDAMENTO TEÓRICO DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN ÓPTICOS Y LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA FIBRA ÓPTICA.....	2
1.2.1 ESTRUCTURA FÍSICA DE LA FIBRA ÓPTICA.....	2
1.2.2 PRINCIPIO DE TRANSMISIÓN EN UNA FIBRA ÓPTICA.....	3
1.2.3 ANCHO DE BANDA.....	5
1.2.4 TIPOS DE FIBRAS ÓPTICAS.....	5
1.2.5 PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN.....	5
1.2.6 ATENUACIÓN.....	6
1.2.7 FUENTES Y DETECTORES DE LUZ.....	7
1.2.7.1 Fuentes Ópticas.....	7
1.2.7.2 Detectores Ópticos.....	8

1.2.8 EMPALMES Y CONECTORES.....	8
1.2.8.1 Empalmes.....	9
1.2.8.1.1 Empalme por Fusión.....	9
1.2.8.1.2 Empalme Mecánico.....	10
1.2.9 CONECTORES.....	10
1.2.10 TIPOS DE TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA.....	12
1.2.10.1 Tendido Aéreo.....	12
1.2.10.2 Tendido Enterrado.....	13
1.2.11 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA.....	14
1.2.11.1 Ventajas de la Fibra Óptica.....	14
1.2.11.2 Desventajas de la Fibra Óptica.....	15
1.3 ESTÁNDARES Y RECOMENDACIONES DE LA UIT-T PARA MANs DE FIBRA ÓPTICA.....	16
1.3.1 GENERALIDADES.....	16
1.3.2 RECOMENDACIÓN UIT-T G.652.....	17
1.3.2.1 Ventajas y Desventajas de la Recomendación UIT-T G.652.D	18
1.3.3 RECOMENDACIÓN UIT-T G.653.....	19
1.3.3.1 Ventajas y Desventajas de la Recomendación UIT-T G.653.B	20
1.3.4 RECOMENDACIÓN UIT-T G.655.....	21
1.3.4.1 Ventajas y Desventajas de la Recomendación UIT-T G.655.E	22
1.4 FUNDAMENTO TEÓRICO DE LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA	23
1.4.1 INTRODUCCIÓN.....	23

1.4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA..	25
1.4.2.1 Evolución de los Sistemas de Telepresencia.....	25
1.4.2.2 Servidores de Telepresencia.....	26
1.4.2.2.1 Servidores de Telepresencia Tipo MCU.....	26
1.4.2.2.2 Servidores de Telepresencia Tipo Cloud.....	29
1.4.2.3 Salas de Telepresencia.....	32
1.4.3 ARQUITECTURAS.....	34
1.4.4 PROTOCOLOS UTILIZADOS.....	36
1.4.4.1 Recomendación UIT-T H.323: Sistemas Audiovisuales y Multimedia.....	36
1.4.4.2 Protocolo SIP.....	45
1.4.4.3 Protocolos de Transporte Multimedia.....	53
1.4.4.4 Protocolos de Direccionamiento.....	61
1.4.4.5 Protocolos de Transporte.....	66
1.4.4.6 Codificación de Voz.....	72
1.4.4.7 Codificación de Vídeo.....	72
1.4.4.8 Protocolos para compartición de Vídeo.....	81
1.4.4.9 Protocolos de Seguridad.....	84
1.4.5 FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA...	84

CAPÍTULO II

DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA.....	90
--	-----------

2.1 INTRODUCCIÓN.....	90
2.2 RED ACTUAL DEL GADMA.....	91
2.2.1 RED INTERNA DE LAS ENTIDADES MUNICIPALES EXTERNAS	92
2.3 SISTEMA INTEGRADO DE SEGURIDAD CIUDADANA ECU 911	
AMBATO.....	95
2.4 SEMAFORIZACIÓN INTEGRAL CENTRALIZADA DEL CASCO	
CENTRAL URBANO DE LA CIUDAD DE AMBATO.....	97
2.5 REQUERIMIENTOS DE LAS ENTIDADES MUNICIPALESEXTERNAS	99
2.5.1 INTRODUCCIÓN.....	99
2.5.2 ANÁLISIS DE LAS NORMATIVAS Y ORDENANZAS	
MUNICIPALES DEL GADMA.....	100
2.6 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA.....	102
2.6.1 COMPARATIVA ENTRE LAS RECOMENDACIONES G.652 Y	
G.655.....	102
2.6.2 CAPACIDAD DEL BACKBONE DE FIBRA ÓPTICA.....	104
2.6.3 TIPO DE TENDIDO PARA EL <i>BACKBONE</i> DE FIBRA ÓPTICA.....	104
2.6.3.1 Microzanjado.....	106
2.6.3.2 Microductos.....	109
2.6.4 RECOMENDACIONES DE LA UIT-T PARA MICROZANJAS.....	112
2.6.4.1 Resumen de la Recomendación UIT-T L.49.....	112
2.6.5 TIPO DE CABLE PARA EL BACKBONE DE FIBRA ÓPTICA.....	115
2.7 ENRUTAMIENTO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA.....	119

2.7.1 TOPOLOGÍA FÍSICA DEL <i>BACKBONE</i> DE FIBRA ÓPTICA.....	120
2.7.2 RUTAS DEL <i>BACKBONE</i> DE FIBRA ÓPTICA.....	122
2.7.3 PUNTOS DE INTERCONEXIÓN DE LA JAMBARED.....	126
2.7.4 EQUIPAMIENTO ACTIVO Y PASIVO DE LA JAMBARED.....	126
2.7.4.1 Equipamiento Activo.....	128
2.7.4.2 Equipamiento Pasivo.....	137
2.8 DISEÑO LÓGICO DEL <i>BACKBONE</i> DE FIBRA ÓPTICA.....	141
2.8.1 TOPOLOGÍA LÓGICA DEL <i>BACKBONE</i> DE FIBRA ÓPTICA.....	141
2.8.2 SEGMENTACIÓN DEL <i>BACKBONE</i> DE FIBRA ÓPTICA.....	143
2.9 SOLUCIÓN COMERCIAL PARA LA FIBRA ÓPTICA.....	148
2.9.1 SOLUCIÓN COMERCIAL PARA EL EQUIPAMIENTO PASIVO.....	149
2.9.2 SOLUCIÓN COMERCIAL PARA EL EQUIPAMIENTO ACTIVO.....	155

TOMO II

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SISTEMA DE TELEPRESENCIA.....	162
3.1 INTRODUCCIÓN.....	162
3.2 ARQUITECTURAS DE LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA.....	162
3.2.1 ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA	
CISCO.....	163
3.2.1.1 Arquitectura CTS de CISCO.....	165
3.2.1.2 Protocolos utilizados por CISCO.....	169

3.2.2 ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA	
HUAWEI.....	172
3.2.2.1 Arquitectura Huawei TP de Huawei.....	174
3.2.3 ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA DE	
POLYCOM.....	178
3.2.3.1 Sistemas de Telepresencia Polycom ATX.....	179
3.3 COMPARATIVA DE LAS ARQUITECTURAS DE LOS SISTEMAS DE	
TELEPRESENCIA.....	185
3.3.1 COMPARATIVA DE LOS SERVICIOS MULTIMEDIA.....	186
3.3.2 COMPARATIVA EN CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE.....	193
3.4 INGENIERÍA DEL SISTEMA DE TELEPRESENCIA.....	198
3.4.1 DISEÑO DE LA TOPOLOGÍA DEL SISTEMA DE	
TELEPRESENCIA.....	198
3.4.2 EQUIPAMIENTO PARA EL SISTEMA DE TELEPRESENCIA.....	205
3.4.2.1 Equipos de Vídeo.....	210
3.4.2.2 Salas Inmersivas.....	220
3.4.2.3 Equipos de Audio.....	230
3.4.2.4 Equipos de Directorio y Multimedia.....	233
3.4.2.5 Salas de Telepresencia Opcionales.....	236
3.4.2.5.1 Normas de adecuación para salas de inmersión no	
prefabricadas.....	240
3.4.2.5.2 Salas de Telepresencia a futuro.....	241

3.5 CONFIGURACIÓN DEL EQUIPAMIENTO ACTIVO DEL SISTEMA DE TELEPRESENCIA.....	244
3.5.1 CONFIGURACIÓN EQUIPO HDX 9004.....	245
3.5.2 CONFIGURACIÓN EQUIPO HDX 4500.....	251
3.5.3 CONFIGURACIÓN EQUIPO RMX 2000.....	257
3.5.4 CONFIGURACIÓN EQUIPO DMA 7000.....	265
3.5.5 CONFIGURACIÓN EQUIPO RSS 4000.....	267
3.6 SERVICIOS AGREGADOS EN EL SISTEMA DE TELEPRESENCIA....	271
3.6.1 AUTENTICACIÓN BIOMÉTRICA.....	272
3.6.2 TRANSFERENCIA DE ARCHIVOS.....	273
3.6.3 UTILIZACIÓN DE CERTIFICADOS Y FIRMAS ELECTRÓNICAS...	274
3.6.4 CONTROL DE USUARIOS.....	275
3.6.5 INTEGRACIÓN DE ORDENADORES, SMARTPHONES Y TABLETS MEDIANTE APLICATIVOS.....	278
3.6.6 INTEGRACIÓN CON OTROS SERVICIOS.....	280
3.6.7 PLANIFICACIÓN DE TELECONFERENCIAS.....	283
3.6.8 ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS FÍSICOS Y LÓGICOS DEL SERVIDOR DE TELEPRESENCIA.....	285
3.6.9 INTEGRACIÓN DE SERVIDORES MULTIMEDIA EXTERNOS.....	289
CAPÍTULO IV	
ANÁLISIS DE COSTOS.....	290

4.1 INTRODUCCIÓN.....	290
4.2 ANÁLISIS DE COSTOS DE LA JAMBARED.....	290
4.2.1 VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA JAMBARED.....	295
4.2.2 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DE LA JAMBARED.....	297
4.2.2.1 PROYECCIÓN A 5 AÑOS.....	300
4.2.2.2 PROYECCIÓN A 10 AÑOS.....	303
4.3 ANÁLISIS DE COSTOS DEL SISTEMA DE TELEPRESENCIA.....	303
4.3.1 VIABILIDAD ECONÓMICA DEL SISTEMA DE TELEPRESENCIA	307
4.3.2 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DEL SISTEMA DE TELEPRESENCIA.....	308
4.3.3 PROYECCIÓN A 5 AÑOS.....	309
CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	311
5.1 CONCLUSIONES.....	311
5.2 RECOMENDACIONES.....	315
GLOSARIO.....	317
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	320
ANEXOS.....	336

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1.1 Cable deFibra Óptica.....	1
Figura 1.2 Estructura del Cable de Fibra Óptica.....	3
Figura 1.3 Principio de Reflexión Total.....	4
Figura 1.4 Transmisión de rayos de luz en la Fibra Óptica.....	4
Figura 1.5 Pérdida Óptica.....	7
Figura 1.6 Empalme por Fusión.....	10
Figura 1.7 Empalme Mecánico.....	10
Figura 1.8 Método de enrollado retractable/fijo.....	12
Figura 1.9 Método de desplazamiento de carrete.....	13
Figura 1.10 Sala de Telepresencia.....	24
Figura 1.11 Evolución de los Sistemas de Telepresencia.....	26
Figura 1.12 Procesamiento Sistemas de Telepresencia MCU.....	27
Figura 1.13 Arquitectura de Vídeo de Servidores tipo MCU.....	28
Figura 1.14 Servidores de Telepresenica tipo Cloud.....	30
Figura 1.15 Nubes Públicas y Nubes Privadas.....	31
Figura 1.16 Sala Inmersiva de Telepresencia.....	33
Figura 1.17 Sala de Telepresencia Real.....	33
Figura 1.18 Zonas de gatekeepers.....	39
Figura 1.19 Protocolo H.323.....	41

Figura 1.20 Pila de protocolos de la recomendación H.323.....	42
Figura 1.21 Establecimiento de una llamada mediante H.323.....	43
Figura 1.22 Señalización de Control en una llamada H.323.....	44
Figura 1.23 Intercambio de datos usando H.323.....	44
Figura 1.24 Desconexión de una llamada H.323.....	45
Figura 1.25 Arquitectura del Protocolo SIP.....	48
Figura 1.26 Entidades de una red SIP.....	50
Figura 1.27 Establecimiento de una llamada mediante SIP.....	53
Figura 1.28 Elementos de una sesión RTP.....	55
Figura 1.29 Empaquetamiento del Protocolo RTP.....	56
Figura 1.30 Estructura de una trama RTP.....	57
Figura 1.31 Trama RTCP.....	60
Figura 1.32 Estimación del Jitter mediante RTCP.....	61
Figura 1.33 Canales lógicos en una comunicación multimedia.....	61
Figura 1.34 Datagrama del Protocolo IP.....	62
Figura 1.35 Estructura de una dirección IP.....	64
Figura 1.36 Encaminamiento IP.....	65
Figura 1.37 Trama IP entre dos host de una misma red.....	65
Figura 1.38 Trama IP entre dos host de distintas redes.....	65
Figura 1.39 Campos del Segmento TCP.....	67

Figura 1.40 Sesión TCP.....	69
Figura 1.41 Estructura de un Datagrama UDP.....	70
Figura 1.42 Espectro de una señal de vídeo muestreada a frecuencia fo.....	75
Figura 1.43 Ejemplo de Aliasing en una señal muestreada.....	75
Figura 1.44 Cuantificación de una señal muestreada.....	76
Figura 1.45 Esquema del modelo RGB.....	77
Figura 1.46 Esquema del modelo YUV.....	78
Figura 1.47 Compartición de contenidos multipunto con H.239.....	83
Figura 1.48 Diagrama genérico sistemas de telepresencia.....	86
Figura 1.49 Inicio de sesión en un sistema de telepresencia.....	87
Figura 1.50 Registro de una llamada mediante H.225.....	87
Figura 1.51 Registro de una llamada entre dos redes distintas con SIP – H.323.....	88
Figura 1.52 Transmisión de Datos Multimedia mediante RTP.....	89
 CAPÍTULO II	
Figura 2.1 JambaRed Logotipo.....	90
Figura 2.2 Diagrama Unifilar de la Red de Comunicaciones del GADMA.....	94
Figura 2.3 Ubicación de las Cámaras de Seguridad del ECU-911 en el Cantón Ambato.....	98
Figura 2.4 Zona de soterramiento de la Ciudad de Ambato.....	102

Figura 2.5 Equipo de zanjadora con aspirador.....	107
Figura 2.6 Calidad del corte de la microzanja y detalle del mismo.....	107
Figura 2.7 Instalación terminada.....	108
Figura 2.8 Microducto 3/36 de LiteAccess.....	109
Figura 2.9 Cajas de Distribución para microductería.....	110
Figura 2.10 Pozo de revisión para microductería.....	110
Figura 2.11 Microducto Multitubería.....	111
Figura 2.12 Cambio de dirección del cable. Recomendación UIT-T L.49.....	113
Figura 2.13 Instalación de cajas de empalmes. Recomendación UIT-T L.49..	114
Figura 2.14 Cable Monotubo con armadura de Fibra de vidrio.....	115
Figura 2.15 Cable Monotubo con armadura de aramida.....	115
Figura 2.16 Cable Monotubo con armadura de acero corrugado.....	115
Figura 2.17 Cable Multitubo sin armadura.....	116
Figura 2.18 Cable Multitubo con armadura de hiladuras de fibra de vidrio.....	116
Figura 2.19 Cable Multitubo con armadura de aramida.....	116
Figura 2.20 Cable Multitubo con armadura de acero corrugado.....	116
Figura 2.21 Cable especial con guía de acero.....	117
Figura 2.22 Cable monofibra de estructura apretada.....	117
Figura 2.23 Cable bifibra de estructura apretada.....	117
Figura 2.24 Cable bifibra encapsulado de estructura apretada.....	117

Figura 2.25 Cable de distribución con armadura de estructura apretada.....	118
Figura 2.26 Cable de distribución con armadura individual de estructura Apretada.....	118
Figura 2.27 Edificios Municipales para la JambaRed.....	120
Figura 2.28 Topología Física en Anillo, Redundancia-Disponibilidad.....	121
Figura 2.29 Topología Física en Anillo, Escalabilidad.....	121
Figura 2.30 Backbone de Fibra Óptica de la JambaRed.....	124
Figura 2.31 Ubicación de Mangas y futuras posibles rutas de fibra óptica JambaRed.....	127
Figura 2.32 Unifilar General de Interconexión de la JambaRed.....	142
Figura 2.33 Diagrama de Conexiones Lógicas JambaRed.....	144
Figura 2.34 Diagrama Unifilar JambaRed.....	145
 CAPÍTULO III	
Figura 3.1 Salas de Telepresencia.....	162
Figura 3.2 Arquitectura CTS de CISCO.....	165
Figura 3.3 Componentes del Sistema de Telepresencia de Cisco.....	166
Figura 3.4 Arquitectura de Vídeo de CISCO.....	167
Figura 3.5 Señalización SCCP.....	170
Figura 3.6 Señalización H.323.....	171
Figura 3.7 Señalización SIP.....	171

Figura 3.8 Canales multimedia con TIP.....	172
Figura 3.9 Tecnologías usadas en Huawei.....	174
Figura 3.10 Características generales Telepresencia de Huawei.....	174
Figura 3.11 Arquitectura de Telepresencia de Huawei.....	175
Figura 3.12 Interoperabilidad de Huawei TP y Cisco CTS.....	176
Figura 3.13 Señalización de dos sistemas de telepresencia con H.323.....	177
Figura 3.14 Sala de Telepresencia Polycom.....	180
Figura 3.15 Infraestructura de Telepresencia mixta entre Cisco y Polycom....	181
Figura 3.16 Arquitectura de Vídeo Polycom ATX.....	182
Figura 3.17 Arquitectura del DMA de Polycom.....	183
Figura 3.18 Llamada de telepresencia multi-party a través de plataforma RMX.....	183
Figura 3.19 Funciones CMA de Polycom.....	185
Figura 3.20 Telepresencia entre equipos Polycom.....	185
Figura 3.21 Control táctil de Cisco.....	188
Figura 3.22 Pizarra electrónica de Polycom.....	189
Figura 3.23 Aplicativos soportados por Polycom.....	190
Figura 3.24 Aplicativos móviles soportados por Polycom.....	191
Figura 3.25 Sala de Telepresencia Inmersiva Polycom.....	191
Figura 3.26 Software para control de usuarios de Huawei.....	193

Figura 3.27 Topología Intra-Campus.....	200
Figura 3.28 Topología Intra-Enterprise.....	200
Figura 3.29 Topología Inter-Enterprise.....	201
Figura 3.30 Procesamiento de llamadas Single-Site Call Processing.....	202
Figura 3.31 Procesamiento de llamadas Multi-Site Call Processing.....	203
Figura 3.32 Estructura en clústers de Multi-Site Call Processing.....	203
Figura 3.33 Topología Física de una sala de telepresencia.....	204
Figura 3.34 Topología Física Sistema de Telepresencia GADMA.....	205
Figura 3.35 Topología Lógica general de una sala de telepresencia.....	206
Figura 3.36 Topología Lógica de una sala de telepresencia.....	206
Figura 3.37 Topología Lógica del sistema de telepresencia para el GADMA..	210
Figura 3.38 Equipo RMX de Polycom.....	212
Figura 3.39 Vista frontal equipo RMX 2000.....	214
Figura 3.40 Interfaz RTM IP del equipo RMX.....	214
Figura 3.41 Interfaz RTM LAN del equipo RMX.....	214
Figura 3.42 Interfaz RTM ISDN/PSTN del equipo RMX.....	215
Figura 3.43 Equipo UC Board.....	217
Figura 3.44 Instalación del equipo UC Board.....	217
Figura 3.45 Equipo HDX 4500.....	219
Figura 3.46 Diagrama de conexiones HDX 4500.....	220

Figura 3.47 Parte posterior del equipo HDX 4500.....	221
Figura 3.48 Visualización usando distintas suites.....	224
Figura 3.49 Vista posterior del códec HDX 9004.....	226
Figura 3.50 Detalle de las conexiones de HD 9004.....	227
Figura 3.51 Dimensiones físicas de la suite RPX 408M.....	229
Figura 3.52 Dimensiones físicas de la suite RPX 418M.....	229
Figura 3.53 Suite RPX 400.....	230
Figura 3.54 Equipos de audio de la suite.....	232
Figura 3.55 Equipo Gatekeeper de Polycom.....	234
Figura 3.56 Software CMA.....	235
Figura 3.57 Equipo RSS de Polycom.....	236
Figura 3.58 Salas de Telepresencia Real de Polycom.....	238
Figura 3.59 Salas Inmersivas de Polycom.....	239
Figura 3.60 Detalle de las salas inmersivas de Polycom.....	239
Figura 3.61 Sala inmersiva interactiva de Polycom.....	240
Figura 3.62 Salas inmersivas de 12 participantes Polycom.....	241
Figura 3.63 Sala para Tele-Salud.....	242
Figura 3.64 Sala para Tele-Política.....	243
Figura 3.65 Sala de Telepresencia Ejecutiva.....	244
Figura 3.66 Equipo de Tele-Educación.....	244

Figura 3.67 Topología Física Salas de Telepresencia GADMA.....	246
Figura 3.68 Puertos de vídeo equipo HDX 9004.....	247
Figura 3.69 Puertos de audio equipo HDX 9004.....	247
Figura 3.70 Puertos de red equipo HDX 9004.....	247
Figura 3.71 Interfaz web equipos Polycom.....	248
Figura 3.72 Equipo Polycom en cascada de tres niveles.....	251
Figura 3.73 Vistas frontales y laterales del equipo HDX 4500.....	252
Figura 3.74 Puertos de vídeo del equipo HDX 4500.....	253
Figura 3.75 Puertos de audio del equipo HDX 4500.....	254
Figura 3.76 Puertos de red del equipo HDX 4500.....	255
Figura 3.77 Montaje del equipo RMX 2000.....	258
Figura 3.78 Vista frontal del equipo RMX 2000.....	259
Figura 3.79 Monitor de usuarios del equipo RMX 2000.....	261
Figura 3.80 Directorio electrónico del equipo RMX 2000.....	262
Figura 3.81 Configuración de grupos de usuarios del equipo RMX 2000.....	262
Figura 3.82 Instalación del aplicativo RMX Desktop.....	264
Figura 3.83 Monitor de equipos mostrados en el RMX Desktop.....	264
Figura 3.84 Monitor de configuraciones del RMX Desktop.....	265
Figura 3.85 Menú de configuración del equipo DMA 7000.....	266
Figura 3.86 Vista posterior del equipo RSS 4000.....	269

Figura 3.87 Activación de licencias del equipo RSS 4000.....	269
Figura 3.88 Lista de archivos de vídeos del equipo RSS 4000.....	271
Figura 3.89 Monitor de vídeos en vivo del equipo RSS 4000.....	272
Figura 3.90 Teléfono biométrico de Polycom.....	273
Figura 3.91 Cámara de documentos de Wolfvision.....	274
Figura 3.92 Puertos de la cámara de documentos.....	275
Figura 3.93 Interfaz de inicio del Control Táctil de Polycom.....	276
Figura 3.94 Interfaz para llamadas del Control Táctil.....	277
Figura 3.95 Interfaz de control de cámara del Control Táctil.....	277
Figura 3.96 Interfaz para compartir contenido del Control Táctil.....	278
Figura 3.97 Interfaz de Control del Equipo CMA.....	278
Figura 3.98 Interfaces del Aplicativo de Polycom para IOS.....	280
Figura 3.99 Interfaces del Aplicativo de Polycom para Android.....	280
Figura 3.100 Interfaz del aplicativo para Windows.....	281
Figura 3.101 Integración de IBM con Polycom.....	282
Figura 3.102 Interoperabilidad entre Juniper y Polycom.....	282
Figura 3.103 Integración entre Avaya y Polycom.....	283
Figura 3.104 Integración de Cisco con Polycom.....	283
Figura 3.105 Integración de Lync con Polycom.....	284
Figura 3.106 Integración de Outlook con Polycom.....	285

Figura 3.107 Planificación de teleconferencias del RMX 2000.....	285
Figura 3.108 Edición de la planificación de teleconferencias del RMX 2000...	286
Figura 3.109 Monitor de recursos del DMA 7000.....	286
Figura 3.110 Monitor de recursos del RMX 2000.....	287
Figura 3.111 Monitor de Hardware del RMX 2000.....	288
Figura 3.112 Monitor gráfico de hardware del RMX 2000.....	288
Figura 3.113 Panel de Alertas del RMX 2000.....	289
Figura 3.114 Herramientas de diagnóstico de red del RMX 2000.....	289
Figura 3.115 Herramientas de diagnóstico del HDX.....	290

CAPÍTULO IV

Figura 4.1 Fórmula para el cálculo del valor presente.....	300
--	-----

LISTA DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1.1 Tipos de Fibras Ópticas.....	6
Tabla 1.2 Conectores de Fibra Óptica.....	11
Tabla 1.3 Características de la fibra Monomodo Estándar.....	17
Tabla 1.4 Características del Cable Monomodo Estándar.....	18
Tabla 1.5 Características de la fibra con Dispersión Desplazada.....	19
Tabla 1.6 Características del cable con Dispersión Desplazada.....	20
Tabla 1.7 Atributos del cable Monomodo con Dispersión Desplazada.....	21
Tabla 1.8 Atributos de la Fibra Monomodo con Dispersión Desplazada.....	22
Tabla 1.9 Recomendaciones de la UIT-T que soportan la señalización H.323.....	38
Tabla 1.10 Medios apoyados por la UIT-T para H.323.....	38
Tabla 1.11 Descripción de los Códecs de Audio usados por los sistemas de Telepresencia.....	73
Tabla 1.12 Formatos de Vídeo más usados en Telepresencia.....	80
Tabla 1.13 Códecs de Vídeo para los Sistemas de Telepresencia.....	81

CAPÍTULO II

Tabla 2.1 Situación Actual del Sistema de Comunicaciones del GADMA.....	93
Tabla 2.2 Requerimientos de las Entidades Municipales del GADMA.....	100

Tabla 2.3 Número de hilos de fibra óptica en un Cable.....	105
Tabla 2.4 Requerimientos del Switch de Alta Disponibilidad.....	129
Tabla 2.5 Requerimientos del Módulo de Administración para el SW-A1.....	130
Tabla 2.6 Requerimientos del Módulo de Interfaces FO para el SW-A1.....	131
Tabla 2.7 Requerimientos del Switch Gigabit Ethernet.....	131
Tabla 2.8 Requerimientos del UPS.....	132
Tabla 2.9 Equipamiento Activo de los Nodos.....	133
Tabla 2.10 Requerimientos del Access Point.....	133
Tabla 2.11 Equipamiento Activo de las Entidades Municipales.....	134
Tabla 2.12 Requerimientos del Switch de Core Capa 3.....	135
Tabla 2.13 Requerimientos de las interfaces FO para el SW-C.....	136
Tabla 2.14 Requerimientos del módulo de Administración para el SW-C.....	136
Tabla 2.15 Requerimientos del Rack de Piso.....	137
Tabla 2.16 Requerimientos de los Patch Cords de cobre.....	137
Tabla 2.17 Requerimientos de los Patch Panels para conductores de cobre.	138
Tabla 2.18 Requerimientos de los Jacks.....	138
Tabla 2.19 Requerimientos de los Organizadores Horizontales.....	138
Tabla 2.20 Requerimientos de los Organizadores Verticales.....	139
Tabla 2.21 Requerimientos de los sujetadores de cables de cobre.....	139
Tabla 2.22 Requerimientos de los Patch Cords de Fibra Óptica.....	139

Tabla 2.23 Requerimientos del ODF.....	140
Tabla 2.24 Resumen del Equipamiento Pasivo para la JambaRed.....	140
Tabla 2.25 Lista de Subredes y números de Hosts.....	146
Tabla 2.26 Requerimientos actuales y a futuro de las Entidades Municipales.....	147
Tabla 2.27 Subredes creadas con VLSM.....	148
Tabla 2.28 Tabla de Direcciones IP para las Subredes.....	148
Tabla 2.29 Comparación de cables de fibra óptica.....	149
Tabla 2.30 Comparación de características de microductos.....	150
Tabla 2.31 Comparación de características de ODFs.....	151
Tabla 2.32 Comparación de características de Patch Cords Fibra Óptica.....	152
Tabla 2.33 Comparación de características de racks.....	153
Tabla 2.34 Comparativa de características de Patch Panels.....	153
Tabla 2.35 Comparativa de características de Jacks RJ-45.....	152
Tabla 2.36 Comparativa de características de Patch Cords UTP Cat 6.....	153
Tabla 2.37 Tabla comparativa características del Switch Core Capa 3.....	155
Tabla 2.38 Comparativa de las características de Switches de Distribución..	157
Tabla 2.39 Comparativa de características de Switches Gigabit Ethernet.....	158
Tabla 2.40 Comparativa de características de los Access Points.....	159
Tabla 2.41 Consumo de energía eléctrica.....	159

Tabla 2.42 Tabla comparativa de los UPSs.....	160
Tabla 2.43 Resumen de la solución comercial para la IT de la JambaRed.....	161

CAPÍTULO III

Tabla 3.1 Valores de QoS definidos para CTS de Cisco.....	172
Tabla 3.2 Descripción de Protocolos Soportados por RMX.....	184
Tabla 3.3 Comparativa de compatibilidad con correo electrónico.....	187
Tabla 3.4 Comparativa de servicios multimedia.....	193
Tabla 3.5 Comparativa características de Hardware.....	195
Tabla 3.6 Comparativa códecs de vídeo.....	196
Tabla 3.7 Comparativa códecs de audio.....	196
Tabla 3.8 Ranking de las soluciones de telepresencia.....	198
Tabla 3.9 Usuarios del Sistema de Telepresencia del GADMA.....	207
Tabla 3.10 Resumen de equipos de telepresencia.....	207
Tabla 3.11 Distribución de usuarios para el sistema de telepresencia.....	209
Tabla 3.12 Comparativa de los equipos MCU de Polycom.....	212
Tabla 3.13 Comparativa de los servicios del MCU de Polycom.....	213
Tabla 3.14 Protocolos de la solución RMX 2000.....	215
Tabla 3.15 Características técnicas equipo RMX 2000.....	216
Tabla 3.16 Especificaciones técnicas equipo UC Board.....	216
Tabla 3.17 Comparativa de los equipos HDX de Polycom.....	218

Tabla 3.18 Especificaciones técnicas HDX 4500.....	219
Tabla 3.19 Comparativa entre salas de telepresencia de Polycom.....	222
Tabla 3.20 Visualización entre dos suites de tecnología igual.....	223
Tabla 3.21 Puertos físicos de HDX 9004.....	227
Tabla 3.22 Ancho de banda requerido por las suites.....	228
Tabla 3.23 Dimensiones físicas de las suites.....	230
Tabla 3.24 Parámetros físicos de las suites.....	230
Tabla 3.25 Características físicas de las sillas de la suite.....	231
Tabla 3.26 Especificaciones de la cámara de documentos.....	232
Tabla 3.27 Especificaciones equipo de audio VTX 1000.....	233
Tabla 3.28 Especificaciones de RSS.....	237
Tabla 3.29 Resumen de equipamiento de telepresencia.....	245
Tabla 3.30 Asignación de IPs y extensiones H.323.....	251
Tabla 3.31 Asignación de los alias H.323.....	252
Tabla 3.32 Asignación de extensiones H.323 a los equipos HDX 4500.....	256
Tabla 3.33 Asignación de IPs y alias H.323 para los equipos HDX 4500.....	257
Tabla 3.34 Direcciones IP y alias H.323 de los equipos RMX.....	263
Tabla 3.35 Extensiones H.323 de los equipos RMX 2000.....	263
Tabla 3.36 Parámetros de SNMP para el equipo RMX 2000.....	266
Tabla 3.37 Parámetros de red del equipo RSS 4000.....	269

Tabla 3.38 Parámetros de H.323 del equipo RSS 4000.....	270
Tabla 3.39 Parámetros de SIP del equipo RSS 4000.....	270
Tabla 3.40 Parámetros de grabación del equipo RSS 4000.....	270
Tabla 3.41 Parámetros de QoS del equipo RSS 4000.....	271
Tabla 3.42 Parámetros SNMP del equipo RSS 4000.....	272

CAPÍTULO IV

Tabla 4.1 Costos de la JambaRed.....	293
Tabla 4.2 Costo total de la JambaRed.....	294
Tabla 4.3 Mantenimiento de la JambaRed.....	295
Tabla 4.4 Costo de reparación del cable de fibra óptica.....	295
Tabla 4.5 Costos de Operación y Mantenimiento de la JambaRed.....	296
Tabla 4.6 Costo con reducciones de la JambaRed.....	297
Tabla 4.7 Inflación acumulada de Ecuador.....	298
Tabla 4.8 Costos de transmisión de datos del GADMA.....	299
Tabla 4.9 Comparación de costos de transmisión de datos del GADMA.....	299
Tabla 4.10 Proyección de gastos a 5 años del GADMA para la JambaRed....	301
Tabla 4.11 Proyección a 5 años de la CNT EP para la JambaRed.....	302
Tabla 4.12 Proyección a 5 años de Punto Net S.A. para la JambaRed.....	302
Tabla 4.13 Proyección a 5 años de Suratel S.A. para la JambaRed.....	302
Tabla 4.14 Comparativa de la proyección a 5 años con la CNT-EP.....	303

Tabla 4.15 Comparativa de la proyección a 5 años con PuntoNet.....	303
Tabla 4.16 Comparativa de la proyección a 5 años con Suratel S.A.....	304
Tabla 4.17 Costos del Sistema de Telepresencia.....	306
Tabla 4.18 Costo de otras casas comerciales de Telepresencia.....	306
Tabla 4.19 Mantenimiento del Sistema de Telepresencia.....	307
Tabla 4.20 Comparativa de costos reducidos del Sistema de Telepresencia..	309
Tabla 4.21 Costos de movilización de los funcionarios del GADMA.....	310
Tabla 4.22 Proyección a 5 años del GADMA para el Sistema de Telepresencia.....	310
Tabla 4.23 Proyección a 5 años del GADMA para Gastos de Movilización.....	311
Tabla 4.24 Comparativa de la proyección a 5 años con gastos de movilización.....	311

RESUMEN

El presente proyecto de titulación detalla el diseño de una red de fibra óptica metropolitana para el Cantón de Ambato, la misma que permitirá la transmisión de datos entre las principales entidades municipales. Este proyecto se desarrolla en cinco capítulos:

El primer capítulo inicia con la descripción general de las características de la fibra óptica, ventanas de transmisión, propagación de la luz, modos de propagación, estándares internacionales tanto multimodo como monomodo. Se realiza un análisis de la Arquitectura de los Sistemas de Telepresencia, los protocolos que utilizan los diferentes equipos así como las principales funciones de cada uno de ellos.

El segundo capítulo comprende el diseño de la red metropolitana de fibra óptica, en el que se toma en cuenta su utilización a futuro como medio de transmisión para todos los Departamentos Gubernamentales del Cantón Ambato. Se detalla el recorrido del cable de fibra óptica, el método de instalación de acuerdo a las normas que impone el Municipio de Ambato, los equipos de conectividad y los espacios físicos necesarios para albergar a los mismos.

Para determinar los equipos más idóneos se detallan las características principales de tres casas fabricantes, tanto de los equipos de conectividad como de los diferentes accesorios. Posteriormente se realizan los planos de construcción que podrán permitir su futura instalación.

En el tercer capítulo se inicia con una descripción más a detalle de los Sistemas de Telepresencia para determinar tres casas fabricantes y realizar el estudio de las Arquitecturas desarrolladas para cada una de ellas, sus protocolos y servicios que hacen posible la simulación de una comunicación real a pesar de la distancia geográfica.

A continuación, se detallan algunas recomendaciones en cuanto a las salas de teleconferencia que serán utilizadas para establecer sesiones en vídeo.

Una vez determinada la solución comercial más idónea para el GAD Municipalidad de Ambato, se detallan todas las configuraciones de los equipos implicados para brindar sus servicios de comunicación telepresencial.

Se añaden algunos servicios multimedia que ofrece el servidor de telepresencia, incluyendo detalles de interoperabilidad con otras casas fabricantes y aplicaciones multimedia de terceros.

En el cuarto capítulo usando la técnica del valor presente se detalla el costo – beneficio del estudio si se llegara a implementar; mediante proyecciones de gastos en intervalos de 5 años se establecen las debidas conclusiones y vialidades del Sistema de Fibra Óptica Metropolitana y el Sistema de Teleconferencia.

Finalmente en el quinto capítulo se incluyen todas las conclusiones y recomendaciones obtenidas del estudio elaborado.

Los Anexos detallan los planos de construcción, diagramas unifilares, ejemplos de configuración de los equipos de telepresencia y las ofertas económicas que determinan el costo total del proyecto.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto pretende dar una iniciativa a la implementación de Ciudades Digitales en el Ecuador, usando redes metropolitanas propiedad de los gobiernos seccionales para que sean los mismos municipios los encargados de brindar servicios inteligentes a los ciudadanos.

La Ciudad de Ambato tiene la iniciativa de impulsar proyectos de esta índole, pero esto es posible mediante una red de datos que esté distribuida por todo el Cantón, facilitando la universalización de los servicios que se pretende implementar.

Este estudio es una muy buena introducción a las Redes de Comunicación Unificadas (UCM) que a futuro prometen reemplazar a las redes de comunicación actuales, ya que brindan una interoperabilidad entre millones de dispositivos sin necesidad de intervención del usuario o administradores; su foco principal son los servicios multimedia que poco a poco se vuelven los favoritos entre los usuarios.

Para todas aquellas personas que deseen conocer el futuro de las comunicaciones audio visuales, el presente estudio es una guía completa que puede ayudar a entender de mejor manera la evolución de los sistemas de comunicación multimedia.

Finalmente cabe recalcar que los Sistemas de Telepresencia no sólo son soluciones de comunicación futurista, son parte de las nuevas soluciones tecnológicas GreenIT (Tecnología Verde), ya que no sólo es importante disfrutar de la tecnología del presente, sino también, conservar nuestro medio ambiente para disfrutar de una vida mejor en el futuro.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTO TEÓRICO DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN ÓPTICOS Y LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA

1.1 INTRODUCCIÓN

La fibra óptica se ha convertido en el medio de comunicación más utilizado para la transmisión de voz, datos y vídeo por su alta capacidad de transmisión, dando la posibilidad de ofrecer múltiples servicios informáticos tales como: acceso a Internet, televisión por suscripción, telefonía, vídeo en alta definición¹, enlaces para *Data Centers*², etc., impulsando de esta manera a diversas empresas a renovar sus redes de datos empleando fibra óptica como canal de comunicación.

La fibra óptica no conduce señales eléctricas de ningún tipo, conduce rayos de luz, por lo tanto es ideal para incorporarse en cables sin ningún componente eléctrico conductivo y puede usarse en condiciones peligrosas de alta tensión o lugares en donde la interferencia electromagnética³ imposibilita el uso de conductores eléctricos como canal de comunicación. La Figura 1.1 muestra un cable de fibra óptica.

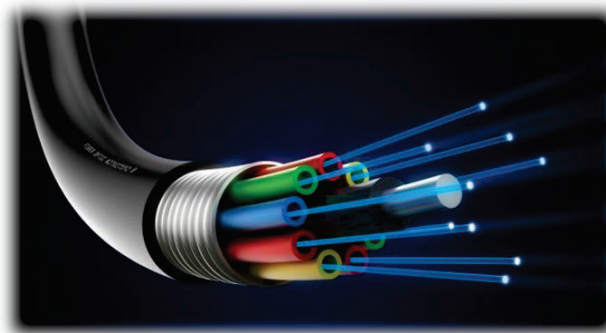


Figura 1.1 Cable de Fibra Óptica. ^[1]

¹ Es un sistema de vídeo con una mayor resolución que la definición estándar.

² Aquella ubicación donde se concentran los recursos necesarios para el procesamiento de la información de una organización.

³ Es la perturbación que ocurre en cualquier circuito, componente o sistema eléctrico y/o electrónico causado por una fuente de radiación electromagnética externa.

Las fibras ópticas son delgados filamentos de vidrio o materiales plásticos de alta pureza, extremadamente compactos que permiten transmitir información como pulsos de luz por medio de reflexiones internas múltiples.

Entre las principales características de la fibra óptica se puede recalcar que son compactas, ligeras, alta capacidad y velocidad de transmisión, cuentan con un alto grado de confiabilidad debido a que son inmunes a las interferencias electromagnéticas e integridad de la información ya que es más fácil saber si algún recorrido de la fibra óptica fue alterado.

Entre los principales usos de la fibra óptica como canal de comunicaciones se tienen:

1. Permite unir centrales telefónicas urbanas⁴ sea entre ciudades a lo largo de varios países o en cables submarinos formando redes intercontinentales⁵.
2. *Backbone*⁶ principal de LANs, MANs y WANs, ya que permite la inserción de nuevos nodos de interconexión⁷ a la red.
3. Como canal de comunicaciones para cableado vertical en LANs.
4. Enlaces entre *Data Centers*, Salas de Telepresencia⁸, etc.
5. Internet de alta velocidad, brindando la posibilidad de tener servicios agregados como IPTV, Web TV⁹, Telecompra¹⁰, etc.

1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA FIBRA ÓPTICA ^[2,3]

1.2.1 ESTRUCTURA FÍSICA DE LA FIBRA ÓPTICA

Un cable de fibra óptica está conformado principalmente de tres capas: el núcleo, la cubierta y el revestimiento. En la Figura 1.2 se puede apreciar de mejor manera la estructura del cable de fibra óptica.

⁴ Lugar utilizado por una empresa operadora de telefonía donde se alberga el equipo de conmutación y los demás equipos necesarios para la operación de las llamadas telefónicas.

⁵ Sistema de comunicación que interconecta a varios continentes.

⁶ Término que se refiere a las principales conexiones troncales de una red de datos.

⁷ Es un punto de intersección de varios enlaces de una o varias redes de datos.

⁸ Espacio físico modificado de conferencias que usa comunicación multimedia de alta calidad.

⁹ Permite navegación por internet a través de una pantalla de televisión como interfaz de visualización.

¹⁰ Sistema de venta que no necesita la presencia física del comprador en el establecimiento.

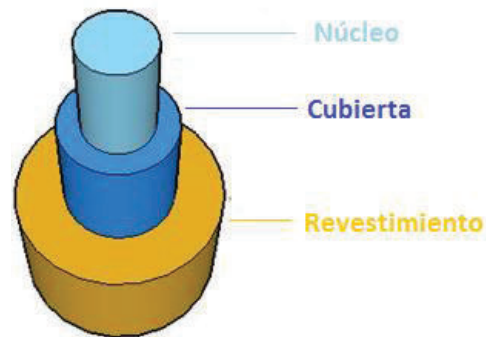


Figura 1.2 Estructura del Cable de Fibra Óptica. ^[4]

El núcleo o *core* es la sección central y principal en donde se produce la propagación de la información mediante un rayo luminoso.

La cubierta o *cladding* es la capa que rodea al núcleo, generalmente está hecha de los mismos materiales que el núcleo pero con un índice de refracción menor; su función es asegurar que la conducción de la luz sea únicamente en el interior del núcleo.

El revestimiento es un material de plástico de mayor resistencia mecánica y está adherido a la cubierta, ayuda a preservar la fibra óptica evitando pérdidas al proporcionar protección contra daños externos.

1.2.2 PRINCIPIO DE TRANSMISIÓN EN UNA FIBRA ÓPTICA ^[5]

La propagación de un haz de luz en el núcleo de una fibra óptica es posible gracias al principio de reflexión interna total; el cual indica que cuando un rayo de luz pasa de un medio con determinado índice de refracción a otro que tiene un índice de refracción diferente, el rayo es refractado (doblado) en el límite de los dos materiales.

Si el ángulo de incidencia θ_i es mayor que el ángulo crítico θ_c , toda la luz se refleja de regreso al material más denso, en este caso, al núcleo de fibra óptica, y casi nada se escapa al material menos denso, es decir a la cubierta, como se puede observar en la Figura 1.3. Por lo tanto, todos los rayos de luz que inciden

con un ángulo mayor que el crítico quedan atrapados dentro del núcleo de la fibra óptica y pueden propagarse dentro de ella.

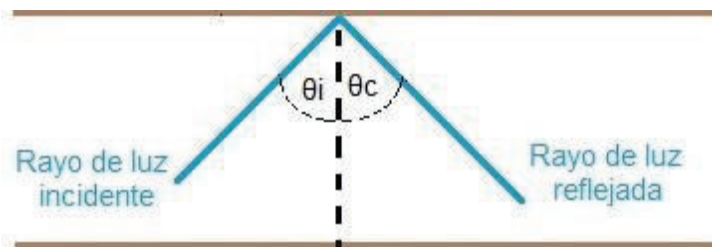


Figura 1.3 Principio de Reflexión Total.

Si el ángulo de incidencia θ_i es igual al ángulo crítico θ_c , los rayos de luz se propagan paralelamente a la superficie de separación entre el núcleo y la cubierta de la fibra óptica.

Cuando el ángulo de incidencia θ_i es menor que el ángulo crítico θ_c , los rayos de luz se refractan¹¹ y pasan al material menos denso, es decir, los rayos de luz pasan a la cubierta de la fibra óptica.

Por lo tanto, para que se puedan transmitir rayos de luz a través de la fibra óptica, éstos deben cumplir el principio de reflexión interna total (ver Figura 1.3).

El ángulo crítico θ_c está dado en función del índice de refracción de los dos medios, en este caso el vidrio del núcleo y el del revestimiento.

El índice de refracción del núcleo η_i debe ser siempre mayor que el índice de refracción η_c de la cubierta y el ángulo de incidencia θ_i debe ser mayor al ángulo crítico θ_c .

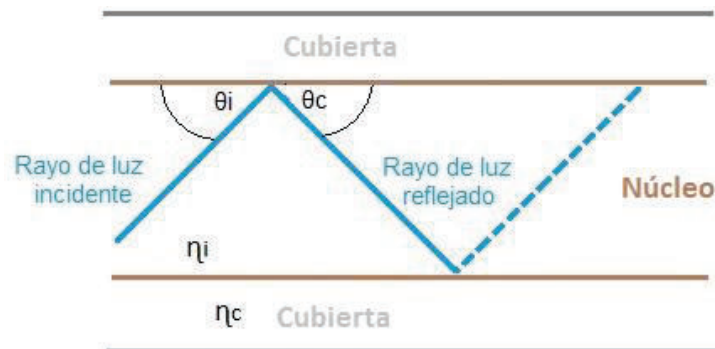


Figura 1.4 Transmisión de rayos de luz en la Fibra Óptica.

¹¹ Es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro.

Si se cumplen estos principios físicos, es posible transmitir señales de luz en el cable de fibra óptica (ver Figura 1.4).

1.2.3 ANCHO DE BANDA

El ancho de banda es aquel rango de frecuencia de modulación en el que la potencia óptica cae 3 dB¹² con respecto al valor de potencia a frecuencia cero. El ancho de banda da una medida de la capacidad de transmisión de la fibra óptica.

El ancho de banda teórico de una fibra óptica es ilimitado pero en la práctica no es así, esto se debe a los mecanismos de dispersión que distorsionan la señal óptica transmitida y limitan la capacidad de transmisión de información ya que los pulsos se distorsionan y se ensanchan, solapándose unos con otros y haciéndose indistinguibles para el equipo receptor.

Aún con estas pérdidas el ancho de banda de la fibra óptica es muy elevado en comparación con otros canales de comunicación guiados y no guiados.

El factor de mérito se expresa en MHz x Km o GHz x Km.

1.2.4 TIPOS DE FIBRAS ÓPTICAS ^[6,7]

En la actualidad existen varios tipos de fibras ópticas según su modo de propagación de la información¹³. En la Tabla 1.1 se muestran dos tipos de fibras ópticas utilizadas actualmente: Monomodo y Multimodo.

1.2.5 PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN ^[8,9]

La transmisión de luz a lo largo de la fibra óptica es muy eficiente, sin embargo esta experimenta pérdidas. La pérdida de luz durante la transmisión se debe a algunos factores, como por ejemplo:

- Dispersión de la luz fuera del núcleo.

¹² Es la unidad de medida más utilizada en telecomunicaciones ya que posibilita relacionar valores de potencia muy pequeños de una señal.

¹³ Se refiere a las posibles configuraciones que adoptan las ondas electromagnéticas que viajan a través de un medio guiado.

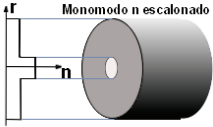
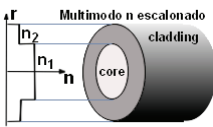
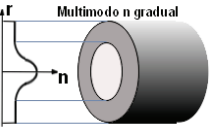
	ÍNDICE ESCALONADO		ÍNDICE GRADUAL
	FIBRA MONOMODO	FIBRA MULTIMODO	FIBRA MULTIMODO
Perfil del índice de refracción y modo de propagación			
Diámetro del núcleo	5 a 10 μm	50 a 85 μm	50 a 85 μm
Diámetro de la cubierta	125 μm	125 μm	125 μm
Ancho de banda de transmisión	Más de 10 GHz	10 – 50 MHz x Km	Cientos de MHz x Km a varios de GHz x Km

Tabla 1.1 Tipos de Fibras Ópticas. [8]

- Atenuación debido a la distancia, factores propios de construcción de la fibra óptica y la longitud de onda¹⁴ a la que se transmite.
- Absorción de los materiales extras que se colocan en interior de una fibra óptica.
- Daños por agentes externos.
- Empalmes de filamentos.
- Conectores y equipos terminales.

1.2.6 ATENUACIÓN

La transmisión de la luz dentro de una fibra óptica no es 100 % eficiente ya que existe luz que se pierde en la transmisión, a este fenómeno se lo conoce como atenuación.

La atenuación en el interior de una fibra óptica se define como la relación entre las potencias luminosas a la salida y a la entrada, expresada en decibelios y calculada para determinada longitud de onda.

En la Figura 1.5 se puede apreciar cómo se calcula la pérdida en una fibra óptica mediante la ecuación [1.1].

¹⁴ Es la distancia real que recorre una onda en un determinado intervalo de tiempo.



Figura 1.5 Pérdida Óptica.

$$P(\lambda) = 10 \log \frac{P_A}{P_B} = \alpha(\lambda) * L \quad [1.1]$$

Donde $\alpha(\lambda)$ se conoce como el coeficiente de atenuación y se define como la atenuación por unidad de longitud, generalmente en kilómetros, a esa longitud de onda.

1.2.7 FUENTES Y DETECTORES DE LUZ ^[10]

Un sistema de comunicación por fibra óptica como en cualquier canal de telecomunicaciones se forma por tres partes principales que son el transmisor, el receptor y el medio de transmisión. Donde los elementos más importantes, a más del cable de fibra óptica, es la fuente y el receptor óptico ya que estos dispositivos se encargan de convertir una señal eléctrica en una señal óptica y viceversa.

1.2.7.1 Fuentes Ópticas

La fuente óptica se encarga de convertir la energía eléctrica (corriente) en energía óptica (luz).

Las fuentes ópticas emiten luz dentro de un rango de longitudes de onda. En este rango de longitudes de onda se encuentran lo que se denominan ventanas ópticas y son:

- 1era Ventana: $\lambda = 850$ nm.
- 2da Ventana: $\lambda = 1310$ nm.
- 3era Ventana: $\lambda = 1550$ nm.
- 4ta Ventana: $\lambda = 1625$ nm.
- 5ta Ventana: $\lambda = 1470$ nm.

Es necesario enviar suficiente potencia óptica a la fibra para poder superar todas las pérdidas que sufre la señal óptica en su trayecto. Las 2 principales fuentes ópticas utilizadas son Diodo Emisor de Luz (LED) y Diodo Láser (DL).

1.2.7.2 Detectores Ópticos

El detector óptico convierte la señal óptica que procede del cable de fibra óptica en señal eléctrica como primera parte del proceso de recepción; a continuación, la señal se regenera, bien para llevarla a un equipo terminal o para ser incorporada a la siguiente etapa de un repetidor óptico.

Los detectores en los sistemas ópticos deben tener básicamente las siguientes características:

- Deben ser compatibles en tamaño con la fibra óptica para así poder tener un acople eficiente.
- Ancho de banda compatible que permita manejar la tasa total de datos del sistema.
- Independiente de cambios en las condiciones ambientales.
- Adecuada relación señal a ruido¹⁵ (S/N) y adecuado *Bit Error Rate*¹⁶ (BER).
- Alta sensibilidad en la longitud de onda de operación, es decir que puedan detectar señales ópticas muy débiles.

Los tipos de detectores más utilizados para un sistema de transmisión óptico son Foto Diodo PIN y Diodo APD.

1.2.8 EMPALMES Y CONECTORES ^[2,7]

Para la instalación de un sistema de fibra óptica es necesario utilizar varias técnicas y dispositivos de interconexión como lo son empalmes y conectores. Los empalmes de fibra óptica son de carácter permanente, para su correcta realización se requiere una máquina empalmadora especializada, que puede ser manual o automática.

¹⁵ Se define como la proporción existente entre la potencia de una señal que se transmite y la potencia del ruido que la daña.

¹⁶ Se define como el número de bits recibidos de forma incorrecta respecto al total de bits enviados durante un intervalo de tiempo.

Los conectores son dispositivos mecánicos que proveen conexiones re-acoplables, típicamente en los puntos de terminación.

El objetivo de los empalmes y conectores es unir con precisión, el núcleo de una fibra óptica con el núcleo de otra fibra óptica para producir un canal uniforme, a través del cual las señales de luz puedan continuar sin alteración o sin llegar a interrumpirse.

1.2.8.1 Empalmes

El empalme es la técnica que se utiliza para unir permanentemente dos fibras ópticas en una conexión de bajas pérdidas. Los empalmes se realizan mediante la fusión de los extremos de las fibras o gracias a dispositivos mecánicos que las mantienen unidas y alineadas.

Existen dos métodos de empalmes:

- Empalme por Fusión.
- Empalme Mecánico.

1.2.8.1.1 Empalme por Fusión

El empalme por fusión consiste en calentar los dos extremos de las fibras ópticas a unir, hasta el punto de fusión, utilizando un dispositivo denominando empalmadora de fusión la cual se encarga de alinear con precisión los extremos de las fibras ópticas. Una vez que los extremos estén perfectamente alineados se genera una descarga eléctrica producida por 2 electrodos, causando que las fibras se ablanden y se fundan simultáneamente para formar un hilo continuo.

Una buena empalmadora de fusión proporcionará empalmes consistentes, con bajas pérdidas; generalmente llegan a producir atenuaciones casi imperceptibles (0.01 a 0.10 dB) para fibras ópticas del tipo multimodo y monomodo. Sin embargo este tipo de empalmadoras son costosas pero muy necesarias.

En la Figura 1.6 se muestra el procedimiento de un empalme por fusión.

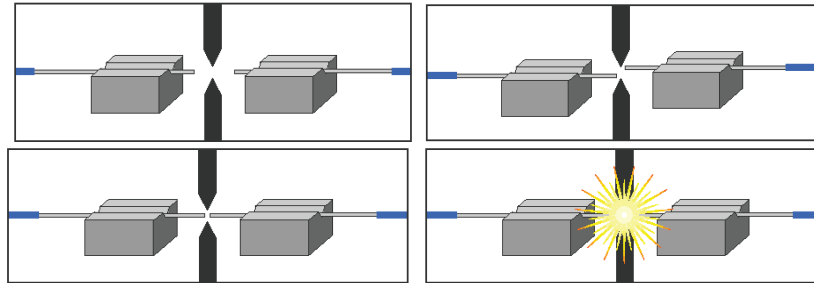


Figura 1.6 Empalme por Fusión. ^[11]

1.2.8.1.2 Empalme Mecánico

Un empalme mecánico es un conector de fibra pequeño que alinea dos fibras desnudas de manera precisa y las asegura mecánicamente. Su tamaño es aproximadamente de 6 cm. de largo y 1 cm. de diámetro (ver Figura 1.7).

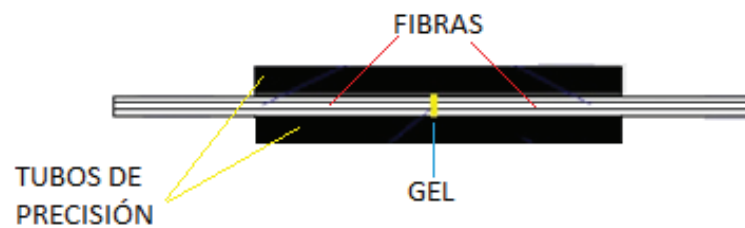


Figura 1.7 Empalme Mecánico. ^[12]

Los empalmes mecánicos son empalmes rápidos que se utilizan, tanto para hacer uniones de fibra temporales como permanentes. Este tipo de empalme se usa en el lugar de la instalación donde el desmontaje es frecuente; es importante que las caras del núcleo de la fibra óptica coincidan exactamente.

Las pérdidas de conexión de los empalmes mecánicos son mayores que las de los empalmes por fusión y fluctúan en promedio en el rango comprendido entre 0,1 – 1 dB. En la actualidad son muy poco utilizados.

1.2.9 CONECTORES

Los conectores son elementos mecánicos que se instalan en los extremos de las fibras ópticas con el propósito de facilitar las uniones entre fibras o bien de éstas a los equipos transmisores y receptores.

En la actualidad hay un gran número de conectores de fibra óptica disponibles.

En la Tabla 1.2 se describen los tipos de conectores más utilizados.




Nombre	Características	Pérdidas [dB]	Aspecto Físico
ST	<ol style="list-style-type: none"> 1. Muy utilizado. 2. Facilidad de instalación. 3. Soporta fibras monomodo y multimodo. 4. Usado en LANs. 	Entre 0,1 a 0,4	
SC	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bajas Pérdidas. 2. Utilizado en fibras monomodo. 	Menor a 0,5	
FC	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bajas pérdidas. 	Promedio de 0,2	
LC	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tamaño reducido. 2. Usado para transmitir alta densidad de datos. 3. Usado en transmisión de alta densidad de datos. 	0,15 Monomodo 0,1 Multimodo	
FDDI	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usado en anillos FDDI. 2. Fibras multimodo y monomodo 	0,2 Monomodo 0,15 Multimodo	

Tabla 1.2 Conectores de Fibra Óptica. ^[13]

1.2.10 TIPOS DE TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA ^[2,14]

Cuando se tiene que decidir el método más adecuado para el tendido de Fibra Óptica se debe tomar en consideración detalles como topología, geografía de la zona, normas de construcción, clima, facilidad de instalación, futuros mantenimientos, costo total de instalación y por sobre todo la completa seguridad física del sistema.

Entre los tipos de tendido más utilizados para la instalación de la fibra óptica se tiene el tendido aéreo y el tendido subterráneo.

1.2.10.1 Tendido Aéreo

Las fibras ópticas son adecuadas para comunicaciones y transmisión de datos a través de cables aéreos que son enviados por los postes de la red de distribución eléctrica o telefónica.

Los dos métodos preferidos para la instalación son el método de enrollado retractable/fijo y el método con desplazamiento de carrete. Las circunstancias en el sitio de construcción y la disponibilidad del equipo/mano de obra dictarán el método de tendido de cables a usar.

El método de enrollado retractable/fijo es el método usual de tendido de cables. El cable se coloca desde el carrete yendo hacia arriba por el alambre, tirado por un bloque que solamente viaja hacia adelante y es mantenido en alto por los soportes de cables. El cable se corta de inmediato y se forman los lazos de exceso, la atadura de cables se realiza mediante herrajes después de tender el cable.



Figura 1.8 Método de enrollado retractable/fijo. ^[14]

El método de instalación con desplazamiento de carrete puede requerir cierta mano de obra adicional y ahorrar tiempo con la colocación y atadura del cable. En esto, el cable se acopla al alambre y se desenrolla de un carrete alejándose de él.

El cable se ata a medida que se tira, los lazos de corte y exceso se hacen durante la atadura de cables.



Figura 1.9 Método de desplazamiento de carrete. ^[14]

Sin importar el método de instalación que se use, el estrés mecánico es de gran importancia durante la instalación, ya que el cable se puede dañar si se excede la tensión de tiro máxima permisible o el radio mínimo de curvatura que el fabricante especifique; esto con el fin de eliminar por completo la posibilidad que ocurran deformaciones durante la instalación del cable y reste vida útil al cable.

Se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones en el momento de realizar el tendido aéreo de fibra óptica:

- No exceder el radio mínimo de curvatura del cable, porque podría romper el cable o aumentar la atenuación en la señal a transmitirse.
- No exceder la tensión mecánica máxima.
- Se deben colocar suficientes soportes de cables a lo largo de la ruta para disminuir al máximo los pandeos del cable. El pando excesivo aumentará la tensión mecánica de tendido.

1.2.10.2 Tendido Enterrado

Este tipo de tendido es el más utilizado para distancias cortas especialmente dentro de las ciudades, siempre y cuando las condiciones del terreno lo permitan, ya que resulta ser muy costoso comparado con los otros métodos de instalación.

Existen 2 alternativas para este tipo de tendido; el tendido directamente enterrado en una zanja (microzanjado y *microtunneling*) y el canalizado.

En el tendido en zanja hay que tener en cuenta factores ambientales a los cuales será expuesto el cable y consiste en excavar una zanja lo más recta como sea posible, cuyas dimensiones aproximadamente están en el rango de 15 a 25 cm de profundidad y 10 cm de ancho, en donde se tiende el cable sobre un lecho de arena fina y cribada para evitar cualquier deformación del cable, luego se reviste con una malla plástica señalizadora que delate su presencia y evitar daños en futuras excavaciones.

Si se utiliza la técnica de *microtunneling*, es necesaria la utilización de maquinaria especial que realiza ductos sin la necesidad de abrir zanjas. Esta técnica tiene un alto costo económico y logístico.

El tendido de cables canalizado, utiliza ductos que son generalmente de hormigón en donde se entierran conductos flexibles de PVC. Para el tendido del cable en los ductos se utiliza un cable guía. El alcance es corto, no exceden los 200 m en zonas residenciales y 50 m en el centro de la ciudad, entre los pozos de revisión. Los pozos son normalmente rectangulares y fabricados de hormigón, éstos se utilizan para realizar los empalmes en el cable, por tal razón los pozos deben ser herméticos y con capacidad suficiente para alojar al menos las fibras correspondientes al cable que se tiende.

1.2.11 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

1.2.11.1 Ventajas de la Fibra Óptica

- La capacidad de transmisión de una fibra óptica es muy elevada, además pueden propagarse simultáneamente ondas ópticas de varias longitudes de onda que se traduce en un mayor rendimiento de los sistemas. Se manejan valores de ancho de banda desde cientos de MHz hasta decenas de GHz.
- Un cable de fibra óptica tiene un diámetro mucho más pequeño y es más ligero que un cable de cobre de capacidad similar.

- Fácil de instalar.
- La fibra óptica no se ve afectada por la interferencia electromagnética debido a que las fibras ópticas no son conductores de electricidad. Los cables de fibra tampoco emiten radiaciones electromagnéticas y en consecuencia, no pueden interferir con otros sistemas de comunicaciones. Por lo tanto la fibra óptica constituye el medio más seguro para transmitir información de muy alta calidad sin degradación de la señal.
- La fibra óptica ofrece un alto grado de seguridad, ya que es extremadamente difícil de intervenir por medio de mecanismos eléctricos convencionales como conducción superficial o inducción electromagnética. La intromisión en una fibra óptica es fácilmente detectable, ya que se produce un debilitamiento de la energía luminosa en el receptor. Por esto es altamente utilizada en aplicaciones militares.
- La atenuación que se presenta en una fibra óptica es independiente de la velocidad de transmisión, lo cual no ocurre en medios convencionales, por lo que la atenuación en la fibra óptica es menor que en los otros medios.
- Al estar construidas con elementos dieléctricos pueden ser usadas en ambientes peligrosos y donde su característica dieléctrica garantiza un comportamiento aislante al no existir la posibilidad de generación o de propagación de carga eléctrica alguna que pueda generar chispas eléctricas.

1.2.11.2 Desventajas de la Fibra Óptica

- El costo representaría una desventaja siempre y cuando no se optimice su uso.
- La fibra óptica de por sí tiene menor resistencia a la tensión física que los cables de cobre. Esto se puede mejorar recubriendo la fibra con Kevlar normal y una chaqueta protectora.
- Muchas veces es necesario llevar energía eléctrica a un equipo remoto de interconexión o de regeneración. Esto no puede hacer el cable óptico, por lo que se deben agregar más cables metálicos en el cableado.

- Las fibras ópticas requieren herramientas especiales para empalmar y reparar cables, y equipos especiales de prueba para hacer medidas rutinarias, aumentando así el costo del sistema. También se requiere personal especializado para realizar la reparación y mantenimiento del sistema óptico.

1.3 ESTÁNDARES Y RECOMENDACIONES DE LA UIT-T PARA MANs DE FIBRA ÓPTICA

1.3.1 GENERALIDADES

Las recomendaciones y estándares de la UIT-T para fibra óptica detallan las características más relevantes como lo son atenuación, alcance, dispersión modal y tipo de modulación soportada.

Es importante analizar estas recomendaciones para así poder elegir el tipo de fibra óptica más adecuado para cumplir con todos los requerimientos del sistema.

Entre éstos se encuentran la seguridad física y lógica de la información y las características que todo canal de comunicación debe cumplir como lo son escalabilidad, disponibilidad, alta velocidad de transmisión, seguridad y durabilidad.

La serie G de la UIT-T trata de los Sistemas y Medios de Transmisión, Sistemas y Redes Digitales.

Las normas de fibra óptica más utilizadas para MANs son: G.652, G.653 y G.655 donde se detallan valores típicos de atenuación, dispersión modal y las ventanas de transmisión más adecuadas para los distintos tipos de fibra óptica.

Estas características ayudan a determinar el tipo de fibra óptica más adecuado a utilizar.

Una vez determinada la recomendación de la UIT-T, se especificará el tipo de cable de fibra óptica y la técnica de instalación más idónea.

1.3.2 RECOMENDACIÓN UIT-T G.652 ^[15]

Conocida comúnmente como: Fibra óptica monomodo estándar (*Standard Single-Mode Fiber*). El valor nominal y la tolerancia del mismo se especifican para 1310 nm, pero también se especifica para 1550 nm, donde presenta alta dispersión en esta ventana, limitando la distancia para enlaces de altas velocidades.

Se podría disminuir la dispersión un poco, utilizando compensadores de dispersión pero esto aumentaría el costo de la red.

En la Tabla 1.3 se presenta los atributos de la fibra en la Recomendación G.652.D.

ATRIBUTOS DE LA FIBRA RECOMENDACIÓN UIT-T G.652.D		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Valores nominales	8,6-9,5 μm
	Tolerancia	$\pm 0,7 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125,0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,8 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	2,00%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1550 nm	0,50 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{mín}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{máx}}$	1324 nm
	S _{0máx}	0,093 ps/nm ² × km
Coeficiente de PMD de fibra no cableada	Máximo	(Nota 1)
NOTAS EXTRA DE LA RECOMENDACIÓN UIT-T G.652.D		
<p>NOTA 1 – Los fabricantes de cable pueden especificar un coeficiente de PMD máximo facultativo de fibra no cableada para soportar los requisitos primarios de PMDQ del cable si ésta ha sido verificada para un tipo de construcción de cable en particular.</p>		

Tabla 1.3 Características de la fibra Monomodo Estándar. ^[15]

En esta norma existen algunos adendums¹⁷, tales como G.652.A, G.652.B, G.652.C, G.652.D de las cuales la recomendación G.652.D permite transmisiones en una gama de longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm y soporta aplicaciones de mayores velocidades binarias (STM-64 y STM-256).

En la Tabla 1.4 se presenta los atributos del cable de fibra óptica en la Recomendación G.652.D.

ATRIBUTOS DEL CABLE RECOMENDACIÓN UIT-T G.652.D		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1310 nm a 1625 nm (Nota 2)	0,4 dB/km
	Máximo de 1383 nm \pm 3 nm	(Nota 3)
	Máximo a 1550 nm	0,3 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	PDMQ máximo	0,20 ps/ km
NOTAS EXTRA DE LA RECOMENDACIÓN UIT-T G.652.D		
<p>NOTA 2 – Esta región de longitud de onda puede ampliarse hasta 1260 nm añadiendo 0,07 dB/km de pérdida por dispersión de Rayleigh¹⁸ inducida al valor de atenuación a 1310 nm. En este caso, la longitud de onda de corte del cable no deberá sobrepasar 1250 nm.</p> <p>NOTA 3 – La atenuación media detectada en muestras a esta longitud de onda debe ser menor o igual al valor especificado a 1310 nm después del proceso de envejecimiento del hidrógeno conforme a CEI 60793-2-50 en relación con la categoría de fibra B1.3.</p>		

Tabla 1.4 Características del Cable Monomodo Estándar. ^[15]

1.3.2.1 Ventajas y Desventajas de la Recomendación UIT-T G.652.D

La utilización de la fibra con recomendación G.652.D, resulta ser muy útil en la ventana de los 1310 nm a 1550 nm incluida la región de 1383 nm. Debido al elevado valor de la dispersión cromática que tiene este tipo de fibra óptica, los sistemas con velocidades por canal de más de 2,5 Gbps requerirán la implementación de un mecanismo compensador de dispersión que pudiera hacer

¹⁷ Anexos que se lo realiza a cualquier documento o escrito.

¹⁸ Es la dispersión de la luz visible o cualquier otra radiación electromagnética por partículas cuyo tamaño es mucho menor que la longitud de onda de los fotones dispersados.

que la solución no fuera la más eficiente; por otra parte también habrá que tener en cuenta la dispersión de los modos de polarización (PMD) y esto como resultado acarrea gastos adicionales en la infraestructura.

G.652D permite la transmisión en ancho de banda extendido de 1360 nm a 1530 nm, siendo adecuada para sistemas CWDM, transmisión (10 Gigabit Ethernet, ATM, 10 y 40 Gbit/s, SONET, SDH, DWDM y CWDM) en largas distancias.

1.3.3 RECOMENDACIÓN UIT-T G.653 ^[16]

Conocida comúnmente como: Fibra óptica monomodo con dispersión desplazada (*Dispersion-Shifted Fiber, Single-Mode*).

ATRIBUTOS DE LA FIBRA RECOMENDACIÓN UIT-T G.653.B		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1550 nm
	Valores nominales	7,8-8,5 μm
	Tolerancia	$\pm 0,6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125,0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1,00%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1270 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1550 nm	0,10 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coefficiente de PMD de fibra no cableada	Máximo	(Nota 1)
NOTA 1 - Un valor máximo PMDQ en fibra no cableada se especifica con el fin de apoyar la exigencia principal en PMDQ cableada. Especifica el coeficiente de atenuación del cable interior como 1,0 dB / km o menos, tanto en 1310 y 1550 nm.		
Coeficiente de dispersión cromática	Dmin(λ): 1460-1525 nm	$0.085 * (\lambda - 1525) - 3.5$
	Dmin(λ): 1525-1625 nm	$3.5/75 * (\lambda - 1600)$
	Dmax(λ): 1460-1575 nm	$3.5/75 * (\lambda - 1500)$
	Dmax(λ): 1460-1575 nm	$0.085 * (\lambda - 1575) + 3.5$

Tabla 1.5 Características de la fibra con Dispersión Desplazada. ^[16]

En la Tabla 1.5 se detalla los atributos de la fibra óptica y en la Tabla 1.6 se detalla los atributos del cable de fibra óptica de la Recomendación G.653.B.

Gracias a la modificación geométrica del perfil de índice de refracción, se puede conseguir desplazar la longitud de onda de dispersión nula a la tercera ventana. Sus pérdidas son ligeramente superiores con respecto a la recomendación G.652.D (0,25 dB/km a 1550 nm), pero su principal inconveniente proviene de los efectos no lineales, ya que su área efectiva es bastante más pequeña que en el caso de la fibra monomodo estándar.

ATRIBUTOS DEL CABLE RECOMENDACIÓN UIT-T G.653.B		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación (Nota 3)	Máximo a 1550 nm	0,35 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	PDMQ máximo (Nota 2)	0,20 ps/ km
<p>NOTA 2 - Los valores más altos PMDQ (por ejemplo, $\leq 0,5\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$) se puede acordar para aplicaciones particulares entre el fabricante y el usuario.</p> <p>NOTA 3 - Los valores del coeficiente de atenuación que aparecen en esta tabla no se deben aplicar a los cables cortos, como cables de puente. Por ejemplo, [b-IEC 60794-2-11] especifica el coeficiente de atenuación del cable interior como 1,0 dB/km o menos, tanto en 1310 y 1550 nm.</p>		

Tabla 1.6 Características del cable con Dispersión Desplazada. ^[16]

En esta norma existen dos adendums; se tiene la recomendación G.653.A y la G.653.B, de las cuales la recomendación G.653.B es la que presenta especificaciones más adecuadas para MANs multiservicios.

1.3.3.1 Ventajas y Desventajas de la Recomendación UIT-T G.653.B

Este tipo de fibras no son en principio adecuadas para sistemas DWDM, ya que el fenómeno no lineal de mezclado de cuatro ondas (FWM) produce degradaciones significativas de la señal transmitida.

Mantienen la especificación original "de tipo recuadro" para el coeficiente de dispersión.

Permite el funcionamiento de los sistemas STM-64 con longitudes superiores a 400 km por lo que es utilizado en Cables Submarinos.

Su costo es más económico que la fibra óptica G.652.D.

1.3.4 RECOMENDACIÓN UIT-T G.655 ^[17]

Conocida comúnmente como: Fibra óptica monomodo con dispersión desplazada no nula (*Non-Zero Dispersion-Shifted Single-Mode*). Inicialmente fueron diseñadas para su utilización en la gama de longitudes de onda comprendidas entre 1530 nm y 1565 nm.

En la actualidad se han añadido disposiciones para soportar la transmisión con longitudes de onda superiores hasta 1625 nm e inferiores hasta 1460 nm.

La Tabla 1.7 presenta los atributos del cable en la Recomendación G.655.E.

ATRIBUTOS DEL CABLE RECOMENDACIÓN UIT-T G.655.E		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación (Nota 2)	Máximo a 1550 nm	0,35 dB/km
	Máximo a 1625 nm	0,4 dB/km
Coeficiente de PMD (Nota 3)	M	20 cables
	Q	0,01%
	PDMQ máximo (Nota 2)	0,20 ps/ km
ATRIBUTOS DEL CABLE		
<p>NOTA 1 -Un valor máximo PMDQ en fibra no cableada se especifica con el fin de apoyar la exigencia principal en el cable PMDQ.</p> <p>NOTA 2 - Los valores de los coeficientes de atenuación que aparecen en esta tabla no se deben aplicar a los cables cortos, como cables de arranque, cables interiores y los cables de caída. Por ejemplo, [b-IEC 60794-2-11] especifica la coeficiente de atenuación de los cables para interiores como 1,0 dB/km o menos, tanto en 1310 y 1550 nm.</p> <p>NOTA 3 - Los valores más altos PMDQ (por ejemplo, $\leq 0,5\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$) se puede acordar para aplicaciones particulares entre el fabricante y el usuario.</p>		

Tabla 1.7 Atributos del cable Monomodo con Dispersión Desplazada. ^[17]

En esta norma existen varios adendums, se tiene la recomendación G.655.A, G.655.B, G.655.D, y G.655.E. La norma G.655.E que es muy similar a G.655.D,

especifica valores más elevados que pueden ser importantes para algunos sistemas, por ejemplo para aquellos que presentan las menores separaciones de canal. La Tabla 1.8 presenta las características de la recomendación G.655.E.

ATRIBUTOS DE LA FIBRA RECOMENDACIÓN UIT-T G.655.E		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1550 nm
	Valores nominales	8-11 μm
	Tolerancia	$\pm 0,6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125,0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1,00%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1450 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1550 nm	0,10 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática (ps/nm·km)	Dmin(λ): 1460-1550 nm	$5.42/90(\lambda - 1460) + 0.64$
	Dmin(λ): 1525-1625 nm	$3.30/75(\lambda - 1550) + 6.06$
	Dmax(λ): 1460-1550 nm	$4.65/90(\lambda - 1460) + 4.66$
	Dmax(λ): 1460-1575 nm	$4.12/75(\lambda - 1550) + 9.31$
Coeficiente de PMD de fibra no cableada	Máximo	(Nota 1 – Tabla 1.7)

Tabla 1.8 Atributos de la Fibra Monomodo con Dispersión Desplazada. ^[17]

1.3.4.1 Ventajas y Desventajas de la Recomendación UIT-T G.655.E

La fibra G.655 por tener más complejidad en su fabricación, representa un costo adicional respecto a la fibra que cumple con la recomendación G.652.

Al usar la fibra con recomendación G.655 el costo adicional respecto a otra fibra se ve recompensado en el hecho de la no utilización de equipos compensadores de dispersión. Es por esto que se puede mencionar que la recomendación G.655 es la que mejor se adapta para sistemas DWDM.

Al trabajar con fibra G.655 en rangos de 2.5 Gbps y 10 Gbps se producen errores de dispersión y atenuación; este tipo de fibra puede extender el rango de dispersión aceptada lo que reduce estos errores y elimina componentes adicionales al sistema como regeneradores, módulos DCM y amplificadores ópticos.

La fibra óptica G.655 puede expandir en mayor número sus longitudes de onda en comparación a la fibra óptica G.652.

1.4 FUNDAMENTO TEÓRICO DE LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA

1.4.1 INTRODUCCIÓN

Esta tecnología permite mantener reuniones de inmersión virtuales¹⁹ en tiempo real con diferentes partes del mundo, sin desplazamientos, sin limitaciones geográficas ni temporales y con la posibilidad de compartir documentos de cualquier naturaleza (texto, fotos, vídeos, presentaciones, etc.), lo que redonda en agilidad para la toma de decisiones, optimización de costos, incremento de la productividad, impulso de la eficiencia energética y mejora de la gestión global.

Actualmente existen sistemas de comunicación multimedia como lo son: vídeo llamadas y vídeo chats; dichas aplicaciones son utilizadas en ordenadores y dispositivos móviles inteligentes pero carecen de una buena resolución de vídeo, interferencia de sonidos ambientales en el audio, y los costos por mejores servicios multimedia son muy elevados.

Los sistemas de vídeo conferencia no son capaces de crear la sensación de la presencia física de las personas que no se encuentran en la habitación, difícilmente incorporan valores agregados como lo son autenticación biométrica²⁰,

¹⁹ Entorno que genera a los participantes la sensación que todos se encuentran en la misma sala de reuniones.

²⁰ Utilización de las características únicas de cada persona (huella digital, biometría facial, etc.) como llave de autenticación de un sistema informático o de servicios digitales.

transferencia de archivos en tiempo real, control de usuarios y audio digital envolvente.



Figura 1.10 Sala de Telepresencia.^[18]

Gracias a la transmisión de vídeo en alta definición, audio digital envolvente²¹ y la visualización en pantallas gigantes, se crea un ambiente realista, se acortan las distancias para la comunicación y se cuenta con un sistema de comunicación empresarial eficiente y seguro. Ver Figura 1.10.

En general, un sistema de telepresencia está formado por tres elementos:

1. El sistema emisor que contiene un dispositivo receptor-emisor y su interfaz, como puede ser, por ejemplo, una cámara de vídeo con micrófono integrado y una pantalla.
2. El sistema de comunicación, que contiene a los servidores y equipamiento activo con su respectivo canal de comunicaciones que permiten la interconexión y control total del sistema de telepresencia. El canal de comunicaciones puede ser un enlace dedicado privado (fibra óptica, inalámbrico, etc.), o un enlace compartido (Internet).
3. El sistema receptor que generalmente es una sala equipada con múltiples dispositivos receptores-emisores y sus interfaces, como lo son cámaras de vídeo, micrófonos externos, parlantes externos y múltiples pantallas gigantes (matrices de LED's).

²¹ Es un sistema digital de codificación de sonido que permite emular ecos auditivos creando una sensación real como si estuviera frente a la fuente de dichos sonidos.

1.4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA

1.4.2.1 Evolución de los Sistemas de Telepresencia

Desde la creación de los sistemas de comunicación digital, se ha buscado la manera de acortar las distancias entre los usuarios de estos sistemas, y la mejor manera de sentirse cerca en una comunicación es la utilización de vídeo en las llamadas telefónicas, lo que da la sensación de tener físicamente presente a la otra persona.

Las vídeo conferencias son una solución muy económica para establecer una comunicación más real para las empresas, no exigen contar con equipos especializados ni infraestructuras de telecomunicaciones de primer nivel.

Existen herramientas gratuitas a través de la Internet; pero la calidad de la comunicación es bastante deficiente, el vídeo es borroso con constantes congelaciones de imagen, el audio es muchas veces inentendible y con interferencias de ruido ambiental.

Para solventar estos problemas de comunicaciones que muchas veces desesperan a los participantes de la misma, se creó los Sistemas de Telepresencia que incluso añaden características únicas (compartición de documentos, control de usuarios, biometría inteligente, seguridad informática, etc.), características que los sistemas de vídeo conferencia no pueden implementar.

En la Figura 1.11, se muestran las soluciones actuales para solventar los requerimientos de vídeo conferencia empresarial junto con una comparativa de costo-calidad que pueden servir para identificar la mejor solución de comunicación multimedia para una empresa.

De esta figura comparativa, se tiene que los dos primeros servicios son de Telepresencia (Salas de Telepresencia y Telepresencia Cloud), los cuales son de nuestro interés.



Figura 1.11 Evolución de los Sistemas de Telepresencia. ^[19]

1.4.2.2 Servidores de Telepresencia

Existen dos tipos de Servidores de Telepresencia, los cuales se diferencian por el tipo de infraestructura que se utiliza para llegar a los usuarios de las salas remotas, y son:

- Servidores de Telepresencia Tipo MCU.
- Servidores de Telepresencia Tipo Cloud.

1.4.2.2.1 Servidores de Telepresencia Tipo MCU

Estos servidores utilizan para su funcionamiento la Arquitectura del tipo MCU (Unidad de Control Multipunto por sus siglas en inglés), la tecnología MCU es aplicada en los sistemas de vídeo conferencia convencional.

Este servicio de Telepresencia conecta varios puntos de vídeo remotos simultáneamente y permite realizar conferencias multipunto. Los equipos MCU pueden conectar una gran cantidad de puntos simultáneamente y combinar comunicaciones con otros equipos especializados de Telepresencia mediante el Protocolo IP.



Figura 1.12 Procesamiento Sistemas de Telepresencia MCU. ^[19]

El Servidor MCU está conectado con todos los participantes. Administra las corrientes de vídeo, audio y datos de salida y entrada. Según el tipo de servidor, negocia con los equipos el ancho de banda a través de la red o los predetermina automáticamente. La Figura 1.12 muestra el diagrama de bloques del procesamiento que realiza un MCU en un sistema de telepresencia.

Las corrientes de vídeo, audio y datos de entrada son mezcladas en la MCU y enviadas de retorno en modo *Full-Duplex*²² a todas las contrapositiones. La elaboración de las corrientes de vídeo-datos puede ser procesada de las siguientes formas:

- Presencia Continua: Una nueva corriente de vídeo-datos es generada por la corriente de entrada y es enviada de regreso a todos los participantes que conversan en ese momento. Todos los participantes pueden observar a los conferencistas remotos.
- *Voice Switching* (Conmutación de voz): Cuando la MCU presenta la videoconferencia en modo de *voice switching*, todos los participantes pueden ver sólo al participante que está hablando en ese momento.

Gatekeeper (Portero): El *gatekeeper* es una unidad de control para trazar el camino de la señal de llamada, así como resolver las direcciones IP y su conversión.

²² Sistema de transmisión capaz de mantener una comunicación bidireccional, enviando y recibiendo mensajes de forma simultánea.

- *Gateway* (Entrada): Un *gateway* produce la transición y conexión de la red IP a una red externa y viceversa.

La Figura 1.13 ilustra la arquitectura típica de estos Servidores de Telepresencia-MCU.

Como se puede observar, el Servidor Central de Telepresencia se encarga de establecer, controlar y administrar todas las conexiones y servicios durante toda la duración del servicio.

Para el correcto funcionamiento de este tipo de servidores de telepresencia, el canal de comunicaciones debe tener las siguientes características:

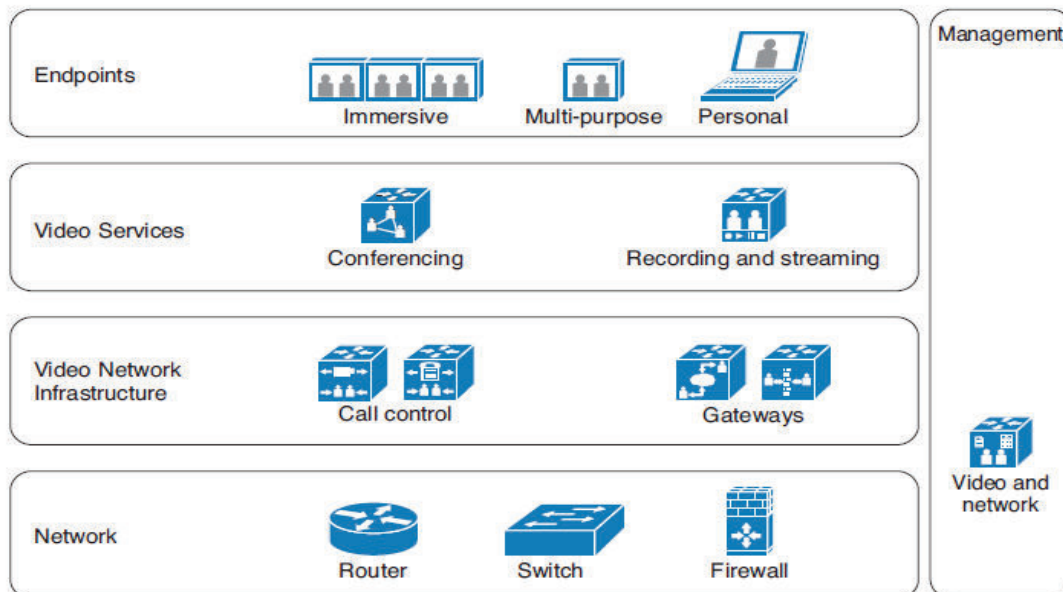


Figura 1.13 Arquitectura de Vídeo de Servidores tipo MCU. ^[20]

- Canales de Datos Dedicados.
- Estricta velocidad de transmisión de datos mínima garantizada (depende del número de usuarios simultáneos y la resolución de vídeo que se utilice).
- QoS.
- MPLS en redes de grandes nodos.

Ventajas del Servidor de Telepresencia Centralizado (MCU):

- Varios servicios agregados (compartición de documentos, firma digital, administración y gestión de usuarios, etc.).

- Transmisión de Vídeo en Alta Definición (780p y 1080p) sin pixelación de las imágenes²³.
- Audio Digital Envoltente (*Dolby Digital* 3D).
- Uso de salas de telepresencia para simular presencia física de todos los participantes.
- Gran disponibilidad del servidor²⁴.

Desventajas del Servidor de Telepresencia Centralizado (MCU):

- Altamente Costoso.
- Imposible de utilizar Internet como medio de transporte, a menos que la conexión a utilizar tenga alta disponibilidad y un gran ancho de banda.
- Dependiente de los recursos de *hardware* del servidor.

1.4.2.2.2 Servidores de Telepresencia Tipo Cloud

Gracias a la implementación de aplicaciones que se basan en “*Cloud Computing*”²⁵ los sistemas de telepresencia pueden utilizar esta tecnología para realizar el control de accesos de usuarios, inicio y finalización de sesiones, procesamiento, codificación y decodificación de vídeo; estas funciones se las realiza en los servidores ubicados en los *Data Centers* de los proveedores.

La capacidad de procesamiento, almacenamiento, cantidad de usuarios y límite de salas de telepresencia remotas se podría decir que es casi ilimitada, pero en la práctica se limita a cientos de miles de conexiones ya que se utilizan servidores virtuales y de acceso a través de la red de comunicaciones.

La arquitectura utilizada en este tipo de plataformas es la misma en la cual se desarrolló *Cloud Computing*, la cual está compuesta por tres capas:

SaaS Software as a Service (*Software* como servicio) en la que una empresa o usuario puede utilizar un servicio o aplicación en la nube, por ejemplo se puede

²³ Efecto visual que se manifiesta al transmitir datos en baja resolución.

²⁴ Medida que nos indica cuánto tiempo está el servidor sin fallas respecto al tiempo total de funcionamiento.

²⁵ Plataforma informática que permite acceder a múltiples servicios a través de Internet.

mencionar: iCloud, Dropbox, Google Docs, SAP, Salesforce.com, Office 365. La Figura 1.14 muestra algunas aplicaciones soportadas por los Servidores de Telepresencia tipo *Cloud*.

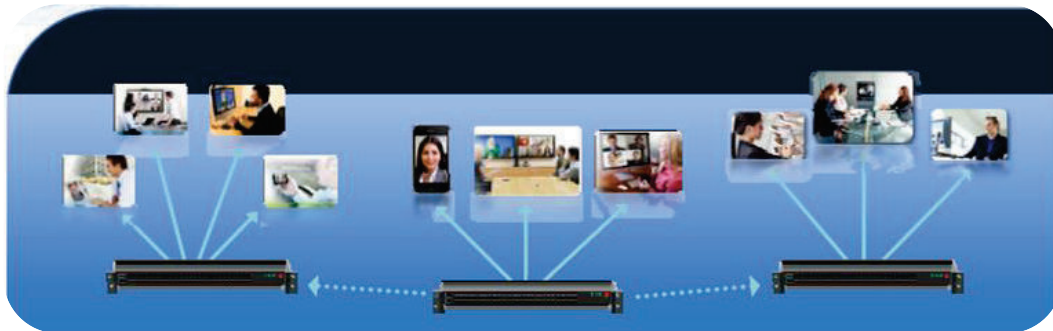


Figura 1.14 Servidores de Telepresencia tipo *Cloud*.^[19]

PaaS Platform as a Service (Plataforma como servicio) que es utilizada por las empresas para obtener un conjunto de herramientas y APIs para desarrollo de aplicaciones, por ejemplo: Windows Azure, Google App Engine.

IaaS Infrastructure as a Service (Infraestructura como servicio) también llamada *HaaS Hardware as a Service* (*Hardware* como servicio) que brinda recursos de almacenamiento, procesamiento (servidores), redes e incluso sistemas operativos.

En el presente caso, la nube tendrá al servidor de procesamiento de codificación y decodificación de vídeo para las salas de telepresencia.

Existen tres tipos de Nubes en el mercado, las cuales se mencionará a continuación:

Nube pública: En este tipo de nube los mismos recursos son utilizados y compartidos por varias empresas o personas; esto hace que si por ejemplo se desea un servicio de mensajería electrónica se pueda utilizar uno ya en funcionamiento y solo se debe suscribirse, sin tener que esperar a que se desarrolle, implemente, etc.

Nube privada: es la opción escogida por muchas compañías que no desean compartir sus aplicaciones con otras, por motivos de seguridad y confiabilidad.

En este modelo las empresas son dueñas de la infraestructura y por lo tanto controlan la seguridad, niveles de servicio, aplicaciones, etc.

Nube híbrida: este tipo combina las dos anteriores; la empresa es dueña de algunas aplicaciones y comparte otras. Es la opción más eficiente para las empresas ya que les permite tener el control necesario sobre las aplicaciones y servicios críticos y permite agilidad en otro tipo de servicios.

Cada Nube debe contar con estrictos SLAs para que el usuario final no se sienta afectado al arrendar servicios de *hardware* y *software* a proveedores externos.

Ventajas del Servidor de Telepresencia tipo *Cloud*:

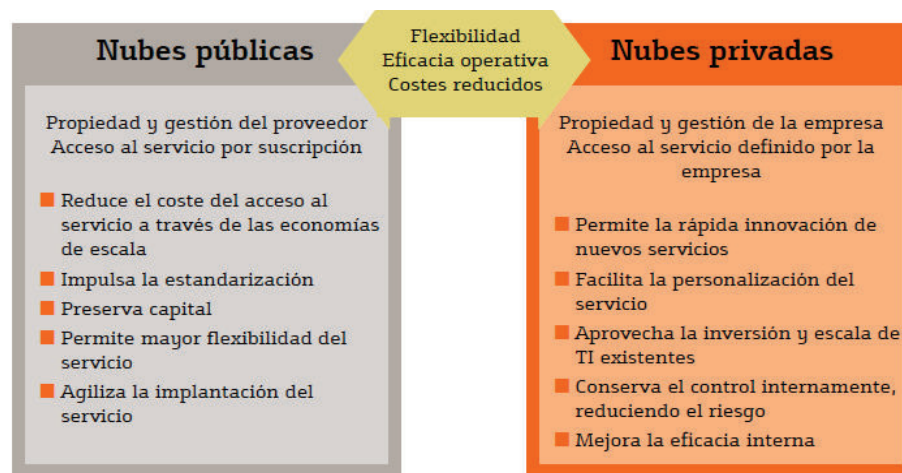


Figura 1.15 Nubes Públicas y Nubes Privadas. ^[19]

- Transmisión de Vídeo en Alta Definición (780p y 1080p) sin pixelación de las imágenes.
- Audio Digital Envolvente (*Dolby Digital 3D*).
- Varios servicios agregados (compartición de documentos, firma digital, administración y gestión de usuarios, etc.).
- Uso de salas de telepresencia para simular presencia física de todos los participantes.
- Alta disponibilidad del servidor.
- Conexiones ilimitadas de usuarios simultáneos.
- Servicio en cualquier parte del mundo a través de Internet.
- Simplificación de la Administración y Mantenimiento de la Red de Acceso.

Desventajas del Servidor de Telepresencia tipo *Cloud*:

- Escalabilidad, Disponibilidad e implementación de nuevas tecnologías restringidas por el proveedor del servicio, es decir, no hay independencia de Tecnología ni aplicaciones propias de la Empresa que utilizará este servicio.
- Al utilizar Internet como red de acceso, es necesario disponer de un gran ancho de banda.

1.4.2.3 Salas de Telepresencia

Se trata de espacios físicos totalmente equipados y concebidos para optimizar y facilitar la experiencia de los usuarios al utilizar este servicio. Se caracterizan por la versatilidad de usos (telepresencia, reuniones con uso de audiovisuales o reuniones convencionales) y su fácil manejo, incorporando escenarios de iluminación personalizados para cada contexto de utilización. En la actualidad no existe ninguna norma o estándar para diseñar las salas de telepresencia, pero la mayoría de casas comerciales se ajustan a dos tipos de salas de telepresencia que se detallarán a continuación, conocidas en el mercado como “Salas Integradas”.

La primera sala está pensada para que parezca que los usuarios remotos están presentes en la teleconferencia, cuentan con pantallas LCDs de gran formato para ver a los interlocutores a tamaño real e incluye iluminación lateral y central, así como el mobiliario y conexión para PCs portátiles en la mesa. Algunos fabricantes la llaman “Salas Inmersivas”. Ver Figura 1.16.

Las salas tipo Reales integran varias pantallas con cámaras y micrófonos perfectamente ocultos; estas salas cuentan con un diseño idéntico y sus usuarios sienten un verdadero realismo en la comunicación. Generalmente cuentan con un sistema de control integrado central, una mesa de reuniones generalmente de forma oval mecanizada, sillas ergonómicas y un kit de iluminación perfectamente ubicado. Ver Figura 1.17.

Todas las salas deben contar con equipos de telepresencia de altas prestaciones, calidad de audio y vídeo de alta definición (HD), siendo soluciones muy flexibles y

versátiles, para un óptimo aprovechamiento del espacio, mobiliario y equipamiento. También disponen de un sistema de iluminación y audio especial, de alta calidad y tecnología LED para las matrices de sus pantallas gigantes, con varias escenas para proporcionar una experiencia inmersiva.



Figura 1.16 Sala Inmersiva de Telepresencia. [21]



Figura 1.17 Sala de Telepresencia Real. [22]

Ventajas:

- Soluciones de comunicación de altas prestaciones.
- Experiencia realista que proporciona la máxima calidad y calidez de interacción entre los participantes en la reunión.

- Sistema de iluminación especial, de alta calidad y tecnología LED, que dispone de varias escenas para reuniones locales y por telepresencia.
- Diseño óptimo para el aprovechamiento del espacio, mobiliario y equipamiento.
- Posibilidad de implementación de tecnología en alta definición (HD), audio y microfonía de alta calidad, cajas de conexiones integradas, sistemas de control automático, etc.
- Ofrecen máxima comodidad y facilidad de uso.
- Tecnología amigable con el medio ambiente, se calcula que si las empresas usarían estos sistemas de comunicación se reducirían un 10% las emisiones de CO₂ en todo el mundo.

Desventajas:

- Contar con espacio físico suficiente para la colocación del inmobiliario.
- Alto Costo.
- Todos los participantes deben movilizarse a las salas de reunión.

Como se puede apreciar, las desventajas son muy pocas, por esta razón las casas fabricantes recomiendan implementar las Salas de Telepresencia para disfrutar de mejor manera este servicio de reuniones virtuales.

1.4.3 ARQUITECTURAS

Los Sistemas de Telepresencia requieren una infraestructura de red robusta ya que la transmisión de vídeo en HD y en Full HD exige al canal de comunicaciones mantener algunos parámetros básicos de la transmisión de datos digitales en niveles óptimos; estos parámetros son: transmitir a altas velocidades, tener un bajo *jitter*²⁶, baja latencia en el ancho de banda.

Las infraestructuras TI internas no son un problema para los Sistemas de Telepresencia, siempre y cuando se mantengan en buenas condiciones los tres parámetros señalados anteriormente; es decir, no importa que se utilice una red Ethernet, FDDI, Token Ring, Inalámbrica, etc; incluso es independiente del tipo de

²⁶ Es la variabilidad temporal durante el envío de señales digitales, una ligera desviación de la exactitud de la señal de reloj.

topología física²⁷ empleada. Esta característica asegura que todos los fabricantes comercialicen equipos de telepresencia con arquitecturas abiertas.

Los Sistemas de Telepresencia trabajan en la Capa 7 del Modelo ISO-OSI, ya que gestionan aplicaciones a nivel de usuario, mantienen sesiones extremo a extremo y utilizan el *stack* de protocolos de la familia TCP/IP para transportar los paquetes en cualquier tipo de canal de comunicación que sea capaz de cumplir con los parámetros establecidos anteriormente.

Pero no tendría sentido tener un Sistema de Telepresencia para una Red de Área Local, la idea principal de estos sistemas es la utilización de una comunicación que simule la presencia física de los usuarios sin importar la distancia geográfica que los separe; por ello, habrá que analizar cómo se comportan estos sistemas en Redes de Área Extendida e incluso en la Internet.

Para transmitir los paquetes de datos fuera de una LAN hacia un destino externo, se utilizarán varias alternativas como lo son las MANs, WANs, MetroEthernet²⁸, Enlaces de Radio Punto-Punto, Redes Mesh²⁹, Enlaces VSAT³⁰, Internet, Redes MPLS, Redes ATM, Redes GPON³¹, Redes APON³², etc.

Para este tipo de comunicaciones, los sistemas de telepresencia son totalmente transparentes, ya que por tratarse de Servidores de Aplicación, no importa la infraestructura física de red externa que se utilice, ya que el Servidor de Telepresencia se ayuda de equipos de *Switching* y de *Routing* para enlazarse con otros puntos de Telepresencia lejanos geográficamente.

Los requisitos que se exigen para este tipo de redes son:

- Soporten el protocolo IP.
- Baja latencia.

²⁷ Describe la disposición geométrica de las estaciones de una red y el medio de transmisión que la conecta.

²⁸ Es una arquitectura tecnológica que suministra servicios de conectividad MAN/WAN de Capa 2 a través de Ethernet.

²⁹ Red inalámbrica tipo malla en la cual, los equipos hacen de receptores y transmisores a la vez.

³⁰ Comunicación de datos vía satélite.

³¹ Se trata de las estandarizaciones de las redes de fibra óptica que usa elementos pasivos que trabaja a velocidades superiores a 1 Gbit/s.

³² Red de datos en fibra óptica que usa elementos activos para el transporte de información.

- Transmitir con enlaces dedicados que cuenten con un gran ancho de banda.

En conclusión, no importa qué tipo de infraestructura de telecomunicaciones se tenga, los Sistemas de Telepresencia tienen la particularidad de ser servidores de aplicación con arquitectura física y lógica abierta.

1.4.4 PROTOCOLOS UTILIZADOS

Los sistemas de telepresencia, sin importar la casa comercial que los fabrique, deben regirse a las normas y protocolos normados y aprobados por la UIT-T y el IETF; en cuanto a transmisión multimedia la UIT-T y el IETF han normado dos protocolos que son utilizados por los sistemas de telepresencia actuales, el H.323 (Sistemas Audiovisuales y Multimedia) y SIP (Protocolo de Inicio de Sesión) respectivamente.

Actualmente se encuentra en estudio la recomendación H.325 que será la nueva generación de recomendaciones, donde se ha tomado en cuenta los aspectos especiales de seguridad, flexibilidad y calidad de servicio.

Para los dispositivos móviles existe muy poco soporte para sistemas multimedia ya que las normas actuales exigen códecs de poca complejidad y un consumo bajo de energía, así como la interoperabilidad de dispositivos y sistemas. Las normas de compresión de vídeo vigentes, por ejemplo la Recomendación H.264 del UIT-T, se adecúan al contenido de vídeo de gran movimiento. No existe ninguna norma ni protocolo aplicado a los móviles para obtener un nivel de calidad superior a la alta definición, habrá que mejorar las normas actuales en cuanto a resolución, velocidad de trama, exactitud cromática y eficiencia para que los dispositivos móviles puedan ser parte eficiente del Sistema de Telepresencia.

1.4.4.1 Recomendación UIT-T H.323: Sistemas Audiovisuales y Multimedia ^[23, 24, 25]

Es una parte de la serie de protocolos H.32x. H.323 es un conjunto de estándares de la UIT-T, los cuales definen un conjunto de protocolos para proveer comunicación visual y de audio sobre una red de computadores.

H.323 es un protocolo relativamente viejo y está actualmente siendo reemplazado por SIP. Una de las ventajas de SIP es que es mucho menos complejo y es parecido a los protocolos HTTP/SMTP.

La mayoría de los equipos VoIP (Voz sobre IP³³) disponibles hoy en día siguen el estándar SIP.

H.323 es una familia de estándares definidos por el ITU para las comunicaciones multimedia sobre LANs. Está definido específicamente para tecnologías LAN que no garantizan una calidad de servicio (QoS). Algunos ejemplos son TCP/IP e IPX sobre Ethernet, Fast Ethernet o Token Ring.

Define un amplio conjunto de características y funciones, algunas son necesarias y otras opcionales. H.323 define mucho más que los terminales. El estándar define los siguientes componentes más relevantes:

- Terminales.
- *Gateway*.
- *Gatekeeper*.
- Unidad de Control Multipunto MCU.

H.323 utiliza los mismos algoritmos de compresión para el vídeo y el audio que la norma H.320, aunque introduce algunos nuevos. Se utiliza T.120³⁴ para la colaboración de datos.

H.323 soporta vídeo en tiempo real, audio y datos sobre redes de área local, metropolitana, regional o de área extendida. Soporta así mismo internets e intranets.

La UIT-T redefinió H.323 como la recomendación para "los sistemas multimedia de comunicaciones en aquellas situaciones en las que el medio de transporte sea una red de conmutación de paquetes que no pueda proporcionar una calidad de servicio garantizada".

³³ Protocolo de red cuya función principal es el uso bidireccional en origen o destino de comunicación para transmitir datos mediante un protocolo no orientado a conexión.

³⁴ Recomendación de la UIT-T que describe una serie de protocolos de aplicación y servicio soportados en tiempo real.

Como H.323 soporta videoconferencia sobre conexiones punto a punto, telefónicas y RDSI se debe disponer de un protocolo de transporte de paquetes tal como TCP por lo cual es idóneo para los Sistemas de Telepresencia.

H.323 es el estándar indicado para el transporte de voz datos y vídeo en LANs 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 multimedia (audio y vídeo). Las recomendaciones de la ITU que aparecen en la Tabla 1.9 son parte integral de las especificaciones H.323.

RECOMENDACIÓN UIT-T	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 1.9 Recomendaciones de la UIT-T que soportan la señalización H.323.

La Tabla 1.10 detalla otras normas y protocolos que trabajan conjuntamente con H.323.

MEDIO	FORMATO
Audio	G.711, G.722, G.723.1, G.728, G729, GSM, ISO/IEC 11172-3 y ISO/IEC 13818-3.
Vídeo	H.261, H.262, H.263.
Protocolo de datos	T.120.

Tabla 1.10 Medios apoyados por la UIT-T para H.323.

Los componentes más relevantes de la recomendación H.323 se detallan a continuación:

Gatekeeper H.323: El *gatekeeper* es una entidad H.323 en la red que ofrece servicios tales como traducción de direcciones de red y control de acceso para los terminales H.323, *gateways* y MCUs.

Además, puede ofrecer otros servicios, como la gestión de ancho de banda.

Los *gatekeepers* están separados lógicamente de los puntos extremos H.323 tales como terminales (teléfonos, cámaras, ordenadores, etc.) y *gateways*. Los *gatekeepers* son opcionales en una red H.323, pero si están presentes, los puntos finales deben utilizar los servicios prestados.

Una zona es el conjunto de nodos H.323 como *gateways*, terminales y MCU registrados en el *gatekeeper*. En cada zona solo puede controlar un *gatekeeper* a la vez, estas zonas pueden superponer subredes y un *gatekeeper* puede administrar puertas de enlaces en una o más de estas subredes.

La Figura 1.18 muestra dos zonas *gatekeeper*.

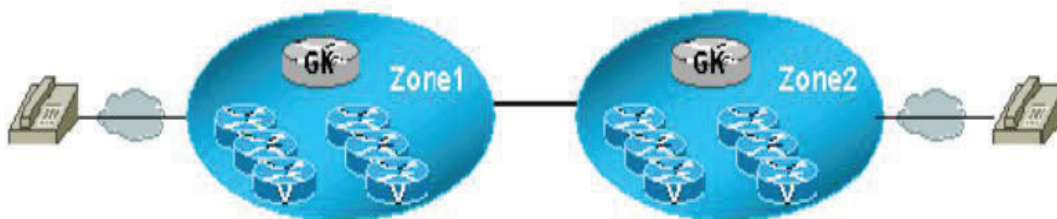


Figura 1.18 Zonas de *gatekeepers*. [26]

El estándar H.323 define funciones principales del *gatekeeper* H.323 como:

- Traducción de dirección: Traduce los identificadores H.323 (como terminal1@dominio.com) y los números telefónicos estándares (norma E.164³⁵) en direcciones IP.
- Control de Admisión: Controla la admisión de los terminales en una red H.323, para lo cual el *gatekeeper* usa:
Registros H.255, admisión y mensajes de estado, esta señalización se basa en controladores de acceso mediante la obtención de información con

³⁴ Recomendación de la UIT-T que asigna a cada país un código numérico (código de país) usado para las llamadas internacionales.

paquetes H.225 RAS³⁶ como: solicitud de admisión (ARQ), confirmación de admisión (ACF), y admisión rechazada (ARJ).

- Control de ancho de banda: Consiste en la gestión de los requisitos de ancho de banda variable. A fin de que lograr esto, el *gatekeeper* utiliza algunos mensajes H.225 RAS: Requerimiento de ancho de banda (BRQ), confirmación de ancho de banda (BCF), Rechazo de ancho de banda (BRJ).
- Zona de administración: El *gatekeeper* proporciona gestión de una zona para todos los puntos finales registrados en ella, por ejemplo, el control del proceso de registro de terminales.

El estándar H.323 define funciones opcionales del *gatekeeper* H.323 tales como:

- Autorización de Llamadas: El *gatekeeper* puede restringir el acceso a ciertos terminales u otros *gatekeepers* mediante las políticas de acceso.
- Administración de Llamadas: El *gatekeeper* mantiene activa la información de todas las llamadas y se usa para redireccionar llamadas en caso de que las terminales se encuentren ocupadas.
- Administración de ancho de banda: El *gatekeeper* puede denegar la administración cuando no existe ancho de banda suficiente.
- Control y señalización de llamadas: El *gatekeeper* puede enrutar mensajes entre terminales H.323 con el uso del modelo *Gatekeeper*- Señalización de llamada encaminada (GKRCS). Alternativamente, se permite que los terminales puedan enviar mensajes de señalización H.225 directamente entre sí.

La Figura 1.19 muestra un ejemplo del uso de H.323 en una comunicación entre dos terminales.

H.323 se divide en tres áreas de control: Señalización RAS (H.225), Control de Llamadas (H.225), y Control y Transporte de Medios de Señalización (H.245).

³⁶ Conjunto de mensajes de registro del tipo Registro – Administración – Estado.

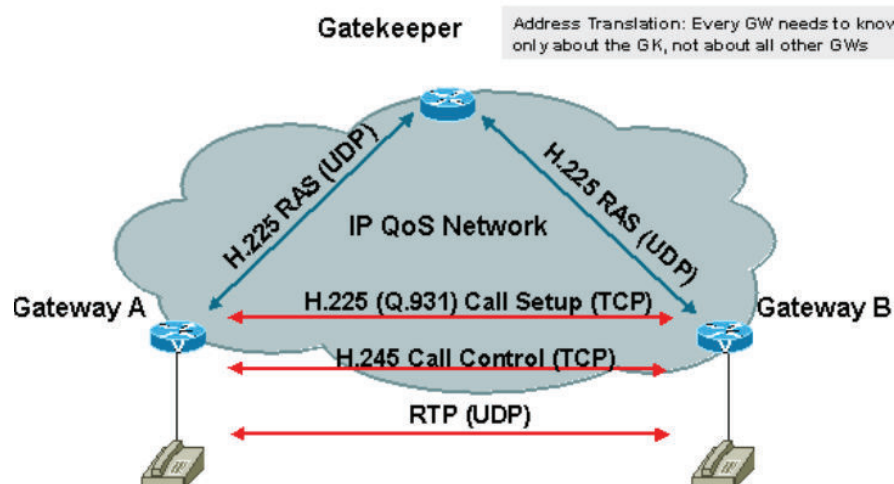


Figura 1.19 Protocolo H.323. [26]

Señalización H.225

RAS es el protocolo de señalización utilizado entre terminales y *gatekeepers*. El canal de RAS se abre antes que cualquier otro canal y es independiente de los canales de transporte de establecimiento de llamadas y medios de comunicación. RAS utiliza *User Datagram Protocol* (UDP) en los puertos 1719 (mensajes H.225 RAS) y 1718 (*multicast gatekeeper discovery*).

Control de Llamadas H.225

Se utiliza para las conexiones de configuración entre las terminales H.323. La recomendación ITU H.225 especifica el uso y el apoyo de los mensajes de señalización mediante Q.931.

Se crea un canal de control de llamadas fiable (mediante TCP) a través de una red IP en el puerto TCP 1720. Este puerto inicia la llamada Q.931 mediante mensajes de control para el establecimiento de la conexión, mantenimiento y desconexión de todas las llamadas.

Control y Transporte de Medios de Señalización H.245

H.245 controla los mensajes de control de extremo a extremo entre terminales H.323. Los procedimientos H.245 establecen los canales lógicos para la transmisión de audio, vídeo, datos y la información de control del canal. Se utiliza

para negociar el uso del canal y el ancho de banda, tales como control de flujo e intercambiar mensajes sobre el ancho de banda.

Los pasos para establecer una llamada entre dos terminales H.323 se muestra en la Figura 1.20.

Establecimiento

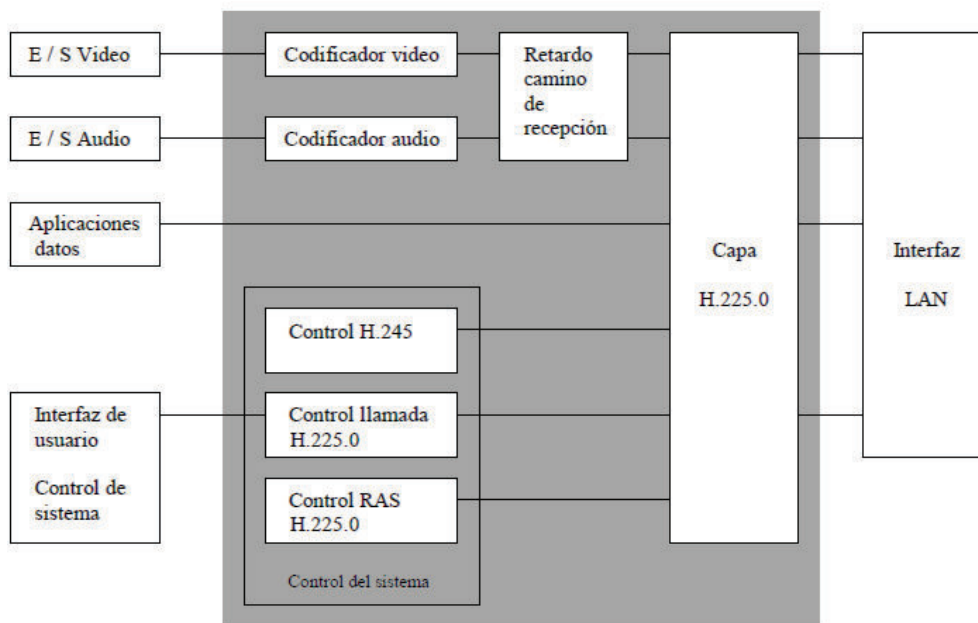


Figura 1.20 Pila de protocolos de la recomendación H.323. [26]

- El terminal A envía un mensaje tipo RAS (ARQ) al *gatekeeper* con el alias (número Q.931) del terminal B para establecer una comunicación. El *gatekeeper* le contesta con un mensaje tipo RAS (ACF) indicándole la dirección IP y el puerto del terminal B.
- Utilizando el protocolo H.225 el terminal A envía un mensaje SETUP al terminal B para iniciar una llamada H.323, este mensaje contiene la dirección IP, puerto, número Q.931 y puerto del terminal B.
- El terminal B contesta usando mensajes H.225 con un CALL PROCEEDING advirtiéndole del intento de establecer una llamada al terminal A.
- Ahora el terminal B mediante mensajes tipo RAS (ARQ) envía solicitudes al *gatekeeper*, éste le devuelve un mensaje RAS (ACF) indicándole la

dirección IP y el puerto del terminal A. Estos procedimientos son necesarios ya que el *gatekeeper* debe registrar a las dos terminales.

- Una vez registrada la llamada en el *gatekeeper*, el terminal B envía un mensaje ALTERING mediante H.225 al terminal A indicando el inicio de la fase de generación de tono y un mensaje CONNECT mediante H.225 indicando el comienzo de la conexión.
- En esta etapa todos los paquetes usan TCP.

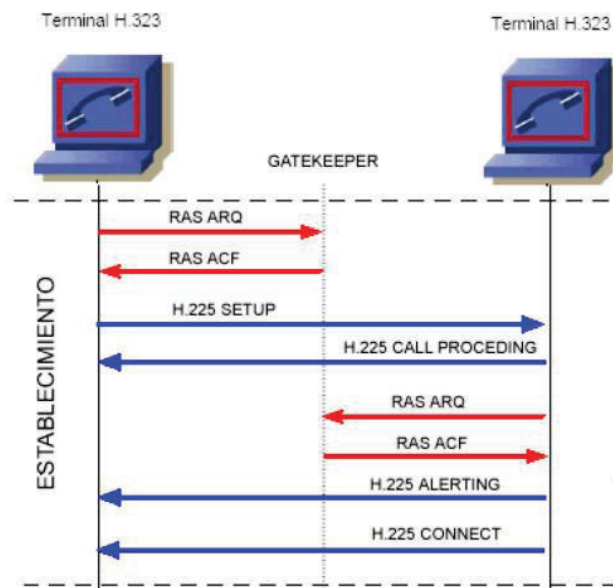


Figura 1.21 Establecimiento de una llamada mediante H.323. ^[27]

Señalización de Control

- Aquí se inicia la negociación de ancho de banda, terminal principal y terminal esclava, códecs de audio y vídeo y protocolos de comunicación usando el protocolo H.245.
- Los mensajes principales son el TCS (*Terminal Capability Set*) donde se negocian las capacidades soportadas por los terminales (ancho de banda, velocidad, códecs, etc.) y el OLC (*Open Logical Channel*) mensaje que abre el canal lógico que contiene información que permite la recepción y codificación de los datos para establecer el tipo de datos que serán transportados.
- En esta etapa todos los paquetes usan TCP.
- Ver Figura 1.22.

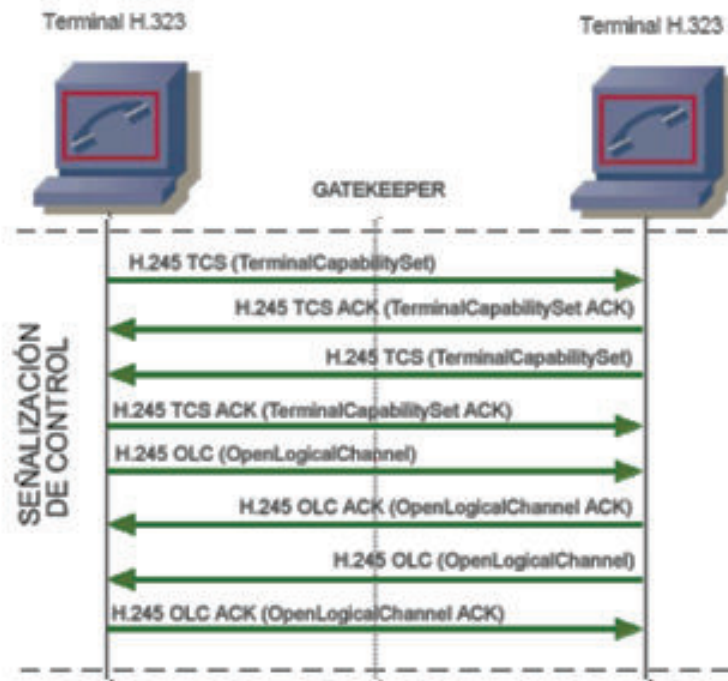


Figura 1.22 Señalización de Control en una llamada H.323. [27]

Comunicación

- Usando el protocolo RTP – RTCP se inicia la transmisión de datos entre los terminales A y B.
- En esta sección todos los paquetes usan UDP.
- Ver Figura 1.23.

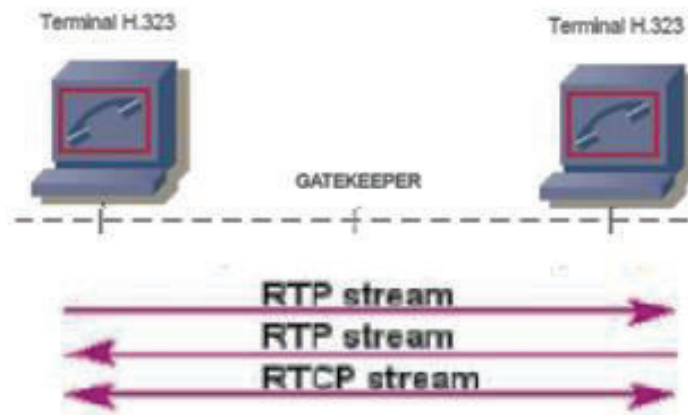


Figura 1.23 Intercambio de datos usando H.323. [27]

Desconexión

- Cualquiera de las dos terminales puede dar por terminada la comunicación mediante mensajes de cierre de canales lógicos como el CLC (*Close Logical Channel*) y el ESC (*End Session Command*) usando el protocolo H.245.
- El *gatekeeper* libera los registros usando mensajes RAS.
- En esta sección se usa el protocolo TCP.
- Ver Figura 1.24.

Este protocolo es usado por los equipos de telepresencia para establecer llamadas entre terminales, no es eficiente ya que existen muchos paquetes de control durante el establecimiento de las llamadas.

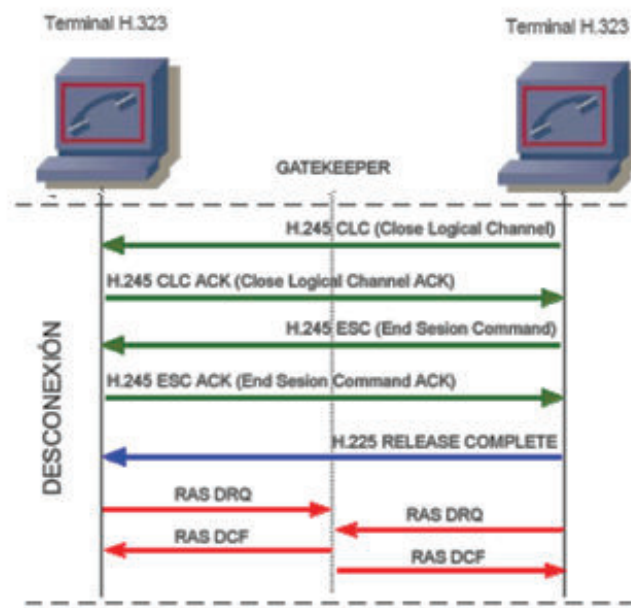


Figura 1.24 Desconexión de una llamada H.323. [27]

Por tal motivo, se creó el protocolo SIP el mismo que también es soportado por los equipos de telepresencia para su comunicación.

1.4.4.2 Protocolo SIP [28, 29, 30]

Session Initiation Protocol (SIP o Protocolo de Inicialización de Sesiones) es un protocolo de señalización simple, utilizado para telefonía y videoconferencia por

Internet. SIP se basa en el Protocolo de Transporte de Correo Simple (SMTP) y en el Protocolo de Transferencia Hipertexto (HTTP), fue desarrollado por el IETF.

Este estándar fue creado para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuarios, donde intervienen elementos multimedia como vídeo, voz, mensajería instantánea, juegos *online* y realidad virtual. SIP es uno de los protocolos de señalización para voz sobre IP, acompañado por H.323.

SIP es definido completamente en la RFC 2543 y en la RFC 3261.

SIP es un protocolo de la capa aplicación independiente de los protocolos de transporte (TCP, UDP, ATM, etc.). SIP está basado en una arquitectura del tipo cliente servidor en la cual los clientes inician las llamadas y los servidores las responden. Es un protocolo abierto basado en estándares, ampliamente soportado y no es dependiente de un solo fabricante.

SIP es un protocolo más nuevo que H.323, pero por su simplicidad, escalabilidad, modularidad y comodidad con la cual se integra con otras aplicaciones, se usa en arquitecturas de voz paquetizados. SIP puede establecer sesiones de dos partes (llamadas ordinarias), de múltiples partes (en donde todos pueden oír y hablar) y de multidifusión (un emisor, muchos receptores).

Las sesiones pueden contener audio, vídeo o datos. SIP solo maneja establecimiento, manejo y terminación de sesiones.

Algunas de las características que SIP ofrece son:

- Resolución de direcciones, mapeo de nombres y redirección de llamadas.
- Descubrimiento dinámico de las capacidades del terminal, por uso del Protocolo de Descripción de Sesión (SDP).
- Descubrimiento dinámico de la disponibilidad del terminal.
- Origen y administración de la sesión entre el host y los terminales.

Algunos de los beneficios claves de SIP son:

- Simplicidad, SIP es un protocolo muy simple. El tiempo de desarrollo del *software* es muy corto comparado con los productos de telefonía

tradicional. Debido a la similitud con HTTP y SMTP, el rehúso de código es posible.

- Extensibilidad, SIP pertenece a un grupo de protocolos de extensibilidad y compatibilidad.
- Modularidad: SIP fue diseñado para ser altamente modular. Una característica clave es su uso independiente de protocolos. Por ejemplo, envía invitaciones a las partes de la llamada, independiente de la sesión.
- Escalabilidad: SIP ofrece dos servicios de escalabilidad mediante el procesamiento del servidor donde tiene la habilidad para ser *Stateful* (centralizada) o *Stateless* (descentralizada) y el arreglo de la conferencia ya que no hay requerimiento para un controlador central multipunto, la coordinación de la conferencia puede ser completamente distribuida o centralizada.
- Integración, tienen la capacidad para integrarse con la Web, *E-mail*, aplicaciones de flujo multimedia y otros protocolos.
- Interoperabilidad, es un estándar abierto, SIP puede ofrecer interoperabilidad entre plataformas de diferentes fabricantes.

SIP es un protocolo de capa de aplicación y puede ejecutarse sobre UDP o TCP.

Los clientes SIP usan el puerto 5060 en TCP y UDP para conectar con los servidores SIP, en caso de utilizar un protocolo seguro como SIPS el puerto a utilizar es el 5061.

SIP se usa simplemente para iniciar y terminar llamadas de voz y vídeo. Todas las comunicaciones de voz/vídeo van sobre RTP.

SIP utiliza en su capa de transporte tanto UDP, TCP como TLS (*Transport Layer Security*). TLS se utiliza para dar un nivel de seguridad, encriptando la información que usualmente es vulnerable a ataques ya que se envía en texto plano.

El tamaño máximo de la trama SIP está involucrado directamente con el códec a utilizar. En la RFC 3261 está definido el uso de UDP y TCP obligatoriamente, este último en caso de ser necesario algún tipo de fragmentación del paquete que exceda la MTU.

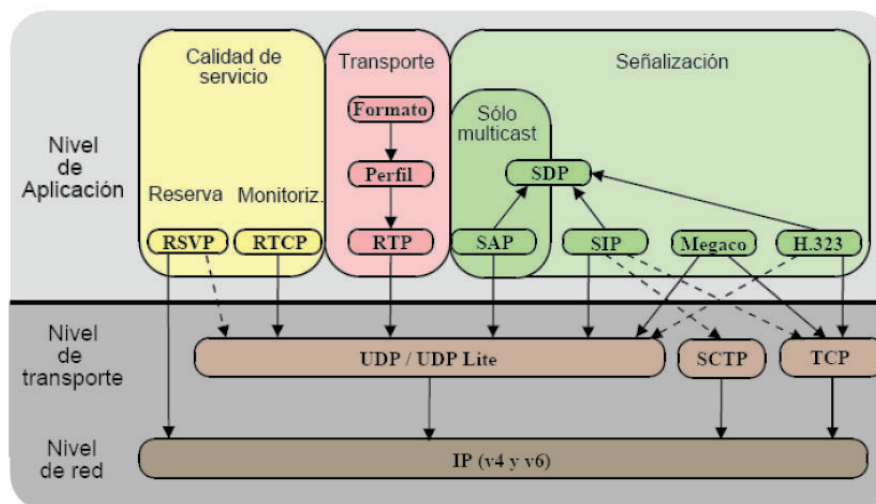


Figura 1.25 Arquitectura del Protocolo SIP. ^[31]

La negociación de códecs, puertos y servicios multimedia se realiza con el protocolo SDP embebido en SIP, donde generalmente los puertos utilizados son el 5060 en texto plano (UDP y TCP) y el puerto 5061 en caso de TLS. Sin embargo, en la práctica se puede presentar el uso de puertos comprendidos entre el 5060 hasta el 5070. El resumen de la arquitectura SIP se muestra en la Figura 1.25.

SIP define dos tipos de entidades: los clientes y los servidores, aunque consta de elementos adicionales como:

- Los terminales físicos conocidos como agentes usuarios (UA) pueden ser dispositivos en sí o aplicativos de escritorio instalados en una PC, con el aspecto y/o funcionalidad de teléfonos tradicionales, pero que usan SIP y RTP para la comunicación.
- Los servidores *proxy* (*Proxy SIP*) que se encargan de enrutar las peticiones hacia la localización actual del usuario, autenticar y autorizar a los usuarios para darles el servicio, posibilitar la implementación de políticas de enrutamiento de llamadas y aportar capacidades añadidas al usuario. También aporta funciones de registro que permiten al usuario informar de su localización actual a los servidores *proxy*.

Dos terminales SIP pueden comunicarse sin intervención de una infraestructura tipo SIP (Protocolo del tipo punto-a-punto).

- El Servidor de redireccionamiento (*Redirect Server*): Es un servidor que acepta solicitudes SIP, traduce la dirección SIP de destino en una o varias direcciones de red y las devuelve al cliente. De manera contraria al *Proxy Server*, el *Redirect Server* no encamina las solicitudes SIP. En el caso de la devolución de una llamada, el *Proxy Server* tiene la capacidad de traducir el número del destinatario en el mensaje SIP recibido, en un número de reenvío de llamada y encamina la llamada a este nuevo destino, todo esto de manera transparente para el cliente de origen; para el mismo servicio, el *Redirect Server* devuelve el nuevo número (número de reenvío al cliente) de origen quien se encarga de establecer una llamada hacia este nuevo destino.
- El Registrador (*Register*): Se trata de un servidor que acepta las solicitudes SIP REGISTER. SIP dispone de la función de registro de los usuarios. El usuario indica por un mensaje REGISTER emitido al Registrar, la dirección donde es localizable (dirección IP). El “Registrar” actualiza entonces una base de datos de localización. El registrador es una función asociada a un *Proxy Server* o a un *Redirect Server*. Un mismo usuario puede registrarse sobre distintas UAs SIP, en este caso, la llamada le será entregada sobre el conjunto de estas UAs.

La Figura 1.26 muestra las entidades que conforman una infraestructura SIP.

SIP trabaja en una premisa simple de operación cliente servidor. Los clientes o *endpoints* son identificados por direcciones únicas definidas como URL's, es decir las direcciones vienen en un formato muy similar a una dirección de correo electrónico, a fin de que las páginas Web puedan contenerlos, lo que permite hacer clic en un vínculo para iniciar una llamada telefónica.

- Las direcciones SIP siempre tienen el formato de user@host.
- El *user* puede ser: nombre, número telefónico.
- El host puede ser: dominio (DNS), dirección de red (IP).

El RFC 3261 define solicitudes/requerimientos o métodos SIP, usa mensajes para la conexión y control de llamadas. Hay dos tipos de mensajes: los mensajes de peticiones y los de respuestas.

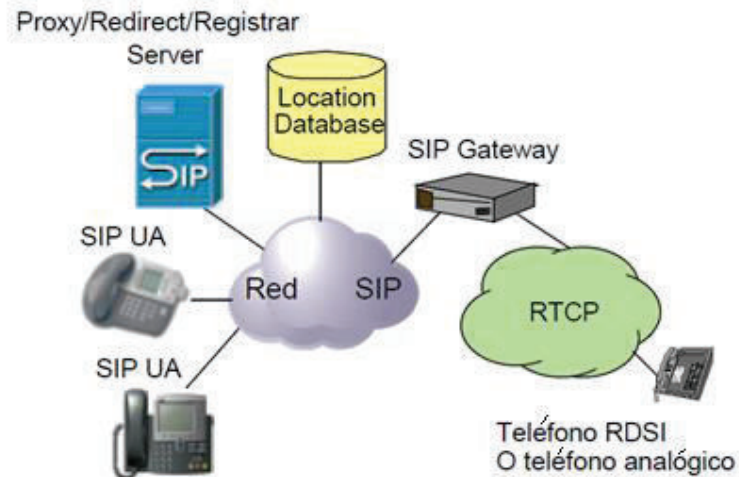


Figura 1.26 Entidades de una red SIP. [32]

Los mensajes SIP son definidos como:

- INVITE: Solicita el inicio de una llamada. Los campos de la cabecera contienen: Dirección origen y dirección destino, el asunto de la llamada y la prioridad de la llamada, peticiones de enrutamiento de llamada, preferencias para la ubicación de usuario, características deseadas de la respuesta.
- TRYING: Indica que el servidor *Proxy* está tratando de establecer la comunicación.
- RINGING: Indicación de aviso de llamado.
- BYE: Solicita la terminación de una llamada entre dos usuarios.
- CANCEL: Cancela una solicitud pendiente.
- REGISTER: Informa a un servidor de registro sobre la ubicación actual del usuario.
- INFO: Usada para señalización de sesiones de media.
- ACK: Usado para facilitar un intercambio confiable de mensajes entre los usuarios y confirmación de diferentes campos del mensaje INVITE.
- 200 OK: Sirve para enviar confirmaciones satisfactorias de diferentes sucesos.
- OPTIONS: Solicita información a un Host acerca de sus propias capacidades. Se utiliza antes de iniciar la llamada a fin de averiguar si ese host tiene la capacidad de transmitir VoIP, etc.

Después de haber recibido e interpretado un requerimiento SIP, el destinatario de este requerimiento devuelve una respuesta SIP. Existen seis clases de respuestas:

- Clase 1xx : Información, el requerimiento ha sido recibido y está en curso de tratamiento
- Clase 2xx: Éxito, el requerimiento ha sido recibido, entendido y aceptado.
- Clase 3xx: Reenrutamiento, la llamada requiere otros procesamientos antes de poder determinar si puede ser realizada.
- Clase 4xx: Error requerimiento cliente, el requerimiento no puede ser interpretado o atendido por el servidor. El requerimiento tiene que ser modificado antes de ser reenviado.
- Clase 5xx: Error servidor, el servidor fracasa en el procesamiento de un requerimiento aparentemente válido.
- Clase 6xx: Fracaso global, el requerimiento no puede ser procesado por ningún servidor.

El funcionamiento del servidor SIP es bastante simple, primero los usuarios deben inscribirse a la red SIP, luego hay que establecen la sesión SIP y se culmina con la liberación de la misma.

Inscripción a la red SIP

El Registro SIP da un servicio de información de ubicación; recibe información del agente de usuario y la almacena para proporcionarla a otros agentes de usuario.

Esto se lo realiza usando el mensaje SIP (REGISTER), la función REGISTER actualiza entonces una base de datos de localización del agente.

Desde este momento, el agente de usuario puede recibir llamadas ya que se encuentra debidamente localizado. Si un usuario SIP desea reenviar sus llamadas de su dominio hacia otro dominio, solo tendrá que indicar a la función REGISTER su dirección SIP en el dominio remoto.

Establecimiento de la Sesión SIP

La conexión se realiza utilizando un acuerdo de tres vías. El agente de usuario A

envía un mensaje SIP (INVITE) en un paquete TCP, indicando la dirección de destino, la capacidad, los tipos de medios y sus formatos multimedia. Si el agente de usuario B acepta la llamada, responde con un código de respuesta tipo HTTP (200 para aceptación). Opcionalmente también puede proporcionar información sobre sus capacidades, tipos de medios y formatos multimedia.

El agente de usuario A responde con un mensaje SIP (ACK) para terminar el protocolo y confirmar la recepción del mensaje 200. En este punto, pueden comenzar el flujo de datos utilizando el protocolo RTP. El flujo de datos se controla mediante el protocolo RTCP.

Liberación de la Sesión SIP

Cualquiera de los agentes de usuario puede solicitar la terminación de la llamada enviando un mensaje SIP (BYE).

Cuando el otro lado confirma su recepción, se termina la llamada.

La Figura 1.27 muestra el establecimiento de una llamada SIP entre dos agentes de usuario.

La Arquitectura SIP soporta nuevos tipos de servicios entre los que se encuentran:

- Reenvío de llamadas, que permite a los usuarios especificar donde se encuentran y las llamadas entrantes serán reenviadas a su ubicación correspondiente; se puede elegir el reenvío hacia el “correo de voz” o cualquier máquina contestadora.
- Los participantes en una llamada pueden controlar el enlace; esto permite que uno o más personas decidan incluir a otro individuo o cancelar una conexión en la llamada.
- Posibilidad de responder a una llamada con un tipo de medio distinto; esto facilita, por ejemplo, que una secuencia de voz entrante sea respondida con una página Web.

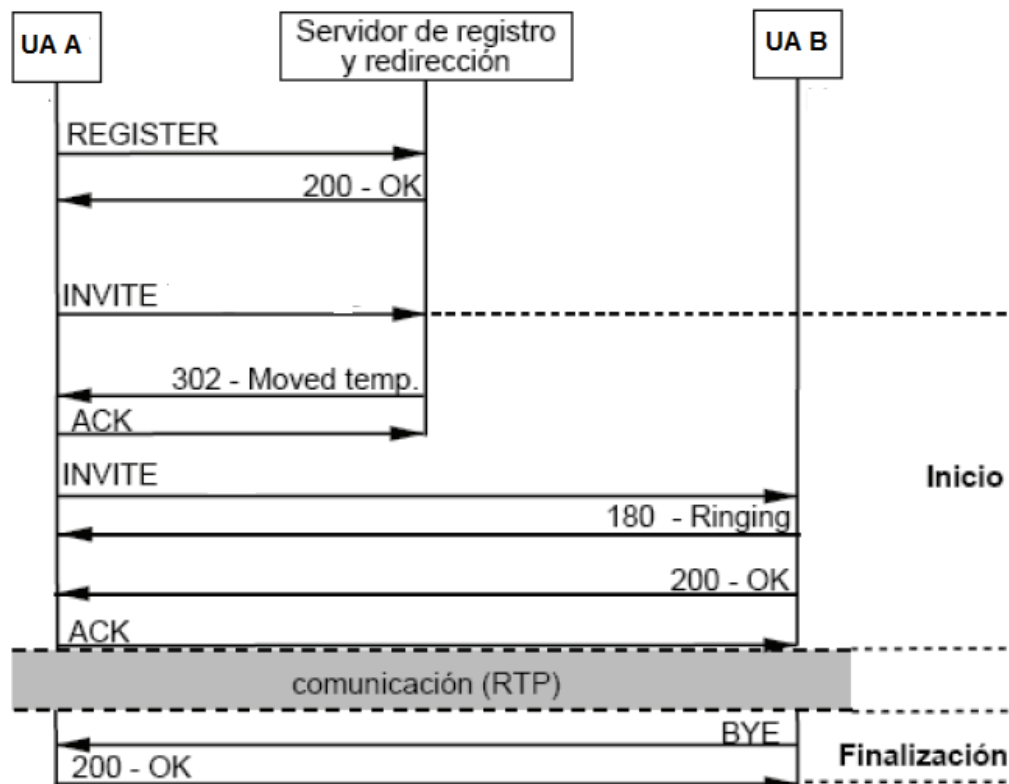


Figura 1.27 Establecimiento de una llamada mediante SIP. ^[31]

- Información de “Presencia” donde el agente de usuario puede emplearse para indicar dónde está presente el usuario (disponible para tomar la llamada) o ausente (no disponible para tomar la llamada).

SIP, al igual que H.323 se utiliza por los sistemas de telepresencia para establecer llamadas entre terminales. Los dos protocolos son soportados por la mayoría de soluciones comerciales. Cisco creó su propio protocolo para sus sistemas telepresenciales, el llamado Protocolo de Interoperabilidad de Telepresencia TIP que en sus inicios fue un protocolo propietario de Cisco, pero en la actualidad ya fue liberado. TIP no es un protocolo estándar, Cisco aspira que este protocolo a futuro sea utilizado por todos los sistemas de telepresencia.

1.4.4.3 Protocolos de Transporte Multimedia ^[33, 34]

Para transportar voz o vídeo sobre IP, se utilizan el protocolo IP y los protocolos UDP y TCP. TCP presenta la ventaja de gestionar una transferencia fiable

(reenvío de paquetes IP sin error), pero es incompatible con un flujo en tiempo real, ya que los mecanismos de TCP proveen una reducción automática de la tasa de bits por parte del emisor en caso de congestión en la red y un aumento lento de vuelta a la tasa nominal (para proteger la red de sobresaltos de emisión que pretendan utilizar el ancho de banda al mismo tiempo).

Los protocolos UDP e IP no son suficientes para asegurar el transporte de la voz, UDP es un protocolo sin corrección de errores, y en ningún momento se asegura la llegada de paquetes en su orden envío. Para el transporte de datos en tiempo real, como voz y/o vídeo, es necesario utilizar dos protocolos suplementarios: RTP y RTCP.

Estos dos protocolos que trabajan en la capa de aplicación se utilizan con el protocolo de transporte UDP. RTP y RTCP pueden utilizar tanto el modo *Unicast* (punto a punto) como el modo *Multicast* (multi punto).

RTP y RTCP utilizan puertos diferentes. RTP utiliza un número de puerto par, y RTCP el número de puerto impar que sigue a continuación. Cuando una sesión RTP es abierta, al mismo tiempo se abre una sesión RTCP implícita.

Los números de puerto utilizados por RTP y RTCP están comprendidos entre 1025 y 65535 aunque por defecto son respectivamente 5004 y 5005.

La función de RTP es proporcionar un medio uniforme de transmisión de datos sometidos a limitaciones de tiempo real (audio, vídeo, etc.).

En general, RTP permite:

- Identificar el tipo de información transportada.
- Añadir marcadores temporales que permitan indicar el instante de emisión del paquete, para que la aplicación destino pueda sincronizar los flujos de datos y medir los retardos.
- Incluir números de secuencia a la información transportada para detectar la pérdida de paquetes y así entregar los paquetes a la aplicación destino.

Además, RTP puede ser transportado por paquetes *multicast* para encaminar conversaciones hacia múltiples destinos, una característica importante en los sistemas de comunicación visual.

RTP no está concebido para realizar reservas de recursos o controlar la calidad de servicio, ni garantiza la entrega del paquete en recepción. Pero estos problemas son resueltos por el protocolo RTCP, ésta es la razón para que los dos protocolos trabajen juntos.

La Figura 1.28 muestra los elementos que conforman una sesión RTP.

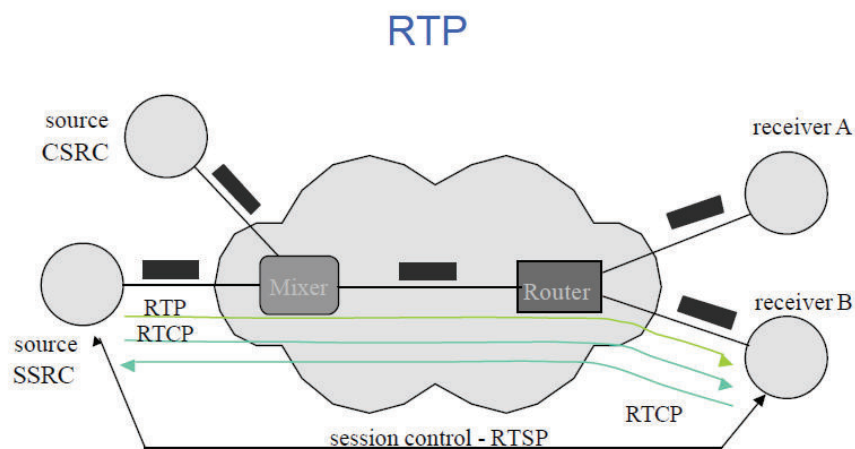


Figura 1.28 Elementos de una sesión RTP. [34]

Como se puede observar, el protocolo RTP tiene varios elementos, como:

- Fuentes de Información (SSRC *Synchronization Source*): Se denomina a las fuentes de flujos de paquetes RTP, es decir las terminales que generan datos multimedia (cámaras, micrófonos, ordenadores, etc.).
- Fuentes contribuidoras (CSRC *Contributing Source*): Se denomina a las agrupaciones de SSRCs que han contribuido con los flujos de datos y que han salido de un mismo mezclador.
- Mezclador (*Mixer*): Es una aplicación que recibe flujos de datos de varias fuentes SSRCs, modifica eventualmente el formato y reenvía un único flujo de datos. Se encarga de agrupar a los SSRCs y darles la debida identificación del CSRC al que pertenecen.

- Traductor (*Translator*): Es una aplicación que transmite paquetes RTP que recibe sin cambiar el identificador de SSRC (al revés que el mezclador). Un traductor permite, por ejemplo, cambiar la codificación de un dato o la tasa de bits. Esto permite a los receptores identificar fuentes individuales, aun cuando pasen a través del traductor distintas fuentes de información.

Un paquete RTP pasa por la capa UDP, que le añade una cabecera. El conjunto es traspasado a la capa IP, que agrega su cabecera. Entonces, el datagrama IP es encaminado hacia el destino. En recepción, el paquete es entregado a la aplicación adecuada. Ver Figura 1.29.

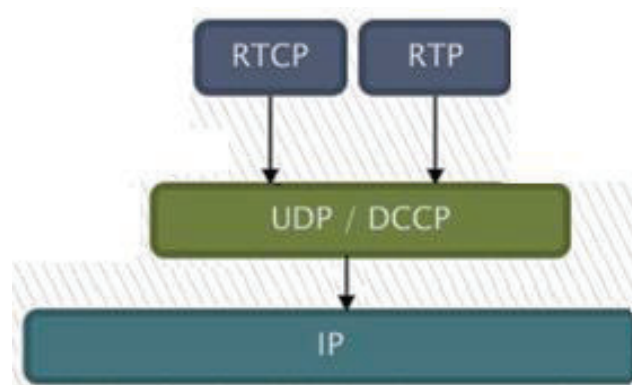


Figura 1.29 Empaquetamiento del Protocolo RTP. ^[35]

La cabecera de un paquete RTP está obligatoriamente constituida de 12 octetos, y eventualmente seguida de una lista de identificadores de fuentes contributivas CSRCs en el caso de un mezclador. Esta cabecera precede al *payload*. ³⁶

Los campos que componen la cabecera RTP (ver Figura 1.30) son:

- Version (V) (2 bits): Este campo indica el número de versión RTP utilizada. La versión actual es la versión 2.
- Padding (P) (1 bit): Si vale 1, este campo significa que el campo de datos tiene una parte de relleno. Recordemos que la longitud de datos debe ser un múltiplo de 4 octetos, lo que hace necesarios los octetos de relleno, generalmente se rellena en el último paquete. El último octeto de esta parte de relleno indica el número de octetos de relleno que se deben ignorar.

³⁶ Es la carga útil (datos) de un PDU cualquiera.

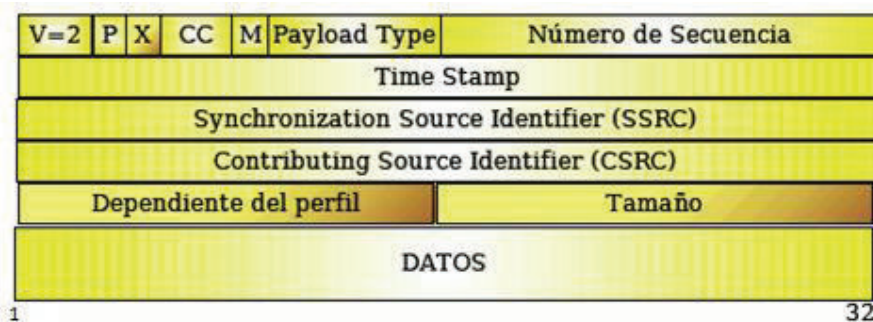


Figura 1.30 Estructura de una trama RTP. ^[36]

- *Extension* (X) (1 bit): Si vale 1, este campo indica que la cabecera fija tiene una parte de cabecera suplementaria.
- CSRC Count (CC) (4 bits): Este campo contiene el número de identificantes CSRC que siguen a la cabecera fija, es decir, el número de fuentes contributivas ligadas a este paquete.
- *Marker* (M) (1 bit): Se trata de un bit de señalización. Su significado depende de los datos transportados.
- *Payload type* (PT) (7 bits): Este campo identifica el tipo de contenido (audio, vídeo, etc.) que representa el tipo de codificación de información transportada en el paquete.
- *Sequence Number* (16 bits): El valor de este campo se incrementa en 1 por cada paquete RTP enviado, pero su valor inicial es aleatorio. Este campo permite detectar paquetes perdidos.
- *TimeStamp* (32 bits): Un protocolo como RTP utiliza marcas temporales para indicar cuando los paquetes fueron emitidos. Estas informaciones son la base de los cálculos que permiten evaluar el retardo introducido por un sistema de comunicación.
- *Synchronization Source* (SSRC) (32 bits): Este campo identifica la fuente que ha producido el paquete. Al principio de una sesión, cada participante escoge un número de SSRC. En este caso se habla de sincronización ya que la escala de tiempo establecida por la fuente en estos paquetes va a servir de referencia a los receptores para restituir la información correctamente.
- *Contributing source* (CSRC): De 0 a 15 instancias de este campo pueden

estar presentes en la cabecera del paquete RTP. El número está indicado por el campo CC. Cuando un flujo es el resultado de una agregación por un mezclador, la lista de SSRCs que han aportado su contribución se añade en la cabecera de los paquetes RTP del flujo resultante.

Este protocolo entra a funcionar una vez que el protocolo de señalización (SIP y/o H.323) ha establecido la llamada entre los participantes. Todos los sistemas de telepresencia usan este protocolo para transportar los datos multimedia generados por las diferentes terminales.

Una vez establecida la trama multimedia basada en RTP, debidamente empaquetada en UDP y encapsulada en un paquete IP para enviarse al medio de comunicación físico, se la debe controlar mediante el protocolo RTCP.

El protocolo RTCP está basado en transmisiones periódicas de paquetes de control para todos los participantes en la sesión. Es un protocolo de control de los flujos RTP, que permiten transportar informaciones básicas de los participantes de una sesión y de la calidad de servicio.

Existen cinco tipos distintos de paquetes RTCP para cada tipo de información:

- SR (*Sender Report*): Contiene las estadísticas de transmisión y de recepción para los participantes que son emisores activos.
- RR (*Receiver Report*): Contiene estadísticas de recepción para los participantes que no son emisores activos pero sí receptores de una sesión.
- SDES (*Source Description*): Describe la fuente: nombre, *email*, teléfono, etc.
- BYE: Permite a una estación indicar el fin de su participación en una sesión.
- APP: Es un paquete de señalización específico a una aplicación.

El control de flujo se realiza guardando una evaluación del número de participantes en una sesión (fuentes y receptores). A partir de esta evaluación, se calcula un intervalo de tiempo que sirve de periodo de recurrencia en la difusión de informaciones SR o RR. Los algoritmos de control limitan el volumen de la

información total transmitida, por lo tanto, cuanto más elevado es el número de participantes, menos precisa es la visión que tiene cada participante del estado de la red. Los paquetes que se transmiten con más frecuencia son SR y RR.

El Protocolo RTCP tiene las siguientes funcionalidades:

- El receptor puede informar al emisor de los paquetes que se pierden.
- El emisor puede decidir cambiar de tipo de codificación en el caso que la calidad se degrade.
- El receptor puede decidir aumentar el tamaño del *buffer* de recepción si aumenta la variación del retardo.
- Sirve para la sincronización. Se indica el tiempo en el que se deben reproducir las muestras RTP.
- Permite también la sincronización de medios.
- Se permite que la fuente se describa.
- Se tiene un mensaje para indicar que uno de los participantes abandona la comunicación.

Por lo general, varios paquetes RTCP se encapsulan en un mismo datagrama UDP para reducir la sobrecarga por las cabeceras.

El mensaje SR contiene la siguiente información relevante:

- Marca de tiempo (Protocolo NTP³⁷).
- Marca de tiempo (Protocolo RTP).
- Número de paquetes RTP enviados.
- Número de bytes RTP enviados.

El mensaje RR contiene la siguiente información relevante:

- Marca de tiempo (Protocolo NTP).
- Marca de tiempo (Protocolo RTP).
- Número de paquetes RTP recibidos y número de bytes RTP recibidos.

La Figura 1.31 muestra la estructura de la trama RTCP.

³⁷ Protocolo que se encarga de colocar marcas de tiempo (hora, fecha) en los paquetes de datos.

Una de las características más relevantes de RTCP es la estimación de *Jitter*. Se trata de una estimación del intervalo de tiempo para un paquete de datos RTP que se mide con la marca de tiempo y es un número entero.

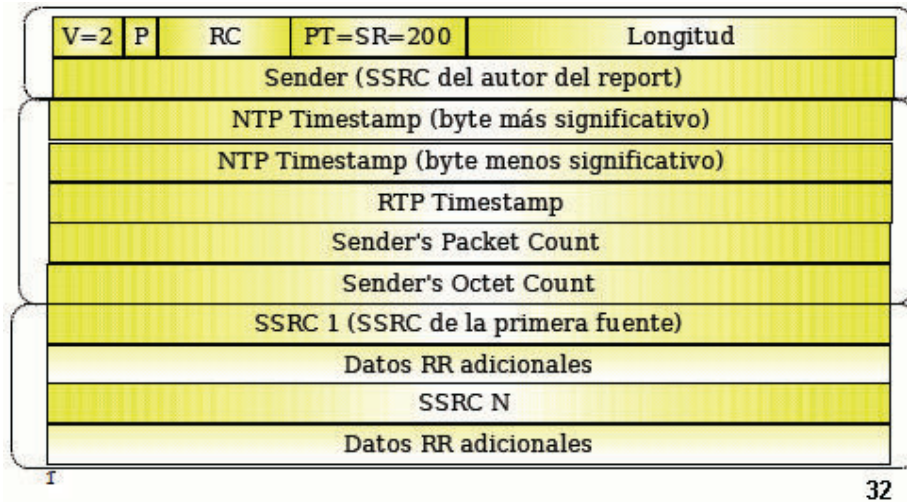


Figura 1.31 Trama RTCP. ^[37]

Primero se estima el *Jitter* por paquete mediante la fórmula:

$$D_i = (R_i - R_{i-1}) - (S_i - S_{i-1}) \quad [1.2]$$

Dónde:

- S_i es la marca de tiempo RTP del paquete i .
- R_i es la recepción instantánea del paquete i .
- i es el primer paquete.
- $i - 1$ es el paquete anterior.

Luego, se puede calcular el promedio del Jitter de un paquete, mediante la fórmula:

$$J_i = 15/16 J_{i-1} + 1/16 |D_i| \quad [1.3]$$

Gracias a esto, el receptor podrá corregir los errores de transmisión y darle al usuario final una comunicación de calidad (ver Figura 1.32).

El Protocolo RTP junto con el Protocolo RTCP transmiten todo el tráfico multimedia en los sistemas de telepresencia (ver Figura 1.33).

1.4.4.4 Protocolos de Direcccionamiento ^[38, 39, 40]

El Protocolo IP trabaja en la Capa Internet y es uno de los protocolos más importantes de la arquitectura TCP/IP.

La Figura 1.32 muestra la estimación del Jitter que usa RTCP; mientras que la Figura 1.33 muestra los canales lógicos de comunicación que se establece con el protocolo RTCP.

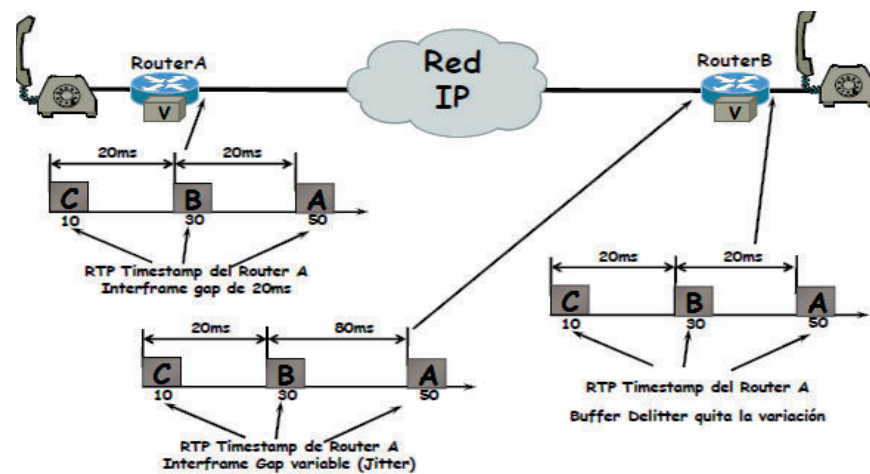


Figura 1.32 Estimación del *Jitter* mediante RTCP. ^[30]

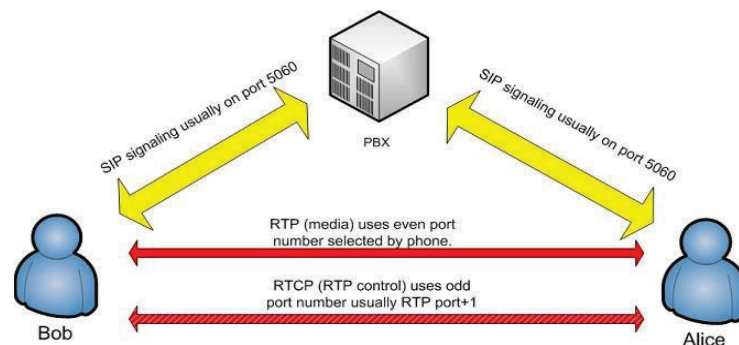


Figura 1.33 Canales lógicos en una comunicación multimedia. ^[38]

El protocolo IP se ha diseñado para redes de paquetes conmutados no orientadas a conexión, lo cual quiere decir que cuando dos equipos quieren conectarse entre sí no intercambian información para establecer una sesión. IP tampoco se encarga de comprobar si se han producido errores de transmisión, confía esta función a las capas superiores. Todo ello se traduce en que los paquetes de datos contienen información suficiente como para propagarse a través de la red sin que haga falta establecer conexiones permanentes.

Para el protocolo IP un datagrama es el formato que debe tener un paquete de datos en la Capa de Red. La Figura 1.34 muestra la estructura de un datagrama.

Las características más relevantes de IP son:

- Servicio sin conexión (datagramas).



Figura 1.34 Datagrama del Protocolo IP. ^[39]

- No hay garantía de entrega.
- Entrega desordenada de los datagramas.
- IP realiza las funciones de encaminamiento.
- IP establece: La unidad básica de transferencia de datos (datagrama) y el formato, reglas de procesamiento de paquetes, condiciones de error, etc.

Los campos de la cabecera de IP son:

- Versión del protocolo IP (4 bits).
- Longitud de la cabecera (IHL): Tamaño de la cabecera del datagrama en palabras de 32 bits (valor mínimo = 5).
- Tipo de Servicio (ToS): Permite al usuario solicitar las condiciones deseadas de retardo, ancho de banda y fiabilidad.
- Longitud total del datagrama: Se expresa en octetos, incluye tanto la cabecera como el área de datos. Tamaño máximo = 65.535 octetos.

- Identificación: Si el datagrama es muy largo (superior a 1500 bytes si se transmite el datagrama IP sobre Ethernet) éste se debe fragmentar, cada fragmento es identificado en forma consecutiva en este campo.
- *Offset* de fragmentación: Indica la posición del fragmento dentro del datagrama original.
- *Flags*: Campo que indica si el datagrama no puede ser fragmentado o el fragmento no es el último de la serie.
- Tiempo de vida: Los datagramas tienen un tiempo de vida (TTL) limitado de permanencia en la internet, esto para evitar que por un mal encaminamiento, los datagramas estén dando vueltas en la Internet sin alcanzar el destino.
- Protocolo: Indica el protocolo del nivel superior al que van destinados los datos. Se utiliza para demultiplexar los paquetes.
- *Checksum* de la cabecera: Campo que sirve para verificar si existen errores de transmisión de los datos de la cabecera.
- Dirección origen: Dirección IP³⁸ de la fuente de información.
- Dirección destino: Dirección IP del receptor de información.
- Opciones: No siempre está presente y se incluye con propósitos de verificación del funcionamiento de la red. Tiene longitud variable, determina el tamaño del campo de relleno, dependiendo del tipo de opción se replicará en uno o en todos los fragmentos de un datagrama; permiten al emisor de un datagrama solicitar un registro de los diferentes *routers* por los que pasa el datagrama en su tránsito hacia el destino, especificar la ruta a seguir por el datagrama y solicitar un registro del instante en que el *router* procesa el datagrama
- *Padding*: Utilizado para asegurar que el tamaño, en bits, de la cabecera sea múltiplo de 32.

Las direcciones IPv4 son utilizadas para encaminar a los paquetes desde su origen hasta su destino, consta de cuatro números con un valor entre 0 y 255, en el que cada número va separado por un punto (.), ninguna dirección IP puede ser

³⁸ Es una etiqueta numérica que identifica, de manera lógica y jerárquica, a una interfaz (elemento de comunicación/conexión) de un dispositivo de red

todo 0 o todo 255.

Una dirección IP tiene un tamaño de 32 bits y consta de dos partes (ver Figura 1.35) la dirección de red y la dirección del host (computador, dispositivo, etc.).

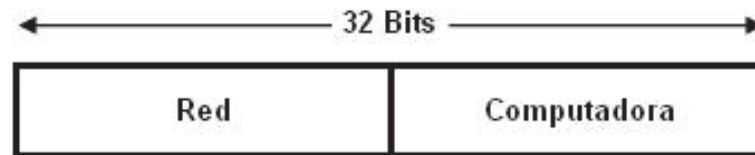


Figura 1.35 Estructura de una dirección IP. ^[41]

En el campo red se identifica la dirección IP de la red y en el campo host se identifica a cada terminal IP que pertenece a la red.

Existen dos direcciones IP especiales dentro de una red, la dirección de *Broadcast* que es la dirección que indica que los mensajes se deben dirigir a todas las computadoras de la red; estos mensajes utilizan siempre la dirección IP: 255.255.255.255. La segunda dirección especial es la Máscara de Red que es una combinación de bits que sirve para delimitar el ámbito de una red de computadoras; su función es indicar a los dispositivos qué parte de la dirección IP es la dirección de la red, incluyendo la subred, y qué parte es la correspondiente al host.

El propósito de una dirección IP es identificar a cada dispositivo de la red y realizar el encaminamiento (enrutamiento) de los datagramas IP. Este proceso es el mecanismo por el que en una red los paquetes de información se hacen llegar desde su origen a su destino final, siguiendo un camino o ruta a través de la red.

Dos hosts pueden comunicarse directamente mediante tramas sólo si comparten la misma red IP (diálogo directo). En ese caso, el emisor encapsula el datagrama en una trama, averigua la dirección física del destino y le envía directamente la trama.

Cuando el destino no está en la misma red de la máquina origen hay que enviar el datagrama a un equipo llamado *router* (diálogo indirecto). El proceso es parecido pero ahora la dirección física destino es la del *router*.

La Figura 1.36 detalla una comunicación entre dos *host* de una misma red (132.58.0.0) y la comunicación entre un *host* de una red y un *host* de una red distinta (25.0.0.0).

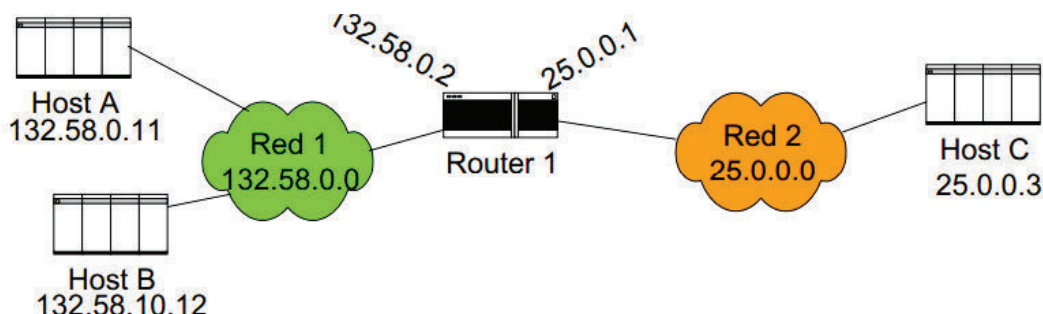


Figura 1.36 Encaminamiento IP. ^[41]

El *Host A* puede comunicarse con el *Host B* directamente ya que pertenecen a la misma red. En la cabecera del paquete IP debe escribirse la dirección IP de A (dirección origen) y la dirección IP de B (dirección IP destino). Ver figura 1.37.

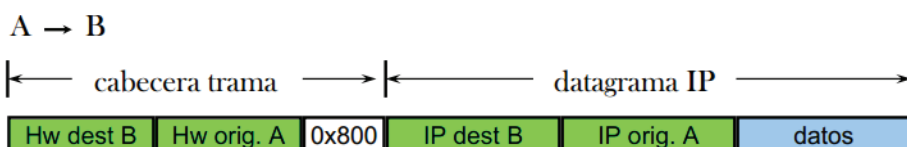


Figura 1.37 Trama IP entre dos host de una misma red. ^[41]

Si el *Host A* o el *Host B* desean comunicarse con el *Host C*, deben usar un *router* que pueda interconectar con la red a la que pertenece el *Host C*. En la cabecera debe escribirse la dirección IP de A (dirección origen), pero debe constar en la cabecera de la trama la dirección del *router* (Hw dest R1); el *router* mediante su tabla de enrutamiento podrá encaminar los datos hasta su destino.

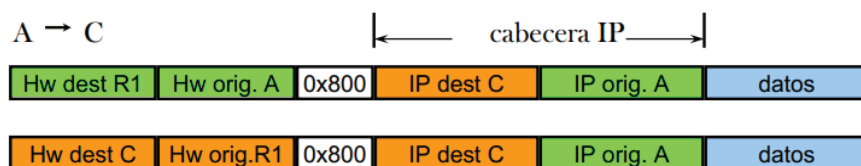


Figura 1.38 Trama IP entre dos host de distintas redes. ^[41]

Las tablas de enrutamiento son elementos primordiales en el encaminamiento IP ya que contienen información sobre los posibles destinos y cómo llegar a ellos, existe información sobre redes destino y sobre otros *routers* que conducen a ellas.

El Protocolo IP se encarga de encaminar los paquetes entre host, es la base de Internet y de la comunicación en una red de datos.

Al igual que todos los sistemas de comunicación actuales, los sistemas de telepresencia usan este protocolo para encaminar sus datos entre los equipos terminales y MCUs.

1.4.4.5 Protocolos de Transporte ^[35]

Como se había dicho el protocolo IP no garantiza que los datos lleguen a destino, solo hace su mejor esfuerzo para que lleguen.

Por lo tanto era necesario un protocolo que se encargue de controlar la transmisión de datos y por esta razón se diseñó lo que se llama *Transmission Control Protocol* o simplemente protocolo TCP.

TCP es un protocolo de transporte que se transmite sobre IP.

TCP ayuda controlando que los datos transmitidos se encuentren libre de errores y sean recibidos por las aplicaciones en el mismo orden en que fueron enviados. Si se pierden datos en el camino introduce mecanismos para que estos datos sean reenviados.

TCP es un buen protocolo para el control de sesiones pero no tan bueno para transmisión de datos en tiempo real.

TCP introduce el concepto de “puerto” que no es otra cosa que una abstracción para poder relacionar los flujos de datos con servicios de red específicos (o protocolos de más alto nivel). Por ejemplo, el puerto 80 se asocia con el servicio de Web o el protocolo HTTP; el puerto 25 se asocia con el servicio de correo electrónico o protocolo SMTP.

Las características principales de TCP son:

- Protocolo orientado a conexión.
- Agrupa los datos en segmentos ordenados para su transmisión sobre IP.
- Comprueba errores en los paquetes y los descarta si resultaron dañados.

- Descartar los posibles datos duplicados.
- Reordena los segmentos que recibe desordenados.

TCP debe realizar también el control de flujo. Para ello el módulo receptor va informando al módulo emisor de la cantidad de octetos que puede recibir sin problemas en cada lapso de tiempo, mediante un mecanismo llamado ventana deslizante (*Window Sliding*).

La Figura 1.39 detalla la cabecera del segmento TCP.

A fin de utilizar más eficientemente los recursos disponibles TCP, ofrece la posibilidad de multiplexación entre distintos procesos de usuario, transmisión simultánea en los dos sentidos (full dúplex) y la posibilidad de especificar niveles de seguridad y prioridad para las comunicaciones, así como un mecanismo llamado *graceful close* que asegura que la conexión no se cierra hasta no haber recibido confirmación de la recepción de todos los datos enviados.

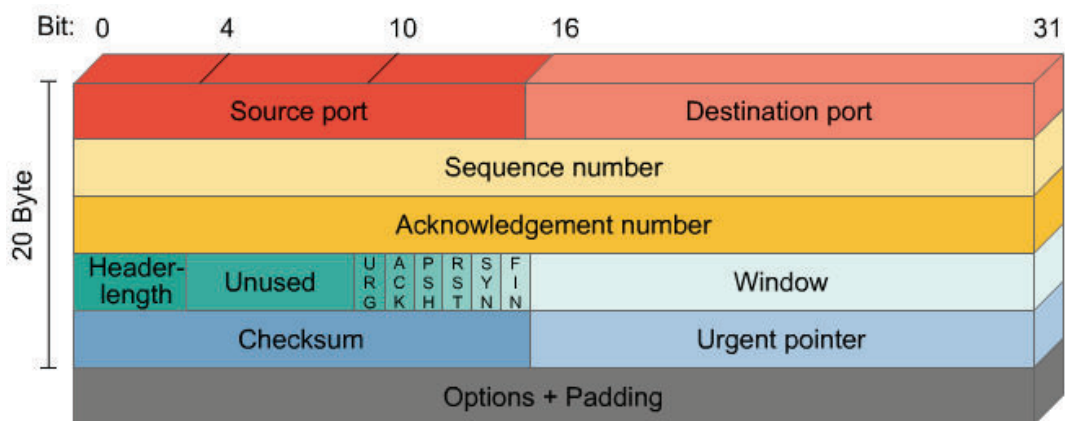


Figura 1.39 Cabecera del Segmento TCP. ^[39]

Los elementos del segmento TCP son:

- Puerto de origen: Identifica al proceso (puerto) de origen.
- Puerto de destino: Identifica al proceso (puerto) de destino.
- Número de secuencia: Número de orden del byte que identifica la posición inicial de los datos del segmento con respecto al flujo de bytes original del emisor.

- Número de Reconocimiento (ACK): Indica el número de orden del byte que el receptor espera.
- HLEN (Tamaño de la cabecera): Indica la longitud de la cabecera de TCP medida en palabras de 32 bits.
- Reservado: Campo reservado para futuro uso.
- *Flags*: Son indicadores para solicitar servicios o marcar la validez de otros campos de la cabecera. Estos mensajes son: URG (urgente), ACK (confirmación), PSH (PUSH), RST (Reinicio de la conexión), SYN (número de secuencia), FIN (si el emisor llegó al final del flujo de caracteres).
- Ventana: Indica el número de octetos que el receptor podría aceptar.
- *Checksum* (Código de verificación): Se usa para verificar la corrección de los datos contenidos en el segmento (incluida la cabecera).
- *Urgent Pointer* (Puntero a datos urgentes): Indica dónde en el flujo de bytes están los datos considerados urgentes, que cada implementación tratará de manera diferente.
- Opciones: Un campo para implementación de opciones que funciona de manera similar a como lo hace el campo opciones del datagrama IP. Cada opción tiene tres campos, un octeto que contiene el código de opción, un campo que indica la longitud de la opción y el tercer campo que incluye los valores propios de la opción.
- *Padding*: Relleno de bit a cero para completar palabras de 32 bits.

El protocolo TCP necesita que se establezca una conexión entre los equipos situados en ambos extremos de la misma. Antes de iniciar la transferencia de datos TCP efectúa una negociación entre los dos equipos, basada en un intercambio de tres segmentos de datos. Precisamente por esta razón se la conoce como negociación de tres vías.

La Figura 1.40 representa las fases de una negociación de tres vías entre dos equipos a los que se les llamará *host A* y *host B*. La primera iniciativa la tiene el *host A*, quien envía al *host B* un segmento de sincronización (SYN) que contiene un identificador numérico.

Al recibir esta información, el *host* B tiene constancia de la intención de iniciar una comunicación por parte del *host* A y, además, gracias al identificador numérico recibido, conoce el punto exacto en el que el *host* A señala el inicio de su transmisión de datos.

En segundo lugar el *host* B responde al *host* A con un segmento de confirmación (ACK) y lo acompaña de un segmento de sincronización con su identificador que él empleará en la conexión.

La negociación finaliza con éxito cuando el *host* A recibe esta confirmación y responde con otra, que ya va acompañada de los primeros datos.

La Figura 1.40 detalla el establecimiento y culminación de una conexión TCP.

Establecimiento y terminación de una conexión TCP

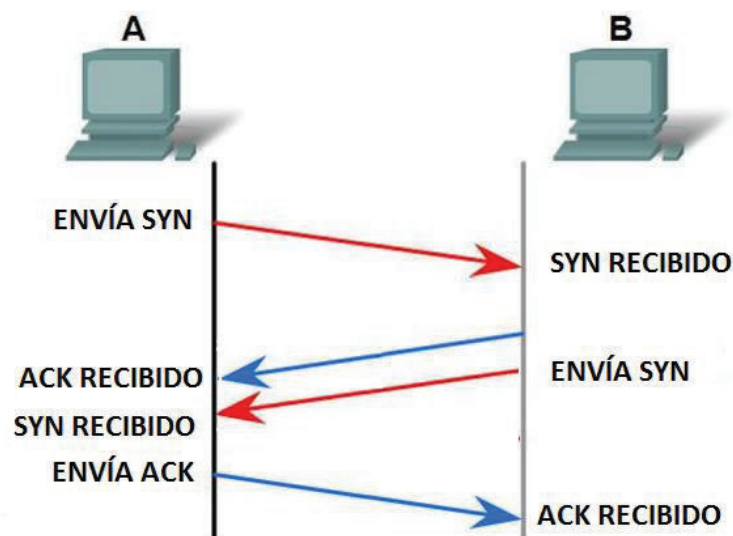


Figura 1.40 Sesión TCP. ^[42]

Los identificadores numéricos de secuencia son fundamentales para que TCP pueda determinar dentro del flujo continuo de bytes el segmento correspondiente a la comunicación entre los equipos A y B.

Al margen de estas negociaciones, la Capa Transporte es responsable de hacer llegar los datos a las aplicaciones que los requieren en las capas superiores. Para ello se asocia cada aplicación a un número de 16 bits al que se denomina número de puerto. Tanto TCP como UDP hacen que la primera palabra de sus cabeceras

contenga el puerto origen y destino de los datos que se transmiten, a esta operación se la conoce como multiplexación.

UDP (*User Datagram Protocol*) es otro protocolo de transporte. Se diferencia con TCP en que a este protocolo no le importa si los datos llegan con errores o no y tampoco le importa si llegan en secuencia.

Un protocolo de transporte no necesariamente tiene que garantizar que la información llegue a destino o llegue en secuencia. Esta es solo una característica extra.

Las características principales de UDP son:

- Sin conexión. No emplea ninguna sincronización entre origen y destino.
- Trabaja con paquetes o datagramas enteros, no con bytes individuales como TCP. Una aplicación que emplea el protocolo UDP intercambia información en forma de bloques de bytes, de forma que por cada bloque de bytes enviado de la capa de aplicación a la capa de transporte, se envía un paquete UDP.
- No es fiable. No emplea acuses de recibo ni ordena los paquetes.
- Su gran ventaja es que provoca poca carga adicional en la red, ya que es sencillo y emplea cabeceras muy simples.
- Un paquete UDP puede ser fragmentando por el protocolo IP para ser enviado fragmentado en varios paquetes IP si resulta necesario.
- Puesto que no hay conexión, un paquete UDP admite utilizar como dirección IP de destino la dirección de *broadcast* o de *multicast* de IP. Esto permite enviar un mismo paquete a varios destinos de forma simultánea.

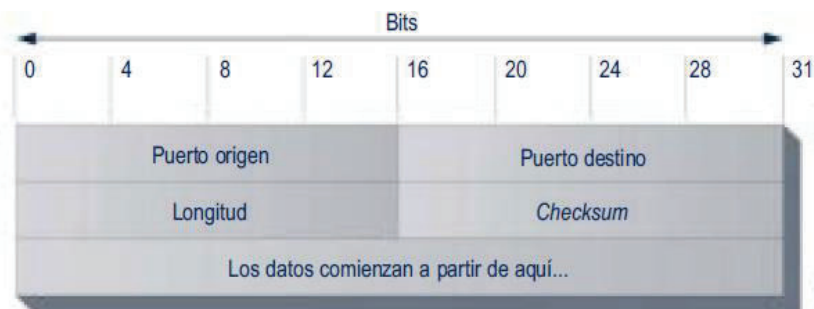


Figura 1.41 Estructura de un Datagrama UDP. ^[39]

La Figura 1.41 muestra los campos que conforman a un datagrama UDP.

Los campos de la cabecera de UDP tienen las siguientes funciones:

- Puerto fuente y puerto destino: Valores de 16 bits correspondientes a los puertos de nivel de transporte.
- Longitud: Número total de bytes en el paquete UDP original (incluye la cabecera y los datos), antes de ser fragmentado en paquetes IP.
- *Checksum*: Suma de verificación, aplicada a la cabecera y datos UDP.

La estructura de UDP es bastante sencilla, por esta razón este protocolo es utilizado como protocolo de transporte de aplicaciones multimedia en tiempo real, voz sobre IP a pesar que no es fiable. Algunas razones por las que se utiliza UDP son:

- No hay que mantener el estado de la conexión
- Un establecimiento de conexión puede añadir retardo no deseado
- Cabecera pequeña, menos procesamiento de los equipos y aplicaciones.
- No hay control de congestión, se puede enviar tan rápido como sea posible.

Algunas aplicaciones de UDP son:

- Transmisión de datos en LANs fiable, como el protocolo TFTP (*Trivial File Transfer Protocol*), que es una variante del protocolo FTP³⁹ que emplea como protocolo de transporte UDP.
- Operaciones de sondeo como la transmisión de paquetes de datos pequeños o esporádicos para informar del estado de los equipos de la red, o para intercambiar información de encaminamiento, como es el caso de los protocolos DNS (*Domain Name System*)⁴⁰, RIP (*Routing Information protocol*)⁴¹ o SNMP (*Simple Network Management Protocol*)⁴².

³⁹ Protocolo de red para la transferencia de archivos entre sistemas conectados a una red TCP.

⁴⁰ Sistema de nomenclatura dinámica cuya función es traducir (resolver) nombres inteligibles para las personas en identificadores binarios asociados con los equipos conectados a la red.

⁴¹ Protocolo utilizado por los *routers* para intercambiar información acerca de redes IP a las que se encuentran conectados.

⁴² Protocolo que facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red.

Transmisiones multicast de vídeo o audio. UDP es usado por aplicaciones de VoIP (*Voice over IP*), difusión de vídeo y multiconferencia. En la transmisión de señales digitales suele ser más importante una respuesta rápida de los protocolos que un envío completamente fiable. No importa que se pierdan algunos datos: lo importante es que se mantenga un flujo constante de información. Además con UDP es posible que una misma fuente envíe la señal a múltiples destinos, sin repetir paquetes de datos en la red.

- Otra aplicación es el envío de transacciones rápidas a bases de datos a través de LANs fiables. En este caso también premia la rapidez de respuesta, y dado que la red ofrece una alta calidad, no es necesario el complejo control de flujo de TCP.

Todos los protocolos anteriormente mencionados son utilizados por los sistemas de teleconferencia para el envío de datos multimedia; pero los datos que se generan en los equipos terminales (señales de audio, vídeo y datos) deben pasar por un proceso de codificación (proceso de conversión de un sistema de datos de origen a otro sistema de datos de destino).

1.4.4.6 Codificación de Voz

La ITU-T ha estandarizado códecs llamados de banda súper ancha (*superwideband*), para el rango de 50 Hz a 14 kHz y de banda completa (*fullband*), para el rango de 50 Hz a 20 kHz. La Tabla 1.11 describe los códecs de audio más utilizados por los Sistemas de Telepresencia; todos los códecs descritos son estandarizados por la UIT-T.

La tasa de bits (bit rate) y el retardo son características relevantes a tomar en cuenta para poder elegir el tipo de códec a utilizar ya que estos parámetros definen el ancho de banda necesario para transmitir voz en una red.

1.4.4.7 Codificación de Vídeo ^[43,44]

Al igual que el audio (voz), el vídeo es una señal analógica que necesariamente

debe transformarse en señal digital para poder ser procesada.

En el Anexo A se detalla el proceso de codificación de voz.

Una secuencia de vídeo es una sucesión de imágenes que producen sensación de movimiento.

CÓDECS DE AUDIO USADOS EN LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA				
Códec	Nombre	Bit rate (kb/s)	Retardo (ms)	Comentarios
G.711	PCM: <i>Pulse Code Modulation.</i>	64, 56	0.125	Códec base, utiliza dos posibles leyes de compresión: Ley μ y Ley A.
G.723.1	<i>Hybrid MPC-MLQ and ACELP.</i>	6.3, 5.3	37.5	Desarrollado originalmente para vídeo conferencias en la PSTN, es actualmente utilizado en sistemas de VoIP.
G.728	LD-CELP: <i>Low-Delay code excited linear prediction.</i>	40, 16, 12.8, 9.6	1.25	Creado para aplicaciones DCME (<i>Digital Circuit Multiplex Encoding</i>).
G.729	CS-ACELP: <i>Conjugate Structure Algebraic Codebook Excited Linear Prediction.</i>	11.8, 8, 6.4	15	Ampliamente utilizado en aplicaciones de VoIP a 8 kb/s.
G.722.1	<i>Transform Coder.</i>	24, 32	40	Usado en audio y videoconferencias.
G.722	<i>Sub-band ADPCM.</i>	48, 56, 64	3	Inicialmente diseñado para audio y videoconferencias, actualmente utilizado para servicios de telefonía de banda ancha en VoIP.
G.719	<i>Low-complexity, fullband.</i>	32 a 128	40	Es el primer códec "fullband" estandarizado por la ITU.

Tabla 1.11 Descripción de los Códecs de Audio usados por los sistemas de telepresencia.^[45]

Cuando se habla de vídeo, es necesario definir algunos conceptos como tamaño, resolución, fotogramas por segundo, aspecto, entre otras definiciones que harán más fácil el estudio de la codificación de vídeo.

Dimensiones: Es el tamaño del Vídeo (ancho x alto) expresado en píxeles cuando se visualiza al 100%, sin agrandar ni reducir. Los reproductores pueden mostrar un vídeo a pantalla completa o con una ampliación del 200%, 300%, etc.

En estos casos el vídeo pierde calidad de imagen y esta pérdida depende del formato usado.

Pixel: Un pixel es un cuadrado de una imagen digital, cuantos más pixeles tenga una imagen se visualizará ésta con mayor calidad. La resolución es lo que se conoce como pixel por pulgada.

Códec: Acrónimo de "codificación/decodificación". Un códec es un algoritmo especial que reduce el número de bytes que ocupa un archivo de vídeo. Los archivos codificados con un códec específico requieren el mismo códec para ser decodificados y reproducidos.

Velocidad de transmisión (*bitrate*): Define la cantidad de espacio físico (en bits) que ocupa un segundo de duración de ese vídeo. El vídeo tendrá más calidad cuanto mayor sea su *bitrate*, pero el archivo que lo contiene tendrá mayor peso. El *bitrate* puede ser fijo o variable. El *bitrate* variable consigue mayor calidad de imagen porque recoge más calidad en escenas muy cargadas o con mucho movimiento y ahorra en aquellas más estáticas.

Fotogramas por segundo (fps): Un vídeo resulta de la exposición de imágenes o fotogramas uno detrás de otro. Un parámetro de la calidad del vídeo es el número de fotogramas por segundo que muestra durante su reproducción. Este valor oscila entre 15 y 60.

Proporción o *ratio* de aspecto: Es la proporción entre la anchura y altura de un vídeo. Cuando se reproduce un vídeo se suele mantener por defecto esta proporción para evitar deformación de las imágenes. Por este motivo cuando se elige la visualización a pantalla completa, aparecen franjas negras arriba y abajo.

El proceso completo de transmisión de vídeo con compresión consiste en:

- Muestreo: Consiste en tomar muestras de la señal a intervalos regulares. El resultado será una serie de pulsos cortos cuyas amplitudes siguen a la

señal analógica. A este tren de pulsos modulados en amplitud por la señal analógica se le denomina señal PAM (Modulación por Amplitud de Pulsos). Este muestreo puede representarse por la multiplicación de la señal analógica por un tren de pulsos.

Una condición elemental que debe cumplirse es que: *“La mínima frecuencia a la que puede ser muestreada una señal y luego reconstruida sin perder información, es el doble de la frecuencia máxima de dicha señal”* para que la banda lateral inferior de la frecuencia de muestreo y la banda base no se superpongan. Ver Figura 1.42.

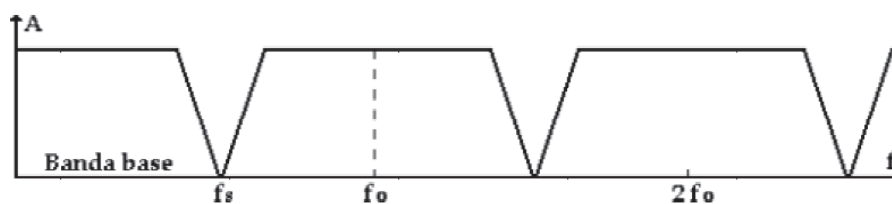


Figura 1.42 Espectro de una señal de vídeo muestreada a frecuencia f_s . [43]

Aliasing: Se denomina al solapamiento de las señales continuas haciendo que sean indistinguibles cuando se muestrean digitalmente. Ver Figura 1.43.

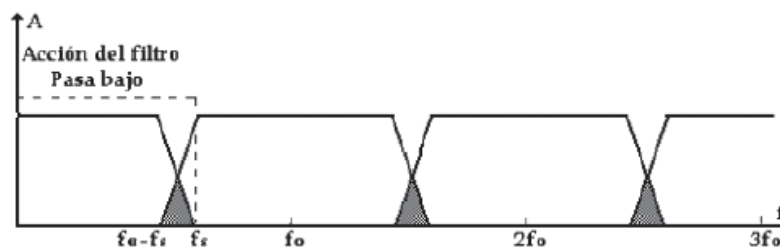


Figura 1.43 Ejemplo de *Aliasing* en una señal muestreada. [43]

La recuperación de la banda base se realiza con un filtro pasa bajo que corte todas las frecuencias superiores a $f_o/2$. De no cumplirse el teorema del muestreo de Nyquist, el filtro dejaría pasar frecuencias pertenecientes a la banda lateral inferior contaminantes de la banda base, que producirían solapamientos con las frecuencias más altas de la misma.

- Cuantificación: Proceso mediante el cual se asigna a cada muestra un valor de amplitud dentro de un margen de niveles previamente fijados. Este valor se representa por un número.

Por razones de facilidad en los cálculos, el número de niveles se hace coincidir con una potencia de dos y los impulsos de la señal PAM se redondean al valor superior o inferior según sobrepasen o no la mitad de la amplitud del nivel en que se encuentran.

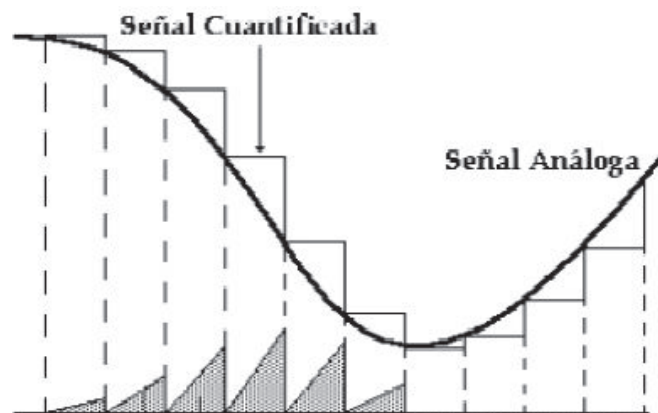


Figura 1.44 Cuantificación de una señal muestreada. ^[43]

- Codificación: Es la asignación de números a los valores cuantificados para que puedan ser transmitidos y procesados digitalmente. La codificación final de la señal de salida de un equipo depende de su aplicación.
- En general, existen dos tipos de codificaciones: La codificación de señales compuestas que consiste en digitalizar directamente las señales compuestas existentes y la codificación de componentes donde se digitalizan las tres señales Y , $K1(R-Y)$, $K2(B-Y)$ donde $K1$ y $K2$ son factores de ponderación que imponen el sistema digital.

Si no se comprime el vídeo, la capacidad de los canales de comunicación para transmitir vídeo digital debería ser sumamente grande. Por ejemplo:

- Una señal de vídeo de 720x485 a una velocidad de cuadros de 30 Hz; suponiendo una resolución de 24 bits/píxel, necesita aproximadamente 250 Mbps.
- Para grabar una película de 2 horas, se necesitaría la inmensa capacidad de 225 GBytes.
- Para poder registrar toda la información de un vídeo PAL (*Phased Alternate Line*), el sistema de vídeo más usado en Europa, constituido de 625 líneas

y de 25 cuadros por segundo) a pantalla completa (720x576) se necesita un CBR (Flujo de Datos Constante) de 32.768 Kbps.

Existen dos tipos de datos presentes en cualquier material de vídeo:

- Datos Entrópicos: Se trata de los datos nuevos y son realmente la información necesaria.
- Datos Redundantes: El resto de los datos, son datos irrelevantes debido a redundancias y pueden ser anticipados.

Existen dos tipos de Códecs:

- Sin Pérdida: Este sistema de codificación trata de enviar únicamente los datos entrópicos, pues como se ha dicho anteriormente se puede prescindir de los datos redundantes.
- Con Pérdida: Al igual que ocurre en los sistemas sin pérdida el codificador envía únicamente los datos entrópicos al decodificador; la diferencia radica en que en este sistema elimina otros datos que, si bien no son redundantes, no son tan esenciales y se puede prescindir de ellos sin alterar excesivamente la calidad del vídeo final.

Los formatos de vídeo más empleados en el campo del vídeo digital son RGB y YUV, por tanto serán estos formatos los que se describirán a continuación.

RGB: El término RGB se debe a las iniciales inglesas de los tres colores básicos para el ojo humano: *Red-Green-Blue* (Rojo-Verde-Azul), se puede intuir, por tanto, que éstos serán los tres colores que darán base a este formato, obteniéndose el resto como combinación de ellos.

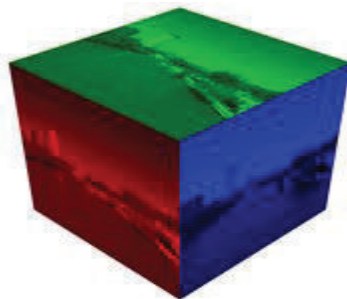


Figura 1.45 Esquema del modelo RGB. ^[46]

Con este formato se puede conseguir la máxima calidad, pero por el contrario tiene altos requerimientos tanto de memoria como de ancho de banda. Comúnmente se especifica RGB seguido de un número que indica la profundidad de color en bits.

YUV: Dados los grandes requerimientos que exige el formato RGB, surgió la idea de transformar por combinación lineal las tres componentes RGB en otras tres señales equivalentes Y, CB, CR (Y, U, V). Este conjunto de señales YUV es el punto común de todos los sistemas digitales más recientes.



Figura 1.46 Esquema del modelo YUV. ^[47]

Este formato puede ser considerado un sistema de compresión, ya que básicamente consiste en transformar la señal RGB comprimiendo el color y preservando la luminosidad (el ojo humano es más sensible a ésta última).

La técnica de reducción de color preservando la luminosidad es conocida como *subsampling* (submuestreo) y viene dada por una serie de parámetros que pueden tomar los siguientes valores:

- 4:4:4 mantiene tanto los datos relativos al color como aquellos relativos a la luminosidad
- 4:2:2 reduce la información relativa al color en un 50%.
- 4:1:1 reduce la información relativa al color en un 75%.
- 4:2:0 elimina uno de los valores de color y reduce el otro valor en la mitad. (JPG y MPEG emplean 4:1:1 y 4:2:0).

Existen tres tipos de codificación:

- Codificación espacial: La denominada compresión espacial se apoya en que la similitud de píxeles próximos en imágenes fijas tiene como resultado un envío de información irrelevante. Mediante un análisis de las frecuencias espaciales y a través de una transformada se puede aprovechar este efecto.
- Codificación temporal: Este tipo de codificación se basa en que, a menudo, las imágenes que se suceden en el tiempo son muy similares, de forma que el procesamiento individual de cada una de ellas puede resultar un tanto ineficiente. Aprovechando este aspecto, se propone tratar la diferencia que se produce entre dos imágenes consecutivas.
- Codificación bidireccional: Se basa en el hecho de que cuando un objeto superpone a otro en una imagen y el objeto oculto se va mostrando lentamente esto implica la transmisión de nueva información constantemente en el proceso de revelado del objeto. Esto lo aprovecha la codificación bidireccional que hace posible tener en cuenta imágenes previas o posteriores.

Actualmente; éstos son algunos de los códecs más importantes:

- INDEO (INtel Vídeo): Requiere un ordenador más potente que otros códecs para su visualización y compresión. Realiza compresión temporal. Se obtiene una calidad muy buena de imagen y además tanto el tiempo de codificación como el tamaño del vídeo resultante son menores.
- MPEG 1 y 2: MPEG 1 se usa en tasas de bits más bajas que MPEG 2, ya que este último está dirigido a vídeos de alta calidad (DVD, por ejemplo). En *bitrates* menores, MPEG 1 puede ofrecer mejores resultados que MPEG 2.
Se podría decir que MPEG 2 es a DVD como MPEG 1 es a CD. MPEG 2 implica calidad y MPEG 1 *bitrates* bajos.
- MPEG 4: La codificación basada en MPEG 4 realiza codificación temporal y espacial.

En la compresión temporal de MPEG 4 se utilizan 3 tipos de imágenes:

I-frames/keyframes: Son imágenes enteras, individuales, comprimidas de forma independiente del resto.

P-frame: Son imágenes deducidas de la imagen anterior o de la posterior. No se guardan por completo, porque parte de ellas se genera de otros P-frames o de imágenes clave.

B-frame: Igual que los anteriores, pero usando información de la anterior y de la sucesiva.

Posteriormente estos cuadros se intercalan en una secuencia como IBBPBBP (que proporciona una compresión mayor a costa de más tiempo para codificar que esta otra), IBPBPBP, etc.

De estos códecs, el más utilizado es MPEG 4.

Los formatos de vídeo definen la calidad del mismo, mientras más resolución tenga un vídeo, su visualización será mucho más clara. La Tabla 1.12 detalla los formatos de vídeo más comunes usados en los sistemas de telepresencia.

FORMATOS DE VÍDEO USADOS EN TELEPRESENCIA			
Formato	Nombre	Resolución	Aspecto
UHDV	Ultra Alta Definición	3840 x 2160	16:9
HD	Alta Definición	1920 x 1080 1280 x 720	16:9
SD	Definición Estándar	720 x 480	4:3
CIF	Common Intermediate Format	352 x 288	4:3
QCIF	Quarter Common Intermediate Format	176 x 144	4:3
SQCIF	Sub Quarter Common Intermediate Format	88 x 72	4:3
SXGA	Super Extended Graphics Array	1280 x 1024	4:3
XGA	Extended Graphics Array	1024 x 768	4:3
SVGA	Super Vídeo Graphics Array	800 x 600	4:3
VGA	Vídeo Graphics Array	640 x 480	4:3

Tabla 1.12 Formatos de vídeo más usados en Telepresencia.

La Tabla 1.12 muestra los formatos de vídeo más comunes que usan los sistemas de telepresencia; existen otro tipo de formatos de gama media y baja cuyo uso depende de cada casa fabricante.

La Tabla 1.13 muestra los códecs y estándares más utilizados en los sistemas de telepresencia.

CÓDECS DE VÍDEO PARA LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA				
Códec	Relación de compresión	Bit rate	Formatos	Comentarios
H.264 High Profile	530:1	128 - 512 Kbps 1 Mbps para vídeo con contenido	HD, SD, SQCIF, QCIF, CIF, 4CIF, 16CIF	Alta calidad de codificación y decodificación, aplicaciones de transmisión de vídeo en tiempo real, ancho de banda reducido
H.263++	50:1	28,8 - 768 Kbps	SQCIF, QCIF, CIF, 4CIF, 16CIF	Mejora a H.263 respecto al rendimiento de la compresión
H.263	50:1	28,8 - 768 Kbps	SQCIF, QCIF, CIF, 4CIF, 16 CIF	Primer estándar de codificación para videoconferencias.
H.261	24:1	40 Kbps - 1920 Kbps	CIF, QCIF	Primer estándar de codificación de vídeo.

Tabla 1.13 Códecs de vídeo para los Sistemas de Telepresencia.

1.4.4.8 Protocolos para compartición de Vídeo ^[48]

La telepresencia se basa en la transmisión de audio y vídeo de alta calidad, pero la diferencia con los sistemas convencionales de videoconferencia es la posibilidad de compartir contenido mientras se mantiene la videoconferencia. El contenido compartido puede ser grabaciones de audio, vídeo, fotografías, presentaciones, animaciones, etc.

H.239 es un protocolo normalizado por la UIT-T cuya utilización es la compartición de contenidos por el mismo canal de comunicación de las videoconferencias.

Este protocolo divide el ancho de banda de vídeo de una videoconferencia en dos canales de comunicación, un canal de conferencias y un canal de datos. Permite a los participantes compartir sus pantallas de ordenador o alguna otra fuente de vídeo con todos los participantes de la conferencia. En una conferencia multipunto, el canal de comunicación es visto por todos los participantes, que es administrado por la unidad de control multipunto (MCU).

Depende de los aplicativos el compartir distintos tipos de contenidos, ya que al tener dos canales de comunicación, el canal de datos se convierte en el medio perfecto para compartir cualquier tipo de datos siempre y cuando el MCU pueda reproducirlo. Este protocolo trabaja con H.323 (inicio de sesión) y H.245 (señalización).

Cuando se conecta una llamada H.323, se utiliza H.245 para establecer el conjunto de capacidades para todos los puntos terminales conectados con el MCU. Cuando el conjunto de capacidades incluye una indicación de que se admiten presentaciones bajo H.239, cualquier equipo conectado puede optar por abrir un canal de vídeo adicional.

Los equipos terminales de telepresencia generalmente se fabrican con puertos físicos adicionales de audio y vídeo para sacar el máximo provecho de H.239; el *hardware* debe proporcionar una conexión a un proyector o monitor externo de modo que ambas señales se pueden visualizar simultáneamente.

H.239 describe dos maneras de compartir contenidos, punto a punto y punto multipunto.

En la compartición punto a punto el equipo terminal es capaz de originar y recibir H.239 si está conectado a otro punto final con la misma capacidad. Si está conectado a un punto final que no acepta H.239, los intentos de iniciar la compartición de una aplicación o al compartir el escritorio simplemente fallan en silencio.

Para utilizar H.239 multipunto, la MCU debe soportar este protocolo. En primer lugar el equipo tiene que solicitar un *token* de la MCU. La MCU entonces comprobará si hay otro equipo que haya solicitado el canal de vídeo adicional. El MCU utilizará mensajes simbólicos para indicarle al terminal que puede o no hacer uso del canal de datos adicional. Cuando la MCU reconoce la petición de señal del terminal, éste puede empezar a enviar el canal de vídeo adicional.

Los terminales que no soportan H.239 no podrán mostrar a sus usuarios los contenidos compartidos, este método libera el tráfico interno generado por todas las peticiones fallidas de inicio de sesión con H.239.

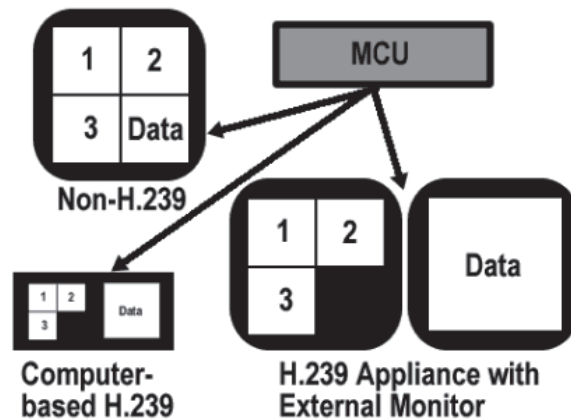


Figura 1.47 Compartición de contenidos multipunto con H.239 ^[49]

Los principales mensajes que H.239 utiliza para establecer peticiones entre equipos terminales y con la MCU son:

- *Logical Channel Active:* Indica si existe algún canal adicional activado.
- *Logical Channel Inactive:* Indica si existe algún canal adicional desactivado.
- *Presentation Token Request:* Usado por un terminal para solicitar un canal adicional.
- *Presentation Token Response:* Usado por el MCU para indicarle a un terminal la aceptación o denegación del pedido de canal adicional.
- *Presentation Token Release:* Usado por cualquier entidad para indicar la liberación de un canal.

Una característica adicional de H.239 es el control de flujo en los canales de compartición de datos.

Utiliza mensajes de control que se envían desde el MCU a los terminales para indicarles que deben liberar recursos de la red. Los mensajes que controlan el ancho de banda en los canales de compartición son:

- *Flow Control Release Request:* Solicitan al otro extremo la liberación del control de flujo y/o restricciones para permitir que un dispositivo pueda comunicarse en el canal indicado con una tasa de bits por defecto.
- *Flow Control Release Response:* Se usa si un dispositivo quiere aumentar una tasa de bits en el canal cuando tiene control de flujo.

- *Presentation Token Indicate Owner*: Este mensaje indica que un dispositivo posee el token. Este mensaje debe ser enviado periódicamente por el dispositivo que tiene el testigo, y se remitirá a las MCUs y Gateways. Este mensaje permite resincronización en caso de errores de transmisión.

1.4.4.9 Protocolos de Seguridad ^[50]

Hoy en día, la seguridad informática se ha convertido en una de los pilares más importantes de todo sistema de comunicación, desde una simple red de área local a toda una infraestructura de telecomunicaciones global.

El ocultar los datos (encriptación) y transmitirlos de manera segura por la red es tarea de los protocolos de seguridad, y los sistemas de telepresencia al ser un sistema de comunicación necesariamente debe implementarlos.

Existen muchos protocolos, normas, equipos y aplicativos que resguardan la información de sus usuarios; en el caso de los sistemas de telepresencia AES 128 bits es el que más se ha implementado en sus soluciones comerciales.

AES posee las siguientes características:

- Algoritmo de cifrado simétrico (Los sistemas asimétricos utilizan dos claves, una privada y una publica, siendo una la inversa de la otra). Ambas pueden ser usadas para encriptar y desencriptar información. Dichas claves están matemáticamente relacionadas entre sí, donde la clave pública es conocida por todos pero la clave privada sólo la conoce un individuo.
- Es un estándar.
- Es el algoritmo más utilizado en la actualidad.
- Para mayor detalle, ver Anexo B.

1.4.5 FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA

Los sistemas de telepresencia utilizan protocolos, códecs y normas estandarizadas y propietarias de cada fabricante.

Para explicar su funcionamiento, se utilizará el diagrama de red que se muestra en la Figura 1.48 que incluye dos redes distintas, cada una de ellas tendrá equipos terminales, una MCU y un *Gatekeeper*.

Elementos adicionales como *gateways*, *firewalls*, *switches* y *routers* no se consideran ya que la arquitectura de los sistemas de telepresencia son transparentes al tipo de infraestructura red, esto no implica que estos elementos no se deban utilizar en un sistema de telepresencia pero para este análisis no influyen en cuanto a la explicación del funcionamiento.

Los sistemas de telepresencia usan el protocolo H.323 ó SIP para el inicio de sesión donde se autentican todos los dispositivos registrados en el *gatekeeper*.

Cada dispositivo tiene su identificador único que los diferencia del resto de dispositivos de una misma red. Los inicios de sesión dependen del tipo de protocolo usado. Ver Figura 1.49.

Dependiendo de las políticas de acceso configuradas en el *gatekeeper*, éste puede denegar o aceptar el inicio de sesión de los equipos terminales.

Cada equipo tiene acceso a la lista de usuarios disponibles que se han registrado y autenticado exitosamente en el *gatekeeper*. Si existe una política permisiva en el *gatekeeper* (todas las terminales pueden llamarse entre sí), un usuario puede iniciar una Vídeo llamada marcando sea el número de identificador (H.323 - SIP), dirección IP o alias.

La Figura 1.50 muestra en resumen, el registro de una llamada entre dos terminales usando el protocolo de inicio de sesión mediante H.323 y el control de llamada con H.225 mediante el equipo *gatekeeper*.

El número o alias asignado a cada terminal dependerá de la configuración optada por el administrador, éste puede ser un alias (nombre), dirección IP o número de extensión (ejemplo: 234).

Este procedimiento se realiza cuando una terminal desea comunicarse con otra terminal dentro de la misma red.

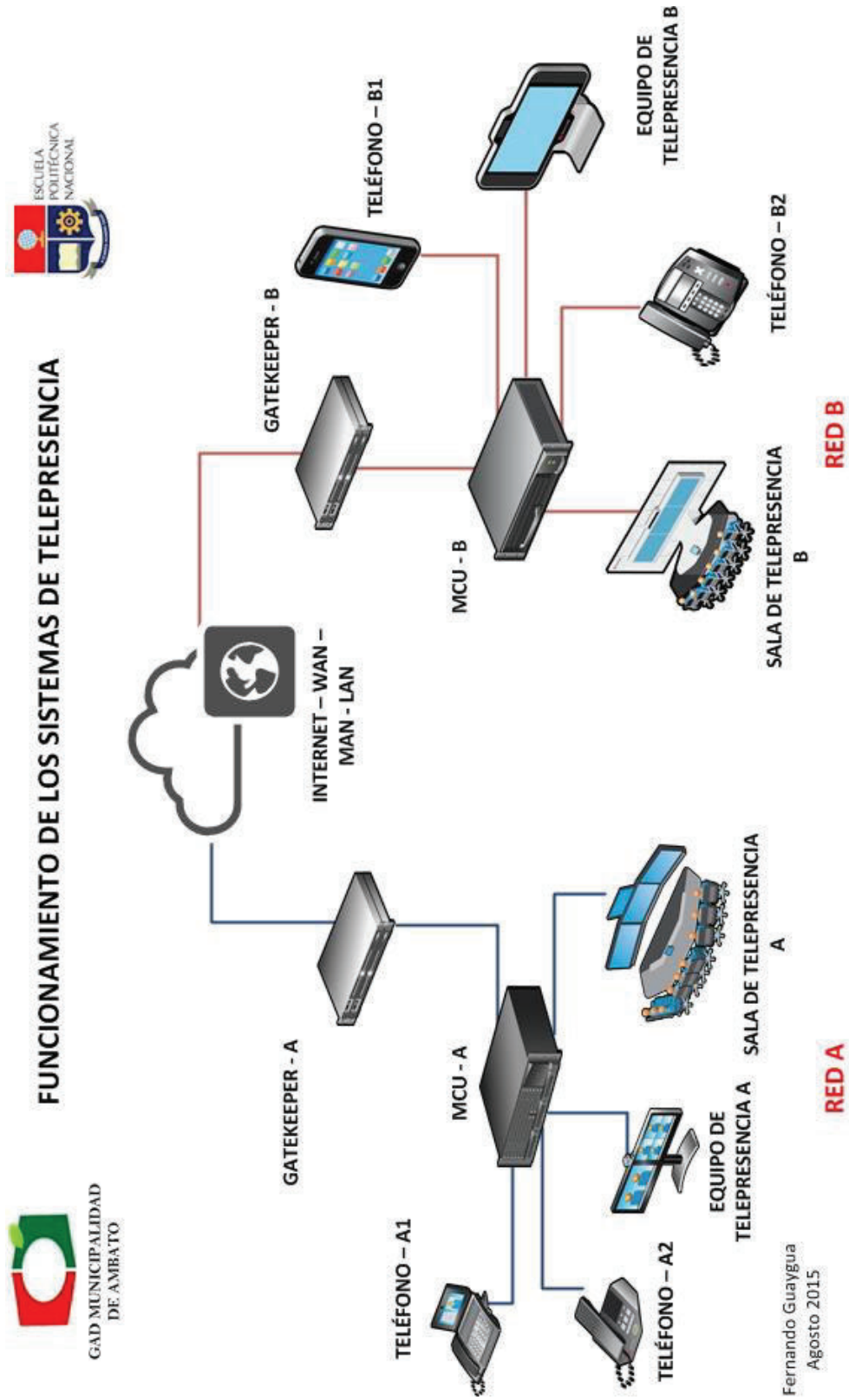


Figura 1.48 Diagrama genérico sistemas de telepresencia.

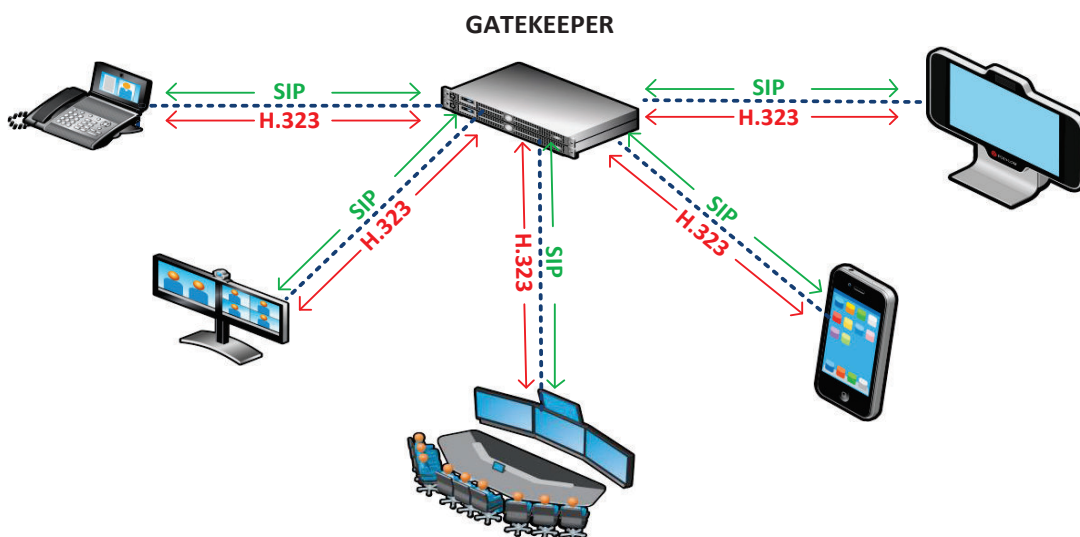


Figura 1.49 Inicio de sesión en un sistema de telepresencia.

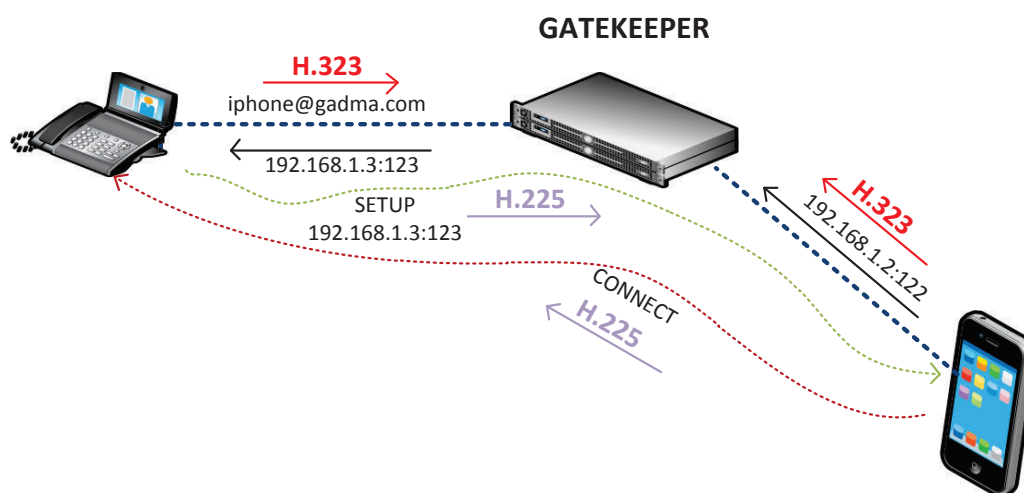


Figura 1.50 Registro de una llamada mediante H.225.

Si desean comunicarse dos terminales de diferente red, el *gatekeeper* se encarga de hacer de *gateway* (equipo de enlace) entre estas dos redes, no importa la topología de las redes o el canal de comunicación que se utilice para interconectarlas. El proceso sigue siendo el mismo, con un paso adicional el cual es el registro entre los dos *gatekeepers* para lo cual utilizan sea H.323 o SIP.

La Figura 1.51 detalla un registro de llamada entre dos redes distintas donde el *gatekeeper* de cada red registra a sus terminales usando H.323 y entre los dos *gatekeeper* que cumplen una función de *gateway* se registran entre sí usando

SIP. Los usuarios de las dos redes ya pueden establecer llamadas entre sí siempre y cuando las políticas de los *gatekeepers* se los permitan.

Es posible establecer la combinación de estos dos protocolos en una llamada, lo que hay que tomar en cuenta son las políticas de acceso y la compatibilidad de los protocolos en los equipos.

Una vez establecida la llamada, se procede la transferencia de información multimedia como voz y vídeo entre los participantes, no importa el formato o el códec de vídeo usado siempre y cuando los equipos sean compatibles con los mismos y tengan en su *hardware* la función de transcodificación en vivo, es decir, el equipo sea capaz de capturar vídeo, digitalizarlo, codificarlo, transmitirlo, respetar vídeo, decodificarlo y reproducirlo todo al mismo tiempo. Este proceso requiere de equipos robustos y por consiguiente, costosos.

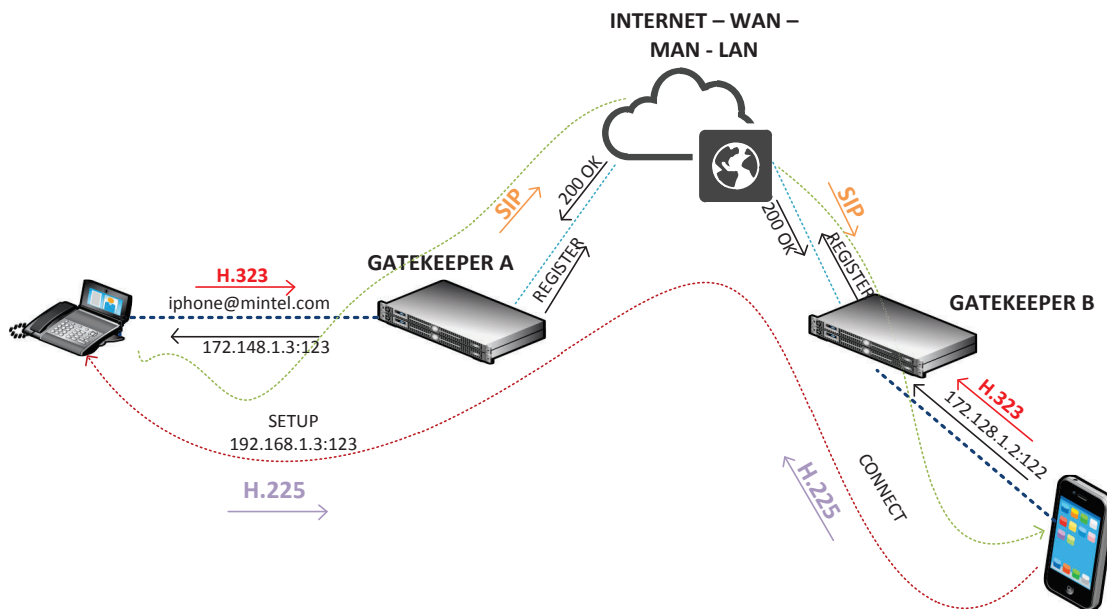


Figura 1.51 Registro de una llamada entre dos redes distintas con SIP – H.323.

En la Figura 1.52 se detalla el proceso de transmisión de datos multimedia mediante el protocolo RTP. Este proceso está controlado por RTCP para controlar el ancho de banda y la entrega de paquetes al destinatario.

Cuando una sala de telepresencia emite vídeo en alta definición y la sala receptora no es compatible con esta resolución, el decodificador de esta segunda

sala mostrará el vídeo en el formato que pueda hacerlo.

Por último se agrega la encriptación AES siempre y cuando los equipos soporten este estándar, este procedimiento se aplica en los equipos centrales y en algunos terminales (vídeoteléfonos, equipos MCU personales, por ejemplo).

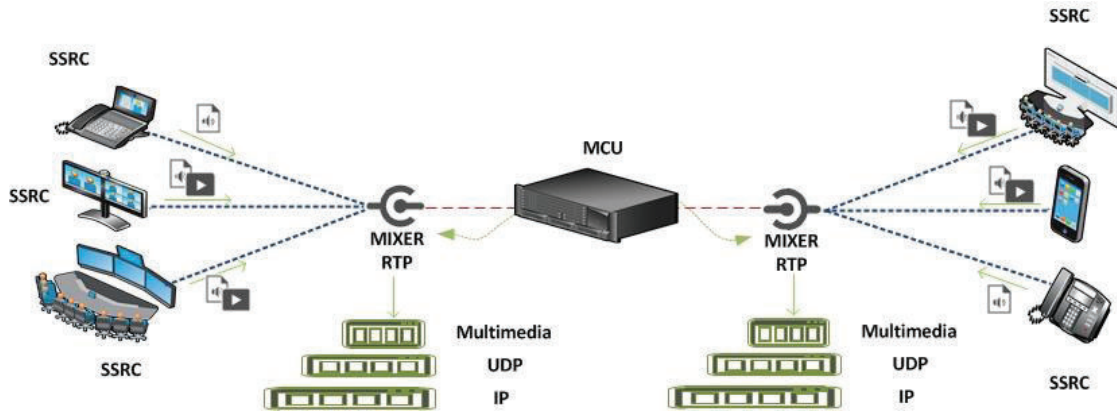


Figura 1.52 Transmisión de Datos Multimedia mediante RTP.

CAPÍTULO II

DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA

2.1 INTRODUCCIÓN

La red de fibra óptica proporcionará el desarrollo de nuevas aplicaciones que beneficiarán a toda la ciudadanía; permitirá mejorar la comunicación entre los departamentos Municipales externos más importantes que conforman el GADMA, dándoles la posibilidad de mejorar los diferentes servicios que prestan a la colectividad.

La red de Fibra Óptica que interconectará a los departamentos del GADMA será llamada “JambaRed” en memoria a los anfibios que alguna vez existieron en las orillas del Río Ambato, especie única en el mundo ya extinta como se muestra en la Figura 2.1.

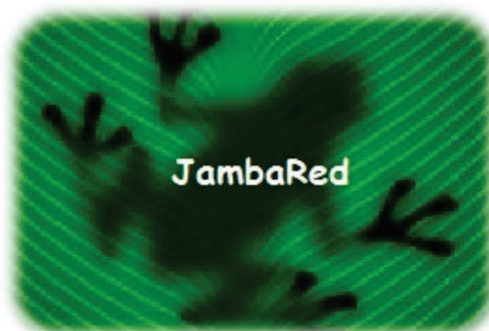


Figura 2.1 JambaRed Logotipo.

Esta red de fibra óptica tendrá puntos de interconexión con dos grandes proyectos que ya se encuentran terminados: “Sistema de Seguridad Ciudadana ECU-911 Ambato” que conjuntamente con la Red Nacional de Seguridad Ciudadana ECU-911 brindan un servicio integral de seguridad mediante el uso de 175 cámaras digitales ubicadas en 150 sitios estratégicos del Cantón Ambato; y el proyecto “Semaforización Integral Centralizada del Casco Central Urbano de la Ciudad de Ambato” cuyo servicio es el de controlar el tráfico vehicular en el casco urbano central de Ambato mediante 41 semáforos inteligentes y a través de la medición del tráfico vehicular mediante 32 cámaras especiales.

Cada entidad externa del GADMA tomada en cuenta en la JambaRed contará con un Cuarto de Telecomunicaciones Óptico⁴³; serán considerados como Nodos de interconexión algunos centros de educación secundaria asegurando el crecimiento a futuro de la red y brindando conectividad hacia el Servidor Central de Telepresencia del GADMA.

El Sistema de Telepresencia es el primer servicio digital⁴⁴ que se implementará para convertir a la Ciudad de Ambato en una Ciudad Digital⁴⁵, ente de desarrollo tecnológico que brindará la posibilidad de generar nuevas tecnologías y aplicaciones cuyo fin es el de brindar un mejor servicio a la ciudadanía.

La JambaRed es una red de fibra óptica del tipo AON ya que se utilizará equipamiento activo en cada nodo, no se contempla multiplexores⁴⁶, *splitters*⁴⁷, ni compensadores de atenuación ya que las distancias entre los diferentes nodos y departamentos externos del GADMA no sobrepasan los 2 Km.

2.2 RED ACTUAL DEL GADMA

El GADMA no cuenta con una red propia de interconexión entre todas sus dependencias externas al Edificio Matriz ubicado en el centro de la ciudad de Ambato; para la comunicación entre las entidades externas con el edificio matriz se utilizan enlaces de radio punto a punto tipo WiMAX⁴⁸, esto genera que no se cuente con enlaces de telecomunicaciones eficientes y de buenas capacidades en cuanto al ancho de banda.

El servicio de mantenimiento de esta red está a cargo de Empresas Privadas, esto disminuye el nivel de disponibilidad de la red en caso de existir problemas en

⁴³ Espacio físico utilizado exclusivamente para alojar los elementos de una red de fibra óptica.

⁴⁴ Aplicaciones informáticas que manejan datos en forma digital.

⁴⁵ Ciudad inteligente que cuenta con una infraestructura de telecomunicaciones a nivel metropolitano que presta servicios digitales con la finalidad de automatizar todos los servicios públicos que brinda un cabildo.

⁴⁶ Son circuitos combinacionales con varias entradas y una única salida de datos, están dotados de entradas de control capaces de seleccionar una, y sólo una, de las entradas de datos para permitir su transmisión desde la entrada seleccionada hacia dicha salida.

⁴⁷ Dispositivo encargado de separar un canal de fibra óptica a varios canales de fibra óptica con el fin de distribuir la señal de la misma a diferentes sitios.

⁴⁸ Es una norma de transmisión de datos que utiliza las ondas de radio en las frecuencias de 2,3 a 3,5 GHz y puede tener una cobertura de hasta 50 km.

los enlaces inalámbricos, ya que el GADMA tiene que regirse a la disponibilidad técnica de las empresas encargadas del mantenimiento preventivo y correctivo de la red

Los servidores del Cabildo se encuentran ubicados en el Edificio Matriz, cada Entidad Municipal debe conectarse con estos servidores para realizar consultas, facturaciones, revisión de documentación, descarga de archivos digitales, contrataciones públicas, envío y recepción de correos electrónicos.

La Figura 2.2 representa el diagrama unifilar en el cual se detallan las Entidades Municipales Externas, el tipo de enlace de datos utilizado, las respectivas direcciones IP de los equipos de telecomunicaciones asignados por el Departamento de Sistemas del GADMA y la ubicación de los equipos de *core*⁴⁹ de la Intranet del GADMA.

2.2.1 RED INTERNA DE LAS ENTIDADES MUNICIPALES EXTERNAS

No todas las Entidades Municipales Externas cuentan con sistemas de cableado estructurado, esto genera problemas de comunicación como lo son: colisiones de paquetes⁵⁰, congestión de la intranet, tráfico en la red externa, tiempos excesivos para acceder al Servidor del Cabildo, generando malestar entre los servidores municipales y a la ciudadanía que hace uso de los servicios que el GADMA ofrece.

En la Tabla 2.1 se resume la situación actual (en cuanto a la Red de Comunicaciones Interna) de las Entidades Municipales Externas consideradas para ser parte de la JambaRed.

El Nuevo Edificio Matriz Sur del GADMA cuenta con un Cuarto de Telecomunicaciones en cada uno de los tres pisos del Edificio, las rutas para los cables UTP Cat. 6 se guían mediante tubería PVC empotrada y cumple con todas las normas de cableado estructurado horizontal y vertical con sus debidas certificaciones.

⁴⁹ Equipo activo altamente robusto de red que maneja grandes cantidades de direcciones IP, administra la red, controla el tráfico y maneja políticas de acceso como funciones principales.

⁵⁰ Interferencia de paquetes dentro de una red.

ENTIDADES MUNICIPALES DEL GADMA				
NOMBRE	CUARTO DE TELECOMUNICACIONES		PUNTOS DE RED	
	SI	NO	DATOS	VOZ
Centro Cultural La Liria		X	5	
Cuerpo de Bomberos		X	22	
Terminal Terrestre Ambato		X	18	
Hospital Municipal		X	19	23
Edificio Matriz Centro	X		138	42
Edificio Matriz Sur	X		231	103

Tabla 2.1 Situación Actual del Sistema de Comunicaciones del GADMA.

Cabe recalcar que las Entidades Municipales Externas consideradas para el diseño de la JambaRed son:

- Centro Cultural La Liria.
- Terminal Terrestre Interprovincial Ambato.
- Empresa Municipal Cuerpo de Bomberos EP.
- Hospital Municipal “Nuestra Señora de la Merced”.
- Edificio Matriz Centro.
- Nuevo Edificio Matriz Sur.

No todas las Entidades Municipales Externas mencionadas cuentan con un departamento o encargado del área de Sistemas Informáticos con conocimientos de redes de datos que puedan brindar de alguna manera soporte técnico en el caso de existir problemas con la red de comunicaciones interna.

Las Entidades Municipales externas que cuentan con su propio departamento de Sistemas Informáticos son:

- Empresa Municipal Cuerpo de Bomberos EP.
- Hospital Municipal “Nuestra Señora de la Merced”.
- Edificio Matriz Centro y Matriz Sur.

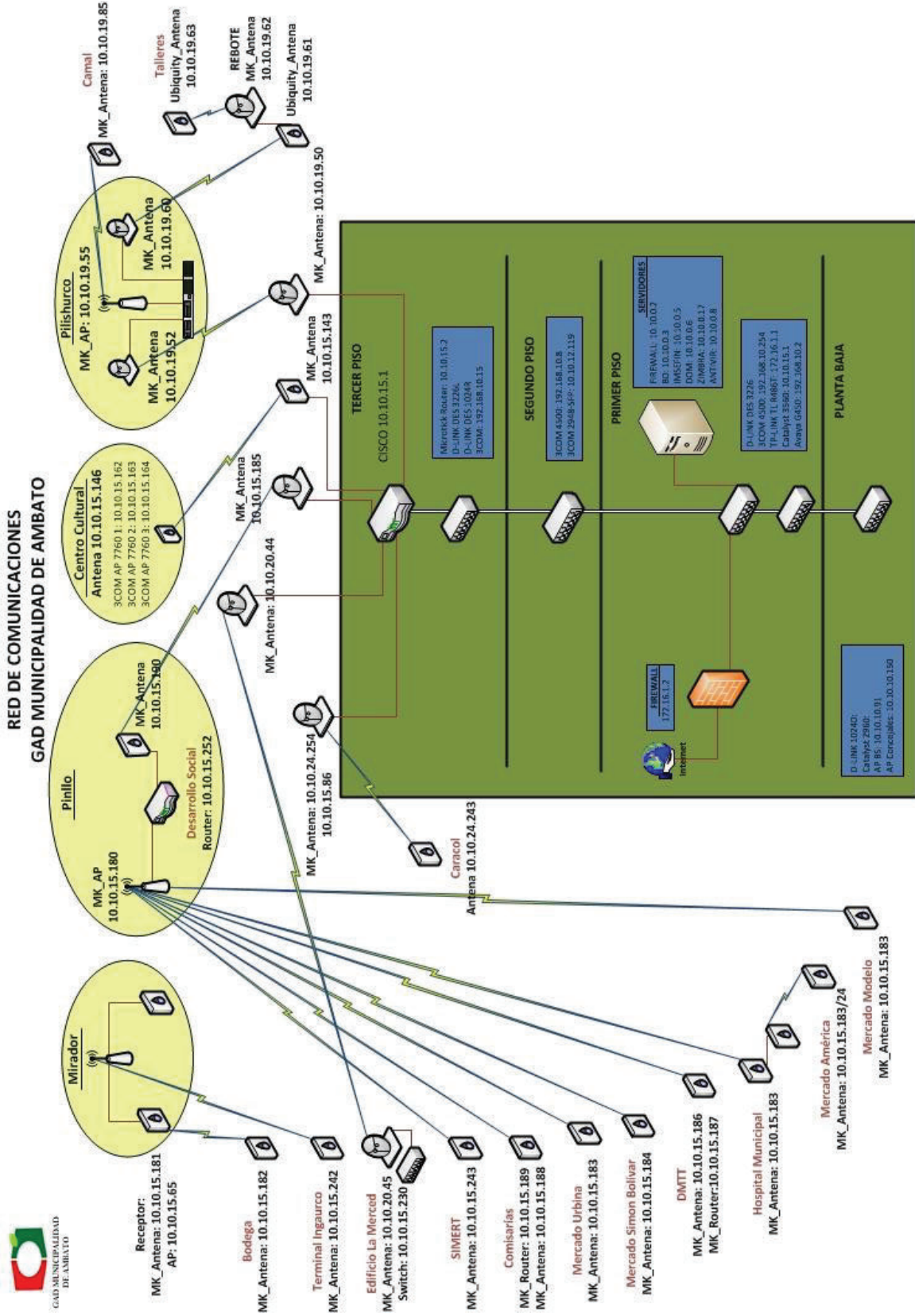


Figura 2.2 Diagrama Unifilar de la Red de Comunicaciones del GADMA.

Las Entidades Municipales Externas que no se mencionan en la lista anterior solicitan al Departamento de Sistemas Informáticos del Edificio Matriz Centro su ayuda, para solventar todos los problemas que se presenten tanto en el sistema de comunicación interno, como con los diferentes aplicativos de la Intranet que son utilizados por cada Departamento.

2.3 SISTEMA INTEGRADO DE SEGURIDAD CIUDADANA ECU911 AMBATO

El Sistema de Seguridad Ciudadana ECU-911 Ambato forma parte de la Red Nacional de Seguridad Ciudadana ECU-911 implementada por el Ministerio Coordinador de Seguridad y el Ministerio del Interior, cuyo objetivo es brindar protección a la ciudadanía integrando a todos los entes involucrados en la seguridad y protección (Bomberos, Cruz Roja, Hospitales, Policía Nacional, Defensa Civil, etc.).

Para poder brindar estos servicios de seguridad a la ciudadanía, se implementó una única línea telefónica (911) que a través de un operador brinda todas las coordinaciones necesarias para atender cualquier llamado de emergencia que se presente.

En la Ciudad de Ambato, en los meses de Mayo hasta Octubre del año 2012 se realizó un estudio que determinó los puntos más vulnerables que tiene el Cantón Ambato y en cuáles es necesaria la colocación de cámaras de seguridad que son elementos disuasivos de delincuencia. Estas cámaras de seguridad dan a los operadores de la Central de Seguridad del ECU-911 un reconocimiento visual de cada zona del Cantón Ambato, y tienen las siguientes características generales:

- Cámaras IP sin analítica de vídeo⁵¹ incorporada.
- Las cámaras PTZ tienen un ángulo de cobertura horizontal de 360° y vertical de 180°.
- Las cámaras fijas tienen un ángulo de cobertura de 80°.
- Todas las cámaras tienen un alcance máximo de 200 metros.
- Las cámaras son importadas por la Multinacional CEIEC.

⁵¹ Análisis del vídeo en tiempo real de una cámara para determinar patrones únicos.

- Tipo nocturnas y Anti-Vandálicas.
- Todas las cámaras se instalan en postes metálicos de 12 y 13 metros.
- Se usará fibra óptica para la transmisión de datos sin excepción.

Las características técnicas de las cámaras de CEIEC son:

- La calidad de vídeo es SD y la tasa de transmisión de bits es de 3 Mbps por cada cámara.
- Ninguna cámara tiene entrada de audio, pero dispone la posibilidad de añadir un micrófono externo.
- Cada cámara viene con dos unidades de control: UEC (Caja de Unidad Eléctrica) y UDC (Caja de Unidad de Datos).
- La UEC dispone de todas las conexiones eléctricas necesarias para su funcionamiento, conexión de abonado eléctrico con la EEASA, *breakers* térmicos de protección⁵², adaptadores para alimentar a las cámaras y el UPS.
- La UDC dispone de todas las conexiones de comunicación necesarias para la transmisión de datos, enlace de última milla⁵³ con fibra óptica monomodo estándar (G.652) de la CNT EP, *pigtails*⁵⁴ SC, *transceivers*⁵⁵ y los protectores de transientes⁵⁶ tanto para los *patch cords* UTP Cat. 6 y para el cable de alimentación DC de la cámara.

La ubicación de las cámaras de seguridad se encuentra georeferenciada según la norma internacional ISO/TC 211 acogida por la UIT-T e implementada como un estándar en todos los dispositivos GPS para la visualización de la ubicación georeferenciada mediante sistemas satelitales; los puntos de vigilancia considerados en el estudio de Seguridad Ciudadana ECU-911 se puede identificar con su respectiva latitud y longitud (sistema de georeferenciación en grados). En la Figura 2.3 se puede visualizar la ubicación de todas las cámaras de seguridad del ECU-911 Ambato.

⁵² Dispositivo termoeléctrico que protege a un circuito en caso de producirse sobre corrientes.

⁵³ Describe el último enlace físico que brinda un proveedor de servicios a un abonado.

⁵⁴ Cable de fibra óptica que sólo tiene en uno de sus extremos un conector para equipos de fibra óptica.

⁵⁵ Dispositivo que convierte un tipo de señal a otro tipo de señal.

⁵⁶ Dispositivo eléctrico que protege a un circuito de posibles altas corrientes instantáneas.

El GADMA utiliza la red de fibra óptica de la CNT-EP para interconectar las cámaras de seguridad del Sistema Integrado de Seguridad ECU-911 Ambato, pero a futuro mediante la JambaRed se podrá implementar una red intercantonal que brinde la conectividad a todas las 175 cámaras del Cantón Ambato.

En el mes de Septiembre del 2013 la empresa cuencana ganadora del concurso público para la implementación de postes y cámaras de seguridad cuyo representante es el Sr. Ing. Verdugo Crespo Hernán David entregó a la Ciudad de Ambato un total de 135 postes y 156 cámaras de seguridad instaladas pero únicamente 95 cámaras se encuentran funcionando, las demás cámaras no se encuentran funcionando por problemas técnicos en los enlaces de fibra óptica que hasta Septiembre del 2014 no se han solventado.

2.4 SEMAFORIZACIÓN INTEGRAL CENTRALIZADA DEL CASCO CENTRAL URBANO DE LA CIUDAD DE AMBATO

Para mejorar la circulación vehicular en la zona central de la Ciudad de Ambato, se ha implementado un sistema de semaforización digital centralizado para poder descongestionar de mejor manera los embotellamientos que muy comúnmente se dan en horas pico.

Este proyecto cubre únicamente el casco central de la Ciudad ya que es en la zona en donde existe mayor congestión vehicular.

Para lograr este objetivo, se colocaron 45 semáforos inteligentes en los puntos donde existen los mayores problemas de congestión vehicular; se cuenta con 18 cámaras que medirán el tráfico y gracias a un sistema informático se manejará toda la semaforización en base a los datos obtenidos de las cámaras de tráfico para guiar de mejor manera a todo el tránsito vehicular y así descongestionar las calles de la zona centro de Ambato.

El transporte de datos tanto de las cámaras de tráfico como de los semáforos inteligentes hacia la central de control ubicada en el Edificio Matriz Centro se lo realiza con un cable de fibra óptica G.652 de 46 hilos por medio de canalizaciones subterráneas ya instaladas y pertenecientes a la EEASA y al GADMA.

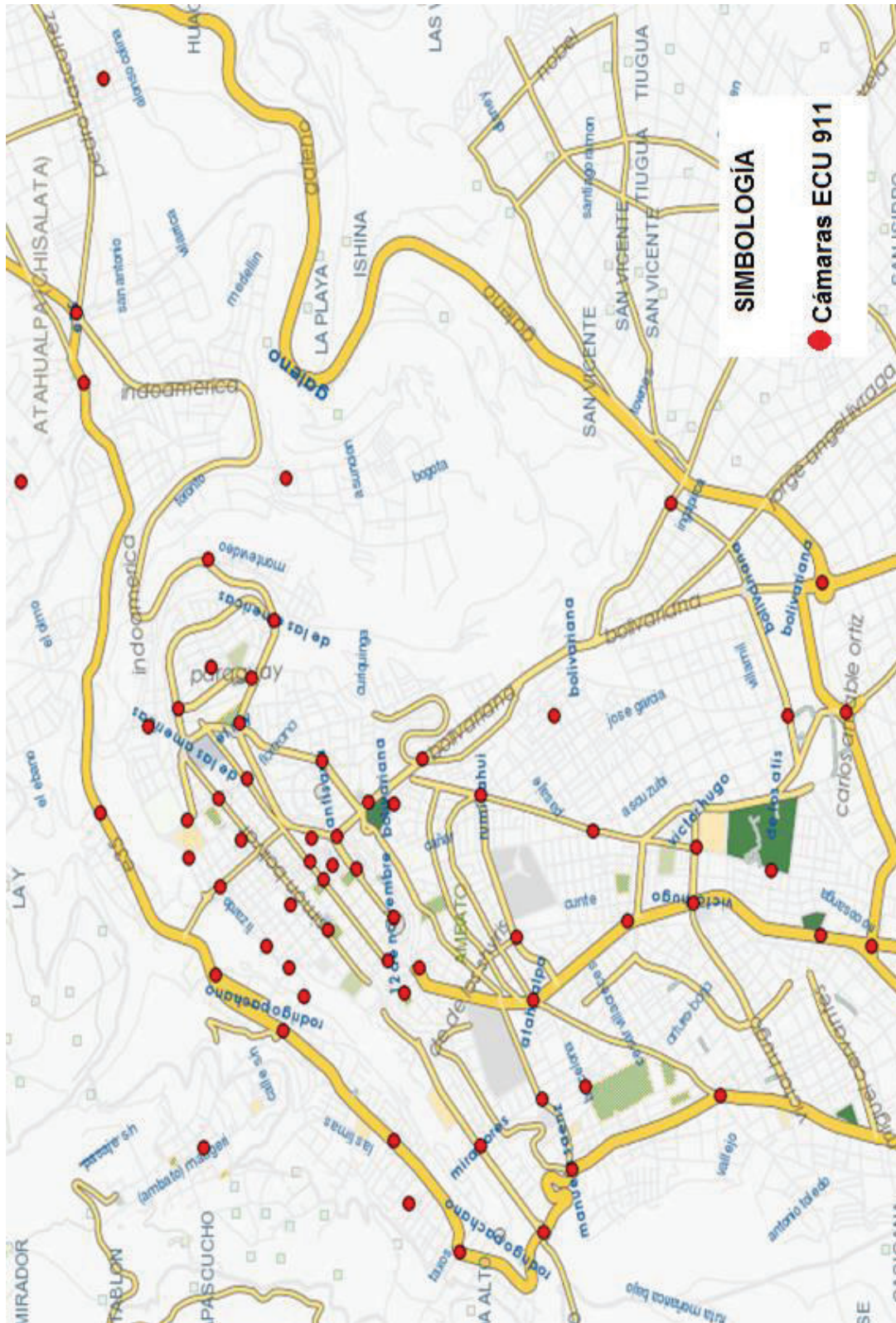


Figura 2.3 Ubicación de las Cámaras de Seguridad del ECU-911 en el Cantón Ambato.

Una vez analizados tanto el Informe Final como los Planos de Construcción entregados por la Empresa Consultora encargada de diseñar este sistema (SOCIEDAD IBÉRICA DE CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS S.A.), se llegó a varias conclusiones importantes a tomar en cuenta para el diseño de la JambaRed:

- No contempla un enlace de redundancia (*backup*).
- No tiene un enlace de fibra óptica principal (*backbone*).
- Se tienen enlaces dedicados de cada caja de control hacia el Cuarto de Control.
- No se especifica un sistema administrativo de red para los enlaces de fibra óptica.

La ubicación de los semáforos inteligentes, así como la ruta del cable de fibra óptica que los interconecta se encuentra el Anexo C.

Este proyecto se ejecutó en el año 2013 pero la semaforización inteligente no funciona como se esperaba, por lo tanto, la JambaRed no se la podrá utilizar para transportar la información de las cámaras de tráfico ni de los semáforos inteligentes, pero a futuro podrá brindar un enlace de *backup* en caso de fallas de los hilos de fibra óptica principales del sistema de semaforización.

2.5 REQUERIMIENTOS DE LAS ENTIDADES MUNICIPALES EXTERNAS

2.5.1 INTRODUCCIÓN

Las Entidades Municipales Externas consideradas en este diseño, cuentan con edificios de la propiedad del GADMA, por lo tanto, se pueden realizar trabajos de infraestructura tecnológica sin mayores inconvenientes; esto es muy importante tomarlo en cuenta ya que el diseño de la JambaRed contempla la implementación de Cuartos de Telecomunicaciones que alberguen el nuevo equipamiento activo de fibra óptica.

Para realizar una toma de datos correcta, se mantuvo reuniones con los directores departamentales, jefes de área y personal involucrado en forma directa

e indirectamente en la utilización de la JambaRed, aplicativos de la Intranet, usuarios actuales y futuros del Sistema de Telepresencia del GADMA. La Tabla 2.2 muestra únicamente los nuevos requerimientos del GADMA ya que la infraestructura existente solventa las necesidades de conectividad.

Requerimientos de las Entidades Municipales				
Entidad Municipal	Nuevos Puntos de Red			Salas de Telepresencia
	Voz	Datos	Telepresencia	
Centro Cultural La Liria	10	15	6	1
Cuerpo de Bomberos	8	12	6	1
Terminal Terrestre Ambato	12	15	6	1
Hospital Municipal	10	12	6	1
Edificio Matriz Centro	8	12	6	1
Edificio Matriz Sur	2	4	17	1

Tabla 2.2 Requerimientos de las Entidades Municipales del GADMA.

En este diseño se contemplará únicamente la Interconexión para el Sistema de Telepresencia de las Entidades Municipales detalladas anteriormente, pero el diseño soportará a futuro la expansión de la JambaRed desde estos puntos ya que la población y sus requerimientos de nuevos servicios cada día aumentan; de esta manera la red podrá servir a todo el Cantón Ambato sin necesidad de realizar un nuevo diseño de la misma.

2.5.2 ANÁLISIS DE LAS NORMATIVAS Y ORDENANZAS MUNICIPALES DEL GADMA ^[51]

La Ciudad de Ambato se caracteriza por ser la primera ciudad del país en utilizar canalizaciones subterráneas para guiar el cableado utilizado por la EEASA, CNT-EP y empresas privadas de telecomunicaciones para llegar a los usuarios finales; esta canalización existe únicamente en las calles de la zona centro de la Ciudad.

La normativa del GADMA que regulariza la implementación de rutas de cables en las veredas, espacios públicos, parques, fachadas de domicilios y cruces de vía es la llamada “Normativa de la Utilización de Suelo” aprobada por el Cabildo local en el año 2012 y se encuentra en plena vigencia.

En resumen, esta norma dicta lo siguiente:

- Se prohíbe el cruce de cables aéreos en la Av. Cevallos y en la Av. Gral. Bolívar ya que impiden la libre circulación de carros alegóricos importante atractivo turístico de Ambato.
- Se prohíbe el cruce o sujeción de cables aéreos en parques, edificios y espacios públicos.
- Se puede utilizar las fachadas de los domicilios para la sujeción de los cables aéreos siempre y cuando no dañe la estética o el dueño del inmueble impida la colocación de los mismos con su debida justificación.
- En edificios considerados como patrimonio cultural, arquitectónico o arqueológico se prohíbe utilizar las fachadas de estos edificios para la sujeción de cables aéreos.
- Se prohíbe realizar trabajos de canalización subterránea sin la autorización del GADMA y de las empresas que puedan resultar perjudicadas por los trabajos a ejecutarse.

En ninguna otra norma, reglamento u ordenanza Municipal aprobada por el GADMA se estipula la utilización de la calzada y/o veredas para el enrutamiento de cables aéreos o subterráneos, por lo que para el diseño de la JambaRed se tomara en cuenta la normativa mencionada.

En la Figura 2.4 se puede visualizar la zona de soterramiento de la Ciudad de Ambato donde existe canalización subterránea.

La canalización subterránea que es propiedad de la EEASA se la puede utilizar siempre y cuando exista el acuerdo entre esta Institución y el GADMA.

En la Avenida General Simón Bolívar existe canalización subterránea instalada por el Departamento de Obras Públicas del GADMA, así que en este tramo de la ciudad se podría tomar en cuenta esta ruta para el diseño de la JambaRed.



Figura 2.4 Zona de soterramiento de la Ciudad de Ambato. [52]

2.6 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA

2.6.1 COMPARATIVA ENTRE LAS RECOMENDACIONES G.652 Y G.655

El estándar para fibras monomodo denominado UIT-T G-655 es una norma que optimiza el canal de comunicación para operar en la banda de 1550 nm moviendo la longitud de onda de dispersión cero fuera de esta ventana de operación, lo que se le considera como fibra de dispersión monocromática desplazada no nula (NZDSF). En la práctica se logra un efecto de tener una pequeña cantidad de dispersión cromática en 1550 nm; lo cual permite eliminar los efectos no lineales y la operación de equipos sin necesidad de emplear dispositivos compensadores de dispersión a diferencia de la fibra monomodo estándar (G.652).

G.652 está optimizada para trabajar en la segunda ventana de 1310 nm donde presente muy baja dispersión ($0,092 \text{ ps/nm}^2 \text{ por Km}$); pero al usar la tercera ventana de transmisión de 1550 nm la dispersión es bastante elevada con

respecto a la segunda ventana, pero G.652 puede eliminar esta dispersión utilizando elementos compensadores en los equipos activos de conmutación, lo que la hace muy apta para trabajar con DWDM.

G.655 tiene algunas ventajas con respecto a G.652:

- Mayor longitud de onda de corte.
- Menor atenuación por kilómetro.
- Se adapta mejor a los sistemas de transmisión DWDM.
- Mayor ancho de banda.
- No usa equipos compensadores de dispersión.

A pesar de las grandes ventajas que tiene G.655 sobre G.652, el costo de este tipo de fibra óptica es más elevado por su complejidad en su construcción, se requieren fusionadoras especiales por las diferencias de diámetro de campo modal del núcleo, pero resulta adecuada para transmisiones a altas velocidades como para la JambaRed.

Tomando en cuenta que los enlaces de la JambaRed no superan los 2 kilómetros de distancia entre los diferentes Nodos, dando una gran ventaja para que las señales ópticas a transmitirse puedan regenerarse, corregir sus errores y retransmitirse. El usar la fibra G.655 no tendría mayor ventaja ya que los enlaces del *backbone* poseen tres o máximo cinco curvaturas en cada ruta de su trazado; su diseño es concebido como cable principal y no como una red de acceso comercial, recorre las principales avenidas de la Ciudad llegando a los polos de crecimiento.

Por lo tanto, para la JambaRed no existe mayores ventajas el usar la fibra óptica G.655 con respecto a la fibra óptica monomodo estándar (G.652) la misma que será utilizada para la JambaRed.

Una vez justificado el uso de la fibra G.652 para la JambaRed, existen adendums dentro de esta recomendación como G.652.A, G.652.B, G.652.C y G.652.D donde la G.652.C y G.652.D, son de mayor capacidad de transmisión respecto a la G.652.A y G.652.B por el aumento de ancho de banda ya que aprovechan la

región donde se encontraba el pico de atenuación presentada en la longitud de onda de 1310 nm causada por los iones hidroxilos (OH⁻).

G.652.B y G.652.D tienen la capacidad de alcanzar distancias superiores sin necesidad de regeneración de la señal óptica respecto a G.652.A y G.652.C debido a que tienen menor atenuación por modo de propagación ($0,20 \text{ ps}/\sqrt{\text{Km}}$).

Finalmente, la G.652.D tiene la capacidad de transmitir hasta 3000 Km a una velocidad de hasta 10 Gbps y de 80 Km a una velocidad de hasta 40 Gbps sin necesidad de regeneración, incluso pudiendo mejorar las velocidades de transmisión usando equipos compensadores de dispersión, además que en la actualidad todos los equipos de transmisión están optimizados y adaptados para usar este tipo de fibra.

Por lo cual, para la JambaRed la mejor fibra óptica para el *backbone* es la G.652.D.

2.6.2 CAPACIDAD DEL *BACKBONE* DE FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es un canal físico de telecomunicaciones que tiene la particularidad de tener un gran ancho de banda, por lo que realizar un análisis de tráfico sería en vano.

Para realizar el correcto dimensionamiento del cable *backbone* de Fibra óptica de la JambaRed se tomarán en cuenta los siguientes criterios:

- A futuro será el canal de comunicación que interconecte a todas las 175 cámaras del ECU-911 Ambato.
- Brindará el transporte de información entre las Entidades Municipales mencionadas anteriormente.
- Pueda facilitar la interconexión entre la Central de Monitoreo ECU-911 Ambato y la sala de comunicaciones del GADMA.
- Sea el canal físico idóneo para implementar a futuro servicios informáticos que conviertan a Ambato en una Ciudad Digital.
- Brinde un enlace de *Backup* para la Semaforización Integral Centralizada del Casco Central Urbano de la Ciudad de Ambato.

- Se cuente con hilos oscuros para que a través de arrendamientos de hilos de fibra óptica el GADMA sea posible recuperar la inversión.

Tomando en cuenta estos criterios, el dimensionamiento de la capacidad del cable de fibra óptica estaría distribuido de la siguiente manera:

- 16 hilos para el ECU-911 Ambato.
- 16 hilos para Ambato Ciudad Digital.
- 16 hilos para la interconexión entre Entidades Municipales.
- 10 hilos para la Semaforización Centralizada.
- 24 hilos oscuros.

Se necesitaría un total de 82 hilos de fibra óptica para satisfacer las necesidades actuales y futuras del GADMA. Hay que tomar en cuenta que en esta distribución del *backbone* de fibra óptica se ha considerado tanto los hilos principales como los hilos de *backup* en el caso que se los necesite para un reemplazo, mantenimiento o pruebas de los hilos principales.

Los fabricantes de cables de fibra óptica optan por seguir las normas de estandarización que regulan la fabricación no solo de fibra óptica, sino de todos los elementos que intervienen en una red de comunicaciones.

El número de hilos de fibra óptica que vienen en un cable de fibra óptica está estandarizado, se lo muestra en la Tabla 2.3.

Número de Hilos de Fibra Óptica		
2	4	6
12	16	20
24	30	36
48	64	72
96	128	144
192	256	

Tabla 2.3 Número de hilos de fibra óptica en un Cable.

El cable más cercano a nuestro requerimiento es el de 96 hilos, los hilos extras servirán para realizar mantenimientos, pruebas o reemplazos de los hilos que lleguen a tener algún tipo de problema a futuro.

2.6.3 TIPO DE TENDIDO PARA EL *BACKBONE* DE FIBRA ÓPTICA

Antes de elegir el tipo de cable a utilizar en este diseño, habrá que referirse primero al tipo de instalación que se puede implementar en el Cantón Ambato.

Tras el análisis anterior de las Ordenanzas Municipales y la inexistencia de postería en el casco urbano de Ambato es imposible realizar un tendido aéreo.

Tras una inspección visual de algunas intersecciones y pozos de revisión en las Avenidas: Cevallos, 12 de Noviembre, Unidad Nacional y en algunas calles importantes como: Primera Imprenta, Tomás Sevilla, Castillo, Montalvo, Quito y Guayaquil se observó que la canalización subterránea se encuentra totalmente ocupada; en algunos tramos aún hay tuberías sin cables pero estas mismo no superan dos o tres cuadras de longitud (300 metros aproximadamente). En conclusión las canalizaciones subterráneas se encuentran en su mayoría ocupadas y el costo por arrendar las mismas no se encuentra contemplado por parte del GADMA. Por lo tanto este tipo de tendido tampoco sería ni económica ni técnicamente viable; sin embargo, la Municipalidad cuenta con ductería propia en la Avenida Simón Bolívar.

La solución más viable sería la utilización de la tecnología de canalización conocida como “microzanjado”, excepto en las rutas de fibra óptica que atraviesen a lo largo de la Av. Simón Bolívar en la que se utilizará las tuberías subterráneas.

2.6.3.1 Microzanjado

Las nuevas instalaciones de medios de transmisión como la fibra óptica necesitan colocar conductos de muy reducido tamaño en zonas urbanizadas, por lo cual el coste por metro de instalación se convierte en un factor crítico para la recuperación de la inversión.

Algunos fabricantes empezaron a diseñar nuevas técnicas de instalación que sean rápidas y económicas, mediante nuevos equipos que reducían al mínimo el impacto visual, ambiental y estructural del lugar a instalar los canales de comunicación ópticos.



Figura 2.5 Equipo de zanjadora con aspirador. [53]



Figura 2.6 Calidad del corte de la microzanja y detalle del mismo. [53]

La técnica de instalación conocida como microzanjado consiste en abrir una pequeña zanja (de 10 a 15 mm de ancho, ver figura 2.6) en la calzada para enterrar el cable de fibra óptica directamente o colocarlo en tuberías llamadas microductos.

La mejor opción para realizar una nueva instalación es por encima de las actualmente existentes, lo que lleva a profundidades no superiores a los 300 - 500 mm para la ejecución de la zanja de alojamiento del nuevo cable de instalación.

La mayoría de los servicios básicos se ubican en la acera, lo que hace que para minimizar las interferencias de la nueva instalación con las ya existentes, la opción más evidente sea ubicarlas en la calzada.

El impacto visual se reduce drásticamente ya que el sellado de la zanja se lo realiza con el mismo material de la calzada.



Figura 2.7 Instalación terminada.^[53]

La gran ventaja del microzanjado es que no interfiere en el normal funcionamiento del tráfico, entradas o salidas de garajes o accesos a fábricas o inmuebles.

Existen diferentes equipos adaptados para la realización de microzanjas en entornos urbanos, los equipos que se recomiendan son los de aspiración, que se utilizan para recoger los escombros, haciendo un trabajo que combina una cortadora y una barredora, optimizando los tiempos de ejecución de la obra.

Se utiliza en zonas sensibles (centros urbanos) donde este tipo de maquinaria realiza una extracción directa por aspiración y así se minimiza la afección a los usuarios.

La aparición de nuevos productos y servicios vinculados a la disponibilidad de conexiones de telecomunicación de alta capacidad hace que el mercado de la instalación de sistemas en fibra óptica busquen soluciones rápidas, baratas y efectivas en cuanto a ejecución de obras civiles.

Si se cuenta con equipos capaces y resistentes se pueden ejecutar entre 250 y 500 metros diarios de instalación que incluye, apertura de zanja, colocación de conductos, hormigonado y retirada de material incluido, de tal manera que la alta productividad de los equipos permita la ejecución rentable de estas unidades de obra a precios cómodos para los contratistas.

Ventajas del Microzanjado:

- Menor tiempo de ejecución del tendido de fibra óptica.

- Mínima obra civil implicada.
- Reducido impacto visual en los ciudadanos.
- Impacto ambiental y económico despreciables.
- Mayor seguridad física del cable de fibra óptica.
- Cumplimiento fiel de ordenanzas Municipales.

Desventajas del Microzanjado:

- Imposible revisión o cambio posterior en la ruta del cable de fibra óptica.
- Fibra óptica susceptible a cortes accidentales por obras civiles posteriores.
- Vulnerabilidad a daños por desastres naturales.
- No se puede reemplazar el cable de fibra óptica si no se lo coloca en ductos.

2.6.3.2 Microductos

Para disminuir las desventajas que presenta el microzanjado, se ha planteado una solución más técnica utilizando pequeños ductos plásticos especiales para zanjas llamados por algunos fabricantes “microductos”.

En la Figura 2.8 se puede apreciar un microducto para tres cables de fibra óptica comercializado por LiteAccess Technologies Inc., depende del fabricante el modelo del microducto, la capacidad y el material del mismo.

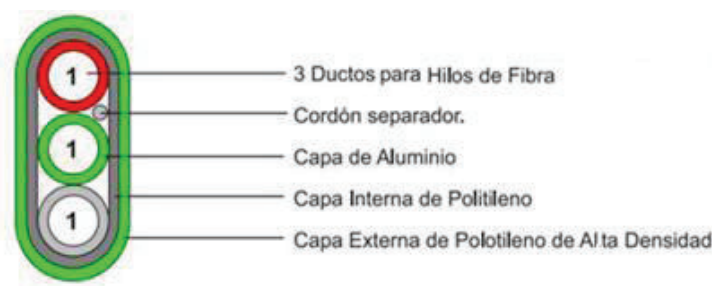


Figura 2.8 Microducto 3/36 de LiteAccess. ^[54]

Generalmente son fabricados en polietileno, ya que es un material inerte y muy estable; siempre y cuando no sea expuesto a químicos o luz ultravioleta, está diseñado para mantener su buena condición por mucho tiempo. Se estima que estos ductos cuando son enterrados pueden permanecer en buena condición por 50, 70 o hasta 100 años.

Los microductos son sellados contra aire y agua, se puede aumentar fibra óptica cuando sea necesario, no necesita empalmes al reparar y es apta para cualquier tipo de fibra óptica.

Algunas empresas fabricantes plantean soluciones muy diversas como lo son:

- Cajas de Distribución: Encargadas de distribuir por distintas rutas el *Backbone* de fibra óptica, se utiliza como punto de distribución de los hilos de fibra óptica.



Figura 2.9 Cajas de Distribución para microductería. ^[55]

- Pozos de Revisión y/o Paso: Protegen de elementos externos (agua, basura, rayos UV, etc.); generalmente son con tapas metálicas, pero para microductería las dimensiones de estas cajas no pueden superar los 80 x 80 cm de dimensión.



Figura 2.10 Pozo de revisión para microductería. ^[55]

La mayoría de fabricantes plantean la utilización del tendido por soplado para la colocación de la fibra óptica. En la Figura 2.11 se puede apreciar de mejor manera los microductos colocados en una zanja elaborada por maquinaria especialista.



Figura 2.11 Microducto Multitubería. [56]

Ventajas de la utilización de microductos:

- Protección del cable de fibra óptica.
- Escalabilidad de la red al poder instalar a futuro una mayor cantidad de cables por la misma ruta creada.
- Posibilidad de reemplazo parcial, por tramos o incluso total del cable óptico.

Prácticamente no se tiene ninguna desventaja ya que el costo de estos microductos no es elevado y no se requiere de personal especialista en la instalación del mismo.

Gracias a todas las ventajas que presenta el utilizar microductos, se los utilizará para el tendido de fibra óptica de toda la infraestructura física de la JambaRed.

En conclusión se tiene que:

- El cable de fibra óptica más idóneo para este proyecto es el de 96 hilos.
- Se utilizará la técnica de microzanjado para el tendido de fibra óptica.
- Para la seguridad física del cable y la escalabilidad de la red se colocarán microductos en todo el tendido de fibra óptica.
- Pozos de revisión cada 200 metros.
- Colocación de cajas de distribución en los puntos donde se prevea expandir la JambaRed.

En el Anexo D se detalla el plano de construcción para el microzanjado en la calzada.

2.6.4 RECOMENDACIONES DE LA UIT-T PARA MICROZANJAS ^[57]

La recomendación para la regulación de estos tipos de instalación fue aprobada en el año 2004 y se denominó UIT-T L.49 la cual sigue en plena vigencia.

Esta recomendación describe la técnica denominada de microzanjas, que permite instalar cables subterráneos en pequeñas ranuras a una profundidad reducida.

Las ventajas de esta técnica con relación a las tecnologías convencionales de tendido de cables es su mayor velocidad de ejecución, bajo costo, repercusión ambiental significativamente baja y una interrupción limitada del tráfico en las calles a ejecutarse, y como consecuencia, la obtención de los permisos para trabajar en zonas públicas es mucho más rápido.

2.6.4.1 Resumen de la Recomendación UIT-T L.49

Las rutas a utilizar deben planificarse adecuadamente para aumentar la vida útil del cable de fibra óptica, evitar daños por reparaciones en las calzadas o intervenciones de otras empresas de servicios públicos y/o privados.

Se recomienda una profundidad de la zanja con respecto al asfalto de 7 cm tomando en cuenta que el asfalto se puede quebrar especialmente cuando no existen veredas en las calles. En casos que las calles no cuenten con veredas la zanja deberá realizarse a una distancia de un metro del borde de la calle.

El ancho de la ranura puede variar, pero generalmente es de 10 a 15 mm y dependerá también del diámetro del cable que se va a utilizar.

El cable de fibra óptica debe cumplir estrictamente con los requisitos de resistencia a la presión vehicular, especialmente su resistencia a la temperatura, ya que las zanjas se sellan con asfalto caliente. La temperatura del asfalto durante la operación de sellado puede variar entre 100° C y 170° C.

Es preferible que las fibras ópticas se introduzcan en un tubo metálico revestido de una cubierta de polietileno (PE), o tubería apropiada para canalizar los cables.

Se debe determinar los sitios para los empalmes y las terminaciones de las diferentes rutas.

Se recomienda el estudio del tipo de suelo para poder determinar de mejor manera la maquinaria más adecuada para los cortes en el asfalto, el tipo de asfalto de relleno a usar y los costos de operación implicados en la instalación.

La microzanja se lleva a cabo utilizando una máquina especializada para cortar el asfalto. Existen maquinarias especializadas en microzanjado. La ruta no debería tener cambios bruscos de dirección.

Los cambios de dirección se efectuarán mediante cortes en ángulo como se muestra en la Figura 2.12, tomando en cuenta los ángulos de curvatura recomendados en las especificaciones del fabricante del cable de fibra óptica.

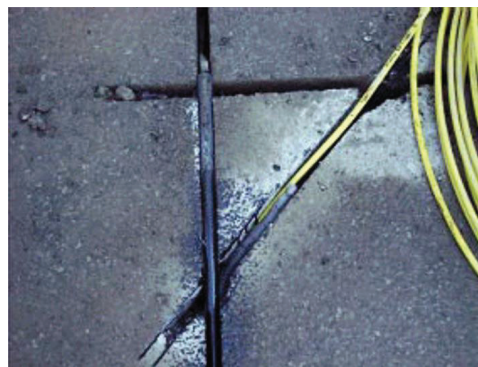


Figura 2.12 Cambio de dirección del cable. Recomendación UIT-T L.49. ^[57]

Una vez terminada la zanja, se debe limpiar los escombros con agua a presión, secar con aire comprimido o con aire caliente.

El cable se puede instalar manualmente en la microzanja, depositándolo en el fondo de la ranura gradualmente desde el carrete y con la ayuda de la carretilla del mismo.

Para que no se mueva el cable ya enterrado se debe instalar sobre el mismo una tira de retención ensanchada (de polietileno PE por ejemplo). La tira de retención se debe cubrir con materiales de relleno que puedan repeler el agua (por ejemplo una tira de hule) cuya dimensión sea mayor que la sección transversal de la zanja.

Para cerrar la zanja se debe utilizar asfalto líquido caliente. Para garantizar un sellado efectivo se debe aplicar un agente líquido (base) para que se adhiera el asfalto caliente al asfalto de la calzada.

Se deben utilizar cajas de empalme apropiadas para unir o derivar las trayectorias del cable. Estos accesorios se instalan al nivel de la superficie de la calzada y dispondrán de una cubierta muy resistente capaz de soportar el paso de vehículos.

Para instalar estas cajas, se debe cortar la calzada según las medidas de las cajas. Generalmente en estas cajas se debe dejar una holgura en el cable para futuros mantenimientos del mismo.

Las cajas deben garantizar la hermeticidad al aire y al agua.

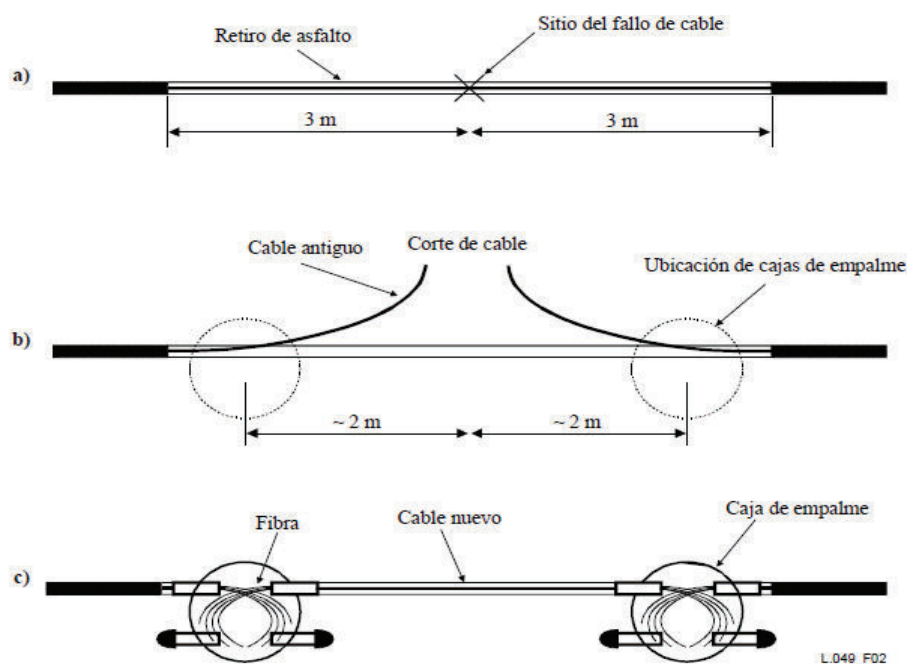


Figura 2.13 Instalación de cajas de empalme. Recomendación UIT-T L.49. ^[57]

En la Figura 2.13 se detalla la ubicación de dos cajas de empalme luego de un mantenimiento correctivo por ruptura del cable de fibra óptica, dicho detalle se puede emplear para la colocación de cajas de empalme y derivaciones (mangas).

Una vez terminada la instalación, se debe anexar toda la información normalmente requerida (rutas de cables, tipo de instalación, instalaciones en carreteras, veredas, etc.; se incluirá la documentación en planos de los cables instalados utilizando la técnica de microzanjas indicando la profundidad de referencia con relación a puntos de referencia conocidos.

2.6.5 TIPO DE CABLE PARA EL *BACKBONE* DE FIBRA ÓPTICA

Es muy común encontrar en el mercado los siguientes tipos de cables de fibra óptica de estructura holgada para instalaciones en exteriores:

- Cable monotubo con armadura de fibra de vidrio. Apto para distribución desde redes troncales. Protección anti roedores.



Figura 2.14 Cable Monotubo con armadura de Fibra de vidrio. ^[58]

- Cable monotubo con armadura de aramida. Apto para distribución desde redes troncales. Alta resistencia a la tracción.

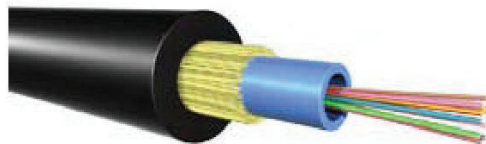


Figura 2.15 Cable Monotubo con armadura de aramida. ^[58]

- Cable monotubo con armadura de acero corrugado. Apto para distribución desde redes troncales. Protección anti roedores.



Figura 2.16 Cable Monotubo con armadura de acero corrugado. ^[58]

- Cable Multitubo exterior/interior con elemento central sin armadura. Apto para distribución desde redes troncales. Totalmente dieléctrico.



Figura 2.17 Cable Multitubo sin armadura. ^[58]

- Cable Multitubo exterior/interior con armadura de hilaturas de fibra de vidrio. Alta protección contra roedores. Totalmente dieléctrico.



Figura 2.18 Cable Multitubo con armadura de hilaturas de fibra de vidrio. ^[58]

- Cable Multitubo exterior/interior con armadura de aramida. Recomendado para tendidos por soplado. Apto para tendidos aéreos de hasta 50 m.

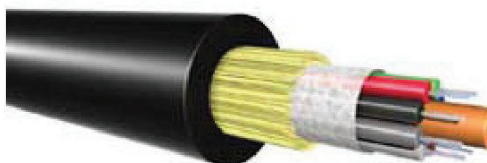


Figura 2.19 Cable Multitubo con armadura de aramida. ^[58]

- Cable Multitubo exterior/interior armado con acero corrugado. Apropiado para medios agresivos. Apto para enterrar directamente.

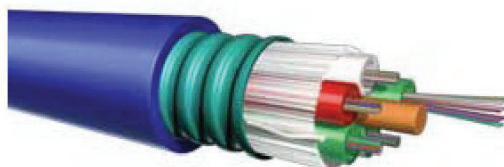


Figura 2.20 Cable Multitubo con armadura de acero corrugado. ^[58]

- Cable exterior especial para tendido aéreo. Sirga de acero portadora del cable. Apto para tendidos aéreos de hasta 150 m.

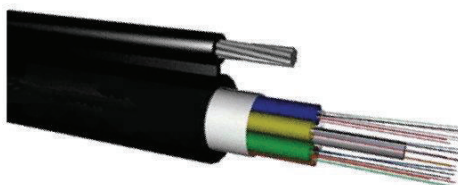


Figura 2.21 Cable especial con guía de acero. ^[58]

Existen cables de fibra óptica de estructura ajustada para interiores/exteriores:

- Cordón monofibra o *Patch Cord*. Apropiado para la elaboración de *pigtails* y conexiones directas.



Figura 2.22 Cable monofibra de estructura apretada. ^[58]

- Cordón bifibra o *Zipcord*. Apropiado para la elaboración de *pigtails* y conexiones directas.

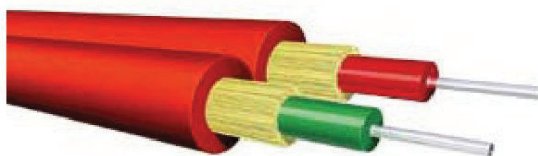


Figura 2.23 Cable bifibra de estructura apretada. ^[58]

- Cordón bifibra/Flat. Apropiado para la elaboración de *pigtails* y conexiones directas.

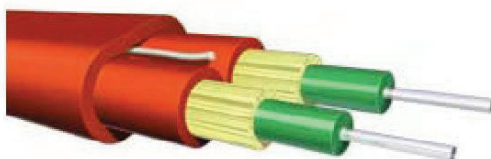


Figura 2.24 Cable bifibra encapsulado de estructura apretada. ^[58]

- Cable de Distribución con protección y armadura global para todas las fibras. Uso habitual en instalaciones interiores o edificios.



Figura 2.25 Cable de distribución con armadura de estructura apretada.^[58]

- Cable tipo *Breakout* con protección y armadura individual de cada fibra (Subcable). Uso habitual en instalaciones interiores o edificios.

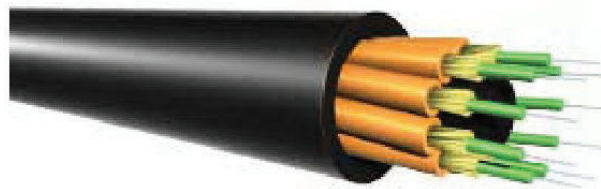


Figura 2.26 Cable de distribución con armadura individual de estructura apretada.^[58]

Pero no solo existen estos tipos de cables de fibra óptica para exterior, los fabricantes añaden modificaciones particulares a sus productos con el fin de abarcar la mayor cantidad de variedad de soluciones y tener una mayor presencia y preferencia en el mercado. Para el estudio a desarrollar se considerará únicamente los tipos de cables de fibra óptica detallados anteriormente por ser los más utilizados y conocidos tanto por proveedores, instaladores y diseñadores.

Para realizar una buena elección del tipo de cable que se utilizará para el tendido de fibra óptica se debe recordar que:

- El tendido de fibra óptica será por microductos enterrados en zanjas.
- El cable de fibra óptica debe ser instalado por soplado en microductos.
- El cable de fibra óptica debe ser de estructura ajustada.
- La capacidad del *backbone* de fibra óptica será de 96 hilos.

Tomando en cuenta estos requerimientos, el tipo de cable de fibra óptica más idóneo para la JambaRed sería:

Cable de distribución con protección individual para tubería apto para tendidos por soplado.

La elección de este tipo de cable se basa en las siguientes razones:

- Se necesita de un cable para exterior para el lugar en donde se realizará la instalación.
- Gracias a la distribución por multitubos se podrá gestionar de mejor manera la distribución de los hilos de fibra óptica, ya que cada multitubo tendrá un servicio diferente.
- Se necesita que el cable sea apto para tendidos por soplado.
- Diámetro mínimo del cable de fibra óptica para que pueda ser insertado sin problemas en los microductos.

2.7 ENRUTAMIENTO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA

Para realizar un correcto enrutamiento del cable de fibra óptica, primero se debe analizar la ubicación física de las Entidades Municipales externas involucradas en el proyecto y otros puntos de interés como son:

- Edificaciones gubernamentales que pueden servir como nodos y futuros puntos de interconexión donde será más fácil los enlaces de última milla para futuros clientes e implementar de mejor manera los proyectos que el GADMA tiene en mente (Ambato Ciudad Digital).
- Polos de desarrollo del Cantón Ambato para determinar hacia donde es la tendencia del crecimiento de la Ciudad de Ambato (Industria, Vivienda, Salud, Educación, Seguridad, etc.). Esto ayudará a determinar hacia donde podrá crecer la JambaRed a futuro.
- Edificio Municipal en donde se ubicarán los servidores y equipamiento de telecomunicaciones principal.

En la Figura 2.27 se puede observar la ubicación de los Edificios Municipales tomados en cuenta para el estudio, Edificios Gubernamentales que serán los nodos de interconexión de la JambaRed y el Edificio Municipal que será elegido como *Data Center*.

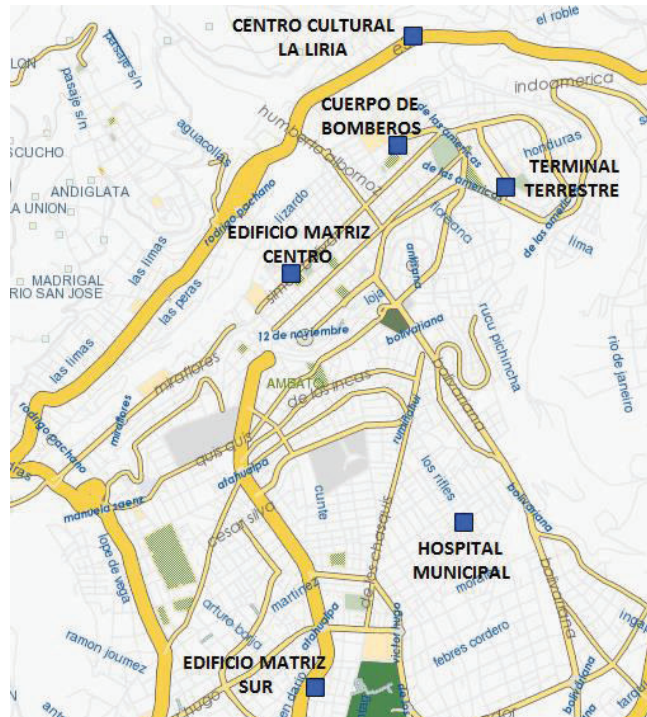


Figura 2.27 Edificios Municipales para la JambaRed.

2.7.1 TOPOLOGÍA FÍSICA DEL *BACKBONE* DE FIBRA ÓPTICA

La elección de la topología física debe cumplir con los requerimientos de toda red de comunicaciones, como son:

- Escalabilidad.
- Factibilidad.
- Seguridad.
- Redundancia.
- Disponibilidad.
- Multiservicios.
- Económicamente viable.

Una topología muy común utilizada en MANs es la llamada “topología física en anillos redundantes” la cual incluso es utilizada por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones para enlaces entre Centrales Telefónicas o Distribuidores de una misma ciudad o entre ciudades.

Al analizar la topología física en anillos se encuentran las siguientes ventajas:

- Alta redundancia y disponibilidad, ya que al existir algún corte del canal físico la información puede transmitirse por otras rutas; no se perderá el servicio de comunicación ya que se cuenta con enlaces físicos alternativos. Como se puede observar en la Figura 2.28, los cortes físicos en el canal de comunicaciones no interrumpen el servicio de transmisión de datos dentro de la red, dando una alta disponibilidad a la red.
- Fácil escalabilidad, en cada nodo se puede implementar nuevos anillos y se obtendría como resultado un crecimiento de la red mucho más rápido y con múltiples rutas.

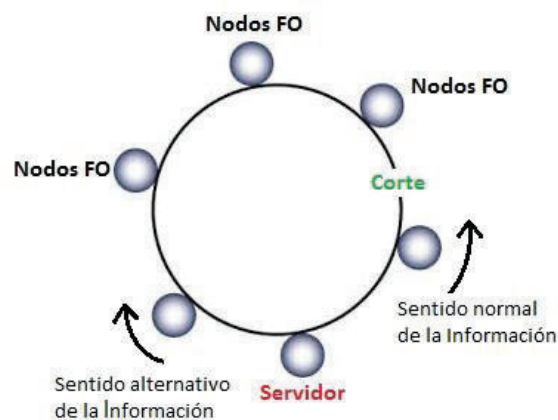


Figura 2.28 Topología Física en Anillo, Redundancia-Disponibilidad.

- Ejecución por etapas, ya que cada anillo puede implementarse independientemente de los demás. Esto es muy conveniente para empresas que no cuentan con mucho presupuesto económico y en el caso del GADMA cada anillo sería construido cada año con nuevas partidas presupuestarias.

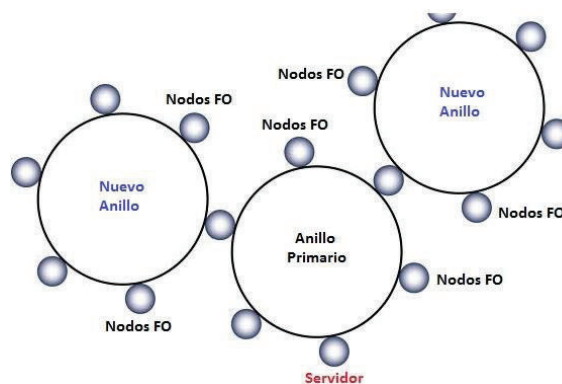


Figura 2.29 Topología Física en Anillo, Escalabilidad.

- Disponibilidad al realizar mantenimientos o reparaciones, cuando se requiera realizar mantenimientos, reparaciones, pruebas o reemplazos del *backbone* de fibra óptica, solo se suspenderá el servicio en el anillo o los anillos afectados y parte de la red podrá seguir operativa mientras duren los trabajos.

La factibilidad dependerá de un análisis de factores externos como son: permisos de ejecución de obra civil en espacios públicos, recursos económicos, recursos humanos y técnicos disponibles, etc.

En el presente caso no se necesita de permisos especiales de ejecución ya que el GADMA es el administrador de los espacios públicos del Cantón Ambato, por lo tanto una obra civil ejecutada por el mismo cabildo no tiene mayor conflicto.

Los recursos económicos necesarios para la JambaRed se los analizará en el Capítulo 4.

Una red multiservicios generalmente se refiere a la red de comunicación que es capaz de transportar voz, datos y vídeo al mismo tiempo. La fibra óptica tiene la ventaja de transportar cualquier tipo de información a altas velocidades y puede llegar a grandes distancias, así que este requisito es cubierto por la JambaRed satisfactoriamente.

En conclusión, la topología física en anillo es la mejor opción para el tipo de enrutamiento que tendrá el *backbone* de fibra óptica para la JambaRed.

Este diseño se basa en la comunicación entre las Entidades Municipales externas más importantes del GADMA, así que no se cubrirá a todo el Cantón Ambato con los anillos de fibra óptica, pero el diseño a desarrollarse tiene la posibilidad que a futuro puede expandirse para cumplir los requerimientos que llegaren a tener los contribuyentes.

2.7.2 RUTAS DEL *BACKBONE* DE FIBRA ÓPTICA

Las rutas para el recorrido del *Backbone* de fibra óptica tienen en común algunas características que los ISP's (Proveedores de Internet), *Carriers* (Proveedores de

canales de comunicación) y la mayoría de empresas de telecomunicaciones comúnmente analizan antes de realizar sus tendidos de canales de comunicación, y éstas son:

- Afluencia de Locales Comerciales, Entidades Bancarias, Entidades Educativas.
- Polos de desarrollo económico presentes y futuros.
- Edificios Gubernamentales.
- Hoteles, restaurantes y sitios turísticos urbanos.
- Sectores Industriales.

El *backbone* de fibra óptica está dividido en rutas. En la Figura 2.30 se puede apreciar el trazado de fibra óptica y los nodos de interconexión.

Los Nodos considerados son:

- Nodo Colegio Bolívar (Colegio Gubernamental).
- Nodo Colegio Hispano América (Colegio Gubernamental).
- Nodo Colegio Rumiñahui (Colegio Gubernamental).
- Nodo Las Comisarías (Edificio Municipal).
- Nodo Miraflores (Espacio Público).

En el Anexo E se aprecia el plano de construcción del *backbone* de fibra óptica de la JambaRed.

Las rutas del *backbone* de fibra óptica, se detallan a continuación:

Ruta 1: Parte del Centro Cultural “La Liria” en Atocha y avanza en sentido oeste por la Avenida Rodrigo Pachano hasta el Nodo Colegio Rumiñahui ubicado en el Instituto Técnico Superior “Rumiñahui”.

Ruta 2: Parte del Nodo Colegio Rumiñahui en sentido oeste, sigue por toda la Avenida Los Guaytambos recorre la Avenida Manuelita Sáenz hasta llegar al Nodo Miraflores ubicado en la intersección entre la Avenida Manuelita Sáenz y la Avenida Miraflores.

Ruta 5: Parte del Centro Cultural “La Liria” en sentido este y avanza por la Avenida Rodrigo Pachano, continúa por la calle Julio Enrique Paredes y avanza

hasta llegar a la Avenida Unidad Nacional donde termina en la Empresa Municipal Cuerpo de Bomberos Ambato EP.

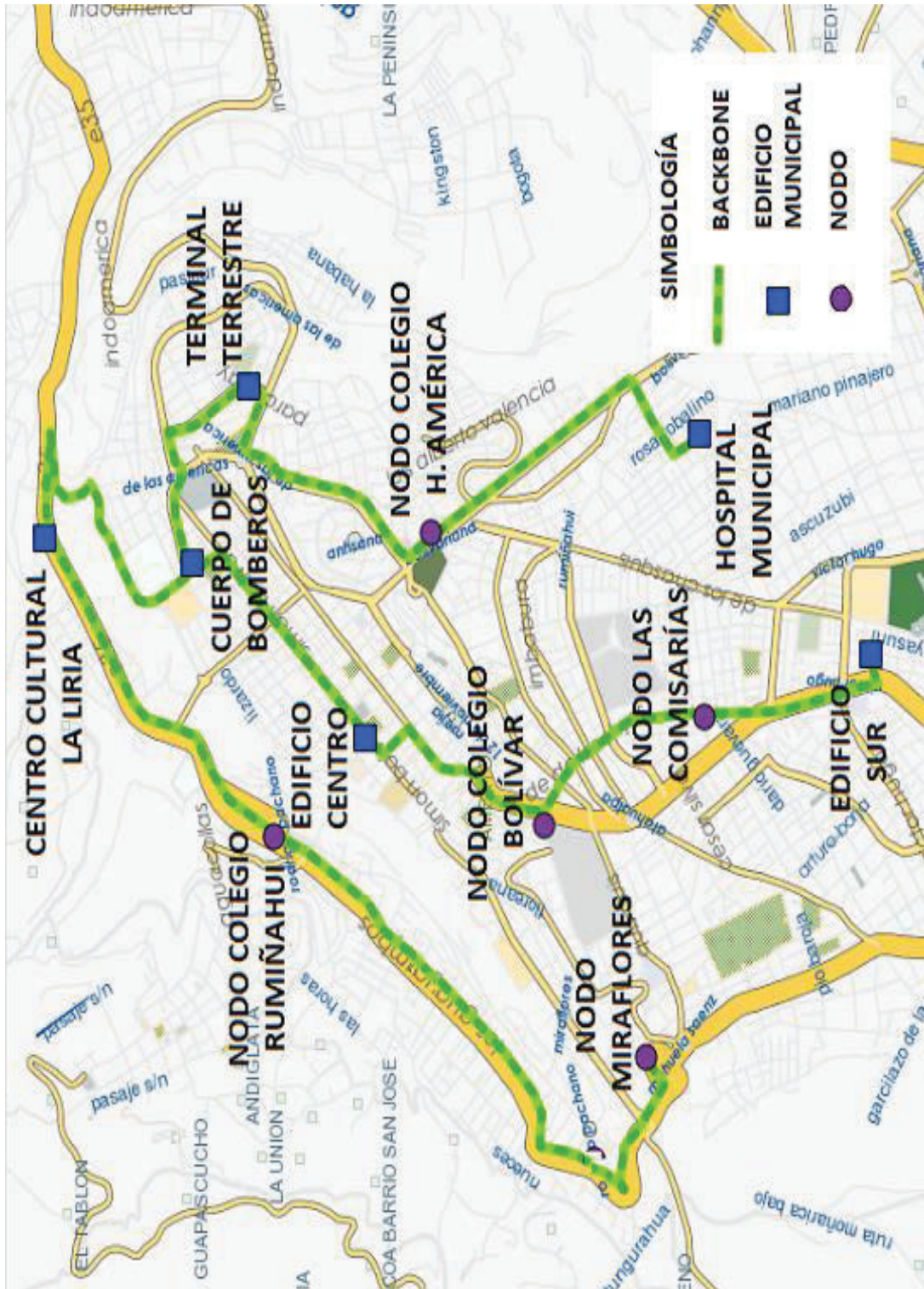


Figura 2.30 Backbone de Fibra Óptica de la JambaRed.

Ruta 6: Parte de la Empresa Municipal Cuerpo de Bomberos Ambato EP en sentido sur por la Avenida Unidad Nacional hasta la Avenida Simón Bolívar avanzando en sentido oeste hasta el Edificio Matriz Centro del GADMA.

Ruta 7: Parte de la Empresa Municipal Cuerpo de Bomberos Ambato EP en sentido este por la Avenida González Suárez, continúa por la Avenida Las Américas donde se desvía en la Avenida Gran Colombia hasta llegar a la Terminal Terrestre Interprovincial Ambato.

Ruta 8: Parte del Nodo Las Comisarías en sentido sur por la Avenida Los Shyris, continúa por la Avenida Atahualpa hasta llegar al Nuevo Edificio Matriz sur del GADMA.

Ruta 9: Parte del Nodo Las Comisarías en sentido norte por la Avenida Los Shyris hasta llegar al Nodo Colegio “Bolívar”.

Ruta 10: Parte del Nodo Colegio “Bolívar” en sentido este por la Avenida Atahualpa, continúa por la Calle La Yahaira, Avenida Cevallos hasta llegar a la Calle Mariano Castillo donde continúa su recorrido en sentido norte hasta llegando al Edificio Matriz Centro del GADMA.

Ruta 11: Parte del Colegio “Hispano América” en sentido norte por la Avenida Bolivariana, continúa por la Avenida El Rey hasta llegar a la Avenida 12 de Noviembre donde continúa su recorrido por la Avenida Indoamérica hasta llegar a la Calle Paraguay y terminar la ruta en la Terminal Terrestre Interprovincial Ambato.

Ruta 12: Parte del Colegio “Hispano América” en sentido sur por la Avenida Bolivariana hasta la Calle Isidro Ayora, en sentido norte de esta calle se avanza hasta la calle Héroe donde se encuentra el Hospital Municipal “Nuestra Señora de la Merced” donde termina esta ruta.

Las cajas de revisión serán colocadas cada 200 metros a lo largo de todo el *Backbone* de Fibra Óptica. También se colocarán cajas de distribución en los puntos donde se considera que a futuro se cerrarán anillos redundantes, se crearán nuevas rutas o se necesitará que la fibra óptica llegue a otros sectores del

Cantón Ambato. En el Anexo E se detalla el plano de construcción de todas las rutas de la JambaRed.

Cada Nodo contará con el equipamiento activo adecuado para realizar la interconexión entre las diferentes rutas de fibra óptica de la JambaRed, interconexión entre Entidades Municipales y el Sistema Integrado de Seguridad ECU-911 Ambato.

2.7.3 PUNTOS DE INTERCONEXIÓN DE LA JAMBARED

El *backbone* de fibra óptica es capaz de transportar una gran cantidad de información no solo proveniente de las Entidades Municipales, sino de la red de cámaras del ECU-911 desplegadas a lo largo de todo el Cantón Ambato, así como los datos generados en el Sistema de Semaforización Centralizada, incluso los mismos datos internos de las Entidades Municipales del GADMA en sus diferentes ubicaciones físicas en todo el Casco Urbano de la Ciudad de Ambato.

Para que la JambaRed cumpla de la mejor manera con un criterio de diseño muy importante como lo es la escalabilidad, se dispondrá de varios puntos de interconexión física de la fibra óptica; estas derivaciones del *backbone* se las conoce como “mangas” que son elementos pasivos de red encargados de derivar físicamente al backbone de fibra óptica para que se logre llegar a otros puntos más alejados que necesitan transporte de información. Ver Figura 2.31.

2.7.4 EQUIPAMIENTO ACTIVO Y PASIVO DE LA JAMBARED

No todos los Nodos que conforman la JambaRed contarán con una infraestructura física dentro de los edificios gubernamentales; para brindar la protección física adecuada al equipamiento activo y pasivo a utilizar en estos nodos, se propone construir casetas de telecomunicaciones como los tiene la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT-EP. En el Anexo F se presenta los planos de construcción de dichas casetas.

Los Nodos que se montarán en casetas de telecomunicaciones serán:

- Nodo Colegio Bolívar.

ubicado en el Edificio Municipal “Las Comisarías”. En este Nodo no será necesaria la ubicación de una caseta de telecomunicaciones.

2.7.4.1 Equipamiento Activo

Cada Nodo debe contar con el equipamiento activo necesario para realizar la interconexión de rutas de fibra óptica actual y futura de la JambaRed, así como con el ECU-911 y La Semaforización de la zona Central de Ambato.

Nodos: Los nodos brindan la interconectividad de la fibra óptica y el transporte de datos a futuro de las cámaras de Seguridad del ECU-911 y otros proyectos informáticos que el GADMA crea convenientes implementarlos.

En los nodos se tendrá el siguiente equipamiento activo:

- Dos *Switches* de Alta Disponibilidad con puertos de fibra óptica.
- Un *Switch* Gigabit Ethernet con puertos de fibra óptica y puertos de cobre.
- Dos UPS's.

Los *switches* de alta disponibilidad con puertos de fibra óptica servirán para realizar la interconexión entre las diferentes rutas de la JambaRed y la Interconexión con el ECU-911. La capacidad de conmutación y enrutamiento, los protocolos y las capas en la que trabaje este *switch* depende de los módulos extraíbles que se los coloquen en el equipo; de esta manera, es más fácil escalar a nuevas tecnologías sin necesidad de adquirir nuevo equipamiento.

El *switch* Gigabit Ethernet con puertos de fibra óptica y puertos de cobre se utilizará para la conexión con otros equipos de *networking* que no tengan puertos de fibra óptica y que necesiten conectarse a la JambaRed, sean equipos de usuario final (ordenadores, teléfonos IP, cámaras de seguridad IP) y/u otros equipos de *networking*. Este *switch* no necesita soportar módulos extraíbles ya que su misión principal es la conmutación de equipos de usuario final.

Al no contar con un banco de baterías de respaldo en los Cuartos de Telecomunicaciones se considera el uso de UPS's, serán los encargados de

brindar energía eléctrica de respaldo en casos emergentes de cortes eventuales propios del servicio de la EEASA.

Las características específicas del *Switch* de Alta Disponibilidad se detallan en la Tabla 2.4, tomando en cuenta que dichas características técnicas son extraídas de los requerimientos de las Entidades Municipales participantes en la JambaRed y estandarizando los requerimientos sin contar con una marca o modelo específico comercial existente.

Ítem	Descripción <i>Switch</i> de Alta Disponibilidad SW-A1
1	Ancho efectivo real de 19".
2	Trabaje en Capa 2 y Capa 3.
3	Soporte módulos (<i>slots</i>) extraíbles.
4	Diseñado para soportar alta disponibilidad (99,99%).
5	Soporte trabajar en la capa de Acceso, Distribución y <i>Backbone</i> .
6	Soporte módulos (<i>slots</i>) extraíbles.
7	Soporte redundancia y supervisión.
8	Cuenta con ancho de banda escalable en cada <i>slot</i> .
9	Soporte al menos 96 puertos de fibra óptica (1000 BASE-X).
10	Soporte al menos 12 puertos Gigabit Ethernet (1000 BASE-T).
11	Soporte conmutación a 10 Gbps.
12	Soporte Virtualización.
13	Soporte dos fuentes de energía (AC y DC).
14	<i>Backplane</i> superior a 10 Gbps por cada <i>slot</i> .
15	Soporte módulos de Administración Capa 2 y Capa 3.
16	Soporte módulos para IPV6.
17	Soporte ingreso remoto, telnet, consola y HTTP.
18	Alimentación de 110/220 VAC 60 Hz.

Tabla 2.4 Requerimientos del *Switch* de Alta Disponibilidad.

La ventaja de contar con *switches* que soporten módulos extraíbles, ya que se asegura que el equipo soporte múltiples interfaces físicas. En el presente caso se tendrá una gran cantidad de posibilidades de interconexión (fibra óptica, cobre, sistemas inalámbricos, etc.). Además se podrán cambiar las tarjetas en el caso de que fallen aumentando la disponibilidad del equipo en cuanto a la comunicación física.

Un *switch* robusto garantiza rapidez en la conmutación de paquetes, eliminando los “cuellos de botella” generados en los equipos activos. Este *switch* se

considerará que debe trabajar en Capa 3 en caso de que el *Switch* de *Core* falle; estos equipos ubicados en cada nodo podrán realizar el enrutamiento de todos los paquetes que se generen en las distintas redes de la JambaRed.

Este *switch* no funciona sin los módulos (*slots*), para lo cual en la Tabla 2.5 se detalla las características técnicas que deben cumplir cada *slot*.

Ítem	Descripción Módulos de Administración SW-A1
1	Soporte Protocolos Capa 3 BGP, MBGP, RIP, RIP V2, ICMP y OSPF.
2	<i>Throughput</i> en Capa 2 mínimo a 100 Gbps.
3	Soporte IPV6 en <i>hardware</i> .
4	Soporte protocolos de conmutación como IEEE 802.1Q, <i>Dynamic Trunking Protocol</i> (DTP), <i>VLAN Trunking Protocol</i> (VTP) y <i>VTP domains</i> .
5	Soporte Protocolos de seguridad como 802.1x, <i>IP Source Guard</i> , <i>Dynamic ARP Inspection</i> (DAI), y <i>DHCP Snooping</i> , <i>Port Security on Private VLAN</i> y <i>Port Security on Voice VLAN</i> .
6	Trabaje como Servidor DHCP.
7	Soporte protocolos de enrutamiento con IPV6.
8	Soporte calidad de servicio QoS y 802.1p.
9	Soporte políticas de acceso ACLS.
10	Administración con SNMP V1, V2 y V3; RMON V1 y V2; MIBS estándares.
11	Análisis de paquetes con VLAN SPAN.
12	Seguridad Avanzada con TACACS+ y RADIUS.
13	Soporte Seguridad mediante SSH V1 y V2.
14	Protocolos de transmisión IEEE 802.3u, 100BASE-TX, 100BASE-FX, IEEE 802.3z, 802.3ab, IEEE 802.3ae, 1000BASE-LX/LH, 1000BASE-X (SFP), 1000 BASE-ZX (SM).

Tabla 2.5 Requerimientos del Módulo de Administración para el SW-A1.

Los módulos de administración son los encargados de conmutar y enrutar los paquetes del *switch*, es decir, son las tarjetas que integran todos los protocolos, políticas de seguridad y la administración de todos los paquetes que se conmuten en el *switch*.

Una vez determinados los requerimientos para el módulo de administración de nuestro equipo, se debe determinar el o los módulos necesarios que proporcionen las interfaces físicas necesarias para interconectar la fibra óptica y los equipos de *networking*.

Existen módulos Gigabit Ethernet para enlaces de cobre pero no se detallará este requerimiento ya que los enlaces del *Backbone* son sólo en Fibra Óptica. Ver Tabla 2.6.

Ítem	Descripción Módulos de Interfaces FO SW-A1
1	Capacidad mayor a 24 Gbps por slot.
2	Puertos 10 Gbps SPF+.
3	Uso de puertos SPF y SFP+.
4	Soporte L2-4 <i>Jumbo Frame</i> .
5	Diseñado para <i>backbons</i> y enlaces <i>Trunking</i> .

Tabla 2.6 Requerimientos del Módulo de Interfaces FO para el SW-A1.

Si se necesitan puertos de cobre, pueden emplearse los disponibles en el *Switch* Gigabit Ethernet o usar conversores de cobre a fibra.

El equipo se detalla con soporte para enlaces de cobre y así tener un equipo de interfaces mixtas.

Ítem	Descripción <i>Switch</i> Gigabit Ethernet SW-B1
1	Ancho efectivo real de 19".
2	Mínimo 12 puertos 10/100/1000 Ethernet. Mínimo 10 Gbps <i>switching</i> en el <i>backplane</i> .
3	Mínimo 2 Puertos 10 Gigabit Ethernet SFP+ modular insertable.
4	Redundancia de fuente de poder, redundancia de CPU, redundancia <i>backplane</i> , relojes redundantes, soporte de enlaces redundantes, el <i>Throughput</i> mínimo de 128 Mbps.
5	IEEE 802.1s, IEEE 802.1w, IEEE 802.1x, IEEE 802.1ae, IEEE 802.3ad, 100BASE-TX, IEEE 802.3x, IEEE 802.1D <i>Spanning Tree Protocol</i> , IEEE 802.1p <i>CoS Prioritization</i> , IEEE 802.3 10 BASE-T.
6	Manejo de tabla de direcciones MAC.
7	Seguridad IEEE 802.1x .IEEE 802.1x y SSHv2.
8	Soporte VLAN, QoS, ACLs, SLAs,
9	Administración SNMP V1, V2 y V3; RMON V1 y V2. MIBS estándares.
10	Administrable por puerto de consola. Módulo de administración instalado, CLI, WEB, TELNET o SSH.
11	Alimentación 110/220 Vac 60 Hz y Alimentación con Vcc.

Tabla 2.7 Requerimientos del *Switch* Gigabit Ethernet.

Los equipos que realizarán los enlaces con los distintos dispositivos del sistema de telepresencia poseen interfaces Fast y Gigabit Ethernet por lo cual, se debe contar con otro *switch* para brindar la comunicación necesaria a los equipos de usuario final. Este equipo servirá para enlazar los equipos de telepresencia (en las Entidades Municipales) y a futuro como enlace de interconexión entre la JambaRed y la LAN de cada Entidad Municipal.

Para asegurar la disponibilidad del equipamiento activo en caso de cortes del servicio eléctrico, se deben usar Fuentes de Energía Ininterrumpibles (UPS), para lo cual se detallan los requerimientos de las mismas en la Tabla 2.8.

Ítem	Descripción UPS UPS-A1
1	Voltaje de operación de 80VAC a 150VAC.
2	Frecuencia de operación 60 Hz +/- 3 Hz.
3	Tipo de enchufe NEMA L5-30P.
4	Potencia de salida mínima de 3000 Watts.
5	Voltaje de salida con batería 120Vac +/- 5%.
6	Frecuencia de salida con batería 50/60Hz +/- 0.5%.
7	Baterías extraíbles y que soporten carga rápida.
8	Tiempo de respaldo a carga máxima de 1 hora.
9	USB compatible con HID Puerto.
10	Certificaciones UL1778, UL 107,1, FCC Clase B del DOC ROHS RoHS.

Tabla 2.8 Requerimientos de la UPS.

Cada nodo tendrá el mismo equipamiento activo detallado anteriormente ya que por el momento no se provee ninguna interconexión con otros servicios.

En la Tabla 2.9, se presenta el resumen del equipamiento activo a utilizarse en los Nodos de la JambaRed. Dicha tabla identifica a cada equipo activo de la red mediante el manejo de códigos con fines identificativos.

Edificios Municipales: Cada Edificio Municipal tiene requerimientos diferentes, pero tienen en común los mismos equipos activos de *Networking* para la JambaRed cuyas características ya se detallaron anteriormente.

Nodo	SW-A1	SW-B1	UPS-A1
Nodo Colegio Rumiñahui	2	1	2
Nodo Colegio Bolívar	2	1	2
Nodo Colegio Hispano América	2	1	2
Nodo Comisaría	2	1	2
Nodo Miraflores	2	1	2
TOTAL	10	5	10

Tabla 2.9 Equipamiento Activo de los Nodos.

Adicional al equipamiento activo ya detallado, se incluirá un *Access Point* en todos los Edificios Municipales excepto en el Cuerpo de Bomberos EP por pedido del Departamento de Seguridad Laboral del GADMA ya que justifican que el uso de la red inalámbrica por parte de los miembros del Cuerpo de Bomberos no los mantendría alertas en caso que se presente alguna emergencia.

Ítem	Descripción <i>Access Point</i> AP-1
1	Puertos 10/100 Ethernet.
2	Ganancia de 16 dBi.
3	Protocolo IEEE 802.11 b/g/n.

Tabla 2.10 Requerimientos del *Access Point*.

Se incluirán equipos activos adicionales en el Cuarto de Telecomunicaciones del Edificio Matriz Sur, ya que en este edificio se controlará el Sistema de Telepresencia, JambaRed, a futuro el ECU-911, Ambato Ciudad Digital, Semaforización y nuevos proyectos informáticos que el GADMA los implemente; en este edificio se tendrán *Switches* de Core Capa 3, UPS's y los equipos del Sistema de Telepresencia cuyo equipamiento se detallarán en el Capítulo 3.

El dimensionamiento de estos equipos será únicamente para la JambaRed, sin embargo, en los requerimientos de los equipos de conmutación para los Nodos de Fibra Óptica y para el *Data Center* se estipula equipamiento con puertos Gigabit Ethernet para la comunicación con los equipos LAN del GADMA. En la Tabla 2.11 se presenta un resumen de los equipos a utilizar en las Entidades Municipales.

Entidad Municipal	SW-C	SW-A1	SW-B1	UPS-A1	AP-A1
Centro Cultural "La Liria"	X	2	1	2	1
Cuerpo de Bomberos EP	X	2	1	2	X
Terminal Terrestre	X	2	1	2	1
Edificio Matriz Centro	X	2	1	2	1
Edificio Matriz Sur	1	2	1	2	1
Hospital Municipal	X	2	1	2	1
TOTAL	1	12	6	12	5

Tabla 2.11 Equipamiento Activo de las Entidades Municipales.

El equipo que maneje todos los paquetes de datos será el *Switch* robusto preferiblemente que cuente con Capa 3 para el enrutamiento de diferentes redes (ECU-911, Semaforización, Telepresencia, Datos y Voz GADMA, etc.).

Este equipo estará ubicado en el Nuevo Edificio Matriz Sur del GADMA, deberá ser un equipo de alta disponibilidad que maneje puertos de fibra óptica y puertos Gigabit Ethernet. Sus características más relevantes será la velocidad de manejo de paquetes (*backplane*), debe tener módulos extraíbles para que el equipo se pueda acoplar a nuevos medios de transmisión, plataformas informáticas, servicios digitales, arquitecturas, etc., sin necesidad de cambiar todo el equipo de comunicación. Debe soportar transmisiones de datos a altas velocidades, posibilidad de configurar rutas alternativas en caso de fallo de las rutas principales (anillos redundantes), posibilidad de apilar equipos de *networking* para aumentar la capacidad de conmutación y obtener redundancia en la Capa *Core*.

Es necesario que este equipo cuente con soporte para IPV6 y asegure escalabilidad en cuanto a direccionamiento lógico de los diferentes dispositivos que forman parte de la JambaRed. Las características más relevantes de este equipo se detallan en la Tabla 2.12.

Para completar los requerimientos del *switch* se debe especificar los tipos de módulos que se van a utilizar, dichos módulos contienen los puertos de entrada/salida (I/O) para lo cual se analizará cuántos puertos del tipo SFP (SFP+ en otros casos) se necesitan para interconectar a las Entidades Municipales que

participarán en el Sistema de Telepresencia, recordando que este diseño es escalable por lo tanto el *Switch* debe soportar a futuro el tráfico de otros servicios que el GADMA los implemente para los ciudadanos.

Ítem	Descripción <i>Switch</i> de Core Capa 3 SW-C
1	Soporte para conmutación de paquetes en Capa 2 y Capa 3.
2	Equipo modular.
3	Soporte módulos para Fibra Óptica SFP/SFP+.
4	Soporte módulos para Gigabit Ethernet.
5	Soporte conexiones de pila con otros equipos de las mismas características.
6	Administración por una sola unidad de control.
9	<i>Backplane</i> de al menos 10 Gbps por <i>slot</i> .
10	Soporte redundancia de poder, control y supervisión.
11	Soporte módulos para IPV6.
12	Ingreso remoto, telnet, consola y HTTP.
13	Alimentación en AC y DC.
14	Soporte protocolos de Seguridad e Inmunidad Electroestática.

Tabla 2.12 Requerimientos del *Switch* de Core Capa 3.

Hay que considerar los siguientes puntos antes de proceder a dimensionar el tipo y el número de puertos que se necesitan en este equipo:

- El *Backbone* tiene 96 hilos de fibra óptica, de los cuales únicamente se utilizarán 12 para el servicio de Telepresencia (2 hilos de fibra óptica por cada Entidad Municipal).
- Se utiliza un enlace de fibra óptica para conectar el *Switch* de Core con el *Switch* de Distribución (2 hilos de fibra óptica).
- Este equipo sirve de enlace entre el Servidor de Telepresencia y las Entidades Municipales (Enlace tipo Gigabit Ethernet - dos puertos, uno principal y el otro redundante).
- El *Switch* de Core conmutará a futuro los paquetes provenientes de las cámaras del ECU-911 y del Sistema de Semaforización Centralizado (no se considera puertos ya que este servicio será prestado a futuro).

- En base a los puntos considerados, se determina que se contará con módulos que contengan 16 puertos tipo SFP/SFP+.

En la Tabla 2.13 se detallan las características de los módulos de interfaces del *switch* de *core* SW-C.

Ítem	Descripción Módulos de Interfaces FO SW-C
1	Capacidad mayor a 20 Gbps por <i>slot</i> .
2	Puertos 10 Gbps SPF+.
3	Uso de puertos SPF y SFP+.
4	Soporte L2-4 <i>Jumbo Frame</i> .
5	Diseñado para <i>backbones</i> y enlaces <i>Trunking</i> .
6	Estándares 10GBASE-CX4, -SR, -LRM, -LX4, -LR, -ZR y -ER X2 y 10GBASE-T.
7	Soporte WWDM a 1310 nm.

Tabla 2.13 Requerimientos de las interfaces FO para el SW-C.

Los módulos de administración son los encargados de conmutar y enrutar los paquetes del *switch*, es decir, son las tarjetas que integran todos los protocolos, políticas de seguridad y la administración de todos los paquetes que se conmuten en el *switch*.

Ítem	Descripción Módulos de Administración SW-C
1	Soporte Protocolos Capa 3 BGP, MBGP, RIP, RIP V2, ICMP y OSPF.
2	Soporte MPLS y IPV6 en <i>hardware</i> y protocolos de enrutamiento.
3	<i>Throughput</i> en Capa 2 mayor a 200 Gbps.
4	Soporte Protocolos y servicios de seguridad como 802.1x, ACLs, VLANs Privadas, MAC ACLs, LDP y VPNs.
5	Soporte protocolos MPLS, BGP, IGMP, IPx, IS-IS y BGP.
6	Trabaje como Servidor DHCP.
8	Soporte calidad de servicio QoS, 802.1p y políticas de acceso ACLS.
9	Administración con SNMP V1, V2 y V3; RMON V1 y V2; MIBS estándares.

Tabla 2.14 Requerimientos del módulo de Administración para el SW-C.

En la Tabla 2.14 se detallan las características de los módulos de administración para el *switch* de *core* SW-C.

2.7.4.2 Equipamiento Pasivo

Se especificará en forma general todos los elementos que conforman el equipamiento pasivo de la JambaRed; luego se presentará la cantidad exacta según cada Nodo y cada Edificio Municipal.

El *rack* que protegerá a los equipos activos de la red deberá cumplir con las especificaciones detalladas en la Tabla 2.15.

Ítem	<i>Rack</i> de Piso Cerrado RK-A1
1	Capacidad de 25 UR.
2	Puerta y paneles laterales perforados.
3	Numeración en cada espacio de <i>rack</i> .
4	Rieles ajustables en incrementos de 6.35 mm
5	Puerta de Vidrio asegurable.
6	Paneles laterales desmontables asegurables.
7	Ventiladores en el panel superior e inferior.

Tabla 2.15 Requerimientos del *Rack* de Piso.

Los *patch cords* de cobre cumplirán con las especificaciones TIA/EIA-568-C.2 Categoría 6 ya que el cableado estructurado del Nuevo Edificio del GADMA cuenta con esta norma en su TI. Ver Tabla 2.16.

Ítem	<i>Patch Cord</i> PCCu-A1
1	Longitud de 1 metro.
2	Norma TIA/EIA-568-C.2 Categoría 6.
3	Norma TIA/EIA-568B.
4	Terminación en <i>Jack</i> RJ-45.
5	Calibre del conductor de cobre AWG 24.
6	Certificaciones UL 1863.

Tabla 2.16 Requerimientos de los *Patch Cords* de cobre.

Cada *patch panel* para cables de cobre utilizados para brindar la conexión física entre los diferentes puertos de los equipos de *networking* debe cumplir con las normas técnicas detalladas en la Tabla 2.17.

Ítem	<i>Patch Panel</i> PP Cu-A1
1	48 Puertos según norma TIA/EIA-568-C.2 Categoría 6.
2	Esquemas de cableado: TIA/EIA-568B y TIA/EIA-568A.
3	Ancho efectivo real de 19".
4	Posibilidad de etiquetado según norma TIA/EIA-606.
5	Certificaciones UL 1863.

Tabla 2.17 Requerimientos de los *patch panels* para conductores de cobre.

Los conectores que serán utilizados en los *patch panels* deberán cumplir con todas las especificaciones detalla en la norma TIA/EIA-568-C.2 Categoría 6. Ver Tabla 2.18.

Los organizadores horizontales son necesarios para llevar de una manera ordenada los conductores tanto de cobre como de fibra óptica además de mantener la estética en el interior de los *racks*. Esto facilita mantenimientos preventivos y correctivos. Ver Tabla 2.19.

Ítem	<i>Jack</i> Cu-A1
1	Según norma TIA/EIA-568-C.2 Categoría 6.
2	Esquemas de cableado: TIA/EIA-568B y TIA/EIA-568A.
3	Ancho para cable AWG 24, Jack RJ-45.
4	Necesariamente con tapa plástica o metálica.
5	Posibilidad de etiquetado según norma TIA/EIA-606.

Tabla 2.18 Requerimientos de los *Jacks*.

Ítem	Organizador HZ-A1
1	Ancho efectivo de 19".
2	Tamaño: Una UR.
3	Tipo: Frontal – Horizontal.

Tabla 2.19 Requerimientos de los Organizadores Horizontales.

Los organizadores verticales mejoran el cableado que necesita ser enrutado tanto al equipamiento activo ubicado en la parte superior, media e inferior del *rack*. Ver Tabla 2.20.

Ítem	Organizador VT-A1
1	Ancho efectivo de 19".
2	Tamaño: Una UR.
3	Tipo: Frontal – Horizontal.

Tabla 2.20 Requerimientos de los Organizadores Verticales.

Para mejorar la estética y organización de los conductores que ingresan y salen de los *patch panels*, equipos activos y otros elementos del *rack* se aconseja usar sujetadores de cables. Ver Tabla 2.21.

Ítem	Sujetador de Cables Cu-A1
1	Sujetador de velcro.
2	Canales de plástico internos.
3	Ancho de canales para cables UTP – Cat 6.

Tabla 2.21 Requerimientos de los sujetadores de cables de cobre.

Los *patch cords* de fibra óptica son necesarios para interconectar el *backbone* de fibra óptica que sale al exterior del cuarto de telecomunicaciones con los equipos de *networking*. Deben cumplir con las mismas características básicas del cable principal (*backbone*) que se detalla en la Tabla 2.22.

Ítem	Patch Cord FO SM-1
1	Monomodo OS2 UPC.
2	Máxima pérdida de inserción 0.25 dB.
3	Mínima pérdida de retorno 55 dB.
4	Longitud de 1 metro.
5	Construcción OFNR, OFNP y LS0H.
6	Soporte adaptadores LC y módulos LC SFP.
7	Soporte transmisiones de 10 Gbps.

Tabla 2.22 Requerimientos de los *Patch Cords* de Fibra Óptica.

El ODF es el distribuidor de fibra óptica que cumple las funciones del *patch panel* pero con cables de fibra óptica, debe ser amplio, cómodo para los hilos de fibra óptica y posibilidad de sujetarlos para obtener una mejor administración física de los mismos. Ver Tabla 2.23.

Ítem	ODF FO FO-ODF1
1	Ancho efectivo de 19".
2	Soporte adaptadores LC.
3	Seguro para tapa con llave.
4	Posibilidad de sujetar tanto el cable como los hilos de fibra óptica.
5	Capacidad superior a 96 puertos de conexión.
6	Los adaptadores deben tener la posibilidad de etiquetado.

Tabla 2.23 Requerimientos del ODF.

La Tabla 2.24 resume la infraestructura pasiva necesaria para todos los cuartos de telecomunicaciones de la JambaRed.

Nodo – Entidad Municipal	RK-A1	PPCu-A1	PPNCu-A1	JKCu-A1	HZ-A1	VT-A1	FO SM-1	FO-ODF1
Nodo Colegio Rumiñahui	1	X	1	12	1	2	X	X
Nodo Colegio Bolívar	1	X	1	12	1	2	20	2
Nodo Colegio Hispano América	1	X	1	12	1	2	4	2
Nodo Comisarías	1	X	1	12	1	2	20	2
Nodo Miraflores	1	X	1	12	1	2	X	X
Centro Cultural "La Liria"	2	5	1	5	1	2	4	1
Cuerpo de Bomberos EP	2	5	1	5	1	2	16	3
Terminal Terrestre	X	5	X	X	1	2	6	2
Edificio Matriz Centro	X	5	X	X	1	2	22	2
Edificio Matriz Sur	X	5	X	X	1	2	14	1
Hospital Municipal	X	5	X	X	1	2	4	1
TOTAL	9	25	7	70	11	22	110	16

Tabla 2.24 Resumen de la infraestructura pasiva para la JambaRed.

2.8 DISEÑO LÓGICO DEL *BACKBONE* DE FIBRA ÓPTICA

El diseño lógico de una MAN depende mucho de los servicios informáticos que se necesiten transportar, es el presente caso únicamente se tiene el Servicio Centralizado de Telepresencia, pero se tomará en cuenta que la JambaRed será el medio principal de transporte de datos de la futura Ambato Ciudad Digital.

2.8.1 TOPOLOGÍA LÓGICA DEL *BACKBONE* DE FIBRA ÓPTICA

La topología lógica más adecuada para soportar los actuales y futuros aplicativos así como los servicios para la ciudadanía es el Modelo por Capas Jerárquico, que cuenta con la posibilidad de brindar a una red de datos características importantes como lo son: escalabilidad, disponibilidad y la posibilidad de administrar de mejor manera todos los equipos y servicios a implementar.

El equipo de conmutación principal será el *Switch* de *Core Capa 3* (SW-C) ubicado en el Edificio Matriz Sur del GADMA siendo este equipo el único componente de la Capa Jerárquica de *Core* de la topología lógica de la red de fibra óptica de la JambaRed.

Los equipos de conmutación secundarios serán los *Switches* de Alta Disponibilidad (SW-A1) ubicados tanto en los nodos como en todas las Entidades Municipales (incluido el *data center* – Edificio Matriz Sur GADMA), son los componentes principales de la Capa de Distribución de la topología lógica de la red de fibra óptica de la JambaRed.

Los equipos de conmutación para el acceso a las diferentes terminales de usuario final, equipos del Sistema de Telepresencia y la comunicación con la LAN de las Entidades Municipales serán los *Switches* Gigabit Ethernet (SW-B1), junto con los *Access Points* (AP-A1) que serán utilizados para el acceso de terminales inalámbricos como *tablets*, *smartphones* y *laptops* que generalmente son utilizados por altos funcionarios públicos municipales. Estos dos equipos son los componentes principales de la Capa de Acceso de la topología lógica de la red de fibra óptica de la JambaRed.

En la Figura 2.32 se detalla el diagrama unifilar genérico de la interconexión de los diferentes equipos de *networking* a utilizar en la JambaRed.

Tomando en cuenta la topología descrita anteriormente, es de vital importancia el detalle a fondo de la conexión lógica que tendrá cada nodo y cada Entidad Municipal en la MAN. En la Figura 2.33 se detallan las conexiones lógicas en su totalidad, recordando que en el Nuevo Edificio Matriz Sur del GADMA se instalará el Servidor de Telepresencia cuyas conexiones lógicas de este tipo de servicio digital todavía no se las estudia y se las determinará a fondo en el Capítulo 3.

La distribución física en los *racks* de los diferentes equipos de *networking* en los nodos de fibra óptica y en las Entidades Municipales se detalla en el Anexo G.

La Figura 2.34 detalla el diagrama unifilar con las conexiones físicas de la JambaRed tomando en cuenta únicamente que esta red interconecta a los equipos de telepresencia.

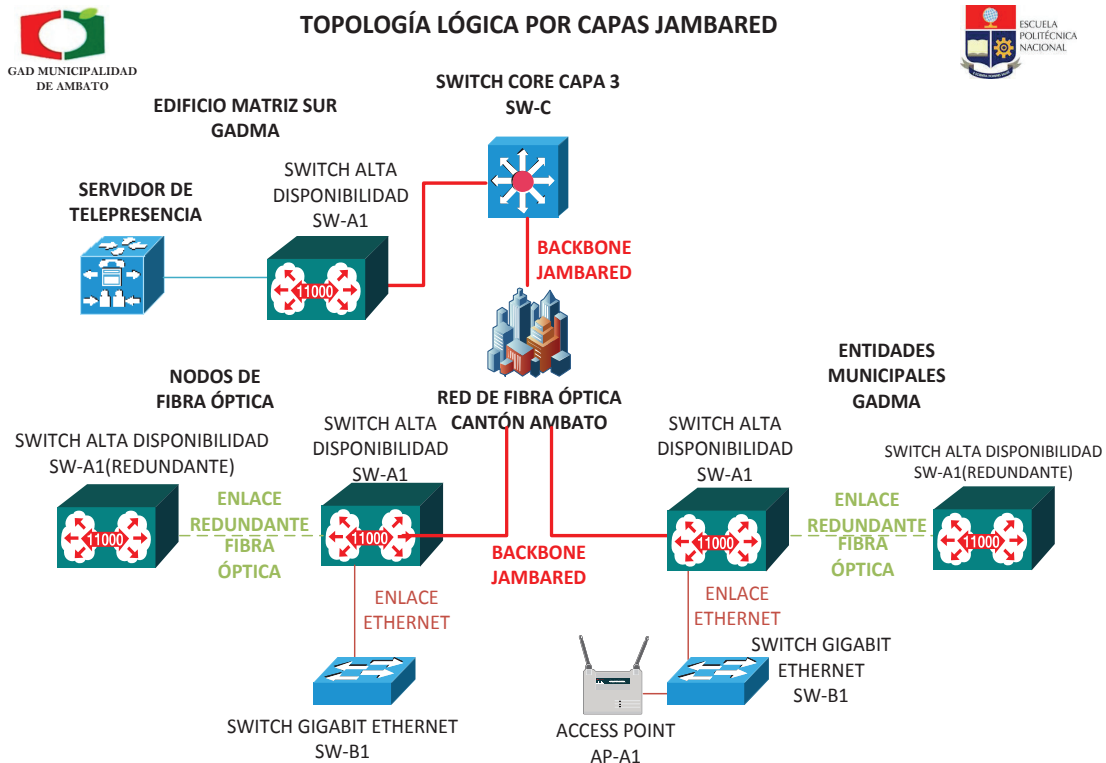


Figura 2.32 Unifilar General de Interconexión de la JambaRed.

2.8.2 SEGMENTACIÓN DEL *BACKBONE* DE FIBRA ÓPTICA

Para lograr una convergencia entre los diferentes servicios y los tipos de datos que transportará la JambaRed, es recomendable que el equipamiento activo cuente con una adecuada configuración de VLANs separando así las diferentes redes que se integrarán a la JambaRed (Voz, Datos, Vídeo HD, Vídeo SD, etc.).

Debido a que se dispondrán de varias VLANs es necesario un direccionamiento adecuado de las mismas; para esto es necesario contar con el *switch* de capa 3 previsto en este diseño, el mismo que ayuda de mejor manera a enrutar los diferentes paquetes generados en la JambaRed.

Se detallará la configuración de las VLANs mediante direccionamientos IP considerando que cada una de ellas será una subred que se puede utilizar para cada servicio a implementar.

La Figura 2.34 detalla la distribución física de los hilos de fibra óptica a usarse en los Nodos y las Entidades Municipales según los requerimientos del *backbone* de fibra óptica obtenidos al inicio de este capítulo (96 hilos en total).

Para realizar el correcto direccionamiento IP se debe tomar en cuenta los requerimientos actuales y futuros de las Entidades Municipales involucradas en la JambaRed e incluso las Entidades Municipales que a futuro se puedan conectar a la misma.

En la Tabla 2.25 se muestran los requerimientos actuales sumados a los ya existentes con una proyección del posible crecimiento en cuanto a transmisión de voz digital, datos y terminales de telepresencia de las Entidades Municipales, se ha estimado un crecimiento del 15% (crecimiento estipulado por el INEN según el último censo realizado en el Ecuador) referente al dimensionamiento actual de la JambaRed. Se considera este crecimiento ya que el personal gubernamental del GAMDA no se aumentó durante el cambio de administración (Arq. Fernando Callejas 2014 – Ing. Luis Amoroso 2015).

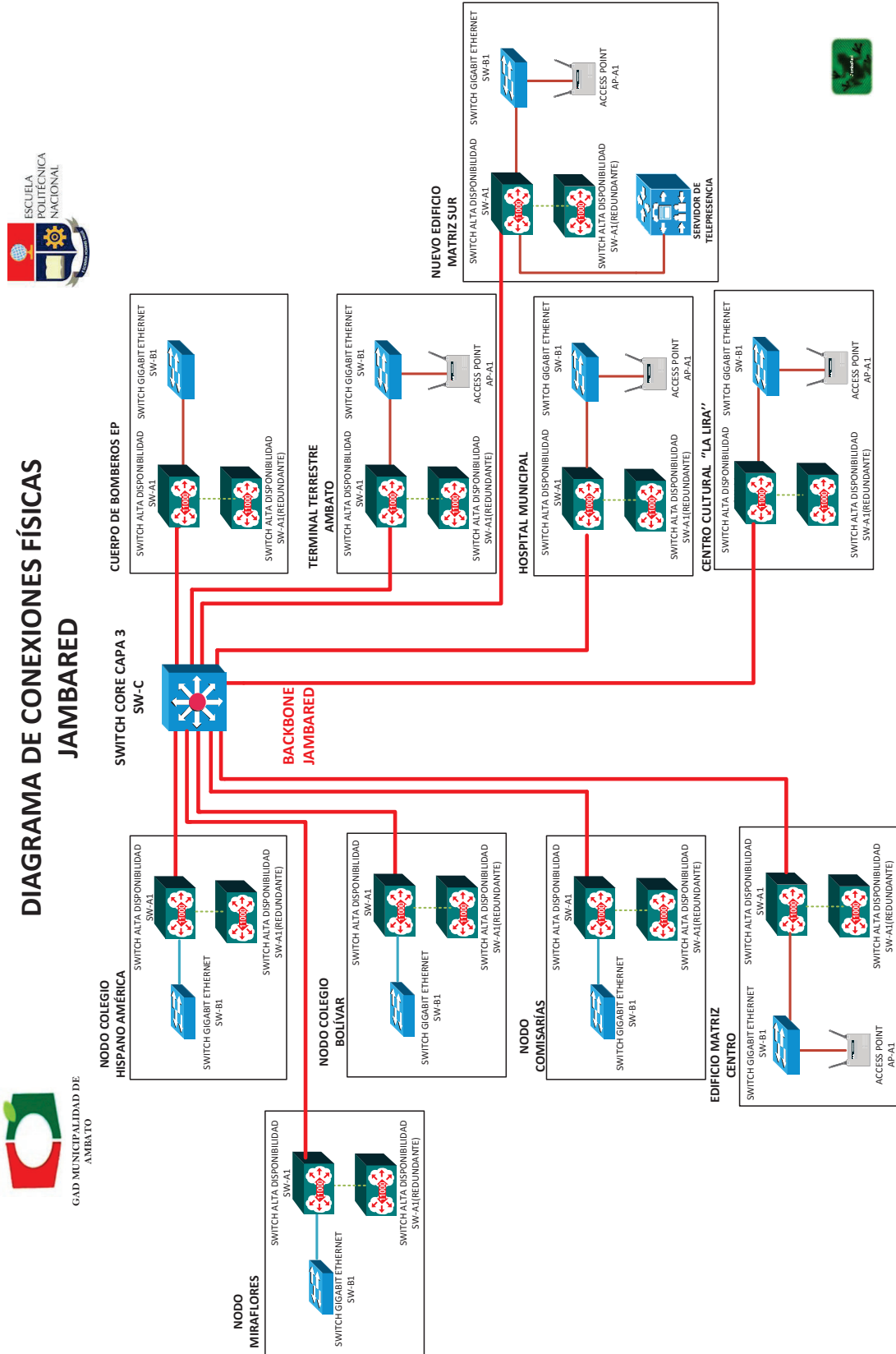


Figura 2.33 Diagrama de Conexiones Lógicas JambaRed.



DIAGRAMA UNIFILAR JAMBARED INTERCONEXIÓN DE LAS ENTIDADES MUNICIPALES Y NODOS DE FIBRA ÓPTICA

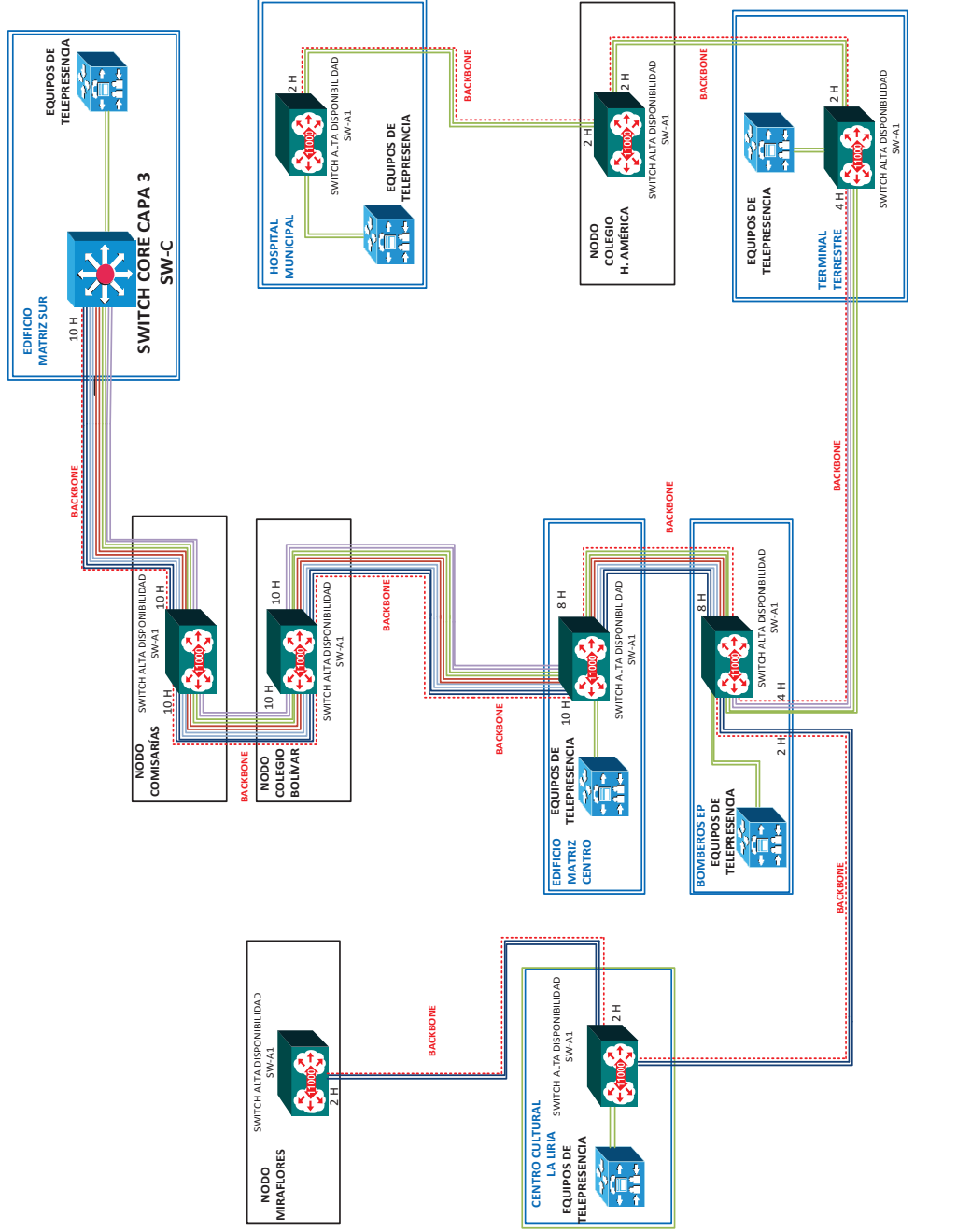


Figura 2.34 Diagrama Unifilar JambaRed.

Subredes		
Subred	Número de <i>Host</i>	
	Actual	Futuro
Voz	148	165
Datos	275	310
Telepresencia	74	89
ECU-911	175	201
Semaforización Centralizada	89	106

Tabla 2.25 Lista de Subredes y números de *Hosts*

Para la creación de las subredes se tomarán en cuenta los siguientes criterios de diseño:

- Direccionamiento basado en IPV4 y se usarán direcciones IP Clase B.
- Cada servicio será una subred diferente.
- El ECU-911 y la Semaforización Centralizada son subredes diferentes.
- No se asignarán direcciones IP a los Hilos Oscuros.
- El direccionamiento IP será únicamente para las Entidades Municipales detalladas en la Tabla 2.26.
- Se va a considerar el RFC 1597 que especifica las direcciones IP reservadas para una Intranet.
- Se considerará un incremento a futuro del 15% para las cámaras del ECU-911 ya que según el INEC es el promedio de crecimiento urbano de Ambato, y los dispositivos que son parte del Sistema de Semaforización Centralizada.
- Para mejorar la eficiencia del direccionamiento se utilizará VLSM.

Para empezar con la asignación de subredes se debe iniciar con la dirección IP Clase B principal, el número de subredes y el número de host de cada subred.

Según el detalle de la Tabla 2.26, la JambaRed se compondrá de 5 subredes y se considerará el número de hosts que a futuro se necesitará.

El RFC 1597 especifica el rango para las direcciones IP Clase B a utilizarse en una intranet: desde la 172.16.0.0 hasta la 172.31.255.255.

Requerimientos de las Entidades Municipales						
Entidad Municipal	Número de Conexiones Actuales			Número de Conexiones a Futuro		
	Voz	Datos	Telepresencia	Voz	Datos	Telepresencia
Centro Cultural La Liria	10	15	6	11	17	7
Terminal Terrestre	12	15	6	13	17	7
Cuerpo de Bomberos EP	8	12	6	9	13	7
Hospital Municipal	12	21	6	13	24	7
Edificio Matriz Centro	8	12	12	9	13	14
Nuevo Edificio Matriz Sur	42	112	12	48	128	14
Quinta Juan León Mera	2	4	2	2	4	3
Quinta Montalvo	2	4	2	2	4	3
EPM GIDSA	12	18	6	13	20	7
EPM Mercado Mayorista	14	22	8	16	25	10
Comisarías Municipales	18	24	8	20	27	10
Mercados Municipales	8	16	0	9	18	0

Tabla 2.26 Requerimientos actuales y a futuro de las Entidades Municipales.

La JambaRed se compone de 761 host, para fines prácticos la dirección IP que se utilizará para la creación de subredes será la 172.20.0.0 y se partirá con la máscara por defecto de una red Clase B: 255.255.0.0

En la Tabla 2.27 se especificará los bits que se tomarán prestados del campo de host, el número de host en total que se obtendrá por cada subred y su máscara correspondiente.

Una vez conocidos los bits que se tomarán del campo de host y las máscaras de red de cada subred, se empezará a crear la tabla de direccionamiento de cada subred que contendrá la dirección IP de cada subred, la IP de inicio y de fin de cada subred así como su dirección de *broadcast*.

Subred	Nº Bits prestados	Nº Total de Host	Máscara
Voz IP	8	254	255.255.255.0
Datos	9	510	255.255.254.0
Telepresencia	7	126	255.255.255.127
ECU-911	8	254	255.255.255.0
Semaforización	7	126	255.255.255.127

Tabla 2.27 Subredes creadas con VLSM.

Subred	IP Subred	IP Primer Host	IP Último Host	IP Broadcast Subred
Voz IP	172.16.0.0	172.16.0.1	172.16.0.254	172.16.0.255
Datos	172.16.1.0	172.16.1.1	172.16.2.254	172.16.2.255
Telepresencia	172.16.3.0	172.16.3.1	172.16.3.126	172.16.3.127
ECU-911	172.16.3.128	172.16.3.129	172.16.4.126	172.16.4.127
Semaforización	172.16.4.129	172.16.4.129	172.16.4.254	172.16.4.255

Tabla 2.28 Tabla de Direcciones IP para las Subredes.

Con el direccionamiento creado se puede apreciar que existe un menor número de direcciones IP que no se usan a diferencia si se emplea el *subnetting* tradicional, aunque en VLSM se desperdicia un menor número de direcciones IP que se las puede utilizar si a futuro existe un mayor crecimiento que el planificado.

A cada subred le corresponderá pertenecer a una VLAN, de esta manera se tendrá tráfico separado lógicamente, una mayor seguridad en el transporte de la información, una mayor eficiencia de transmisión y una mejor administración tanto del equipo de *networking* como de la información que transitará en la JambaRed.

2.9 SOLUCIÓN COMERCIAL PARA LA FIBRA ÓPTICA

Tras conocer el tipo de fibra óptica a utilizar, el número de hilos y la técnica de instalación de la misma, así como el equipamiento activo y pasivo involucrado en la JambaRed, se debe escoger una solución comercial que satisfaga de la mejor manera los requerimientos que se han planteado en este Capítulo.

2.9.1 SOLUCIÓN COMERCIAL PARA EL EQUIPAMIENTO PASIVO

Para escoger la mejor solución comercial del *backbone* y accesorios necesarios en el tendido de la Fibra Óptica se considerarán tres casas fabricantes muy conocidas en el mercado cuyos productos son los de mejor calidad y se encuentran en nuestro medio comercial.

Según la Tabla 2.29, la fibra óptica que ofrece el fabricante OPTRAL es la que presenta el menor diámetro del cable y atenuación con respecto a las otras dos casas fabricantes.

A pesar que las otras dos casas fabricantes ofrecen flexibilidad con relación a la ventana de transmisión, convendría usar un cable de fibra óptica delgado y ligero que es óptimo para la instalación por microductos como los que se propone en la instalación por medio de la técnica de microzanjado.

Cable de Fibra Óptica G652.D Backbone				
Protecciones	Usos	Diámetro Exterior (mm)	Longitudes de Onda (nm)	Atenuación Máxima (dB/Km)
WAVEOPTICS FOSPC-096-F-SJSA				
Bloqueo de agua Anti roedores Anti impactos Antidisparos Relleno de gel Tubo holgado	Externa Aérea Ductería Subterránea Metro	14,6	1310/1383/1550	0.36/0.36/0.22
CORNING 096EUC-T4101A20				
Dieléctrico Libre de Gel Resistente rayos UV	Externa Aérea Ductería Enterrado Directo	13,8	1310/1383/1550	0.4/0.4/0.3
OPTRAL HDDP				
Dieléctrico Tubos con gel Fibra de vidrio reforzada WB Anti roedores	Externa Ductos	9,6	1310/1550	0.35/0.24

Tabla 2.29 Comparación de cables de fibra óptica. [59, 60, 61]

Los microductos deben ser resistentes a fuertes presiones físicas, impermeables, indeformables por cambios de temperaturas y deben tener un diámetro interior mínimo de 10 mm para que el cable de fibra óptica escogido no tenga problemas al momento de proceder con la instalación de la misma.

Las diferentes soluciones comerciales en cuanto a microductos no difieren entre las casas fabricantes, pero la característica más relevante que se debe analizar es la resistencia física que tiene el producto ante las presiones externas.

Según la Tabla 2.30, los microductos de GM Plast y K-Net ofrecen la mejor resistencia física a presiones, cuya característica garantiza mayor protección a los cables de fibra óptica. GM Plast requiere un mayor radio de curvatura, pero esto no es problema ya que el diseño del enrutado del cable de fibra óptica cumple radios de curvatura superiores a 40 veces el diámetro promedio de cables de fibra óptica para 96 hilos (aproximadamente 15 cm).

Microductos <i>Backbone</i>					
Fabricante Modelo	Diámetro Interior (mm)	Espesor de pared (mm)	Carga de Tracción (N)	Radio de Curvatura (Mínimo)	Número de microductos
GM Plast A/S FLATLINERS OD/ID 14mm/10mm Type 4	10	4	5000	30 x Ø Exterior	5
Brand-Rex MicroBlo MB07DI1210	10	4	4560	10 x Ø Exterior	7
K-NET Flat 5 - WAY	10	4	5000	14 x Ø Exterior	5

Tabla 2.30 Comparación de características de microductos. [62, 63, 64]

La solución comercial en cuanto a microductos y todos sus accesorios (los accesorios de los microductos son elaborados con el mismo material que los microductos y ofrecen alternativas como derivaciones, cajas de revisión, cajas de paso, etc.) que ofrece mayores ventajas en cuanto a protección de la integridad

física del cable de fibra óptica es la que ofrece la casa fabricante K-Net ya que es el único que en su cartera especifica tapas para pozos de revisión necesarios en este proyecto.

Para realizar la interconexión entre el *backbone* de fibra óptica y el equipamiento activo se necesita una bandeja donde sea fácil la organización de los hilos de fibra óptica, la fusión con los *pigtails* y así poder realizar la transmisión de datos de los diferentes puntos de la JambaRed.

Estas bandejas especiales reciben el nombre de ODF's y su función es sumamente importante en el equipamiento activo de la JambaRed; para resguardar la integridad física del *backbone* de fibra óptica, se debe escoger un ODF que cuente con seguridades físicas como llaves mecánicas o magnéticas y restringir la manipulación no autorizada de los hilos de fibra óptica.

La comparativa de soluciones comerciales para determinar el mejor ODF se detalla en la Tabla 2.31.

El ODF que cumple con esta característica es el comercializado por SIEMON, su número de puertos para reserva, la seguridad física que ofrece y la comodidad en cuanto a instalación y mantenimiento lo hacen un ODF ideal para nuestras necesidades.

ODF Fibra Óptica					
Fabricante Modelo	N° De Puertos	UR	Material de Fabricación	Tipos de Cubierta	Seguridad Física
OPTRONICS OPDIRA4UV	144	4	Acero Laminado	Abatibles	Protección frontal de acrílico Protección trasera de acero
SIEMON RIC3-72-01	188	4	Plástico UL94V-0	X	Rotación del panel frontal Seguridad por medio de llave física
MG FIBER TECHNOLOGIES MGFT- 15BD96MN1N	96	2	Acero Norma IP20	X	Orejas Deslizables Bandeja retráctil, inclinación de 45°

Tabla 2.31 Comparación de características de ODFs. [65, 66, 67]

Para interconectar el ODF con los equipos activos se necesita de *patch cords*, los mismos que deben cumplir características de alta calidad, transmisión a velocidades altas y ser idénticos a las características del cable de fibra óptica o por lo menos compatible con las mismas.

Recordando que el cable de fibra óptica cumple con el estándar UIT-T G.652.D, fibra tipo monomodo, soporta velocidades de 10 Gbps, trabaja en las ventanas de transmisión de 1310/1550 nm. Los *patch cords* deberán ser construidos en materiales resistentes a las torsiones mecánicas ya que en las bandejas organizadoras de cables existe constante manipulación.

En cuanto a funcionalidad, las casas comerciales ofrecen los mismos tipos de *patch cords*, la diferencia radica en las características mecánicas y de seguridad que ofrezcan. La marca Brand-Rex ofrece un cable ultraflexible, terminaciones de los conectores tipo UPC una pérdida de retorno menor y una construcción del cable con características retardadoras de combustión en caso de incendio; por lo cual el *patch cord* ultraflexible de Brand-Rex sería el más idóneo para ser utilizado en la JambaRed. Ver Tabla 2.32.

Los *racks* son albergadores y protectores físicos del equipamiento activo y pasivo de una red, por lo cual su seguridad y robustez física deben ser considerados como la característica más relevante para escoger la mejor solución comercial.

<i>Patch Cord</i> Fibra Óptica G652.D					
Fabricante Modelo	Protecciones	Pérdida de Inserción (dB)	Pérdida de Retorno (dB)	Torsión (N° de vueltas)	Tipo de Pulido
OPTRONICS Radius	LSHF Dúplex	0,2	X	X	PC
BRAND-REX HOPLC 008010SC203	Dúplex LSHF Ultraflexible	0,3	45	5	UPC
SIEMON FBPLCULCUL-PHC	RoHS LSOH Dúplex	0,25	55	X	UPC

Tabla 2.32 Comparación de características de *Patch Cords* Fibra Óptica. [68, 69, 70]

Racks Cuartos de Telecomunicaciones				
Fabricante/Modelo	UR	Seguridad	Capacidad (Kg)	Ventilación
RACKSOLUTIONS Server Cabinets Model 151	27	Con cerradura Desmontables Reversibles	762	76% de Perforación en puertas 6 Ventiladores Axiales
NORCO TECHNOLOGIES C-24U	24	Con cerradura Desmontables Reversibles	758	Perforación en puertas Techo Perforado
OPTRONICS OPGAPI022PV	22	Con cerradura Desmontables Reversibles	150	Extractor de humo Perforación en puertas

Tabla 2.33 Comparación de características de *racks*. [71, 72, 73]

El *rack* que soporta mayor peso e incluso ofrece alternativas de ventilación extra es el comercializado por Rack Solutions, el cual servirá en los diferentes cuartos de telecomunicaciones.

La conexión entre los diferentes elementos que formarán parte del Sistema de Telepresencia se la realizará con cable UTP Cat. 6, por lo cual se necesitará cable UTP, *Patch Panels*, *Jacks RJ-45* y *Patch Cords*.

Los *Patch Panels* no difieren mucho en sus características, pero la casa comercial SIEMON resalta en características físicas de protección por lo cual dicha solución comercial sería la más idónea para albergar los *Jacks RJ-45*.

Patch Panel Categoría 6			
Fabricante/Modelo	Tipo de Material	Puertos	Calibre aceptado
SIEMON HD 6	UL 94 V-0 RoHS Free PVC	24	23-26 AWG
PANDUIT NK6PP24P	RoHS	24	22-26 AWG
FURUKAWA 24P ANGULAR 1U	RoHS SAE1020	24	No especifica

Tabla 2.34 Comparativa de características de *Patch Panels*. [74, 75, 76]

Los *Jacks RJ-45* deben ofrecer comodidad de instalación y perfecta funcionalidad, la característica más relevante es la resistencia en DC la cual determina la

conductividad que ofrecen las clavijas de conexión. PANDUIT ofrece la menor resistencia eléctrica, un mayor rango de calibres de los conductores aceptados e incluso una mayor velocidad de transmisión.

Jacks Modular RJ-45 Categoría 6					
Fabricante Modelo	Tipo de Material	Velocidad Máxima	Calibre AWG	Identificación	Resistencia DC
PANDUIT CJD688TGIW	LSZH	1.2 Gbps	22 – 26	Colores Íconos	0.04 Ω
SIEMON Premiun MX6	No especifica	No especifica	24 – 26	Colores	No especifica
FURUKAWA GigaLan CAT.6	RoHS UL 94 V-0 IP67	1 Gbps	22 – 24	Colores	0.1 Ω

Tabla 2.35 Comparativa de características de *Jacks* RJ-45. [77, 78, 79]

Los *patch cords* UTP al igual que los *patch cords* de fibra óptica son los puentes de conexión entre el sistema de cableado y los diferentes equipos y/o terminales de la red de datos.

Según PANDUIT ofrecen una mayor velocidad de transmisión e incluso materiales de gran resistencia a los cambios físicos externos por lo cual esta solución comercial sería aceptable.

Patch Cord Categoría 6			
Fabricante/Modelo	Tipo de Chaqueta	Velocidad Máxima	Calibre
DATAPRO 1775-03C-GRY	RoHS CL2 Rated	10 Gbps	24 AWG
PANDUIT UTP6X3	Riser & LSZH Plenum	>10 Gbps	23 AWG
BELKIN A3L980q100-S	PVC HDPE	10 Gbps	24 AWG

Tabla 2.36 Comparativa de características de *Patch Cords* UTP Cat 6. [80, 81, 82]

2.9.2 SOLUCIÓN COMERCIAL PARA EL EQUIPAMIENTO ACTIVO

La selección del equipamiento activo es la parte más crítica en cuanto a la búsqueda de soluciones comerciales que den vida al proyecto, ya que la eficiencia de la red se determina mayormente en la velocidad de conmutación de los equipos de *networking*.

El equipo de *core* del tipo Capa 3 debe cumplir con todas las especificaciones detalladas anteriormente, tomando en cuenta que un equipo con interfaces para fibra óptica (SFP o SFP+), es mucho más rápido que los que usan conversores ya que disminuyen la velocidad de transmisión y generan puntos de falla en cuanto a la capa de transmisión.

La Tabla 2.37 detalla la comparativa entre de las características más relevantes de tres marcas comerciales de *networking* que determinará el equipo más idóneo para la JambaRed.

Switch de Core Capa 3 SW-C			
Marca Modelo	Cisco Catalyst WS-6513-E	HP FlexFabric 11908-V	JUNIPER EX9204
Número de Slots	13	8	4
Tipo de Puertos Soportados	10/100 Mbps 1/10GbE 1/10GBASE-T 40GbE	1/10GbE 1/10GBASE-T 40GbE	10GbE 40GbE 100GbE
Throughput	60 Mbps	60 Mbps	No Especifica
Backplane (Tbps)	8	7,7	1,6
Latencia 1000 Mb	No Especifica	3,7 uS	No Especifica
Latencia 10 Gb/s	No Especifica	2,1 uS	No Especifica
Tipo de Redundancia	Alimentación Control Supervisión	Alimentación Control	Alimentación Control
Tipo de Soporte IPV4/IPV6	<i>Hardware</i>	<i>Software</i>	<i>Software</i>
Disponibilidad	No Especifica	99,999%	No Especifica

Tabla 2.37 Comparativa características del Switch Core Capa 3. [83, 84, 85]

Tras el análisis de las características detalladas en la Tabla 2.37, CISCO ofrece un mayor número de *slots* dando mayor escalabilidad, un *backplane* superior, dando eficiencia y redundancia en los tres controles primordiales en este tipo de *switch*, incluso el soporte de IPV6 basado en *hardware* que lo hace mucho más rápido en la conmutación de paquetes que el soporte IVP6 basado en *software*. Por lo cual, CISCO sería el *switch* modular más robusto que será el encargado de conmutar todos los paquetes de la JambaRed.

Los módulos externos como lo son módulos SFP y módulos de administración deben ser de la misma casa comercial ya que es imposible acoplar módulos que no sean de las mismas casas comerciales. Mediante un análisis rápido de los módulos que ofrece la marca CISCO se determina las siguientes soluciones que se acoplan a los requerimientos determinados anteriormente.

- Módulo de Administración VS-S2T-10G-XL
- Módulo SFP+ WS-X6816-10G-2TXL

Dichos módulos exceden todos los requerimientos estipulados en la sección 2.7.4.1 de este capítulo garantizándonos compatibilidad y una excelente funcionalidad.

El *switch* de distribución se encargará de enlazar los hilos de fibra óptica en todos los nodos y Entidades Municipales, se enlazará a futuro con los canales de comunicación del ECU-911, por lo cual, este equipo debe prestar características de gran velocidad de conmutación, alta disponibilidad y puertos SFP+.

La Tabla 2.38 describe el *switch* de distribución cuyas características deben asegurar al igual que el *switch* de *core*, enlaces de fibra óptica, altas velocidades de conmutación, redundancia de enlaces, equipo modular y que soporte Capa 3 en caso de que falle el *switch* principal.

HP NETWORKING ofrece una gran eficiencia además de contar con enlaces de hasta 40 GbE pero el *backplane* es bastante bajo con relación a los otras marcas, CISCO ofrece mayor número de *slots* por lo cual la escalabilidad es mucho mayor en comparación con las otras marcas, además de tener un mayor *backplane* y soporte en *hardware* para direccionamiento IPV6. Por lo cual, escoger a esta

solución la marca CISCO añadiría mayor escalabilidad y eficiencia en la capa de distribución.

Switch de Distribución SW-A1			
Marca Modelo	Cisco Catalyst WS-4510R+E	HP 7510 JD238B	JUNIPER EX8200-40XS
Número de Slots	13	10	8
Tipo de Puertos Soportados	10/100 Mbps 1/10GbE 1/10GBASE-T	10/100/1000 Mbps 10GBASE-T 40 GbE	10/100 Mbps 1/10GbE
Throughput	No Especifica	714 Mbps	No Especifica
Backplane (Tbps)	2	1,1	1,2
Latencia 1000 Mb	No Especifica	3,7 uS	No Especifica
Latencia 10 Gb/s	No Especifica	2,1 uS	No Especifica
Tipo de Redundancia	Alimentación Control Supervisión	Alimentación Control	Alimentación Control Enlace
Tipo de Soporte IPV4/IPV6	<i>Hardware</i>	<i>Software</i>	<i>Software</i>
Disponibilidad	No Especifica	99,999%	No Especifica

Tabla 2.38 Comparativa de las características de *Switches* de Distribución. ^[86,87,88]

Los *switches* Gigabit Ethernet serán los encargados de enlazar los equipos del Sistema de Telepresencia, interconectar las LANs del GADMA (a futuro) con la JambaRed, por lo cual se debe escoger un equipo que tenga las mayores prestaciones como velocidad de conmutación, redundancia de enlaces y soporte enlaces para fibra óptica que serán necesarios para interconectar las diferentes capas lógicas de nuestro modelo jerárquico. La Tabla 2. 39 describe el *switch* Gigabit Ethernet.

El *switch* HP NETWORKING presta un mayor *throughput* de los modelos expuestos cuenta con módulos SFP de 1 Gbps y el *backplane* es bastante alto, pero carece de redundancias críticas como lo son las de CPU y *backplane*.

Switch Gigabit Ethernet SW-B1			
Marca Modelo	Cisco Catalyst WS-C3750X-24T-E	HP 5500-24G SI	JUNIPER EX2200-24T
Velocidad de los puertos Ethernet	10/100/1000	10/100/1000	10/100/1000
Capas Soportadas	Capa 2 Capa 3	Capa 2 Capa 3	Capa 2 Capa 3
Número de Puertos	24 GbE 4 SFP 1 Gb 2 SFP+ 10Gb	24 GbE 4 SFP 1Gb 2 Módulos extra	25 GbE 4 SFP 1Gb
Throughput	65,5 Mbps	107,2 Mbps	41,7 Mbps
Backplane (Gbps)	160	144	56
Latencia 1000 Mb	No Especifica	3,2 uS	No Especifica
Latencia 1 Gb/s	No Especifica	2,6 uS	No Especifica
Tipo de Redundancia	Alimentación Enlaces CPU Reloj <i>Backplane</i>	Alimentación Enlaces	Enlaces <i>Backplane</i>

Tabla 2.39 Comparativa de características de *Switches* Gigabit Ethernet. ^[89, 90, 91]

CISCO ofrece enlaces SFP de 10 Gbps lo cual ayudaría para eliminar “cuellos de botella” en los enlaces entre capas del modelo lógico planteado, a pesar de tener un menor *throughput* pero es compensado con un *backplane* más alto y la redundancia en sus componentes principales. Por lo cual arriesgando una menor velocidad de conmutación en los puertos pero asegurando una mayor disponibilidad de los enlaces se escoge la opción presentado por CISCO.

Los *Access Points* servirán únicamente como enlace para equipos inalámbricos, por lo cual no necesita equipos robustos ni de características especiales.

HP NETWORKING ofrece un *Access Point* bastante robusto con un mayor ancho de banda e incluso una mayor cantidad de antenas que aumentan la cobertura y disminuyen interferencia de otros dispositivos, a pesar que tiene una menor potencia con respecto a los demás *Acess Points*. No es crítico el detalle de la potencia ya que los *Access Points* serán colocados únicamente cerca de las Salas de Telepresencia ubicadas en las Entidades Municipales, por lo cual, HP

NETWORKING sería la casa comercial elegida para crear los accesos inalámbricos.

<i>Access Point</i>			
Marca Modelo	Cisco Aironet 3500p	HP E-MSM430	JUNIPER WLA322
Velocidad	300 Mbps	450 Mbps	300 Mbps
Bandas Soportadas	a/b/g/n	a/b/g/n	a/b/g/n
Antena	2 Integradas Banda Dual 2.4/5 GHz Omnidireccional	6 Integradas Banda Dual 2.4/5 GHz Omnidireccional	2 Integradas Banda Dual 2.4/5 GHz Omnidireccional
Máxima Potencia	20 dBm	17,5 dBm	21 dBm

Tabla 2.40 Comparativa de características de los *Access Points* [92, 93, 94]

Una vez obtenido los equipos activos que se acoplarán a la JambaRed, se debe determinar la potencia total de consumo para de esta manera dimensionar los UPS's que se necesitarán en los cuartos de telecomunicaciones de los Nodos y las Entidades Municipales.

Consumo Energía Eléctrica (W)					
Ubicación	SW C	SW A-1	SW B-1	AP	TOTAL
Nodo Colegio Rumiñahui		4000	350		8700
Nodo Miraflores		4000	350		8700
Nodo Colegio Hispano América		4000	350		8700
Nodo Comisaría		4000	350		8700
Nodo Colegio Bolívar		4000	350		8700
Centro Cultural "La Liria"		4000	350	12,9	8712,9
Cuerpo de Bomberos EP		4000	350		8700
Terminal Terrestre		4000	350	12,9	8712,9
Edificio Matriz Centro		4000	350	12,9	8712,9
Edificio Matriz Sur	6000	4000	350	12,9	14712,9
Hospital Municipal		4000	350	12,9	8712,9

Tabla 2.41 Consumo de energía eléctrica. [83, 86, 89, 93]

Como se puede apreciar, en promedio se tiene un consumo de 8,7 KW tanto en los Nodos como en las Entidades Municipales, excepto en el Edificio Matriz Sur, por lo cual contar con dos UPS que puedan brindar una potencia real de 8 KW bastaría para satisfacer las necesidades de alimentación eléctrica en casos de cortes eventuales del servicio eléctrico. En el Edificio Matriz Sur se contará con tres UPS de 8 KW.

En la Tabla 2.41 se detallará todo el equipamiento activo, el consumo de energía de cada equipo y el total requerido tanto en los Nodos como en los Cuartos de Telecomunicaciones.

La Tabla 2.42 detalla la comparativa de tres UPSs comerciales.

UPS 10000 VA					
Fabricante/Modelo	Potencia (W)	UR	Eficiencia	Tiempo de Descarga	Tiempo de Carga
APC Smart-UPS VT 10kVA	8000	6	92%	60 min	2,2 Horas
TRIPP-LITE SU10KRT3U	9000	9	91%	55 min	6 Horas
EMERSON GXT3-10000RT208	9000	6	No Especifica	70 min	6 Horas

Tabla 2.42 Tabla comparativa de los UPSs. ^[95, 96, 97]

APC a pesar de tener una menor potencia de salida real, la velocidad de recarga es sumamente mayor que las demás soluciones, por lo cual contar con un menor tiempo de recarga es mucho mejor que un poco de más potencia de salida ya que con la utilización de dos UPS's por cada rack se equilibra la carga de consumo.

En la Tabla 2.43, se presenta un resumen de todo el equipamiento involucrado en la infraestructura física de la JambaRed, así como las marcas y modelos comerciales que brinden la mejor solución técnica.

RESUMEN EQUIPAMIENTO ACTIVO Y PASIVO			
Detalle	Marca	Modelo	Cantidad
Cable Fibra Óptica G.652.D	OPTRAL	HDDP	14046 mts
<i>Patch Cord</i> FO	BRAND-REX	HOPLC008010SC203	110
ODF 96 Puertos	SIEMON	RIC3-72-01	16
Microductos	K-NET	Flat 5 - WAY	13916 mts
Pozos de revisión	K-NET	Accesorios FlexPad	138
<i>Patch Panel</i> Cat 6	SIEMON	HD@6	7
<i>Patch Cord</i> Cat 6	PANDUIT	UTP6X3	25
<i>Jack</i> RJ 45 Cat 6	PANDUIT	CJD688TGIW	70
<i>Rack</i> Cerrado 24 UR	RACK SOLUTIONS	Model 151	9
<i>Switch</i> Core Capa 3	CISCO	WS-6513-E	1
<i>Switch</i> Distribución	CISCO	WS-4510R+E	22
<i>Switch</i> Giga Ethernet	CISCO	WS-C3750X-24T-E	11
<i>Access Point</i> 802.11	HP	E-MSM430	5
UPS 10000 VA	APC	Smart-UPS VT 10kVA	23

Tabla 2.43 Resumen de la solución comercial para la IT de la JambaRed.

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SISTEMA DE TELEPRESENCIA

3.1 INTRODUCCIÓN

La necesidad de acortar distancias, reducir costos de movilización y comunicación de una empresa que cuente con más de un centro de operaciones han permitido el desarrollo de tecnologías de comunicación remota como las llamadas de larga distancia, fax, correo electrónico, telefonía IP, vídeo conferencias, *vídeo streaming*, etc.

Todas estas tecnologías revolucionaron el mundo de la comunicación digital, pero los usuarios sentían la verdadera distancia que los separaba, el audio y el vídeo estaban comprometidos con el ancho de banda y para poder satisfacer necesidades adicionales como el intercambio de información en formato digital era necesario implementar aplicaciones adicionales.

Los Sistemas de Telepresencia dan solución a estos inconvenientes en cuanto a comunicación digital remota de alta calidad se refiere, integrando múltiples aplicaciones en un solo servidor.



Figura 3.1 Salas de Telepresencia. ^[98]

Pero no solo el servidor hace su trabajo, la creación de salas de telepresencia aumenta la sensación de tener a los otros conferencistas presentes, así se encuentran a miles de kilómetros de distancia; esto se logra con la utilización del

audio digital envolvente, vídeo en alta definición, sonidos con efecto 3D y el correcto diseño de todo el Sistema de Telepresencia.

La comunicación remota en un futuro muy próximo será basada en Sistemas de Telepresencia reduciendo costos de transporte y comunicación significativamente, ayudando a desarrollar nuevas tecnologías, reduciendo la inversión en equipos de tecnología y preservando el medio ambiente.

Algunas ventajas de los sistemas de telepresencia son: ^[98]

- Disminución de gastos en viajes. Reducción de costes generales de empleados, formación corporativa, entrevistas, contratación y gestión de proyectos dando un ahorro de hasta un 30 % en gastos de viajes, reduce el tiempo de comercialización de productos y servicios nuevos en un 24 %, reduce el tiempo de inactividad en un 27 %, ahorra un 25 % en formación de empleados, disminuye tiempos de contratación en un 19 %, reduce los costes de ventas en un 24 %.
- Interfaces más sencillas facilitando más que nunca la creación de una 'cultura de colaboración' entre los teleconferencistas⁵⁷.
- Aunque las organizaciones pueden estar geográficamente distantes de sus compañeros, clientes y socios, ya no es necesario viajar para ser eficaz. Las soluciones colaborativas permiten a equipos remotos reunirse en cualquier momento y desde cualquier lugar. Los viajes de negocios se reducen, así como las emisiones de carbono y, por consiguiente, la telepresencia es una solución tecnológica verde.
- Máxima seguridad en las teleconferencias cuidando los datos proporcionados en las mismas.
- Integración entre plataformas, soluciones comerciales, equipos y aplicativos.

3.2 ARQUITECTURAS DE LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA

Sería muy extenso analizar todas las soluciones comerciales en cuanto a los sistemas de telepresencia que se tiene en el mercado actualmente, por lo cual se

⁵⁷ Teleconferencistas: Término usado para las personas que hacen uso de un sistema de Telepresencia.

analizará únicamente a los proveedores de IT que presten mayores servicios, aplicativos novedosos y funcionales.

Cisco, HP Networking, D-Link, Aruba Networks, Alcatel-Lucent Enterprise, Networks, Avaya, Netgear, Juniper Networks, Motorola Solutions, Adtran, Xirrus, Fortinet, Dell, Enterasys Networks y Huawei son proveedores líderes a nivel mundial de tecnología en cuanto a telecomunicaciones se refiere; pero en Sistemas de Telepresencia la cartera comercial y tecnológica se reduce a unos cuantos, como principales casas comerciales inmersas en esta tecnología se tiene a: Cisco, Polycom, Huawei, HP Networking y Unitronics.

Cisco no solo es uno de los principales fabricantes de equipamiento utilizado en *networking*⁵⁸, también es el perito en la cartera tecnológica en Sistemas de Telepresencia siendo el primer fabricante en lanzar el protocolo de comunicación para equipos de telepresencia, ofreciendo una amplia gama de soluciones.

Polycom es el primer fabricante de esta tecnología, presume tener mejor tecnología que Cisco, teniendo mayor presencia en el mercado, una amplia experiencia e innovación y por su parte Huawei ofrece una amplia gama de terminales en Telepresencia, y es un gran fabricante de equipos de Telecomunicaciones a nivel mundial. Por lo tanto, estas tres marcas son las más experimentadas y tecnológicamente bien desarrolladas para estudiar sus arquitecturas y protocolos y así escoger la mejor opción para la futura utilización de los funcionarios del GADMA.

3.2.1 ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA CISCO ^[20]

La arquitectura de Cisco que da vida a los Sistemas de Telepresencia se basa en el *Cisco Unified Communications (UCM)*⁵⁹, destacando la interactividad entre Salas Inmersivas (sensación real de comunicación), dispositivos móviles e incluso terminales de Voz IP. La Figura 3.2 muestra los elementos más comunes en una red unificada de comunicación de Cisco.

⁵⁸ Networking: Término utilizado para referirse a las redes de telecomunicaciones en general y a las conexiones entre ellas

⁵⁹ Cisco Unified Communications: Es la plataforma de control de llamadas y aprovisionamiento para dispositivos Cisco.

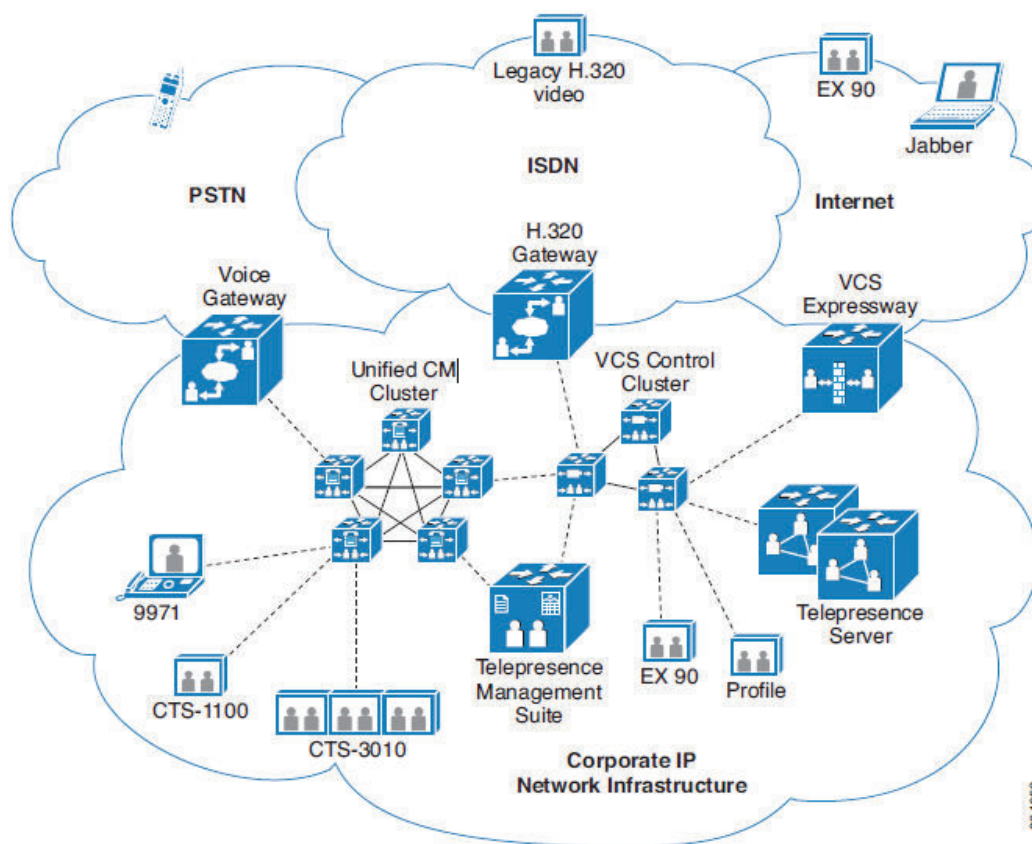


Figura 3.2 Arquitectura CTS de CISCO. ^[20]

La Arquitectura se centra en los protocolos, códecs de audio y vídeo así como en los diferentes servicios utilizados por los Sistemas de Telepresencia.

La Arquitectura de Telepresencia de Cisco se denomina CTS *Cisco TelePresence System* teniendo varios componentes que permiten la comunicación con otros sistemas de comunicación multimedia, una gran variedad de equipos terminales que darán al usuario la sensación de comunicación presencial, equipos de seguridad para comunicaciones confiables y aplicaciones que administran las diferentes llamadas multimedia.⁶⁰

Para entender de mejor manera cómo funcionan los Sistemas de Telepresencia de Cisco, se analizará la Arquitectura de vídeo utilizada.

⁶⁰ Llamada Multimedia: Llamada entre dos o más personas usando elementos multimedia como audio, Vídeo, imágenes y contenidos informativos.

TelePresence Management Suite (TMS) Management features



Figura 3.3 Componentes del Sistema de Telepresencia de Cisco ^[99]

3.2.1.1 Arquitectura CTS de CISCO

Los micrófonos, altavoces, procesadores de audio y vídeo son llamados equipos terminales los cuales son dispositivos que el usuario utiliza o se beneficia de los mismos; necesitan de un servidor o equipo administrador de servicios y conexiones para que estos dispositivos brinden su servicio a todos los usuarios.

Se necesita una infraestructura de red que soporte el transporte de audio, vídeo y datos, la cual brinde direccionamiento los paquetes de información generados por los servidores de audio-vídeo; dichos paquetes serán propagados por una red de telecomunicaciones para poder comunicar a los usuarios finales.

Toda esta pila de capas y servicios debe estar controlada por un *software* de gestión que controla, administra y brinda el soporte en la comunicación.

Los Sistemas de Telepresencia se los considera como servicios “*gold*” ya que la calidad de vídeo mínima es de 720p (HD), soporta salas multipropósitos e incluso salas inmersivas con una calidad de 1080p (Full HD).

La Figura 3.4 muestra las capas que integran la CTS de Cisco.

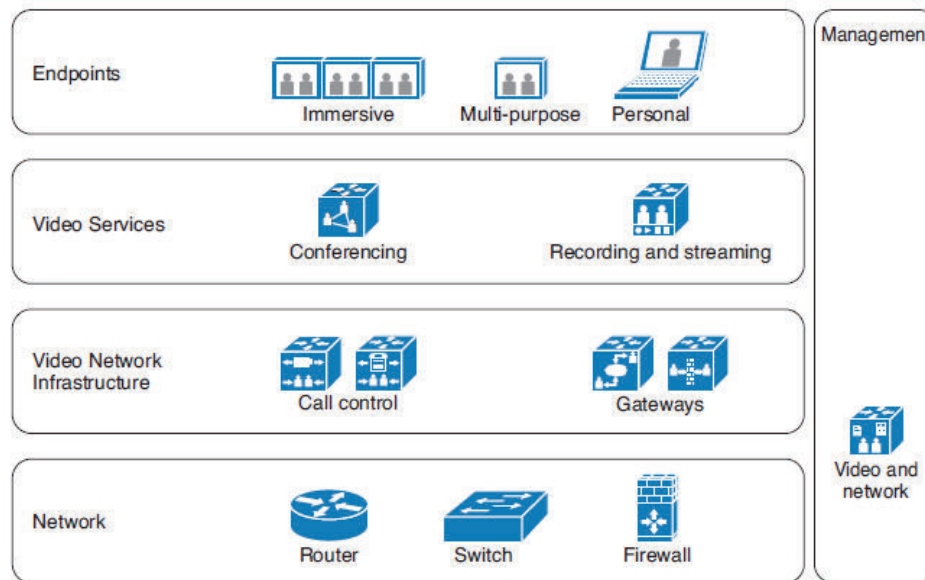


Figura 3.4 Arquitectura de Vídeo de CISCO. [20]

Cisco implementa un sistema completo de *streaming* para Telepresencia cuyos elementos principales son:

- *Cisco TelePresence Content Server* (TCS): Ofrece grabación, *streaming* y reproducción en vivo.
- *Cisco TelePresence Recording Server* (CTRS): Plataforma que proporciona “modo estudio”, grabación y reproducción en Full HD y HD para Sistemas CISCO en formato RIF⁶¹.

Video Network Services ofrecen servicios fundamentales como el enrutamiento de llamadas y acceso a redes de vídeo externo. Cisco ofrece dos plataformas de control de llamadas principales para vídeo interactivo: *Cisco Unified Communications Manager* (*Unified CM*) y *Cisco TelePresence Video Communication Server* (*VCS*). *Unified CM* se utiliza para el control de llamadas y el aprovisionamiento de servicios para voz IP.

Unified CM es la plataforma de control de llamadas y aprovisionamiento para dispositivos usados con *Cisco TelePresence* y *Cisco Unified Communications*.

⁶¹ Formato creado para la impresión de producción (tamaño demasiado pequeño). Relativo a los colores, este formato es muy pobre, se usa sólo para procesar imágenes de tipo RGB.

Cisco VCS fue diseñado para proporcionar el control de llamadas para H.323 y para el Protocolo de Inicio de Sesión (SIP) en ambientes de vídeo con funciones avanzadas.

Los *Gatekeepers* son las puertas de enlace de vídeo que proporcionan acceso desde una red a otra. *Gatekeepers* RDSI proporcionan conectividad entre terminales de vídeo normales y terminales de vídeo H.320. *Advanced Media Gateways* proporciona la comunicación entre Servidores Microsoft *Communications* y Sistemas Estándares de Telepresencia y Videoconferencia. *IP-to-IP Gatekeepers* ofrecen comunicación por medio de protocolos de internet. Existe otro *Gatekeeper* llamado *Unified Border Element* como una puerta de enlace IP-a-IP, ya que proporciona un punto de demarcación⁶² y añade seguridad entre las redes de los clientes.

La Plataforma de Gestión de vídeo desempeña múltiples funciones, tales como el registro, manejo de terminales de vídeo y monitoreo de la infraestructura, y en algunos casos el aprovisionamiento o rastreo de los flujos de medios de comunicación a través de la red.

Cisco TelePresence Management Suite es un *software* de gestión que se puede cargar en cualquier servidor. Cisco TMS proporciona el lanzamiento de llamadas, planificación, monitoreo y aprovisionamiento para los puntos finales registrados en la VCS. El TMS también proporciona programación y estadísticas para las terminales registradas con *Unified CM*.

TMS también amplía las características de programación y algunas de monitoreo para la Telepresencia de terceros tales como Polycom y LifeSize.

El TMS se puede integrar con los sistemas de calendario de la empresa como Microsoft Exchange, para programarse conjuntamente con herramientas como Microsoft Outlook. TMS también tiene una interfaz de programación web incorporado que permite a los usuarios programar reuniones directamente a través de TMS. Se pueden anexar terminales también de otros fabricantes que son no registrados en *Unified CM*.

⁶² Marca el último punto de la red que es responsabilidad del proveedor de servicios.

Cisco Prime Collaboration Manager es una plataforma de gestión de red basada en un servidor que permite el monitoreo en tiempo real y el análisis de los flujos, desde dispositivos compatibles con *Cisco Medianet* como lo son: routers y *switches* que admiten *Cisco Mediatrace* (mapea las rutas a través de la red y que pueden ser utilizadas sólo con puntos finales que contienen el *Cisco Media Services Interface MSI*). El MSI es un componente de *software* que se incrusta en las terminales de vídeo como aplicaciones de colaboración, y proporciona características avanzadas como la configuración automática de los puertos de red y la iniciación de *Mediatrace*. *Cisco Prime Collaboration Manager* también proporciona informes históricos y una vista de la utilización y las tendencias de los problemas, así como cortes críticos.

Una red bien diseñada es un componente clave de cualquier diseño de vídeo. El uso de protocolos de red existentes, características y herramientas simplifica los despliegues de vídeo y ayuda a asegurar una implementación exitosa.

Dispositivos de vídeo Interactivo son sensibles a la pérdida de paquetes, por lo que es imprescindible mantener la pérdida a un mínimo. La identificación de tráfico de vídeo en la red y asegurar la calidad de servicio (QoS) extremo a extremo proporciona una experiencia de vídeo más previsible.

Con el uso de protocolos como el Protocolo de Descubrimiento de Cisco (CDP), que es una propiedad de *Cisco Data Protocol* en la capa enlace, se puede compartir información entre los dispositivos de red; los terminales de vídeo pueden ser identificados automáticamente, permitiendo así que sus marcas de calidad de servicio puedan ser de confianza, el tráfico que se coloca en la apropiada *Virtual Local Area Network* (VLAN) hace que los paquetes se coloquen en cola correctamente. Además, VLAN se pueden usar para aislar el tráfico de vídeo de otro tráfico de red y así proporcionar seguridad adicional.

Redes – Vídeo es un aplicativo que permite el análisis del tráfico en tiempo real para los problemas de red y dar solución a problemas en un menor tiempo.

El seguimiento de los flujos de vídeo a través de la red ayudan a identificar el punto exacto en la red donde se está produciendo problemas que es esencial en

las redes de hoy, donde los flujos de vídeo entre dos puntos finales pueden tomar diferentes caminos a través de la red, en función de las condiciones de la misma.

Usando *Cisco Medianet*, los dispositivos no sólo permiten el análisis del tráfico en tiempo real sino que también proporcionan datos de utilización que ayuda a evitar sobresuscripción en la red.

3.2.1.2 Protocolos utilizados por CISCO

Los Protocolos proporcionan un conjunto completo de especificaciones y normas para las comunicaciones entre dispositivos.

Los protocolos de control de llamada primarios utilizados en la mayoría de las soluciones de vídeo IP de hoy son H.323, *Session Initiation Protocol* (SIP) y *Skinny Client Control Protocol* (SCCP)⁶³ como lo muestra la Figura 3.5.

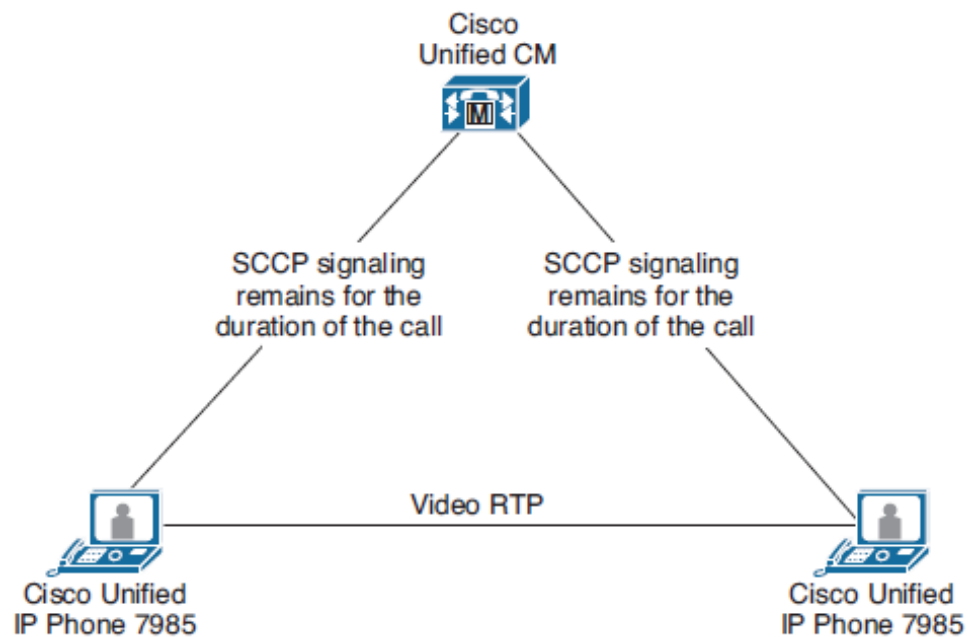


Figura 3.5 Señalización SCCP. ^[20]

La Figura 3.6 muestra un enlace de señalización usando H.323 entre dos puntos de usuario final con un Servidor de Telepresencia (MCU) de Cisco.

⁶³ Protocolo de señalización de CISCO que puede ser o no orientado a señalización muy parecido a H.225.

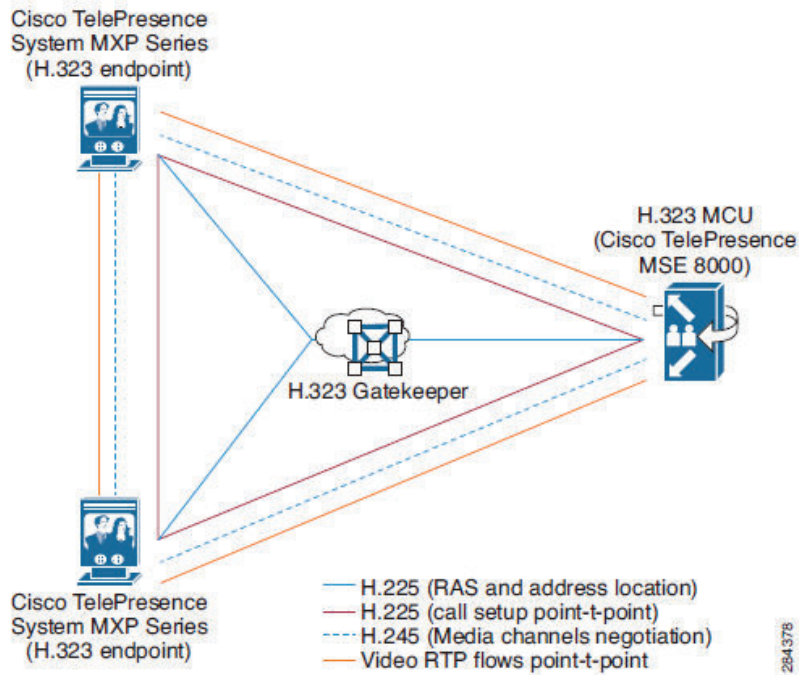


Figura 3.6 Señalización H.323. [20]

La Figura 3.7 muestra un sistema de Telepresencia de Cisco usando señalización mediante el protocolo SIP.

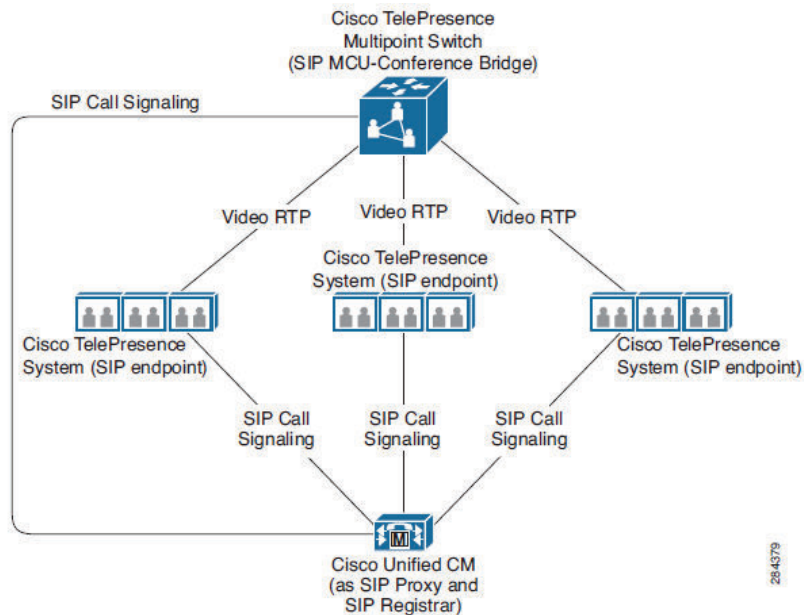


Figura 3.7 Señalización SIP. [20]

Cada tipo de tráfico puede tener un valor de calidad de servicio diferente, y la red después proporciona preferencia a los paquetes que tienen un valor de

identificación QoS más alta. La Tabla 3.1 enumera algunos de los valores estándar utilizados por los distintos tipos de tráfico de voz y vídeo.

Tipo de Tráfico	Clase de Servicio Capa 2	Prioridad IP Capa 3	DSCP Capa 3
Señalización de Llamadas	3	3	CS3 (24)
Voz	5	5	EF (46)
Vídeo	4	4	AF41 (34)
Telepresencia	4	4	CS4 (32)

Tabla 3.1 Valores de QoS definidos para CTS de Cisco. ^[20]

Las llamadas de voz tienen un solo flujo de paquetes. Las llamadas de vídeo tienen dos flujos, uno para vídeo y otro para voz; y es importante para ambas corrientes de la llamada tener los mismos valores de QoS.

Protocolo de Interoperabilidad de Telepresencia (TIP): Cisco desarrolló originalmente el Protocolo de Interoperabilidad de Telepresencia (TIP), pero después fue trasladado a la *Multimedia Telecommunications International Consortium* (IMTC) como un protocolo de código abierto. La norma TIP define cómo multiplexar pantallas y secuencias de audio mediante RTP los flujos multimedia, uno para vídeo y uno para audio. Permite sesiones punto a punto y multipunto, así como una mezcla de multipantallas o mono pantallas en las terminales. TIP define cómo se utilizan las extensiones de RTCP para indicar las capacidades de perfil y opciones de flujo cuando se establece una sesión.

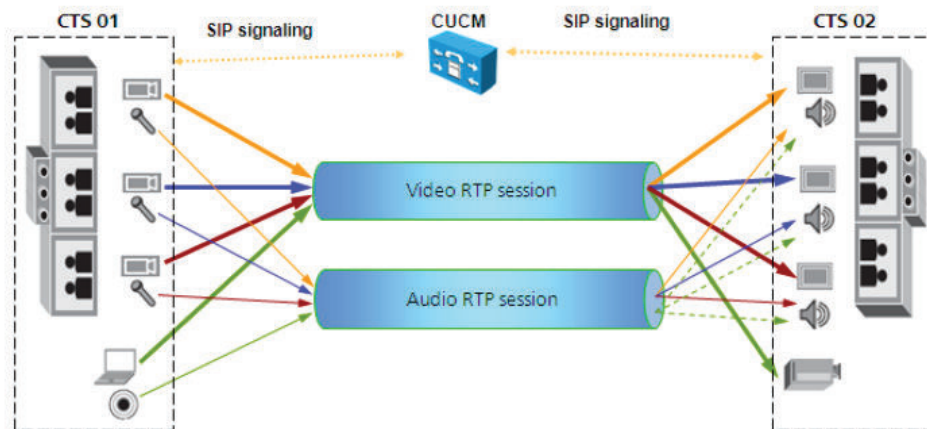


Figura 3.8 Canales multimedia con TIP. ^[100]

TIP usa SIP como protocolo de señalización, establece dos canales de comunicación mediante RTP y controla todo el flujo de datos con RTCP.

Ya que TIP se basa en protocolos estándar, la mayoría de equipos de telepresencia lo soportan, sea en *hardware* o en *software*.

Cisco Unified CM soporta el control de admisión de llamadas utilizando el método de ancho de banda, por lo que llama con diferentes tipos de códecs y ancho de banda para vídeo. Utiliza el mecanismo de regiones para especificar por cada llamada los parámetros de códec y ancho de banda de vídeo, y también utiliza el mecanismo de ubicaciones para especificar el valor de ancho de banda utilizado para limitar las llamadas de voz y de vídeo para un sitio en particular.

El Servicio de Telepresencia no utiliza el control de admisión de llamadas porque la red está diseñada para permitir el tráfico necesario a fin de garantizar la experiencia del usuario a través de tales tecnologías. Esto se logra gracias a que el tráfico de telepresencia está marcado de manera diferente con respecto al tráfico de voz y vídeo; por lo tanto, puede ser puesto en cola por separado y puede proporcionar baja latencia y retardo, preservando así la experiencia del usuario.

3.2.2 ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA HUAWEI ^[101]

Huawei define a la Telepresencia como una solución de videoconferencia construida para comunicaciones basadas en IP que cuentan con redes de vídeo de alta eficiencia.

Esta solución provee una eficiente comunicación de vídeo y facilita la comunicación entre altos ejecutivos para tomar decisiones importantes. Con esta solución se reducen los viajes y los costos que implican los mismos.

Telepresencia: Es un conjunto de tecnologías que permiten que un grupo de personas se sientan como si estuvieran presentes, para dar la apariencia de estar presente, o para tener un efecto, a través de tele robótica, en un lugar que no sea su verdadera ubicación.

Tecnología de la Telepresencia: Conocida como cara a cara o presencia virtual.

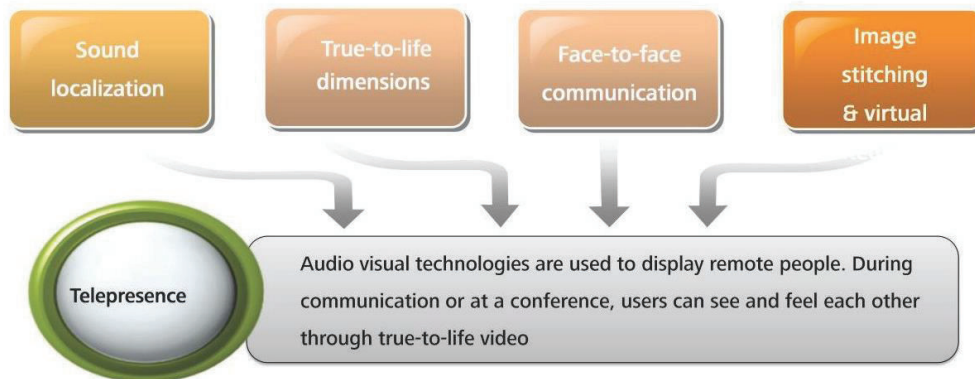


Figura 3.9 Tecnologías usadas en Huawei. ^[101]

Las tecnologías audiovisuales se utilizan para mostrar a las personas alejadas físicamente.

Características:

- La localización por el sonido: El poder juzgar la ubicación a través de la voz.
- Dimensiones reales de la vida: La visualización de la imagen es la misma que la persona real.
- La comunicación cara a cara: El uso de la tecnología de vídeo para hacer que la vista de los participantes sea en el mismo sentido horizontal y lograr una sensación de comunicación cara a cara.

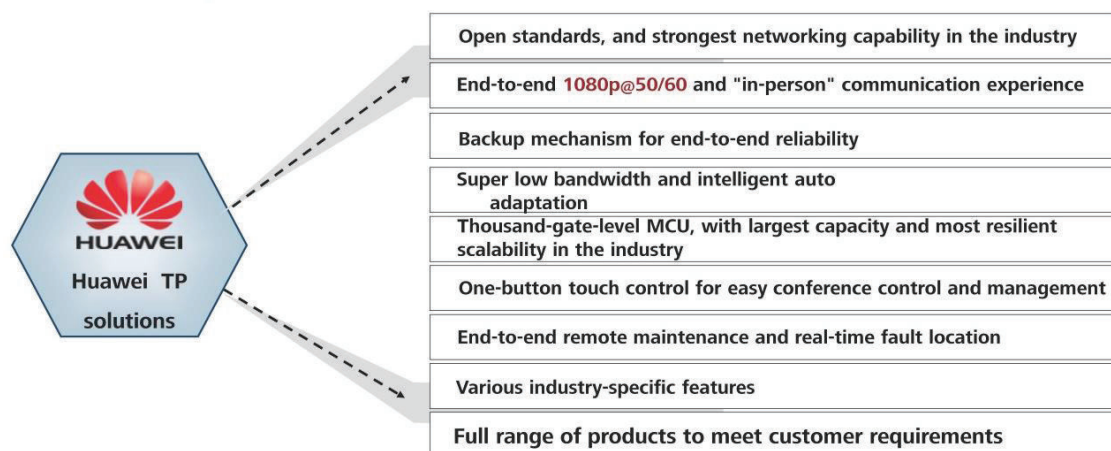


Figura 3.10 Características generales Telepresencia de Huawei. ^[101]

Huawei usa las normas SAC (Administración de Normalización de China), pero también se rige a la normalización establecida por la UIT-T.

Las características de la solución de telepresencia son las siguientes:

- Normas Abiertas, y capacidad de red más robusta.
- 1080p de extremo a extremo y la experiencia de comunicación "en persona" (Telepresencia real).
- Mecanismos de seguridad para fiabilidad de extremo a extremo.
- Optimización del ancho de banda que incluye adaptación automática inteligente del mismo.
- MCU multi-capa, con mayor capacidad y escalabilidad.
- Sistema táctil para el control y gestión de conferencias.
- Mantenimiento remoto y localización de fallas en tiempo real.
- Gama completa de productos para satisfacer cualquier requerimiento.

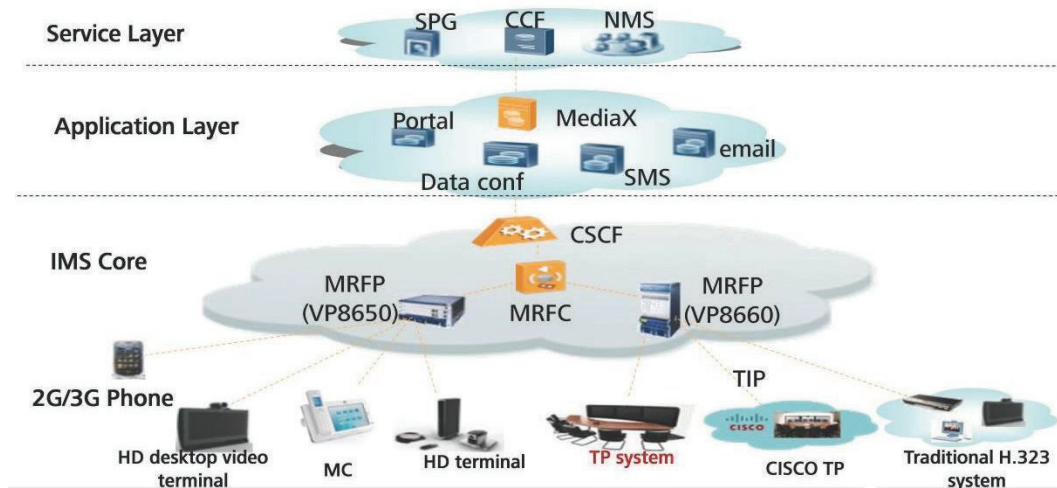


Figura 3.11 Arquitectura de Telepresencia de Huawei. ^[101]

3.2.2.1 Arquitectura Huawei TP de Huawei

El *IMS Core* es el componente de control de la solución de Telepresencia desarrollada por Huawei sobre la base de protocolos estándar (3GPP, TISPAN, ETSI e ITU-T). Cumple los roles de control, *core* y almacenamiento de datos de usuarios para brindar funciones de autenticación de red, control de sesiones,

gestión de *roaming* y movilidad, y control de la calidad del servicio de portadora y de los recursos de medios para los usuarios del IMS. Es el componente clave de las soluciones multimedia y de VoIP, que combinan aplicaciones móviles y fijas.

Huawei puede trabajar con el protocolo propietario TIP de Cisco en todos sus equipos.

Para celebrar una teleconferencia a la que asisten varios sistemas de telepresencia, se requiere un puente MCU para el intercambio y la transferencia de audio, vídeo, y señales de datos. Si este puente de comunicación es compatible con todos los protocolos de señalización de llamada, codificación de vídeo y métodos de decodificación utilizados por diferentes sistemas de telepresencia, no se requiere ningún cambio en los sistemas de telepresencia presentes, debido a que el puente puede funcionar como traductor para diferentes tipos de sistemas de telepresencia. Éste es el mejor método para la implementación de la interoperabilidad entre los sistemas de telepresencia que tiene Huawei para interactuar con sus marcas competidoras.

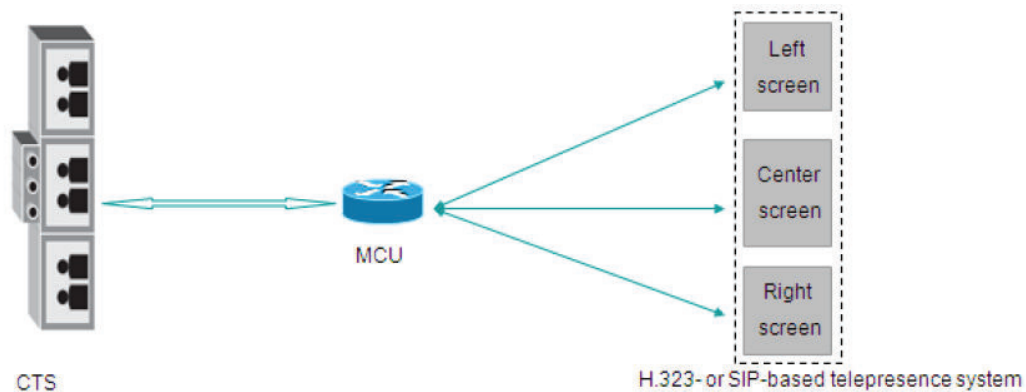


Figura 3.12 Interoperabilidad de Huawei TP y Cisco CTS. ^[101]

Para proteger las inversiones de los usuarios y facilitar la interoperabilidad entre los diferentes sistemas de telepresencia, Huawei ha comenzado a proporcionar soluciones para la implantación de la interoperabilidad entre la telepresencia Huawei, sistemas de videoconferencia convencionales y la CTS de Cisco.

El MCU que se utiliza en los sistemas de telepresencia y videoconferencia de Huawei soporta H.320, H.323 y protocolos SIP, y el algoritmo de compresión de audio-visual utilizando H.264 y AAC-LC. Para alcanzar la interoperabilidad entre

los sistemas de telepresencia de Huawei y Cisco CTS se emplea el *software* de la MCU perfectamente compatible con TIP.

Los sistemas de telepresencia de Huawei usan H.323 o H.320 para comunicarse con otros sistemas de videoconferencia y telepresencia, el MCU debe registrarse con los *gatekeepers* utilizando H.323 para la gestión de llamadas. Para comunicarse con el CTS, el MCU debe registrarse con el *Cisco Unified Communications Manager* (CUCM) para la señalización de la llamada.

Después se inicia una conferencia multipunto utilizando la plataforma de gestión de servicios de Huawei (función *SiteCall*) única de Huawei; el MCU establece las llamadas con sitios de telepresencia utilizando diferentes métodos después de determinar el tipo de sitio.

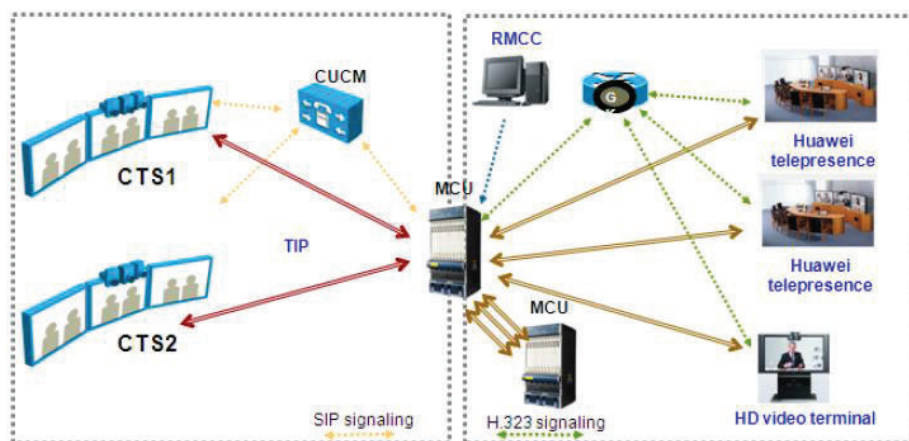


Figura 3.13 Señalización de dos sistemas de telepresencia con H.323. ^[101]

SiteCall de Huawei tiene las siguientes características:

- Si el sitio a llamar es un sitio de telepresencia Huawei que usa H.323, los intercambios de señalización entre el MCU con el sitio a comunicar es mediante H.323 utilizando un Huawei *Gatekeeper*, para establecer una llamada con el sitio.
- Si el sitio es un sitio de CTS, los intercambios de señalización entre el MCU con el CUCM son mediante SIP. Después el MCU establece llamadas con sitios de telepresencia de Huawei, sitios CTS y sitios de Vídeo conferencia, mediante un traductor para la adaptación y la transferencia de flujos de audio y vídeo entre diferentes sistemas. El MCU convierte el audio y el

vídeo de los sitios de CTS a los formatos que pueden ser identificados por los sitios de telepresencia de Huawei y sitios de Vídeo conferencia; el MCU también convierte el audio y el vídeo de los sitios de telepresencia de Huawei y sitios de Vídeo conferencia a los formatos que se pueden identificar por los sitios de CTS. Con ello se consigue la interoperabilidad entre sitios CTS, sitios de telepresencia de Huawei, y los sitios de Vídeo conferencia.

- El *software* del Huawei MCU se actualiza a cada momento para apoyar al protocolo TIP. El MCU se registra tanto con CUCM y la plataforma de gestión de servicios de Huawei, que funciona como un puente entre los sitios de CTS, sitios de telepresencia de Huawei, y sitios de videoconferencia en conferencias multipunto.
- Los usuarios pueden programar una conferencia o reservar puertos para una conferencia desde la interfaz Web. Además, los usuarios pueden utilizar el panel táctil del sistema de telepresencia de Huawei o el mando a distancia que sirve para iniciar y controlar una teleconferencia multipunto. Todas las operaciones son fáciles y no requieren la intervención de los administradores.
- Una MCU Huawei permite hasta 170 sitios de telepresencia tri-pantalla o 1024 sitios IP para asistir a la misma teleconferencia. La capacidad del sistema se incrementa significativamente.
- Los Huawei MCU se pueden conectar en cascada hasta cinco niveles. La capacidad de todo el sistema se puede ampliar de forma significativa. Múltiples secuencias de vídeo se pueden transmitir de forma simultánea con el modo maestro y esclavo.

Los MCU's de Huawei soportan H.323, SIP y TIP dando a las soluciones de telepresencia mayor interoperabilidad con actuales y futuras soluciones comerciales propias de Huawei o de otros fabricantes.

El IMS *Core* soporta diez millones de usuarios simultáneos en línea y un volumen de tráfico de veinte millones de intentos de sesión en hora pico en una misma tarjeta. Se basa en la plataforma de *hardware* ATCA de telecomunicaciones de próxima generación, que es ampliamente reconocida en la industria. Soporta

soluciones de confiabilidad en capas a nivel de la tarjeta, incluso la redundancia activa/*standby*, la distribución de la carga y la redundancia geográfica. La estructura de la base de datos distribuida asegura que el sistema siga prestando servicios, ya que la carga de una entidad, si llega a ser defectuosa, puede ser automáticamente asumida por otras entidades. El *IMS Core* soporta el diseño redundante del sistema de alimentación doble, con funciones tales como la protección contra sobrecorriente, la protección contra interrupción de alimentación y la protección contra sobretensión.

El *IMS Core* soporta diversos modos de acceso, entre los que se incluyen:

- XDSL y POTS a través de DSLAM, MSAN y LAN.
- Acceso de usuarios corporativos a través de VPN y NAT.
- Acceso a terminales UMTS/GPRS y CDMA2000 a través de GGSN y PDSN.
- Otro tipo de acceso de terminal móvil a través de WLAN, LTE y WiMAX.

Soporta múltiples mecanismos de autenticación y brinda funciones de seguridad, tales como IPsec ESP, filtrado de la señalización SIP y ocultamiento de topología de red. Ha sido desarrollado de total conformidad con las normas de 3GPP, TISPAN, ETSI e ITU-T, y cuenta con interfaces estándar. El *IMS Core* soporta la funcionalidad de doble pila de IPv4 e IPv4/IPv6 para permitir la conexión de una red IPv6 nueva a la red IPv4 existente.

3.2.3 ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA DE POLYCOM ^[102,103,104,105]

Polycom ha diseñado Sistemas de Telepresencia para que los integradores certificados puedan implementar de manera eficiente, sistemas de telepresencia multi-códec en diferentes entornos. El sistema *Polycom Architected Telepresence Experience* (Polycom ATX) incluye códecs, cámaras y una serie de micrófonos líderes en la industria, para crear experiencias de telepresencia inmersiva como de la vida real. La solución Polycom ATX incluye *software* de telepresencia para ofrecer la inteligencia y sincronización de un sistema multi-códec, un kit de desarrollo de *software* (SDK) con soporte para los sistemas de control propios de

Polycom, así como herramientas de configuración, capacitación y servicios de soporte para el diseño de ingeniería.

La solución de audio *Polycom Sound Structure*® instalada, también se puede utilizar con Polycom ATX, permitiendo a los integradores diseñar entornos acústicos potentes y flexibles para mejorar la experiencia de telepresencia.



Figura 3.14 Sala de Telepresencia Polycom. ^[104]

3.2.3.1 Sistemas de Telepresencia Polycom ATX

La solución Polycom ATX aprovecha el estándar de compresión de vídeo H.264 *High Profile*, el cual reduce los requisitos de ancho de banda hasta en un 50% con respecto a los otros estándares.

Para ampliar y mejorar aún más las opciones de implementación, las soluciones *Polycom Telepresence Experience* tienen un alto nivel de adaptabilidad, están totalmente basadas en estándares internacionales y son totalmente interoperables con los millones de sistemas de videoconferencia existentes y en uso en todo el mundo, incluidas las soluciones de telepresencia inmersiva, en sala y personal, así como las plataformas de conferencia, servidores de grabación y *streaming* y

las aplicaciones de administración de vídeo de Polycom, HP, Huawei e incluso CISCO.

Los Sistemas de Telepresencia Polycom han adoptado el protocolo TIP desarrollado por CISCO para asegurar que su Infraestructura y equipamiento de Telepresencia sea compatible con su principal competidor (CISCO), siendo los usuarios los más beneficiados, para lo cual se adoptan varios tipos de modelos de interoperabilidad:

Modelo 1: Infraestructura mixta entre Polycom y Cisco, Polycom en un punto de Telepresencia, y Cisco como infraestructura en el otro punto.

Modelo 2: Polycom única infraestructura en los dos puntos.

La arquitectura de implementación entre la infraestructura Polycom y Cisco se logra cuando los puntos finales de Polycom utilizan SIP, los puntos finales de telepresencia de Cisco podrían conectarse a las conferencias utilizando el protocolo TIP.

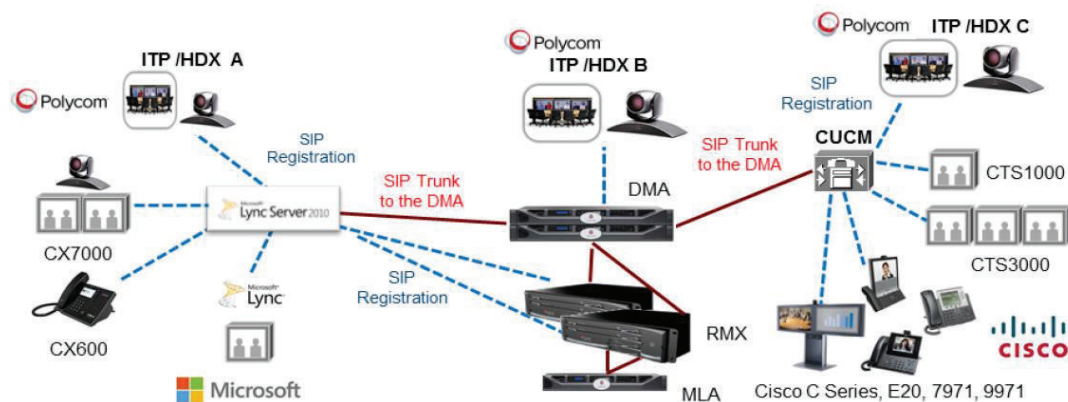


Figura 3.15 Infraestructura de Telepresencia mixta entre Cisco y Polycom. ^[105]

Polycom ATX puede interactuar con CTS (Cisco) con *EagleEye Director* que es una solución innovadora que utiliza dos tecnologías de cámara con la ubicación de altavoces activo automatizado, incluso se puede añadir una pizarra UC y *Polycom Touch Control* para aumentar la eficacia de la colaboración.

La Figura 3.16 muestra cómo se distribuyen las distintas capas de las Arquitectura ATX de Polycom.

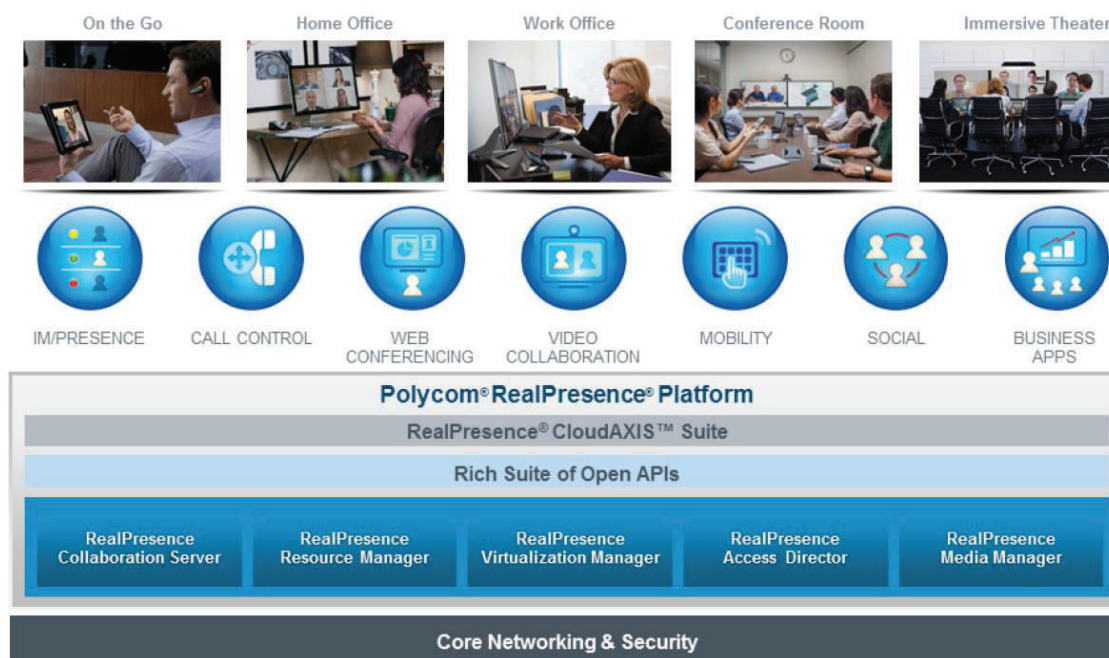


Figura 3.16 Arquitectura de Vídeo Polycom ATX. [105]

La arquitectura Polycom ofrece una gran variedad de interoperabilidad con otros equipos de usuario final que no son Polycom gracias a que ATX usa protocolos y equipos MCU que se detallan a continuación:

Polycom DMA: Distribuye y equilibra la carga de llamadas en varios servidores Polycom; centraliza la administración de conexiones, el registro de llamadas y el control de utilización de los puertos. Las cuentas de usuario y las conferencias se asignan automáticamente usando la base de datos empresarial con posibilidad de integración con mecanismos de control de acceso a TI (Ejemplo: *Active Directory*).

Este equipo trabaja bajo cuatro capas: La capa aplicación en la cual se encuentran los diferentes servicios a los cuales los usuarios pueden acceder. La capa de control en la cual mediante los directorios internos de la empresa (ejemplo LDAP) se gestiona el acceso o prohibición de los usuarios a las conferencias; también se realiza la autenticación de los MCUs, balanceo de carga de cada uno de ellos. La capa transporte que es netamente direccionamiento sea

por medio de LANs o WANs y la capa de acceso en la cual se conectan todos los periféricos usados para la telepresencia.

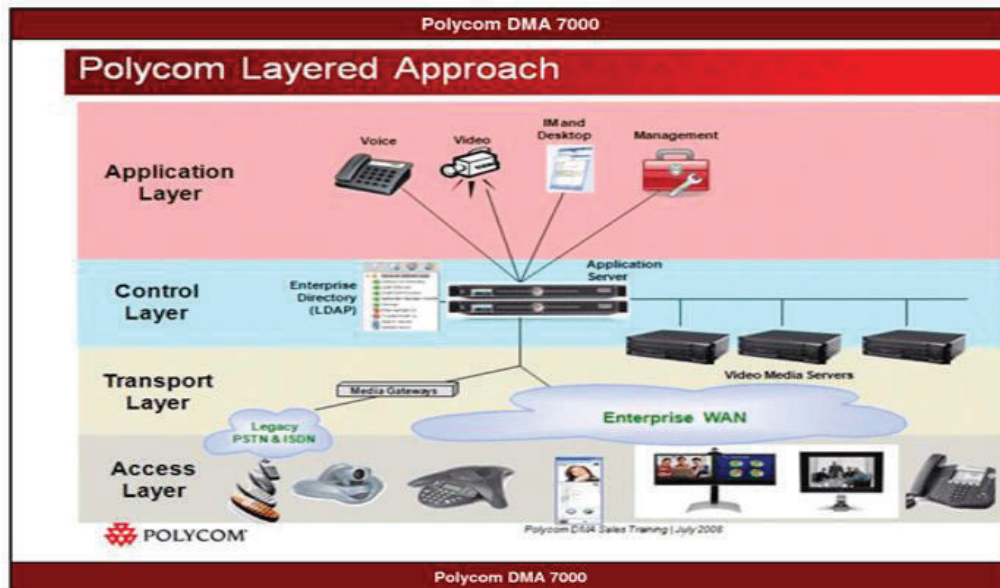


Figura 3.17 Arquitectura del DMA de Polycom. [105]

Polycom RMX: Plataforma de conferencias multipunto que usa H.264 de perfil alto (*High Profile*) que ofrece vídeo de alta definición con la mitad de ancho de banda. Es compatible con la resolución simétrica de 1080p, proporcionando una transmisión de vídeo de máxima calidad y fiabilidad. Este equipo es escalable y se integra con los servicios de conferencias IP (H.323 y SIP), RTPC y RDSI a través de una única plataforma.

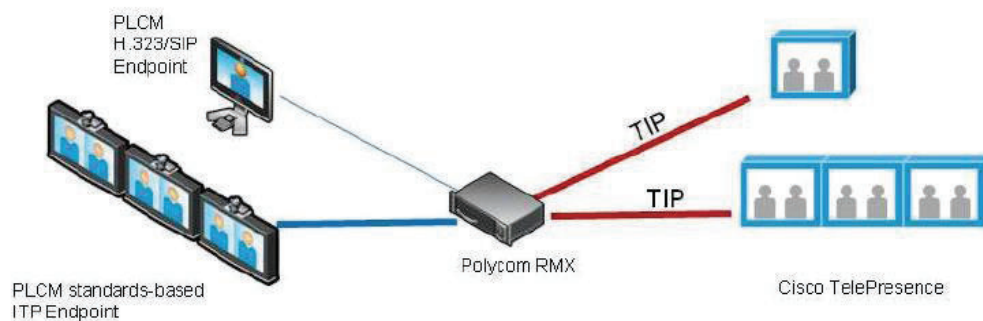


Figura 3.18 Llamada de telepresencia *multi-party* a través de plataforma RMX. [106]

RMX Trabaja con varios protocolos que permiten interactuar con medios multimedia.

Polycom MLA: Es una aplicación para entornos Windows que permite controlar automáticamente los dispositivos de vídeo para llamadas multipunto que se encuentran en los Sistemas de Telepresencia Inmersivas de Polycom (ITP).

Protocolos Soportados	Aplicación
H.261, H.263, H.263++, H.264 (High Profile)	Compatibilidad de vídeo
H.239 (H.263/H.264): VGA, SVGA, XGA, HD	Resolución de Contenido compartido
G.711a/u, G.722, G.722.1C, G.722.1, G.723.1, G.719, G.729A	Compatibilidad de Audio
ICE, SRTP, H.323 IP y SIP	Compatibilidad vídeo y contenidos
RDSI (H.320, 4 PRI)	Compatibilidad entre terminales
Cifrado AES multimedia (IP y RDSI)	Cifrado Multimedia
JITC	Certificación de Seguridad emitido por DISA

Tabla 3.2 Descripción de Protocolos Soportados por RMX. ^[105]

El MLA tiene la capacidad de conectar simultáneamente múltiples MCU's. Un MCU es un *hardware* que permite participar en una conferencia multi-modo en modo interactivo.

El MLA ofrece un conjunto de formas y controles de Windows para la inclusión y la selección de una conferencia activa; permite configurar diseños para los participantes en una conferencia seleccionada y guardar el diseño configurado.

Polycom CMA: *Hardware* y *software* que administra vídeo conferencias en tiempo real, habilita o deshabilita a usuarios y/o grupos en las salas de telepresencia, espacios de trabajo personal, escritorios y dispositivos móviles.

Proporciona administración de servicios de directorio clase empresarial, aprovisionamiento centralizado y administración para miles de terminales de vídeo, estadísticas RPT, administración de cuentas, aprovisionamiento basado en perfiles, maneja múltiples opciones de agendamiento, reservación de recursos, trabaja directamente con *ActiveDirectory*, soporta directorios escalonados, administración de políticas y ancho de banda y admisión de participantes en general.

Polycom RSS: Graba audio y vídeo en tiempo real, soporta auto grabación vía E.164 o IP, grabación punto a punto y grabación multipunto mediante H.323.

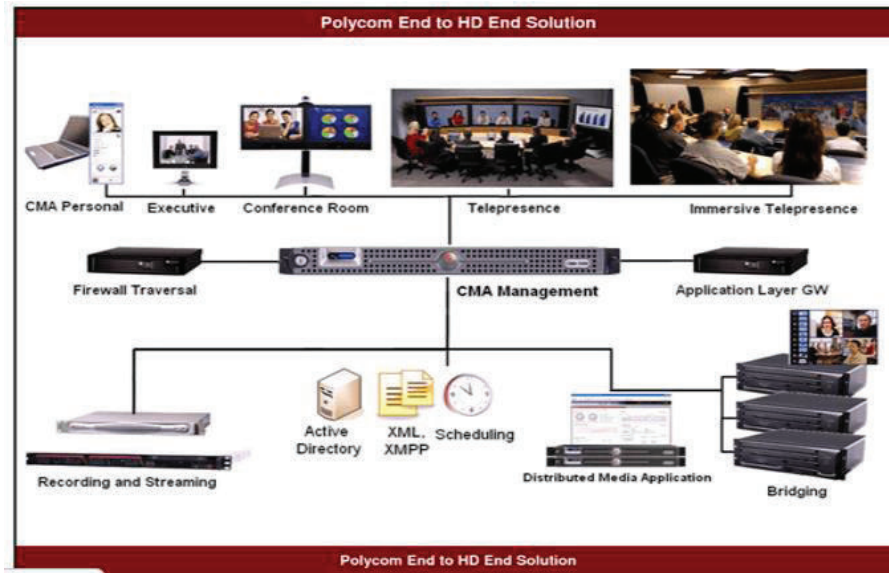


Figura 3.19 Funciones CMA de Polycom. ^[105]

Polycom Web RSS: Ofrece *streaming* a usuarios vía Internet mediante enlaces por correo electrónico; contiene funciones de búsqueda de vídeo conferencias almacenadas o en vivo.

Polycom VBP: *Firewall* transversal que ofrece una ruta de confianza para los usuarios externos en la sala y la telepresencia personal, así como en el vídeo de conferencias tradicionales sin restar la calidad de vídeo.

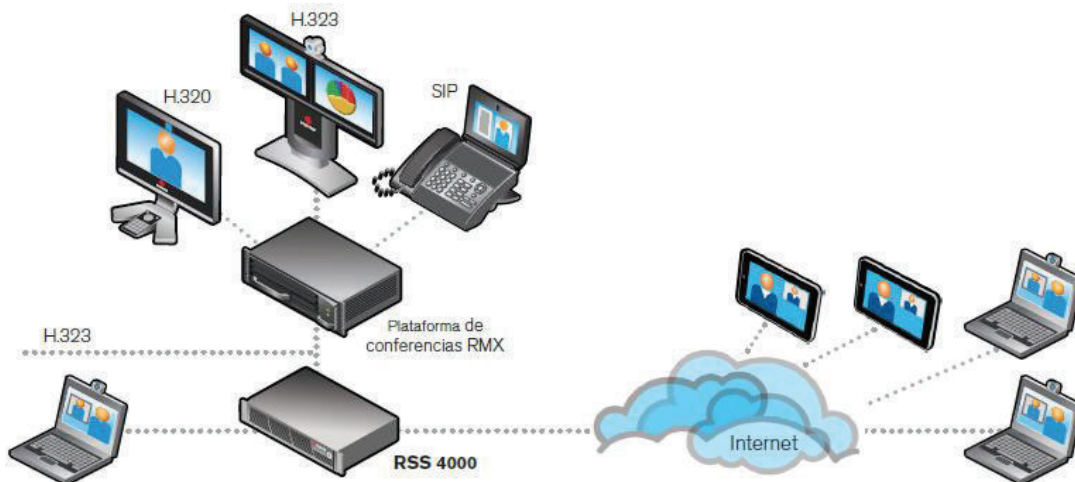


Figura 3.20 Telepresencia entre equipos Polycom. ^[106]

Características de Polycom VBP:

- Trabaja en Capa Aplicación como *Gateway*, en forma dinámica abre y cierra los puertos UDP utilizados para las llamadas de voz y vídeo.
- Servidor NAT / PAT oculta la topología LAN empresarial.
- Listas dinámicas (*whitelist/blacklist*) para *RealPresence Mobile* y/o *RealPresence Desktop* totalmente dinámicos.
- *Proxy* de acceso con autenticación.

Los Sistemas Polycom pueden trabajar con Sistemas CISCO o con cualquier otro fabricante siempre y cuando usen el protocolo TIP que bien es cierto fue desarrollado por CISCO pero hoy en día es un estándar abierto que pretende estandarizar a los servicios de Telepresencia que día a día ganan terreno a los servicios de conferencia convencionales.

Polycom agrega tres tipos de soluciones para videoconferencia HDX series, ATX-RPX series y OTX series. HDX son soluciones para videoconferencia convencional, ATX-RPX es una solución de telepresencia del tipo inmersiva y OTX es una solución de telepresencia normal. La diferencia entre las dos soluciones es que ATX-RPX da sensación de realismo a todos los participantes en todo momento pero es más costosa, mientras que OTX da la sensación de presencia pero no en todo momento.

3.3 COMPARATIVA DE LAS ARQUITECTURAS DE LOS SISTEMAS DE TELEPRESENCIA

Analizar los protocolos utilizados o la manera de establecer las sesiones para generar las llamadas multimedia no tendría sentido ya que las tres arquitecturas trabajan de manera muy similar gracias a la estandarización del Protocolo TIP que es el *core* del servicio de Telepresencia. Incluso el comparar entre la capacidad de conexiones simultáneas o terminales de usuario no permitirá definir la solución más efectiva.

Una vez analizadas las características más relevantes de los Sistemas de Telepresencia, de los fabricantes más importantes en el mercado de la videoconferencia, se pretende buscar la solución más adecuada, que preste los

mayores servicios multimedia, facilidad de manejo, innovación, posibilidad de escalamiento a futuro e interoperabilidad con los servicios de comunicación digital que actualmente utiliza el GADMA.

Los servicios multimedia agregados son los puntos más relevantes a considerar ya que facilitan la utilización del Sistema de Telepresencia, mejora la experiencia en comunicación audio-visual y realiza la sensación de comunicación inmersiva.

A continuación, se presentan las características multimedia más relevantes de cada arquitectura en sus productos de telepresencia.

3.3.1 COMPARATIVA DE LOS SERVICIOS MULTIMEDIA

El GADMA utiliza como servicio de correo electrónico empresarial el aplicativo Zimbra, por el cual se comunican todos los servidores públicos municipales.

Las tres arquitecturas son compatibles con los principales gestores de correo electrónico, pero es necesario analizar si es posible sincronizar reuniones multimedia, calendarios, lista de contactos que pueden ser gestionados con los Sistemas de Telepresencia.

Correo Electrónico			
Arquitectura	Sesión Multipunto	Sincronismo Calendarios	Sincronismo Contactos
CTS CISCO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Huawei TP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ATX Polycom	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabla 3.3 Comparativa de compatibilidad con correo electrónico.

Cabe recalcar que CISCO ha desarrollado su propio gestor de *email* llamado Cisco WebEx *Mail* de interoperabilidad nativa con Microsoft Outlook, soporte optimizado para dispositivo móvil y acceso a web 2.0, navegador independiente AJAX y lo mejor de todo según CISCO es que integra los servicios de Telepresencia en la misma interfaz con el correo electrónico.

Huawei TP sincroniza los contactos que pueden participar en el servicio de telepresencia siempre y cuando se encuentren registrados en el Servidor

Multimedia IMS y no la lista de contactos globales que se encuentran en Microsoft Outlook tal como lo hacen CISCO y Polycom.

Polycom sincroniza calendarios, reuniones, contactos y demás servicios tanto con los gestores de mensajería electrónica y *Active Directory*.

Cisco ha implementado varios servicios multimedia que facilitan la utilización de los productos de telepresencia, tales como:

- Directorio virtual con todos los dispositivos finales para poder agendar reuniones.
- Interacción con servicios de *video streaming* como Cisco WebEx.
- Comunicación eficiente sobre cualquier red IP optimizando el ancho de banda.
- Compartir contenidos multimedia a través de entornos sociales con posibilidad de grabar, editar y compartir vídeos con comentarios, *ratings*, etiquetas, RSS *feeds* incluyendo transcripciones de voz a texto para facilitar la búsqueda y visualización de vídeos.
- Sistema de 3 cámaras que selecciona al participante que esté hablando en cada momento, basándose en su posición dentro de la sala.

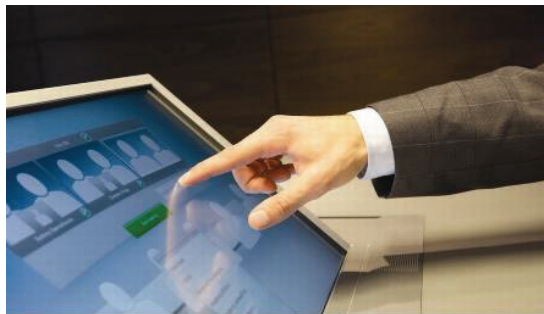


Figura 3.21 Control táctil de Cisco. ^[107]

- Ultra Alta Definición a 1080p a 30 fps, mobiliario de acuerdo a la geometría de las salas inmersivas, panel táctil de control que permite añadir o eliminar participantes
- Grabar las videoconferencias en el servidor de telepresencia, servidor de archivos local o en archivos multimedia múltiple formato o en la nube.
- Transcodificación en tiempo real de las videoconferencias en múltiples formatos para ser vistos en vivo desde cualquier dispositivo.

- Integración con mensajería instantánea en un entorno multiplataforma con posibilidad de realizar llamadas en Alta Definición.
- Aplicativo para *smartphones* donde se puede buscar, valorar y reproducir videoconferencias guardadas o en vivo.
- Equipos certificados para trabajar en entornos sanitarios como hospitales.

Polycom tiene características únicas en cuanto a servicios multimedia que simplifica la experiencia de sus usuarios al momento de utilizar sus productos para establecer comunicaciones inmersivas.

- Vídeo con calidad 1080p a 60 fps en Ultra alta Definición 4K.
- Facilidad de movimiento dentro de la sala como levántese, caminar, y sin dejar de ver sin importar la ubicación.
- Polycom 3D *Voice* ofrece un audio extremadamente claro que viene directamente de la persona que habla, mucho más real que el audio "espacial" estéreo.



Figura 3.22 Pizarra electrónica de Polycom. ^[108]

- Polycom ofrece una gran variedad de aplicativos y equipos para vídeo colaborativo en vivo o para su edición posterior independiente de la distancia de una manera sencilla.
- Con la tecnología Polycom *SmartPairing* se integra la utilización de *tablets* con la posibilidad de compartir contenidos y anotaciones con *RealPresence Mobile* o compartir contenido desde su portátil con *RealPresence Desktop*.



Figura 3.23 Aplicativos soportados por Polycom. ^[105]

Polycom *WOW Vision Collab8* permite a los participantes a conectarse de forma inalámbrica hasta 6 diferentes fuentes de contenido y colaborar desde cualquier dispositivo - PC, Mac, *tablet*, *smartphone* y más, a una pantalla donde los equipos pueden crear y editar un documento común a través de sus dispositivos individuales. Además, los documentos pueden ser compartidos y guardados por todos los participantes del equipo.

- Polycom ha logrado integrar a varios fabricantes de tecnología de videoconferencia y telepresencia creando *Polycom Open Video Collaboration Consortium* en el cual se puede colaborar vídeos con HP Halo Network, Microsoft Lync, CISCO CTS, Avaya, IBM, Siemens, BroadSoft y Juniper; la integración logra pasar el tráfico de vídeo a alta velocidad y calidad entre los diferentes MSP.
- *RealPresence Content Sharing Suite* permite tener mayor flexibilidad de contenido durante llamadas multipunto, incluyendo el envío y la recepción de cualquier tipo de contenido a través de un explorador estándar desde un ordenador.
- Interoperabilidad nativa para poder comunicarse con casi cualquier persona, sin importar si usan otro sistema de telepresencia si acceden a través de Microsoft Lync o se comunican a través de sistemas de videoconferencia basados en estándares internacionales.



Figura 3.24 Aplicativos móviles soportados por Polycom. [108]

- La mueblería automatizada que poseen las salas inmersivas de Polycom dan la sensación de una comunicación futurista y real con pantallas táctiles que se ocultan automáticamente, puertos LAN y tomas de energía eléctrica integrados en la mesa.



Figura 3.25 Sala de Telepresencia Inmersiva Polycom. [104]

- Polycom RSS captura conferencias y presentaciones con la posibilidad de transmitir a audiencias en vivo con audio estéreo envolvente y vídeo HD.

- Los dispositivos están basados en red compartida, cualquier persona en la organización puede grabar y transmitir vídeo desde cualquier lugar, en cualquier momento. Proporciona múltiples opciones de grabación y *streaming* desde los puntos finales y puentes de videoconferencia a una variedad de dispositivos incluyendo tabletas, teléfonos inteligentes, ordenadores de sobremesa, portátiles y basada en estándares terminales de vídeo. El visor de contenidos permite buscar fácilmente, por adelantado, o rebobinar a eventos específicos un vídeo grabado, con características visuales intuitivas, tales como imágenes en miniatura generadas automáticamente y el contenido puede ser descargado para su edición posterior a la producción, con herramientas como *Polycom RealPresence Medios Editor*, o importados automáticamente en una aplicación de gestión de contenidos local, como el *Polycom RealPresence Media Manager*.

Huawei a pesar de ser un gigante en las Telecomunicaciones a nivel mundial, su desarrollo es pobre en aplicativos tanto para administración de los equipos de telepresencia como para la interfaz para los usuarios finales.

- Huawei tiene implementado la compartición de archivos en la misma pantalla de usuario mediante la administración de un panel táctil central.
- Dispone de salas inmersivas diseñadas con hardware de audio y vídeo exclusivo de Huawei que ofrece experiencia de telepresencia real.
- Gestor de ancho de banda con VME vídeo de mejora de movimiento) y HP (*High Profile*) de accionamiento de doble núcleo que combinado dan como resultado el mejor servicio según Huawei.
- Tecnología de colaboración de audio y vídeo con resolución de 1080p dual para el intercambio de contenidos, posee audio AAC-LD.
- Sistema de gestión de recursos, gestión de dispositivos, procesamiento de llamadas y convergencia de adaptación de Audio.
- Pantalla intuitiva con horarios de conferencias favoritas, conferencias celebradas y conferencias programadas, registros en la libreta de direcciones de posibles llamada. Los registros de la libreta de direcciones LDAP y la libreta de direcciones de la red pueden ser buscados por el uso de un cuadro de texto. Historial de registros de conferencias y registros de

llamadas. Los iconos de estado muestran los estados de la red y de entrada de audio local y de salida. Dirección IP del punto final donde muestra la dirección IP del punto final. Si la función Wi-Fi está activada, se muestran dos direcciones IP.

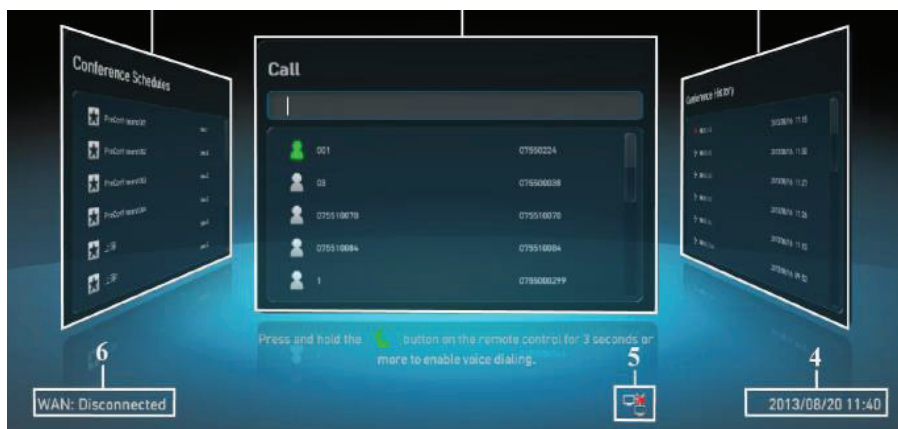


Figura 3.26 Software para control de usuarios de Huawei. [101]

DETALLE	CTS CISCO	ATX POLYCOM	HUAWEI TP
Control Centralizado	Si	Si	Si
Directorio Virtual con LDAP	Si	Si	Si
Compartición de contenidos	Si	Si	Si
Definición 4K	Si	Si	Si
Mobiliario Inmersivo	Si	Si	Si
Selección de participante por VOZ	Si	Si	Si
Gestor de vídeos	Si	Si	Si
Transcodificación en tiempo real	Si	Si	No
Integración con mensajería instantánea	Si	Si	Si
Aplicativos APP	Si	Si	Si
Telemedicina	Si	Si	No
Audio 3D	Si	Si	Si
Conversión a Pantallas Táctiles	No	Si	No
Integración con otros fabricantes y servicios	Si	Si	Si

Tabla 3.4 Comparativa de servicios multimedia.

Una vez presentadas las características multimedia más relevantes de los tres fabricantes, mediante un cuadro comparativo se determinará cuál es el fabricante que mejores prestaciones al usuario puede brindar.

Según la Tabla 3.4 los fabricantes con mayores servicios multimedia ofrecidos a los usuarios son CISCO y Polycom; sin embargo, Polycom posee una mayor cantidad de servicios multimedia implementados en su cartera comercial así como su innovador *hardware* como el *Polycom*

Visual Board que convierte una pantalla normal en una pantalla táctil y el contenido generado en ésta tiene la posibilidad de ser compartido durante toda la videoconferencia.

Por lo tanto, Polycom presenta el mayor número de servicios multimedia comparado con CISCO y Huawei.

3.3.2 COMPARATIVA EN CARACTERÍSTICAS DE *HARDWARE*

La capacidad de usuarios simultáneos, el número de salas inmersivas participantes, los protocolos de vídeo, audio, seguridad y datos usados, el número de terminales móviles y certificaciones de calidad cumplidas, son características más relevantes a tomar en cuenta en base a los requerimientos técnicos del GADMA, así como la eficiencia de la comunicación cuando se utilice el servicio de telepresencia.

Ya que los tres fabricantes tienen varias alternativas comerciales, se comparará equipos con características similares en cuanto a la capacidad de usuarios simultáneos y salas inmersivas, recordando los requerimientos del GADMA.

En resumen, la máxima capacidad de usuarios de telepresencia en una sala inmersiva será de 12 y el mínimo número de usuarios en una sala inmersiva será de 6 usuarios. El MCU debe tener una capacidad de 6 salas inmersivas en forma simultánea. A estos requerimientos habrá que sumarle un porcentaje de escalabilidad a futuro de un 15% (crecimiento de personal administrativo del GADMA tomando en cuenta cifras de crecimiento poblacional del INEN Censo

2010) pero teniendo muy en cuenta que existe un límite de usuarios en las salas de telepresencia (máximo 24).

Número de usuarios mínimo: 8

Número de usuarios máximo: 15

Número de salas inmersivas simultáneas: 8

Con estos requerimientos se buscarán las soluciones comerciales que sirvan como guías comparativas y no como soluciones tecnológicas definitivas para el diseño del sistema de telepresencia que se lo realizará más adelante.

Primero, se analizará la cantidad de usuarios que puede soportar un MCU por cada sala inmersiva, en los cuales interesa conocer la cantidad de usuarios en vivo y la definición soportada por cada plataforma, el ancho de banda recomendado por el fabricante y el espacio físico óptimo de las salas inmersivas.

Las Tabla 3.5 muestra las principales características en *hardware* de las tres marcas de telepresencia analizadas.

Solución inmersiva	Polycom® RPX® 428M	Cisco IX5200	Huawei TP 3218
Pantallas	4	3	3
Capacidad de la sala	28 personas	18 personas	22 personas
Definición	1080 a 60fps	1080 a 60fps	1080 a 60fps
Ancho de banda	10 a 20 Mbps	10,8 a 18 Mbps	6 a 12 Mbps
Puertos LAN	32	18	22
Espacio de la sala [m ²]	79,3	63,93	70,7
Consumo de energía eléctrica	6632 W	4298 W	2100 W

Tabla 3.5 Comparativa características de *Hardware*. ^[109,110,111]

La Tabla 3.6 muestra una comparativa de los códecs de vídeo más importantes usados por los fabricantes en la comunicación visual que incorporan en sus respectivas soluciones.

La Tabla 3.7 nos muestra la comparativa con relación a los códecs de audio usados en las diferentes soluciones de los tres fabricantes de telepresencia tomados en cuenta en este análisis.

Solución inmersiva	Polycom RPX 428M	Cisco IX5200	Huawei TP 3218
Códec de vídeo	H.264 con H.239	H.264	H.264
Vídeo Conferencia	H.261 y H.263++	H.261	H.263 y H.264
Códec de Compresión	H.264 y H.263	H.264 y H.265	H.264 y H.265
Seguridad de contenidos	<i>AES Media Encryption</i>	<i>SSH, AES Media Encryption</i>	<i>H.235, H.323 y AES Media Encryption</i>

Tabla 3.6 Comparativa códecs de vídeo. ^[109,110,111]

Solución inmersiva	Códec de calidad	Codificación de Voz	Codificación de Audio
Polycom RPX 428M	Polycom Siren 14, G722.1 Anexo C	G.722, G.722.1	G.711
Cisco IX5200	AAC-LD	G.721, G.722	G.711
Huawei TP 3218	AAC-LD	G.722, G.728	G.711

Tabla 3.7 Comparativa códecs de audio. ^[109,110,111]

Polycom ofrece un mayor número de usuarios, número de interfaces de red aunque el consumo de energía eléctrica es bastante elevado y esto a la larga resultaría más costoso; pero según el Gobierno Nacional los costos de energía eléctrica se reducirán cuando entren en operación las hidroeléctricas que se encuentran en construcción.

Con respecto a protocolos de audio, vídeo y seguridad los tres fabricantes coinciden en la implementación de los mismos, así que no existe mayor diferencia entre las tres soluciones.

En base a las consideraciones anteriores se concluye que el MCU con mayores prestaciones es el ofertado por Polycom.

Ahora se analizará el servidor central de telepresencia que es el encargado de: prestar servicios de telepresencia inmersiva a las diferentes salas remotas, interconectar con otros servidores internos y externos, negociar las diferentes

sesiones tanto de los MCU como de los dispositivos de usuario final, gestionar el ancho de banda, compartir contenidos y brindar la seguridad informática a los contenidos.

Para tomar la mejor decisión se tomara en cuenta los aspectos más importantes que debe tener una solución comercial de telepresencia, como lo son:

- La calidad de vídeo (factores que incluyen el número, tamaño y aspectos de la pantalla de vídeo y pantallas de colaboración; número de personas que se muestran por pantalla; resolución y velocidad de cuadro; cámaras; compatibilidad con los protocolos; y la tecnología de vídeo).
- La calidad de audio (micrófonos, altavoces, rango espectral, soporte de protocolos).
- Facilidad de uso (programación de llamadas/configuración, interfaz de usuario, soporte de idiomas, grabación y *streaming*).
- La flexibilidad del diseño de la salas inmersivas.
- Llamadas multipunto (incluidos los métodos de visualización de múltiples sitios).
- Las herramientas de colaboración (pantallas de colaboración, dispositivos y capacidades).
- Herramientas de informes y la integración de *software*.
- Servicios y apoyo (diseño, implementación, mantenimiento, monitoreo de puntos finales; acuerdos de nivel de servicio; y garantías).
- Integración con TI empresarial (conectividad, interconexión, capacidad de intercambio B2B, requisitos de instalaciones, ancho de banda, y la seguridad).
- Madurez del producto (mejoras realizadas en el producto desde el lanzamiento).
- Amplio portafolio de videoconferencia (otra telepresencia, con sede en la habitación, ejecutivo escritorio, PC, y las ofertas de móviles por el mismo proveedor).

Para lo cual, gracias a la firma Ovum líder en investigación de mercado y negocio de asesoramiento centrado en la convergencia de TI, telecomunicaciones y

medios de comunicación de mercado, se elaboró un reporte de los principales fabricantes de soluciones en telepresencia y mediante una matriz gráfica de decisiones se compara a estos fabricantes en base a los aspectos anteriormente mencionados.

En la Figura 3.8 se puede apreciar la calificación otorgada por Ovum a los tres fabricantes principales de tecnología en telepresencia; las columnas en color azul representan la calificación promedio de todos los fabricantes de tecnología, por lo cual según Ovum la mejor solución debería tener como mínimo la calificación promedio.

Cisco se mantiene por encima del promedio, pero en aspectos importantes para la comunicación como la calidad de audio, la calidad del vídeo y las herramientas colaborativas se encuentra por debajo del promedio.

Huawei se mantiene por encima del promedio, pero al igual que Cisco tiene aspectos en contra como la flexibilidad, herramientas colaborativas y muy pocas soluciones se suman a los puntos en contra del fabricante.

Polycom por su parte, se mantiene por encima del promedio y en muy pocos aspectos se mantiene en el promedio pero a diferencia de Cisco y Huawei en ningún punto está por debajo del margen promedio.

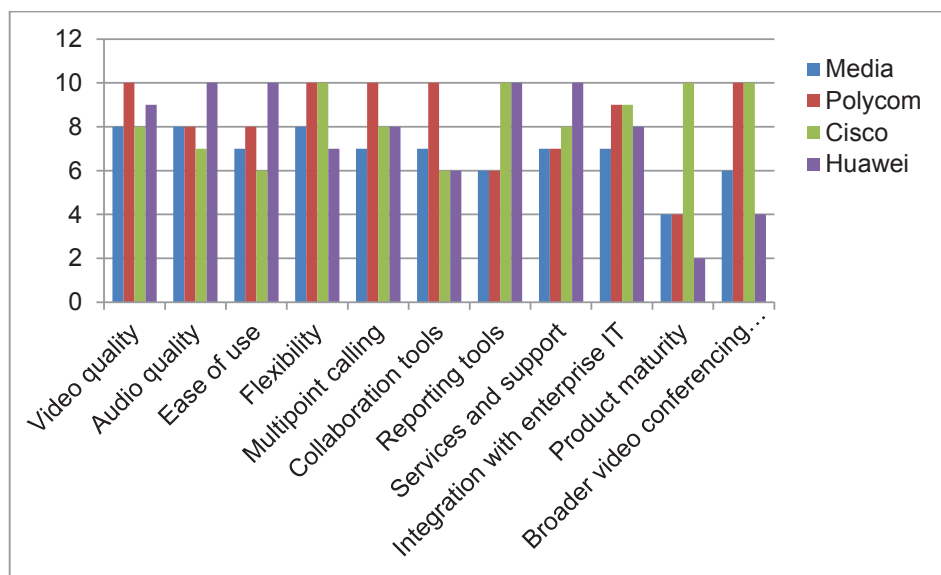


Tabla 3.8 *Ranking* de las soluciones de telepresencia según Ovum.

En conclusión, se determina que Polycom presta los mejores servicios multimedia, el mejor equipamiento en sistemas de telepresencia inmersiva, tiene la experiencia y la variedad de productos que se acoplan a cualquier requerimiento empresarial y en nuestro caso, cumple con los requerimientos del GADMA.

3.4 INGENIERÍA DEL SISTEMA DE TELEPRESENCIA

Considerando los requerimientos del GADMA, el tipo de red de acceso a utilizar, se determinará el diseño del sistema de telepresencia usando los productos y soluciones de la cartera de Polycom.

Al implementar aplicaciones de vídeo, es fundamental identificar y planificar la topología o topologías que se están utilizando o que deben utilizarse para cubrir las necesidades de los usuarios, así como el modelo de procesamiento de llamadas entre usuarios, los distintos equipos a utilizar y la nueva infraestructura de telecomunicaciones que debe ser implementada para que este servicio llegue a los usuarios finales.

3.4.1 DISEÑO DE LA TOPOLOGÍA DEL SISTEMA DE TELEPRESENCIA

La base de todo diseño en telecomunicaciones es partir de una buena topología de red, tanto física como lógica, ya que gracias a la topología se puede determinar el número de usuarios, equipos y distintos aplicativos que serán utilizados en la red. Para el presente caso se analizarán tres modelos que en las aplicaciones actuales de vídeo suelen utilizar las siguientes topologías de despliegue de vídeo:

- *Intra-Campus.*
- *Intra-Enterprise.*
- *Inter-Enterprise (Business-to-Business).*

La topología *Intra-Campus* se limita a ofrecer vídeo a una sola empresa o sitio. Este modelo de topología es el más adecuado para las empresas que requieren una mayor eficacia en las reuniones y la productividad sin necesidad de que los usuarios se muevan a lo largo de las instalaciones.

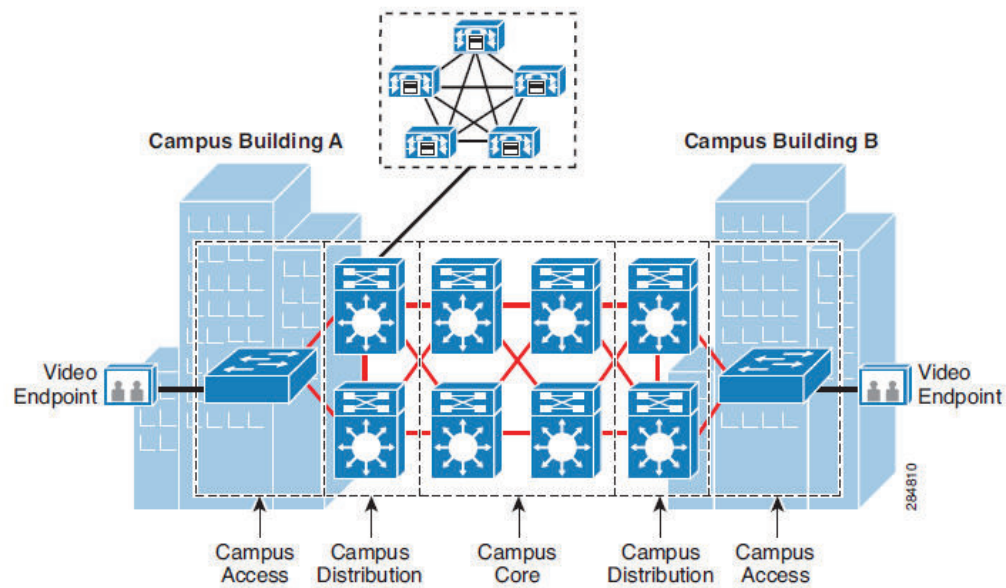


Figura 3.27 Topología *Intra-Campus*. [20]

La topología *Intra-Enterprise* permite a más de un sitio dentro de la misma empresa el poder utilizar las aplicaciones de vídeo a través de una MAN, VPN o una WAN. El modelo de implementación dentro de la empresa es adecuado para las empresas que a menudo requieren que los empleados viajen extensivamente para las reuniones internas y para empresas que tienen varias sucursales.

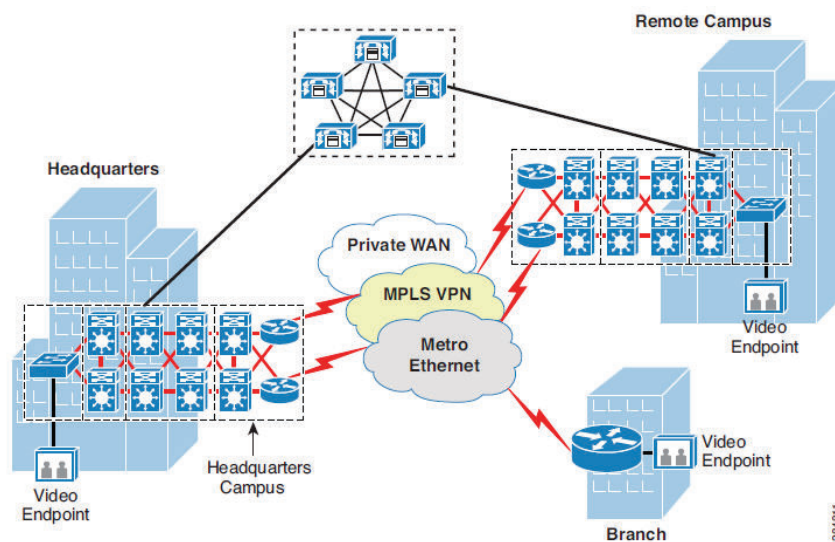


Figura 3.28 Topología *Intra-Enterprise*. [20]

El modelo de despliegue de red *Inter-Enterprise* no sólo conecta las terminales de vídeo dentro de una empresa, sino que también permite llamar a las terminales de

vídeo dentro de una empresa con las terminales dentro de otra empresa. Esto también se conoce como B2B de vídeo (de negocio a negocio).

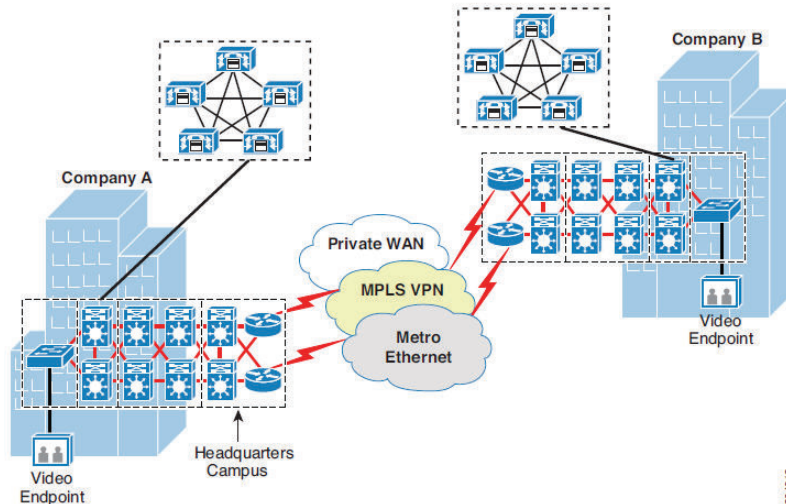


Figura 3.29 Topología *Inter-Enterprise*. [20]

El GADMA como entidad gubernamental a futuro tendrá la posibilidad de establecer reuniones de telepresencia con otras entidades gubernamentales como GADs regionales o nacionales, prefecturas, gobernaciones, ministerios, gobierno central, entidades de control y orden o empresas públicas, por lo cual es adecuado el modelo de topología del tipo *Inter-Enterprise* siempre y cuando otras entidades gubernamentales cuenten con servidores de telepresencia.

Ya que todo diseño de red debe pensarse a futuro, se tomará como modelo la topología tipo *Intra-Enterprise*, considerando que las empresas públicas que a futuro se conecten únicamente utilicen puertos físicos y lógicos en los equipos de telecomunicaciones de *core* o del servidor de telepresencia directamente. Este diseño se centra únicamente en el Servidor de Telepresencia para el GADMA.

Para terminar con el diseño de la topología del Sistema de Telepresencia, se debe analizar el tipo de procesamiento de llamadas que será utilizado, el cual servirá de referencia para la configuración del sistema de telepresencia que se lo detallará más adelante.

Existen tres modelos de procesamiento de llamadas que pueden trabajar con el modelo de implementación entre las empresas.

- *Single-Site Call Processing.*
- *Multi-Site Call Processing.*
- Procesamiento de llamadas *Hosted (Video as a Service).*

Un modelo de procesamiento de llamadas *Single-Site Call Processing* divide el procesamiento de llamadas para dar servicio en un solo sitio, y los agentes de procesamiento de llamadas estarán en la misma ubicación que los puntos finales, sin importar la distancia entre el agente de procesamiento de llamadas y los enlaces del tipo LAN.

En un modelo de procesamiento *Multi-Site Call Processing*, los agentes de procesamiento de llamadas pueden estar en el mismo lugar (procesamiento de llamadas *Multi-Site* centralizado) o distribuidos a través de varios lugares donde exista la mayor densidad de usuarios o incluso donde el servicio sea crítico y se requiera una copia de seguridad.

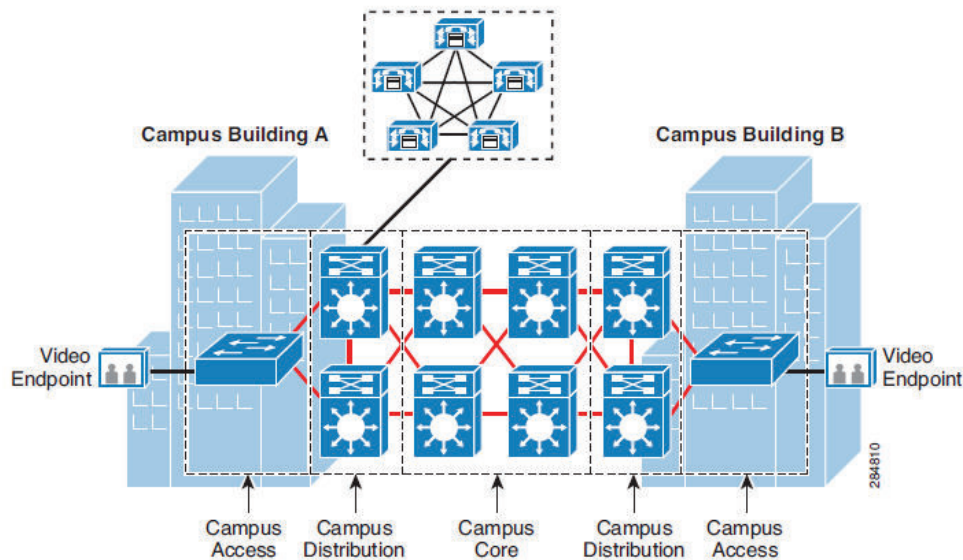


Figura 3.30 Procesamiento de llamadas *Single-Site Call Processing*. [20]

El modelo de procesamiento de llamadas *Multi-Site* incluye las implementaciones donde los agentes de procesamiento de llamadas en *cluster* interactúan con otros agentes de procesamiento de llamadas en *cluster*, a través de un elemento de procesamiento de llamadas desplegado con el único fin de agregar el enrutamiento de llamadas entre grupos de usuarios.

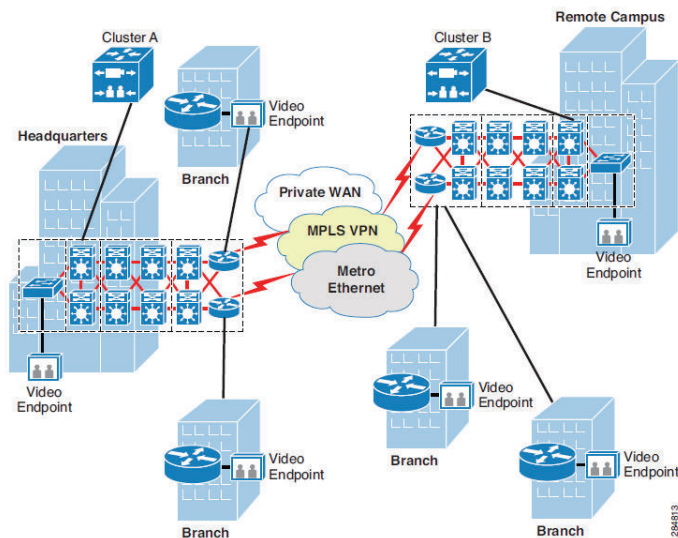


Figura 3.31 Procesamiento de llamadas *Multi-Site Call Processing*. [20]

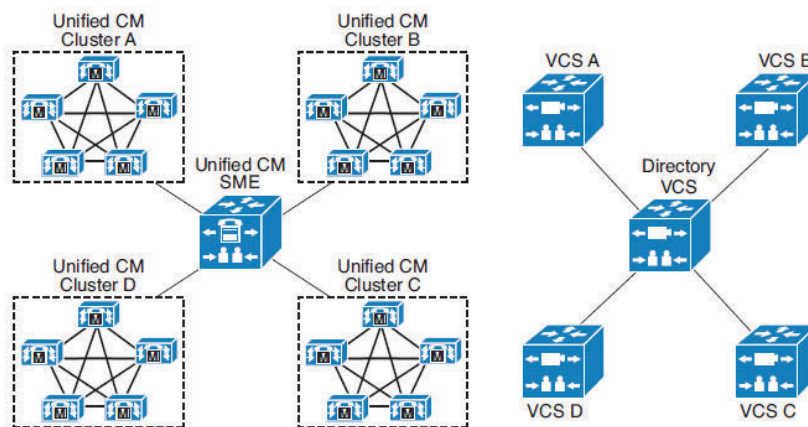


Figura 3.32 Estructura en clústers de *Multi-Site Call Processing*. [20]

El modelo de implementación *Hosted* refieren a servicios prestados y gestionados desde la nube. La oferta es convincente debido al menor costo de propiedad (baja inversión en infraestructura) y la experiencia rica en características que proporciona.

Por lo cual, la topología física a implementarse será una del tipo *Intra-Enterprise* cuya topología lógica y posteriores configuraciones del equipamiento de *core* será la que soporte llamadas *Multi-Site*.

La Figura 3.33 muestra la topología física genérica que tendrá cada sala inmersiva de telepresencia.

Cada sala de telepresencia tendrá:

- RMX de gama media con capacidad para 12 usuarios fijos y 10 usuarios móviles.
- DMA de gama media con soporte para MCUs externos (Cisco-Huawei-etc.).
- Conexiones de red para cada participante.
- Micrófonos escondidos.
- Cámaras IP escondidas con resolución 1080p.

Dependerá de cada sala inmersiva de telepresencia el número de dispositivos que se vayan a utilizar partiendo de los requerimientos de las entidades municipales del GADMA involucradas.



Figura 3.33 Topología Física de una sala de telepresencia.

También se tomará en cuenta que en cada sala de telepresencia se contará con un administrador, el mismo que debe convocar a reuniones, agregar o eliminar participantes y gestionar todos los recursos multimedia en las mismas.

El Director de cada departamento, así como el señor Alcalde y todos los señores Concejales tendrán en sus despachos equipos de telepresencia personales.

La Figura 3.34 muestra la topología física que se utilizará en el sistema de telepresencia inmersivo.

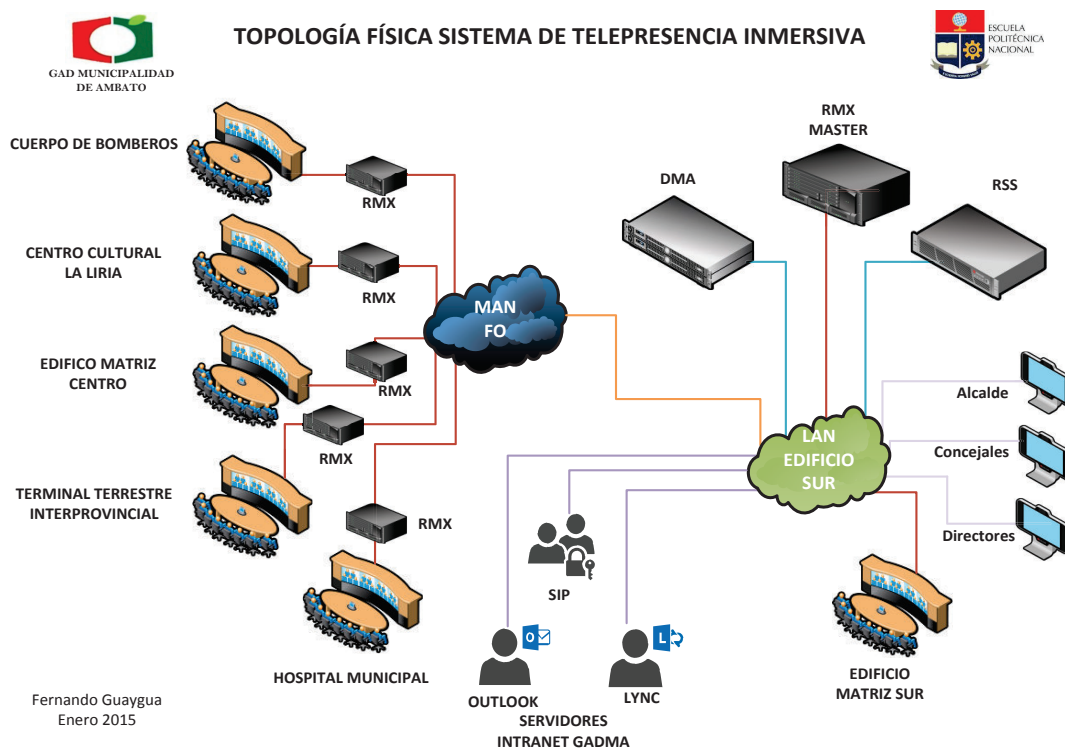


Figura 3.34 Topología Física Sistema de Telepresencia GADMA.

La topología lógica de una sala de telepresencia en forma general se detalla en la Figura 3.35.

Esta topología no difiere mucho de la física y que las conexiones son del tipo estrella centralizada tomando en cuenta que existirá un único equipo DMA ubicado en el Edificio Matriz Sur.

Así mismo, la topología lógica de todo el sistema de telepresencia inmersiva no difiere con respecto a la topología física ya que las conexiones lógicas son del tipo estrella centralizada; las conexiones entre MCUs son encriptadas con AES multimedia y autenticadas mediante SIP, el control entre MCUs los hace el

protocolo TIP nativo. La Figura 3.36 muestra la topología lógica de una sala de telepresencia.

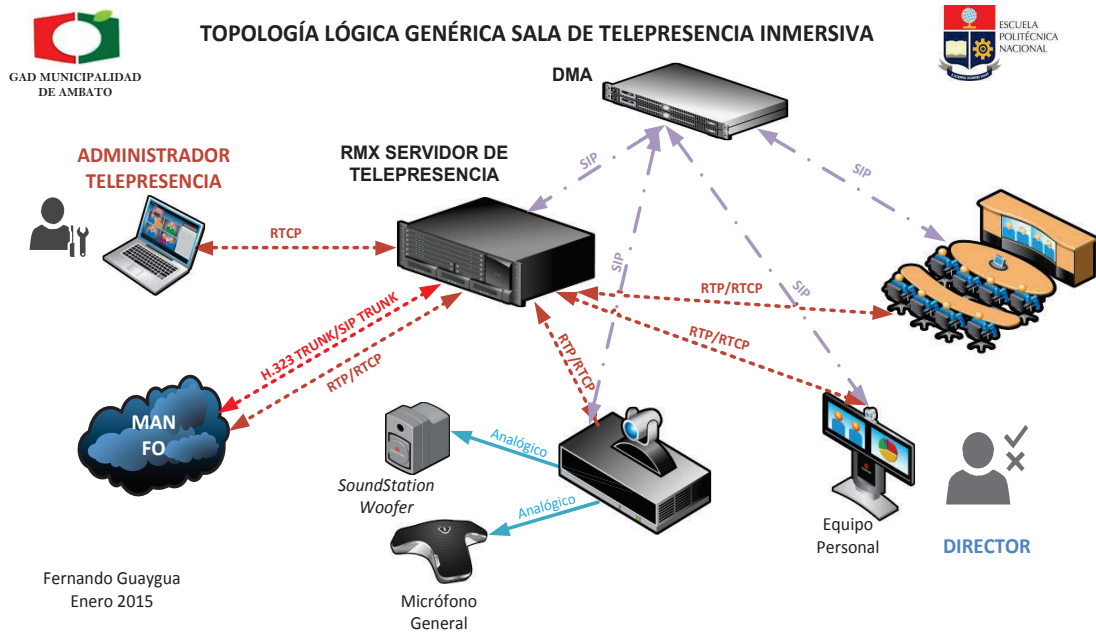


Figura 3.35 Topología Lógica general de una sala de telepresencia.

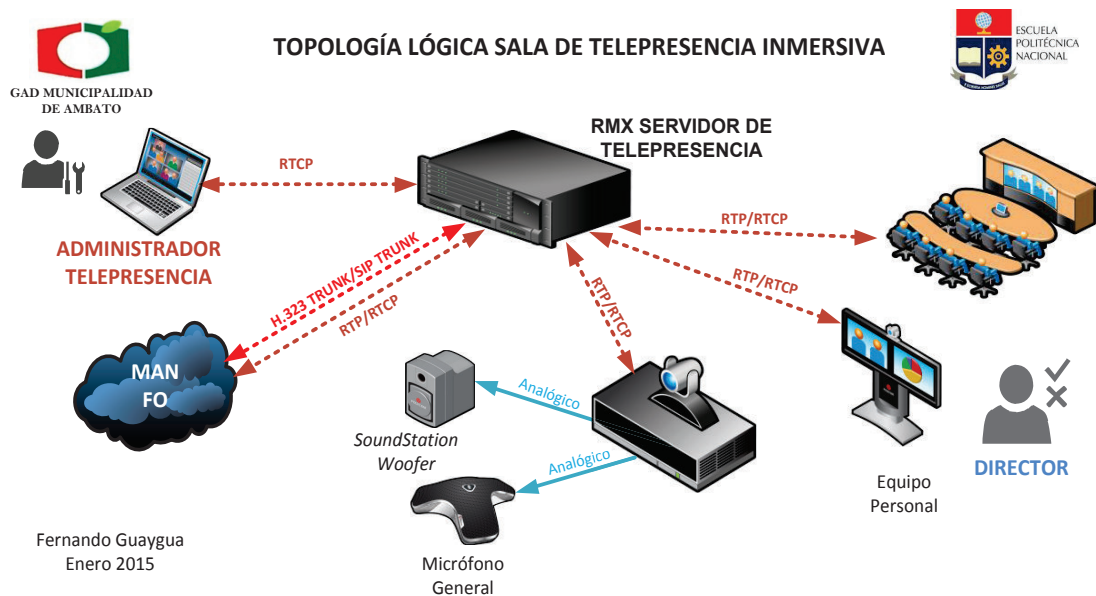


Figura 3.36 Topología Lógica de una sala de telepresencia.

3.4.2 EQUIPAMIENTO PARA EL SISTEMA DE TELEPRESENCIA

Antes de analizar el equipamiento necesario para cada sala de telepresencia se debe usar en cada entidad municipal, se debe recordar el número de usuarios que usarán este servicio de comunicación visual.

La Tabla 3.9 detalla el número de usuarios que harán uso de las salas del sistema de telepresencia y los posibles usuarios que mediante dispositivos móviles podrán conectarse al mismo. Los posibles usuarios móviles se definen según requerimientos manifestados por la Prosecretaría de la Alcaldía Lcda. Mery Navas.

Requerimientos de las Entidades Municipales para las Salas Inmersivas del Servicio de Telepresencia		
Entidad Municipal	Usuarios Telepresencia	Posibles usuarios móviles
Centro Cultural La Liria	6	12
Terminal Terrestre Interprovincial Ambato	6	4
Cuerpo de Bomberos EP	6	12
Hospital Municipal	6	6
Edificio Matriz Centro	12	6
Nuevo Edificio Matriz Sur	12	36

Tabla 3.9 Usuarios del Sistema de Telepresencia del GADMA.

Para la Alcaldía y Consejales se debe contar con 14 puntos personales ubicados en cada despacho, los mismos que se conectarán con el MCU del Nuevo Edificio Matriz Sur.

Entidad Municipal	RMX	DMA	RSS	Equipo Telepresencia Personal	Pizarra Electrónica Inteligente	<i>Suite</i>
Cuerpo de Bomberos	1	-	-	1	1	1
Centro Cultural La Liria	1	-	-	-	1	1
Edificio Matriz Centro	1	-	-	-	1	1
Terminal	1	-	-	1	1	1

Terrestre						
Hospital Municipal	1	-	-	1	1	1
Edificio Matriz Sur	1	1	1	14	1	1

Tabla 3.10 Resumen de equipos de telepresencia.

Partiendo de la topología lógica, el nuevo número de usuarios del sistema de telepresencia, los posibles dispositivos móviles que se podrán conectar y los requerimientos del GADMA, se determina los equipos necesarios para cada entidad municipal. (Ver Tabla 3.10).

El equipamiento necesario detallado se ha dimensionado tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- Cada entidad municipal contará con 1 RMX, recordando que estos equipos si trabajan en redundancia tanto con otros equipos como con sus puertos LAN. Ya que la carga de usuarios en cada entidad municipal es baja no es necesario usar redundancia de equipos y sólo se usará redundancia con los puertos LAN, es decir, si falla un equipo de *networking* de la LAN interna (eth0) automáticamente el RMX usará su puerto secundario (eth1) para conectarse a un equipo LAN que esté activo.
- Se contará con 1 DMA ubicado en el Edificio Matriz Sur, estos equipos son los que balancean las cargas de los RMX; en este caso el DMA virtualizará los recursos del RMX master y si tiene sobrecarga usará un RMX esclavo para compartir tareas.
- Un solo equipo de grabación y compartición de contenidos RSS.
- Se requerirán ordenadores portátiles o tabletas que servirán para que los usuarios puedan compartir información adicional en la teleconferencia, como datos, estadísticas, informes o puedan revisar información personal que sea útil para los demás conferencistas.
- La central de audio viene incorporada en cada *suite*; este equipo se encarga exclusivamente de la acústica de las salas.
- Las cámaras y micrófonos tienen una distribución diferente y depende del tipo de sala que se vaya a utilizar, incluso los equipos de uso personal ya

vienen con cámaras incluidas en las pantallas para una mayor comodidad y naturalidad en la comunicación.

La Tabla 3.11 muestra la distribución de equipos personales de telepresencia.

EQUIPOS PERSONALES DE TELEPRESENCIA				
Entidad Municipal	Sala de Telepresencia	Directores	Alcaldía	Concejales
Cuerpo de Bomberos	3	1	-	-
Centro Cultural La Liria	3	-	-	-
Edificio Matriz Centro	6	-	-	-
Edificio Matriz Centro	1	1	-	-
Terminal Terrestre	3	1	-	-
Hospital Municipal	3	1	-	-
Edificio Matriz Sur	6	-	1	13

Tabla 3.11 Distribución de usuarios para el sistema de telepresencia.

- Como se observa en la Tabla 3.11, en el Centro Cultural La Liria y en el Edificio Matriz Centro ya no existen Directores departamentales ya que la nueva administración los ubicó a la mayoría de sus departamentos municipales en las instalaciones del recién inaugurado Edificio Matriz Sur. Los 12 Directores municipales que se encuentran en el mencionado edificio deberán usar la sala de telepresencia para participar en las teleconferencias; únicamente los Concejales y el Alcalde podrán hacer uso de sus equipos de telepresencia personales. Recordando que cada Director puede hacer uso de dispositivos móviles para entablar las videocomunicaciones si así lo decidieren.
- Existirá un Administrador en cada sala de telepresencia, el mismo que podrá realizar el respectivo control mediante un *software* especial. Esta

persona será la responsable de planificar las sesiones y agendar las mismas a los participantes de cada reunión de trabajo.

- Los micrófonos de escritorio para mejorar la acústica se los colocará en las mesas de trabajo de las salas de telepresencia; su diseño plano y con acústica inteligente permite hablar con toda naturalidad sin los molestos pedestales aumentando el realismo en la comunicación.

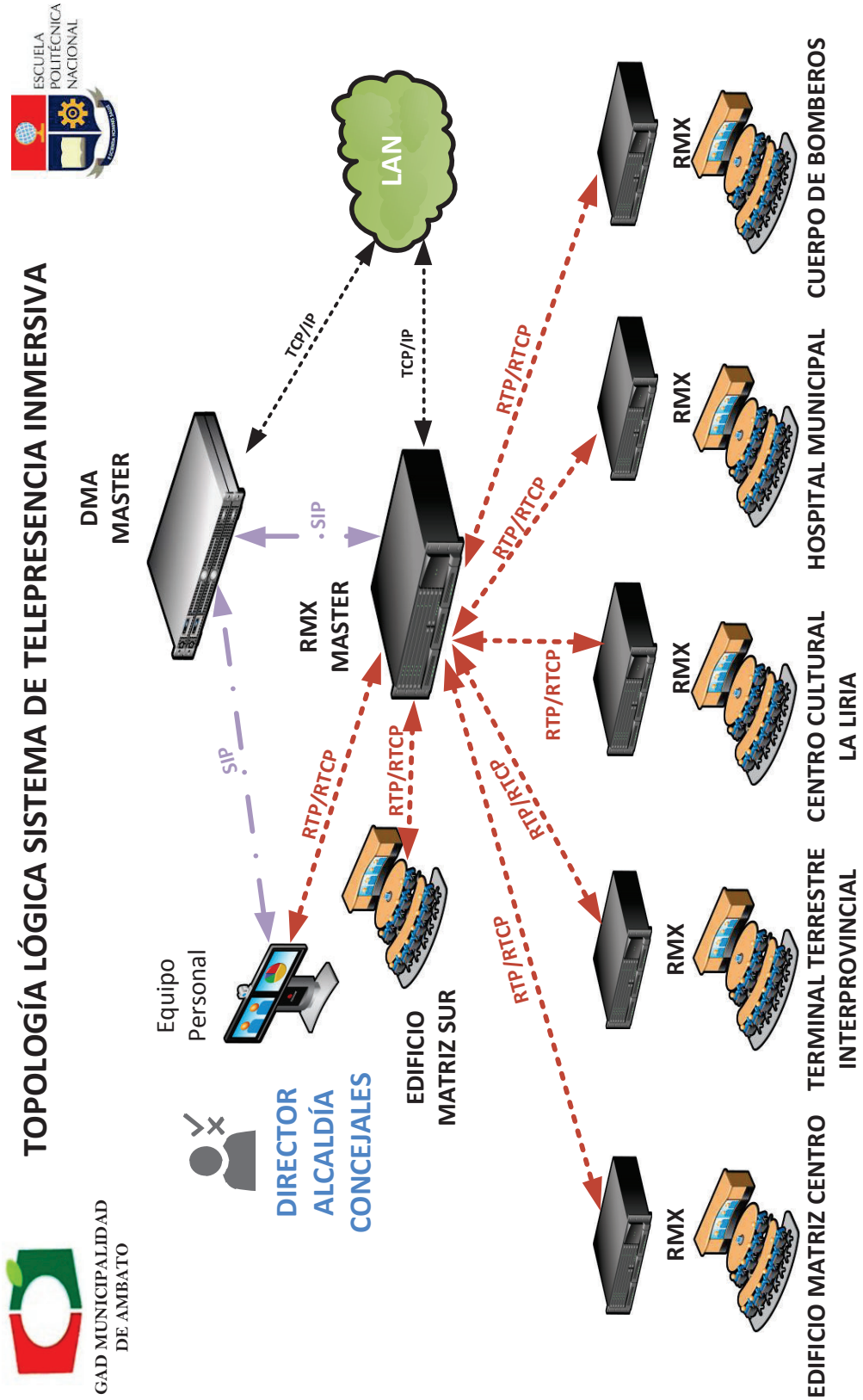


Figura 3.37 Topología Lógica del sistema de telepresencia para el GADMA.

- Bastará solo un *sound-woofer* por cada sala de telepresencia ya que este equipo es el que realiza la emisión de sonido con efectos 3D y audio espacial.
- El monitor personal está destinado para los usuarios que usen los equipos de telepresencia personales.

Los RMX de Polycom tienen capacidades extraordinarias en cuanto a la cantidad de equipos remotos (usuarios móviles) que deseen conectarse al sistema de telepresencia, ya que dependiendo de la calidad de su conexión podrán disfrutar de la conferencia en distintas resoluciones.

Una sala de Telepresencia de Polycom soporta hasta 400 usuarios remotos previa las debidas autorizaciones del administrador (autenticación por ID, MAC o dirección IP). Por esta razón no será crítico el número de usuarios móviles ya que por la naturaleza de los temas a tratar en reuniones netamente municipales los usuarios externos serán bastante limitados.

Una vez determinado el número de usuarios de las salas inmersivas, se puede determinar el equipo de Polycom que cumpla de mejor manera con lo que cada entidad municipal necesita en sus respectivas salas de telepresencia.

3.4.2.1 Equipos de Vídeo

La plataforma que realiza la administración de todos los dispositivos del sistema de telepresencia (MCU) de Polycom es el equipo RMX series (ver Figura 3.38), el cual tiene varias alternativas comerciales dependiendo de la cantidad de usuarios que deseen usar este sistema de comunicación visual.

Para escoger la mejor opción se debe considerar la capacidad de *hardware* y las prestaciones de *software* que soporta cada solución, por lo cual también se hará una comparativa de los servicios multimedia soportados por cada modelo de MCU de la familia RMX Series de Polycom.



Figura 3.38 Equipo RMX de Polycom. ^[112]

La Tabla 3.12 muestra las características generales de los equipos RMX disponibles de Polycom, a partir de las cuales se buscará la alternativa que cumpla con los requerimientos del GADMA para cada entidad municipal.

SOLUCIONES HW TELEPRESENCIA MCU - RMX Series				
Modelo	Recursos Video HD/SD	Recursos Audio H.323	Recursos Audio VoIP	Compatibilidad de Red
Polycom RMX 1000	10 a 720p	20	20	IP H.323
Polycom RMX 1500	15 a 1080p 30 a 720p	360	120	IP H.323 y SIP RTPC y voz sobre IP RDSI (H.320, 4PRI) IPV4 e IPV6
Polycom RMX 1800	18 a 1080p 75 a 720p	400	150	IP H.323 y SIP RTPC y voz sobre IP RDSI (H.320, 4 PRI) IPV4
Polycom RMX 2000	30 a 1080p 60 a 720p	400	720	IP H.323 y SIP RTPC y voz sobre IP RDSI (H.320, 4 PRI) IPV4 e IPV6
Polycom RMX 4000	60 a 1080p 120 a 720p	400	1440	IP H.323 y SIP RTPC y voz sobre IP RDSI (H.320) IPV4 e IPV6

Tabla 3.12 Comparativa de los equipos MCU de Polycom. ^[112]

La Tabla 3.13 muestra las principales características de los equipos MCU de la serie RMX de Polycom.

SOLUCIONES SW TELEPRESENCIA MCU - RMX Series		
Modelo	Diseños de Salas	Servicios
Polycom RMX 1000	24	Vídeo Invite, máscaras de diseño, modo de conferencia y presentación, perfiles de conferencia, control de cámara remota (FECC), marcación interna y externa para conferencias, hasta 1000 salas de reunión, flujo IVR avanzado
Polycom RMX 1500	35	Todas las anteriores más: Herramienta de diseño visual avanzada, diapositivas de bienvenida personalizadas en HD, Opciones (temas) para el fondo del diseño, modo de conferencia y presentación, registro de asistencia, subtítulos, superposición de mensajes, perfiles de conferencia, opciones de nombres de sitio en varios idiomas y fáciles de identificar
Polycom RMX 1800	35	Todas las anteriores más: Resolución personalizada, modo de lectura y presentación, multilinguaje y sitio de opciones de nombres para identificar el sitio de la conferencia
Polycom RMX 2000	35	Todas las anteriores más: Polycom Conferencing para Microsoft Outlook, superposición de vídeo, herramienta de diseño visual avanzada, configuración de resolución personalizada
Polycom RMX 4000	35	Todas las anteriores más: Opciones de diseño personales y automáticas

Tabla 3.13 Comparativa de los servicios del MCU de Polycom. ^[112]

La comparativa en cuanto a HW indica que el modelo RMX 2000 que soporta hasta 30 usuarios en 1080p es la más adecuada, ya que se tiene salas de 12 personas y con posiblemente 10 usuarios móviles más se tendría una sala con 22 participantes. La RMX 1800 podría ser otra opción, pero no dispone de formato en FullHD (1080p) por lo cual el modelo RMX 2000 cumple con las características en *hardware* necesarias, incluso sus prestaciones en *software* indican ser la mejor opción en cuanto a capacidad física y aplicaciones multimedia disponibles.

De manera muy similar a un equipo de *networking* Cisco, a este RMU se le puede anexar tarjetas extras como: RTM LAN (2 tarjetas extra), RTM IP (1 tarjeta) y la fuente de poder.

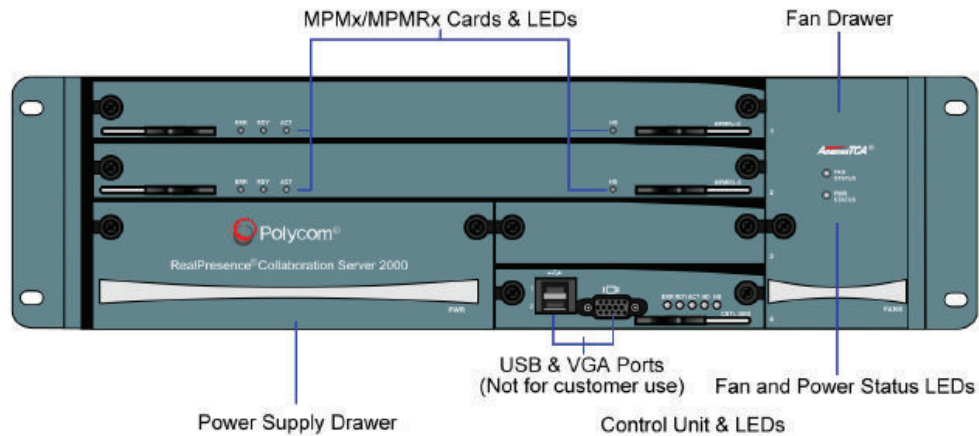


Figura 3.39 Vista frontal equipo RMX 2000. ^[112]

La tarjeta RTM IP es la interfaz de conexión entre el RMX y la LAN principal que contiene a todos los elementos IP del sistema de telepresencia de una *suite*.



Figura 3.40 Interfaz RTM IP del equipo RMX. ^[112]

La tarjeta RTM LAN es la interfaz de conexión entre el RMX y una LAN secundaria (*backup*), posee dos puertos LAN (principal y *backup* de la segunda LAN).



Figura 3.41 Interfaz RTM LAN del equipo RMX. ^[112]

La tarjeta RTM ISDN/PSTN es la interfaz de conexión entre el RMX y la red digital de servicios para salir a Internet directamente sin necesidad de un modem o *Gateway*; realiza la adaptación de un ISDN E1/T1 a paquetes IP.

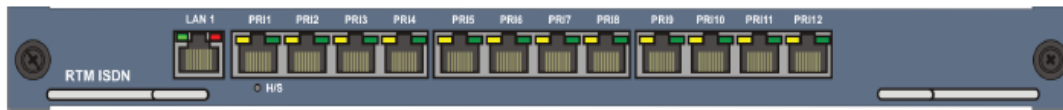


Figura 3.42 Interfaz RTM ISDN/PSTN del equipo RMX. ^[112]

Las características técnicas más relevantes del equipo RX 2000, como lo son los protocolos de comunicación, códecs de audio y vídeo usados y soportados se detallan en la Tabla 3.14.

CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN RMX 2000		
Recurso Multimedia	Estándares	Utilización
Códecs de Vídeo	H.264 con H.239	Códec de Vídeo
	H.239	Contenido de Vídeo
	H.261, H263 y H.263 ++	Compatibilidad con terminales de videoconferencia
	LPR (<i>Lost Packet Recovery</i>)	Vídeo con ocultación de errores para la resistencia contra los problemas de red
Resolución de vídeo	QCIF, SIF, CIF, SD, WSD, HD 720p y FullHD 1080p	Calidad de imagen
Fotogramas	30 fps y 60 fps	
Códecs de Audio	G.719	Códec de audio de alta calidad
	<i>Siren</i> TM 14 y 22	Ancho de banda de 22 kHz con <i>StereoSurround</i> TM
	G.723.1	Códec de voz de doble velocidad
	G.722, G.722.1/c	Acho de banda de 7 kHz con alta calidad en audio
	G.711a/u	Acho de banda de 3.4 kHz con codificación de audio
Gestión	Web, aplicativo, manejo de roles,	Administración del equipo.

Tabla 3.14 Protocolos de la solución RMX 2000. ^[112]

La Tabla 3.15 detalla los protocolos implementados en la solución RMX 2000 de Polycom.

PROTOCOLOS DE LA SOLUCIÓN RMX 2000		
Recurso Multimedia	Estándares	Utilización
IP QoS	LPR (<i>Lost Packet Recovery</i>)	Vídeo con ocultación de errores para la resistencia contra los problemas de red
	DiffServ y IP <i>Precedence</i>	Garantizar la calidad de servicio para redes de gran tamaño
	<i>Jitter buffer</i> dinámico	Corrección de errores
Seguridad	<i>AES Media Encryption</i>	Seguridad de audio/vídeo y contenidos
Componentes de Contenido	H.239	Compartición de contenido para usos múltiples a través de cables VGA o con conexión IP desde los ordenadores al sistema de telepresencia
	Colaboración Web	Instalado en los ordenadores de la <i>suite</i> RPX

Tabla 3.15 Protocolos de la solución RMX 2000. ^[112]

Para realizar presentaciones en donde se necesite acotar puntos importantes no hay mejor opción que el convertidor de cualquier pantalla simple a pantalla táctil Polycom UC *Board* cuyas características más relevantes son:

- Fácil de usar e instalar (USB), soporta cualquier pantalla plana.
- Inicia automáticamente al tocar la pantalla con el puntero digital.
- Permite la visualización de contenido a través de H.239.
- No necesita de un computador para funcionar.

Especificaciones Técnicas UC <i>Board</i>
Requiere <i>hardware</i> Polycom RPX, HDX, ATX, OTX
Monitor LED o LCD
Cable USB de 4,57 mts
Peso 18 del puntero gramos
Requiere baterías AAA para el puntero

Tabla 3.16 Especificaciones técnicas equipo UC *Board*. ^[113]

La instalación es bastante sencilla, no requiere de configuraciones de red únicamente personalizaciones de color, aspecto del puntero u opciones visuales.

La Figura 3.43 muestra al equipo UC *Board* de Polycom.



Figura 3.43 Equipo UC *Board*. [113]

Se puede colocar el receptor de las señales emitidas por el lápiz en cualquiera de los cuatro lados de la pantalla sin afectar su funcionalidad (ver Figura 3.44).

Para ello se añadirá 1 pantalla LCD de 42" en cada *suite* de telepresencia y así poder contar con pizarras electrónicas interactivas para compartir contenidos, aclaraciones o acotaciones importantes en los contenidos expuestos en cada reunión, disminuyendo pequeño costos como pizarras, borradores y marcadores.

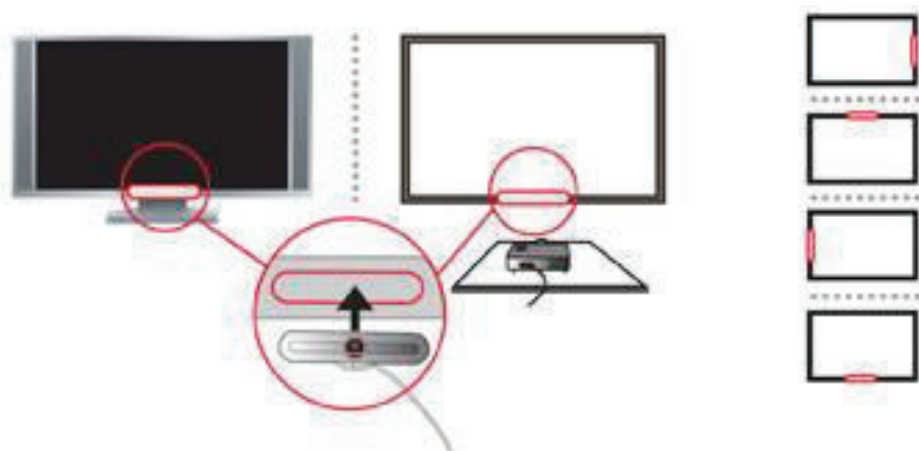


Figura 3.44 Instalación del equipo UC *Board*. [113]

Para los participantes individuales (Directores, Alcalde, Concejales) existe una solución completa para participar directamente en las teleconferencias desde la comodidad de sus despachos.

Polycom ofrece su serie HDX 4000 series cuyas soluciones personales de telepresencia están diseñadas para llevar audio, vídeo y contenido de alta

definición, a espacios más pequeños como un escritorio ejecutivo o una pequeña sala de reuniones.

Las características más relevantes de esta serie son:

- Brillante y nítida pantalla LCD en diseños de 20 o 24 pulgadas; también se puede usar como pantalla principal o secundaria de la PC.
- Es muy fácil añadir una pantalla secundaria mediante el puerto DVI del HDX series.
- Compatible con más de 2 millones de sistemas de vídeo.
- Calidad de vídeo de alta definición, hasta 1080p.
- Eficiencia del ancho de banda, utilizando hasta un 50% menos de ancho de banda gracias a H.264 *High Profile*.
- Múltiples formas de compartir contenido HD.
- Calidad de audio HD con *StereoSurround™*.
- Se puede agregar hasta 3 participantes a cualquier llamada.

Se analizará la diferencia entre las tres soluciones de la series HDX (serie 4000x y 4500) para escoger la mejor opción de telepresencia real personal.

SOLUCIONES TELEPRESENCIA PERSONAL POLYCOM				
Modelo	Resolución	Aspecto	Cámara	Display
Polycom HDX 4001	4CIF (704 x 576)	16:9	EPTZ de 5 megapíxeles	20.1"
Polycom HDX 4002	1280 x 720 a 30fps (720p)	16:9	EPTZ de 5 megapíxeles	20.1"
Polycom HDX 4500	1920 x 1080 a 30fps (1080p)	16:9	EPTZ de 5 megapíxeles	24"

Tabla 3.17 Comparativa de los equipos HDX de Polycom.

La diferencia entre estas tres soluciones de la serie HDX es la resolución del vídeo, HDX 4500 tiene mejor resolución que HDX 4002 y HDX 4001, por lo cual, para no perder la calidad de vídeo en las terminales personales, se escoge esta solución para que sea utilizada como terminales de telepresencia personales.

La Figura 3.45 muestra al equipo HDX 4500 de Polycom, cuyo diseño compacto es ideal para ejecutivos y en el presente caso, altos funcionarios municipales.



Figura 3.45 Equipo HDX 4500. ^[114]

Existen otras características significativas del sistema de telepresencia personal HDX 4500 que se detallan en la Tabla 3.18.

ESPECIFICACIONES HDX 4002			
Parámetro	Especificación	Parámetro	Especificación
Protocolos de Video	H.264, H.263++, H.261, H.239, H.263 y H.264 IP	Cámara	Resolución de vídeo 1920 x 1080 <i>Zoom</i> digital de 2X
Protocolos de audio	Polycom <i>Stereo Surround</i> Polycom <i>Siren 22</i> Polycom <i>Siren 14</i> G.722.1 Anexo C G.722, G.722.1, G.711, G.728, G.729A	Red	H.323 a 4Mbps SIP a 4Mbps H.320 iPriority con QoS Tamaño del MTU reconfigurable Auto detección SPID <i>Loss Packet Recovery (LPR)</i>
Gestión	SNMP, GMS	Hardware extra	Control remoto, micrófonos
Seguridad	Web Telnet AES FIPS 197 H.235V3 H.233/234 Autenticación con ID/pass	Otros Estándares UIT-T	H.221 para comunicación H.224/H.281 y H.323 control de cámara. H.225, H.245, H.241, H.331 H.239 <i>Dual Stream</i> H.231 Llamadas multipunto H.460 NAT/ <i>firewall</i> transversal

Tabla 3.18 Especificaciones técnicas HDX 4500. ^[114]

Este equipo cuenta con una gran variedad de puertos para conectar diferentes periféricos como una PC, parlantes, monitor, micrófonos y un puerto LAN extra para conectarse a la red interna.

La Figura 3.46 muestra los diferentes periféricos que se pueden conectar a este códec.

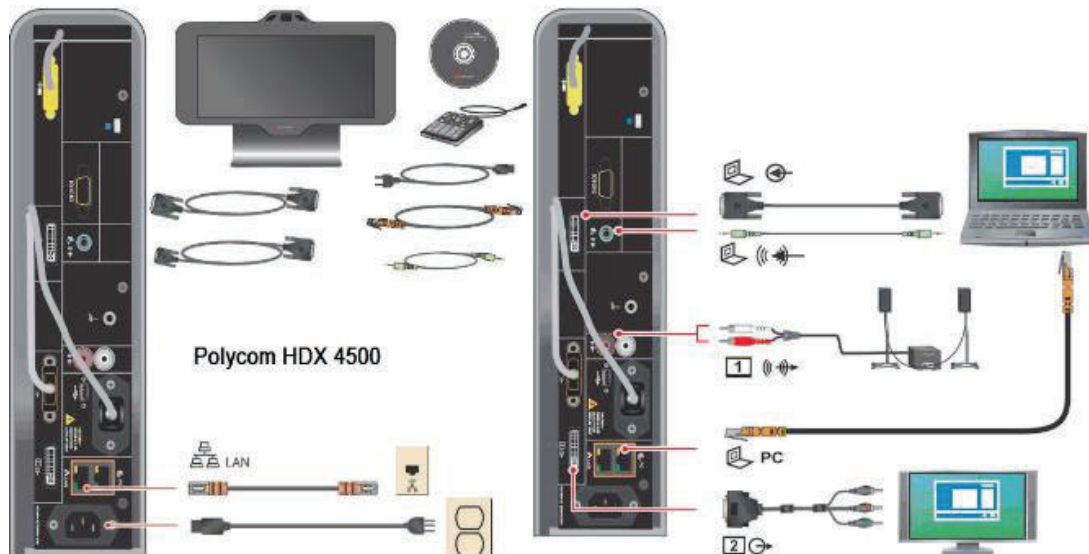


Figura 3.46 Diagrama de conexiones HDX 4500. ^[114]

La Figura 3.47 muestra la parte posterior del equipo, sus diferentes puertos de entrada/salida así como el periférico sugerido a conectarse.

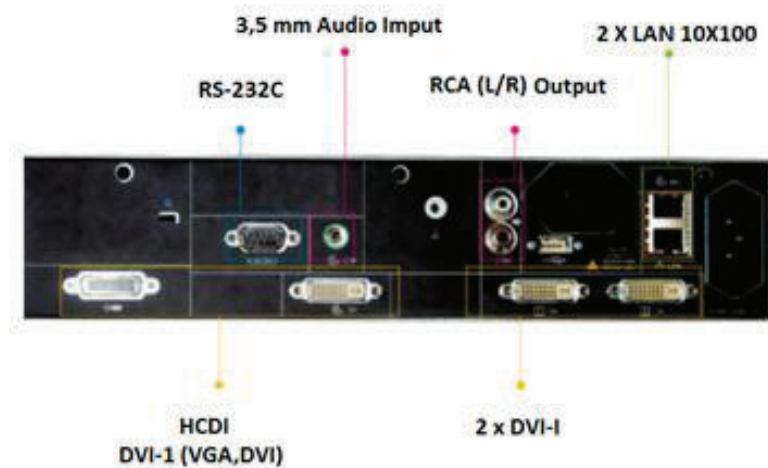


Figura 3.47 Parte posterior del equipo HDX 4500. ^[114]

3.4.2.2 Salas Inmersivas

Según Polycom, las salas inmersivas deben cumplir con varios parámetros para que la sensación de conversaciones sea mucho más real. La mueblería involucrada ha sido estudiada y desarrollada tanto por Polycom, Cisco, Huawei y Juniper, pero solo Polycom y Cisco son las únicas casas comerciales que prestan un detalle minucioso del correcto diseño de las salas de telepresencia inmersiva, cuyos puntos principales se detallan a continuación:

- Tamaño mínimo y máximo de las salas inmersivas.
- Número máximo de participantes.
- Número óptimo, tamaño, posición y resolución de las pantallas gigantes.
- Ubicación y número recomendado de micrófonos.
- Ubicación, ángulos y número de cámaras recomendadas.

Gracias a que existen diseños ya establecidos y homologados por Polycom, se detallarán las características de las salas inmersivas de telepresencia según el número de participantes y siguiendo todos los lineamientos que recomienda Polycom.

Si no se utiliza tecnología inmersiva Polycom recomienda que se utilice la misma solución de *suites* en todas las salas para que no exista distorsión del vídeo o se elimine la sensación de la presencia remota de los participantes que no se encuentran físicamente en la sala.

Para elegir la *suite* que será utilizada en cada entidad municipal, se deberán comparar con algunas soluciones comerciales que entrega Polycom.

- Serie ATX: Telepresencia inmersiva personalizada, ajustada a las necesidades de cada empresa.
- Serie OTX: Telepresencia inmersiva con salas exclusivas pero orientada a grupos pequeños.
- Serie TPX: Telepresencia inmersiva real para pequeños grupos.
- Serie RPX: Telepresencia inmersiva real para grupos numerosos de personas.

- Serie HDX: Videoconferencia tradicional.

La Serie HDX es descartada ya que no es una solución de telepresencia; las series ATX y OTX son de telepresencia inmersiva mientras que las series TPX y RPX son de telepresencia real. Para este diseño se considerará las soluciones que presten el mayor realismo posible para sus participantes como los que ofrecen las series RPX y TPX. Sin embargo, por el número de participantes se considerará únicamente la serie RPX como la solución comercial de Polycom más adecuada para el GADMA.

SOLUCIONES SALAS DE TELEPRESENCIA POLYCOM				
Modelo	Monitores soportados	Personas mostradas en los monitores	Conferencistas	Conferencistas adicionales
Polycom RPX HD 204	2	2	4	0
Polycom RPX HD 204M	2	4	4	4
Polycom RPX HD 208M	2	6	8	4
Polycom RPX HD 210M	2	7	10	4
Polycom RPX HD 210M+	2	7	10	4
Polycom RPX HD 218M	2	11	18	4
Polycom RPX HD 408M	4	8	8	8
Polycom RPX HD 418M	4	14	18	8
Polycom RPX HD 428M	4	20	28	8

Tabla 3.19 Comparativa entre salas de telepresencia de Polycom.

Los requerimientos son salas inmersivas para 6 y 12 usuarios, por lo cual las soluciones que más se acoplan a los presentes requerimientos son RPX HD 408M y RPX HD 418M, las cuales soportan 8 y 18 usuarios respectivamente; se

ha optado por elegir la serie RPX HD 400 y no RPX HD 200 por las siguientes razones:

- La serie RPX HD 400 soporta 4 monitores, esenciales para visualizar el mayor número de conferencistas en el caso de que la sala de 12 usuarios se encuentre llena.
- Con mayor número de monitores, no solo se visualizará de tamaño real a los conferencistas remotos sino que se podrá utilizar una pantalla para compartir información como fotos, vídeos, estadísticas, informes o cualquier recurso digital que sea pertinente en las reuniones municipales.
- Y por último, Polycom recomienda el uso de soluciones homologadas en todas las salas (usar las mismas series) para no perder realismo en la comunicación.

A continuación se detalla porqué se debe escoger las mismas soluciones para las dos salas de telepresencia.

Si se utiliza la misma tecnología en las dos salas, es decir, en la sala A se usa un MCU de la serie RPX 400 o ATX 400 *realpresence* y en la sala B se tiene un MCU de la serie RPX 400 o ATX 400 *realpresence*, se tiene:

Tecnología Sala A	Tecnología Sala B	Sala A	Sala B
RPX 400 ATX 400	RPX 400 ATX 400	Los usuarios RPX sienten la presencia real sin recortes de usuarios.	Los usuarios OTX sienten la presencia real sin recortes de usuarios.

Tabla 3.20 Visualización entre dos *suites* de tecnología igual. ^[105]

Para solucionar problemas comunes como recortes de usuarios en las pantallas, Polycom recomienda usar el ajuste automático de participantes y con las cámaras inteligentes que no solo enfocan al participante que está hablando, sino también son capaces de establecer el número de participantes tanto de la sala A como de la sala B o del número de salas que hagan uso del sistema de telepresencia.

Es posible combinar la tecnología inmersiva (OTX-TPX) con tecnologías de presencia reales (ATX-RPX) siempre y cuando el número de participantes sea el mismo en las salas participantes.

Cabe recalcar que se puede usar en una de las salas participantes tecnología de videoconferencia tradicional, tomando en cuenta que se pierde en su totalidad la sensación inmersiva; existiran recortes de los participantes de forma inevitable y será imposible usar herramientas multimedia antes mencionadas.

En llamadas multipunto, lo que se ve en el sitio local y en el sitio remoto depende de una variedad de factores, incluyendo el número de salas de la llamada, los tipos de sistemas usados en cada sala, incluso las cámaras que se utilizan si no se homologan en una sola solución. Con el uso del administrador de telepresencia se recomienda configurar el trazado de modo que cada sitio vea los otros sitios de la llamada.

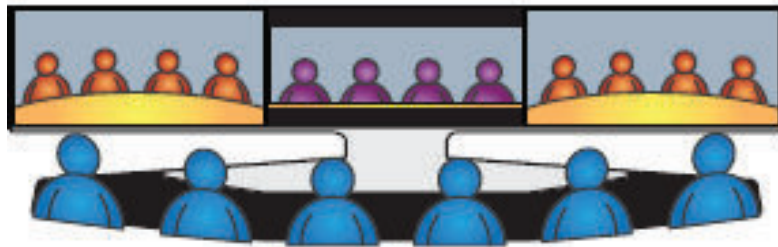


Figura 3.48 Visualización usando distintas *suites*. ^[105]

La Figura 3.48 muestra lo que se vería en una sala de OTX 300 con tres salas remotas. Las dos pantallas laterales usan tecnología inmersiva TPX y la pantalla central usa tecnología *realpresence* RPX.

Gracias a estos lineamientos se sustenta el debido justificativo de el porqué la utilización de la serie RPX 400 en todas las salas de telepresencia para el GADMA.

Con las soluciones de salas de telepresencia RPX 408M y RPX 418M se cubre tanto los requerimientos actuales como futuros del sistema de telepresencia para el Municipio de Ambato.

La solución comercial de Polycom incluye en su oferta todo el mobiliario en el cual se incluyen las cámaras, micrófonos y si el cliente así lo desea las paredes modulares, techo con luminarias incluso el piso, contruidos de materiales especiales eliminadores de ruido externo y minimizadores de efectos de rebote de sonido y sombras de luz.

Las características más relevantes de estas soluciones son:

- Vídeo con resolución de 1080 a 30 fps y/o 720p a 60 fps sin cortes, con ajuste 48:9, el vídeo crea una experiencia íntima cara a cara.
- Visualización en pantalla completa, vista cinematográfica que facilita reuniones con grandes grupos.
- Todas las soluciones de videoconferencia incorporadas.
- La estación de sonido *Sound Station* con banda ancha telefónica da la posibilidad de conferencias para añadir audio-participantes.
- Mini cámaras de alta definición del tipo 3-CCD incrustados (fuera de la vista) detrás la pared de vídeo principal (pantallas) que permiten el contacto visual natural con todo el grupo local y remoto.
- Altavoces estéreo montados encima de la pared de vídeo (fuera de la vista) que ofrecen *Stereo Surround* en audio de 22 kHz.
- Panel de control táctil que facilita al administrador el poder controlar audio y vídeo, así como el control de volumen y un enlace directo a la administración de servicios *help desk* si se los necesitara.
- Techo, micrófonos digitales discretos para multi-dirección automática a 360° de captación de voz.
- Conectividad VGA directa para los ordenadores portátiles para facilitar el intercambio de contenidos en un cualquier momento.
- Integración de pantallas de alta resolución de 15" que están dentro del alcance cómodo de los brazos de cada participante para que todos participen en la reunión.
- Acceso a la red interna y a otras conexiones de acceso (inalámbricas) a todos los asientos para que puedan acomodar un ordenador portátil de los trabajadores.

- La iluminación con calidad de estudio integrado en el techo con 45 grados de apertura por luminaria y rejillas cerradas aseguran que la iluminación sea favorable y uniforme en todos los participantes.
- Gran acústica incorporada en toda la *suite* para asegurar que el ambiente de ruido exterior pueda ser bloqueado y que las reuniones puedan continuar sin distracciones.
- Mesa de conferencia multipropósito que puede ser utilizada para colocar participantes adicionales incluso cuando la *suite* no está siendo utilizada para las comunicaciones de vídeo, dando la posibilidad de emplear las instalaciones para reuniones privadas.
- Asientos de expansión que se puede acomodar para reuniones con grupos más grandes.

Todas las cámaras, micrófonos, altavoces y pantallas gigantes se interconectan entre sí mediante un códec HDX (*Polycom 9004 HDX Ultimater HD*) incorporado en la *suite* RPX, el códec puede conectarse a la LAN sin problemas y así compartir todos los contenidos multimedia de la *suite*.



Figura 3.49 Vista posterior del códec HDX 9004. ^[115]

Las características de audio, Vídeo y comunicación son exactamente las mismas de la *suite* RPX 400 series detalladas anteriormente. En la Tabla 3.21 se incluye un detalle de los puertos físicos más importantes del códec HDX.

Algo particular de Polycom es que los centros de distribución comerciales deben ser certificados por Polycom, no cualquier distribuidor puede vender equipos de telepresencia real de esta marca sin tener certificación de fábrica. Por esta razón se optará para este diseño el incluir toda la mueblería que ofrece Polycom y así asegurar que el audio y la iluminación serán de calidad y que el realismo de comunicación esté presente en cada reunión de trabajo de los funcionarios municipales del GADMA.

Puertos Físicos Ultimate HDX 9004		
Cantidad	Tipo	Utilización
2	HDCI	Entrada de vídeo
1	BNC	Entrada de vídeo
2	DVI - I	Entrada de vídeo
3	BNC	Salida de vídeo
3	DVI - I	Salida de vídeo
3	Phoenix	Entrada de audio
2	Phoenix	Salida de audio
2	HDX Connector	Entrada de micrófonos
1	RJ45	LAN 1 Gbps
1	EIA	Conector Eléctrico
1	USB	Interactivo
1	PCMCIA	Tarjetas externas

Tabla 3.21 Puertos físicos de HDX 9004. ^[115]

En la Figura 3.50 se muestra en forma general las conexiones de este equipo.

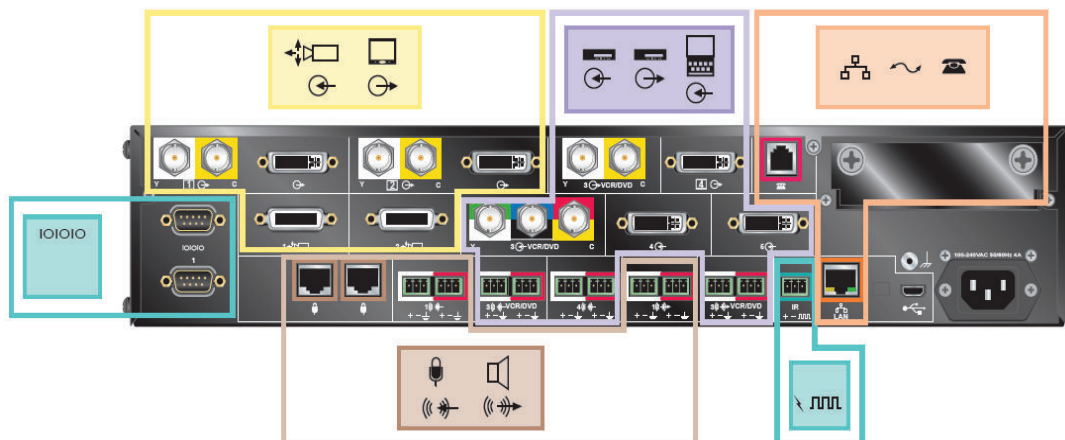


Figura 3.50 Detalle de las conexiones de HD 9004. ^[115]

Las características técnicas que tiene esta *suite* son importantes y exactamente iguales que las que ofrece el MCU, ya que este equipo es el servidor de telepresencia de la *suite*, el códec HDX 9004 simplemente conecta los periféricos de la *suite*; más no realiza mayor procesamiento de información multimedia.

Esta solución también plantea los requerimientos de los ordenadores que pueden conectarse al RPX, los mismos que no deben exceder los siguientes parámetros:

- Consumo de energía eléctrica menor a 200 watts.
- Nivel de presión sonora de 40 dBA.
- Tamaño máximo de 50,8 x 20,3 x 50,8 cm.
- Peso máximo de 40 libras.

Los equipos RPX se adaptan fácilmente a directorios LDAP/H.350 o incluso a directorios locales mediante equipos DMA de Polycom que administran de manera fácil y sencilla cualquier tipo de directorio digital; los requerimientos y características de dicho equipo se discutirá más adelante.

El ancho de banda necesario (capacidad de transmisión) se detalla en la Tabla 3.22. Esta capacidad que depende del número de personas que participan de la videoconferencia y la resolución de los monitores que se desee usar. Hay que tomar en cuenta que este factor no influye en nada para este diseño, ya que el sistema de telepresencia real usará la JambaRed para transmitir todo el tráfico. Esta plataforma física es de fibra óptica, por lo cual se dispone de suficiente ancho de banda; sin embargo, el ancho de banda necesario será de utilidad conocerlo como referencia para usuarios que no dispongan de redes corporativas propias y deban arrendar canales de comunicación mediante empresas de transmisión de datos.

ANCHO DE BANDA RPX 400 SERIES		
Resolución	Mínimo	Recomendado
1080 p/30 fps	15 Mbps	30 Mbps
720 p/60f ps	10 Mbps	20 Mbps

Tabla 3.22 Ancho de banda requerido por las *suites*. ^[115]

El MCU de Polycom necesita dos puertos LAN para poder transmitir los datos del sistema de telepresencia, uno como enlace principal y el otro como *backup*.

La cantidad de puertos LAN disponibles en las mesas de trabajo de la *suite* son para los ordenadores externos de los usuarios.

Existen otras características relevantes de las salas de telepresencia de la serie RPX 400 como lo son sus parámetros físicos:

- Las dimensiones o particularidades de las salas de telepresencia de la solución RPX se muestran en la Figura 3.51.

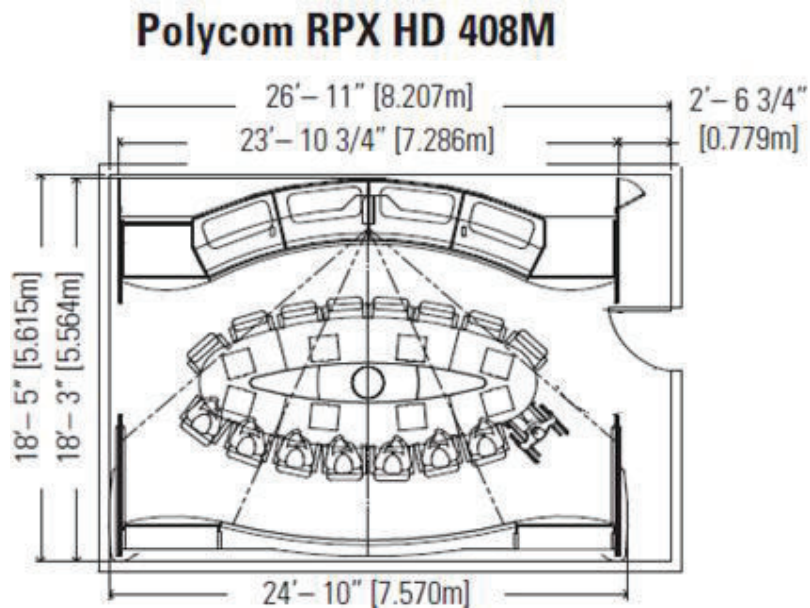


Figura 3.51 Dimensiones físicas de la *suite* RPX 408M. ^[115]

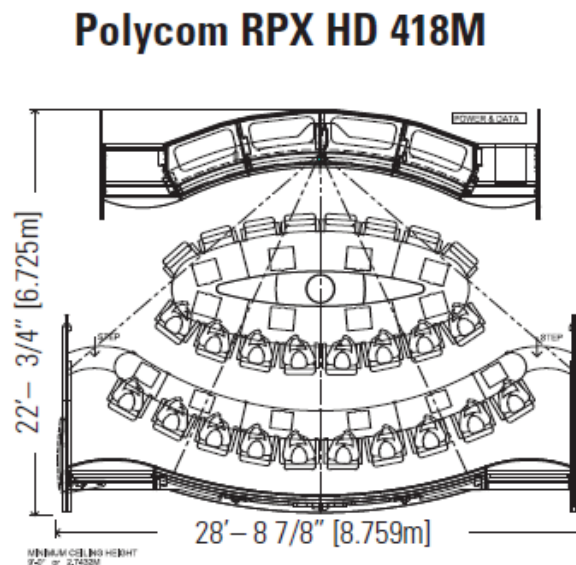


Figura 3.52 Dimensiones físicas de la *suite* RPX 418M. ^[115]

- Las dimensiones mínimas y máximas del espacio físico donde se debe instalar la sala de telepresencia, se presentan en la Tabla 3.23.

DIMENSIONES MÍNIMAS SUITES RPX 400 SERIES				
Modelo	Ancho [m]	Profundidad [m]	Altura [m]	Área [m ²]
RPX HD 408M	8,138	5,958	2,591	48,5
RPX HD 418M	8,912	7,284	2,743	64,9

Tabla 3.23 Dimensiones físicas de las *suites*. ^[115]

- La Figura 3.53 detalla la ubicación referencial de los elementos dentro de la *suite* RPX 400 series.

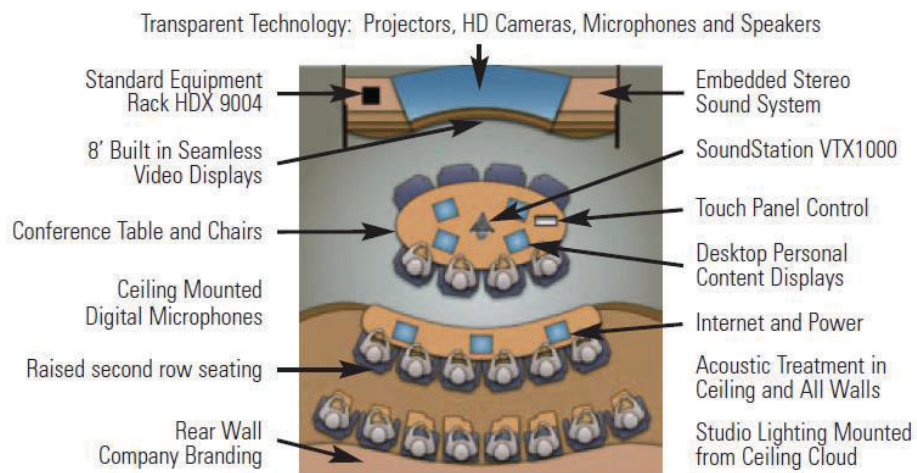


Figura 3.53 Suite RPX 400. ^[115]

- Existen otras recomendaciones como la energía eléctrica necesaria, el máximo peso que soportan las mesas, calor generado por la *suite*, temperatura óptima de funcionamiento, humedad relativa, incluso el peso del inmobiliario para consideraciones en caso de montarlo en estructuras temporales, las mismas que se indican en la Tabla 3.24

PARÁMETROS SUITES RPX 400 SERIES		
Parámetro	RPX HD 408M	RPX HD 418M
Energía eléctrica [W]	4573	5481
Calor generado[BTUs/h]	21628	28515
Enfriamiento necesario [Ton]	1,8	2,38
Temperatura de operación [°C]	5 - 30	5 - 30
Humedad Relativa	10% al 90%	10% al 90%
Peso promedio por área [Kg/m ²]	173,07	173,81

Tabla 3.24 Parámetros físicos de las *suites*. ^[115]

- Las dimensiones y características de las sillas son importantes, ya que la comodidad de los participantes es primordial si se desea que todos los conferencistas se sientan cómodos en cada reunión (ver Tabla 3.25).

DIMENSIONES DE LAS SILLAS RPX 400 SERIES			
Parámetro	Largo [cm]	Profundidad [cm]	Altura [cm]
Cuerpo de la silla	60,63	67,31	99,06
Base de la silla	66,04	67,31	
Características			
Ajustes de la altura del asiento e inclinación			
Características ergonómicas: ajuste de la tensión, bloqueo de silla de inclinación, altura del asiento, cojines anatómicos.			
Cojines de cuero y ruedas			

Tabla 3.25 Características físicas de las sillas de la suite. ^[115]

Los diseños de los muebles depende de cada cliente, Polycom ofrece la construcción de la mueblería de acorde a los gustos particulares de cada usuario final sin una afectación considerable en el costo final de la solución.

Por último y no menos importante, la *suite* RPX 400 series contiene una cámara tipo escáner que sirve para compartir archivos entre todos los participantes. Esto es altamente útil para la firma de actas de las reuniones ya que como servidores municipales todo lo acordado, planteado, reformado o estipulado debe ser documentado y con las firmas de aceptación de todos los involucrados para su posterior registro.

La integración de la cámara de alta definición Wolfvision® VZ-57 de documentos permitirá al usuario transmitir imágenes de un documento u objeto en cualquier instante durante la teleconferencia. Las características de esta cámara se presentan en la Tabla 3.26.

3.4.2.3 Equipos de Audio

Los equipos de audio ya vienen incorporados en todas las *suites* de telepresencia (RPX en este caso), pero se puede especificar las características de micrófonos y

los altavoces de Polycom incorporados en las *suites* (ver Figura 3.54).

CÁMARA DE DOCUMENTOS SUITE RPX 400 SERIES	
Parámetro	Especificaciones
Tipo de Cámara	1 Cámara - CCD con escáner progresivo
Resolución horizontal	820 Líneas
Resolución en imágenes	1050 Líneas
Reproducción de color	Muy Buena (precisión de color sRGB)
Píxeles Efectivos	1280 x 960 (=1.228,800)
Tramas por segundo	30 fps
Resolución de contenido	(4:3) XGA (1024x768)
Zoom del lente	Dos lentes telezoom, 64x zoom (16x óptico + 4x digital)
Tamaño máximo del documento	66 cm. x 51 cm.
Tamaño mínimo del documento	4.44 cm. x 3.81 cm.

Tabla 3.26 Especificaciones de la cámara de documentos. ^[115]

Cabe recalcar que existen equipos como el *SoundStructure* que tienen una serie de accesorios como micrófonos de escritorio, arreglos de micrófonos, micrófonos colgantes, altavoces, controles remotos y cables. La *suite* de la serie RPX 400 usa las estaciones de micrófonos colgantes y altavoces con micrófonos de escritorio (*Polycom SoundStation VTX 1000*).



Figura 3.54 Equipos de audio de la *suite*. ^[116]

Las características más relevantes del equipo de escritorio VTX 1000 son:

- Tecnología de reducción de ruido que minimiza los sonidos del exterior.
- Rango de alcance del micrófono de 6 metros.
- Micrófonos de extensión que proporcionan una cobertura de sala aún mayor para salas más grandes.
- Selección automática del micrófono: solo hay un micrófono encendido a la vez y dirigido a la persona que está hablando, para eliminar ese sonido tipo eco.
- Micrófono independiente, con canales con cancelación de ecos que se ajustan al entorno individual para obtener un mejor sonido.
- Tecnología que evita la interferencia de teléfonos móviles y otros dispositivos inalámbricos.
- *Subwoofer* para extensión del audio hasta a 80 Hz que proporciona un sonido más claro y realista.

Las características técnicas del equipo se detallan en la Tabla 3.27.

Características Técnicas Sound Station VTX 1000
Alimentación de 22 Vcc
Display de alta resolución tipo LCD
Identificador de llamadas
Botones interactivos (mute, altavoz, redial, etc.)
Rango de frecuencias del micrófono de 80 Hz a 7 KHz
Interfaz física de comunicación RJ 45, RJ 11
2 Interfaz físicas para micrófonos extra
Respuesta en frecuencia de 80 - 300 Hz
Jack de audio de entrada
Parlante de audio ajustable hasta 89 dB
Control de agudos/graves de 6 dB
Sub-woofer con respuesta en frecuencia de 80 a 300 Hz

Tabla 3.27 Especificaciones equipo de audio VTX 1000. ^[116]

3.4.2.4 Equipos de Directorio y Multimedia

El detalle de los equipos de vídeo a usar en el sistema de telepresencia determina la calidad de la comunicación y el realismo de la misma, por lo cual se debe escoger la solución más efectiva de la cartera comercial de Polycom.

Se determinará el DMA como *gatekeeper* y como equipo de balance de carga entre los distintos MCUs ubicados en cada entidad municipal, el DMA asigna de forma automática el RMX (MCU) más adecuado a cada usuario.

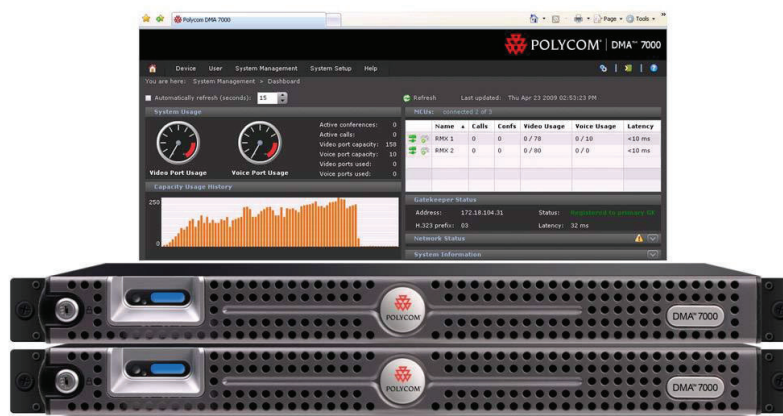


Figura 3.55 Equipo *Gatekeeper* de Polycom. [117]

El DMA que ofrece Polycom es único, es decir, no existen series comerciales asociadas al producto. Polycom ofrece el equipo DMA 7000 cuyas características más relevantes son:

- Aplicación de misión crítica para Comunicaciones Unificadas (UC).
- Control de llamadas para dispositivos SIP y H.323 (AVC y/o SVC).
- *Gatekeeper* H.323/SIP que puede registrar hasta 75.000 dispositivos y 64 sistemas multipunto (MCU).
- *Gateway* SIP/H.323.
- Súper clúster (hasta 5 nodos DMA) y redundancia geográfica.
- Administración a través de las API para el monitoreo de conferencias, aprovisionamiento de usuarios y VMRS, información de recursos y facturación.
- Administración de recursos, balanceo de carga, escalabilidad y resiliencia (resiliencia es la capacidad de una solución de continuar funcionando

dentro de parámetros aceptables ante distintos tipos de problemas), para hasta 64 servidores de colaboración.

- Integración nativa de Comunicaciones Unificadas con Microsoft, Cisco, Juniper, IBM.

Es posible la integración al Sistema de Telepresencia de equipos móviles como *laptops*, *desktops*, *smartphones* y *tablets* sin importar el sistema operativo de los mismos, mediante el aplicativo “CMA Desktop”, que es un integrador de puntos de usuario final mediante un *software* bastante sencillo de manejar.



Figura 3.56 Software CMA. [118]

Algunas características relevantes del aplicativo son:

- Multiprotocolo de seguridad SIP, H.323, *AES–Media encryption*, H.235 *security*.
- Soporta LDAP/H.350, XMPP, HTTPS/XML,
- Compartición de contenidos H.323 Content, H.239 *dual stream*.
- Control de cámaras H. 224/H.281 *far-end camera control*.
- Soporta sistemas operativos Windows y Mac OS.
- Multi protocolos de vídeo H.261, H.263, H.263+, H.264, H.239.
- Multi protocolos de audio G.719, *Polycom Siren 14*, G.722.1 Anexo C, G.722, G.722.1, G.729A a G.729a, *Polycom Siren LPR technology*.
- Soporta cámaras y micrófonos integrados o USB.

Puede transmitir vídeo en calidad SD o HD dependiendo del tipo de cámara que el usuario utilice y el ancho de banda que disponga.

Para transmitir en HD existen requerimientos de *hardware* a tomar en cuenta:

- Procesador de dos núcleos con velocidad mínima de 1.6 GHz.
- RAM mínima de 2 GB.
- RAM de vídeo mínimo de 256 MB.

Para dispositivos móviles es necesario tener cámara delantera, RAM mínima de 1 GB, acceso a Internet o a la red local, sistemas operativos Windows Mobile 7, IOS 7, Android 4.1 o superior.

Dependerá de cada dispositivo la calidad de vídeo reproducido y emitido.

Por último se tiene el equipo que trabaja para manejar los recursos multimedia, el RSS encargado de almacenar y compartir los contenidos multimedia a usuarios dentro y fuera de la red de datos empresarial. Ver Figura 3.57.



Figura 3.57 Equipo RSS de Polycom. ^[119]

RSS graba, archiva y realiza *streaming* de telepresencia y videoconferencias para la reproducción en una amplia variedad de dispositivos de cliente como *tablets*, *smartphones*, equipos de escritorio y terminales de vídeo basados en estándares.

Las características funcionales más relevantes del RSS son:

- Fácil captura de videoconferencia y telepresencia.
- Incluye el contenido de cualquier terminal basado en estándares agregando RSS a la llamada.

- Grabación y *streaming* de eventos en formatos HD y SD para Windows Media o reproductores que soporten mp4 (transcodificación en vivo).
- Grabación de hasta 15 conferencias simultáneas en Full HD.
- *Streaming* de hasta 4 conferencias simultáneas en HD.
- Acceso a canales de *streaming* en directo o diferido desde cualquier terminal que soporte estándares de vídeo
- Compatible con los principales servidores multimedia de *streaming* externos para poder llegar a un gran público por Internet.

Las principales características de la serie RSS 4000 se presenta en la Tabla 3.28.

ESPECIFICACIONES RSS 4000			
Parámetro	Especificación	Parámetro	Especificación
Velocidad de grabación	4 Mbps a 1080 p	Hardware	2 Puertos LAN 1 Gbps 2 Discos Duros 1TB RAID-1
Protocolos	H.323 y SIP RFC 3261	Protocolos de Audio	G.711 a y u, G.722, G.728, G.722.1 anexo C, Siren 14, tecnología Siren 22 Estéreo
Calidad de vídeo en streaming	QCIF, C(S) IF, 4CIF, SD, HD, XGA, SVGA y VGA	Seguridad	Cifrado AES multimedia Compatibilidad con TLS/SSL y HTTPS
Capacidad	Hasta 1406 horas de almacenamiento a 768 Kbps de vídeo, audio y contenido H.323	Gestión	Servidor web incluido Sistema Operativo Linux Compatibilidad con <i>gatekeepers</i> de terceros

Tabla 3.28 Especificaciones de RSS. ^[119]

3.4.2.5 Salas de Telepresencia Opcionales

Las salas de telepresencia real son las que interesan. Estas salas logran ese realismo usando cámaras ocultas, micrófonos suspendidos, sistema de sonido transparente, servicios multimedia debidamente administrados, diseño simétrico de la mesa, paredes frontales y posteriores para conservar el aspecto espacial, calidad de la iluminación medida y balanceada, tratamiento acústico, modular dentro de una sala, múltiples configuraciones. Estas características crean no solo

un ambiente inmersivo, sino una experiencia visual y de audio totalmente extraordinaria con pantallas de 42 pulgadas de altura para que todos se vean en altura completa, creando la sensación de la presencia 100% real de los participantes remotos.



Figura 3.58 Salas de Telepresencia Real de Polycom. ^[106]

Para este tipo de soluciones es necesario adquirir una mueblería simétrica en cada sala, Polycom ofrece comercializar estas soluciones físicas para no perder la sensación de presencia real que emiten estas salas.

El GADMA requiere este tipo de salas para su sistema de telepresencia como anteriormente se analizó, pero existen otros tipos de salas de telepresencia como lo son las inmersivas que simulan cierto realismo en la comunicación sin lograr una verdadera sensación real en la comunicación. La diferencia no radica mucho en los equipos sino mas bien en el ambiente físico (salas o *suites* de telepresencia). Se analizarán algunas de estas salas sólo como modo de ejemplo y así poder establecer una diferencia entre las salas de telepresencia inmersivas y las salas de telepresencia reales. La Figura 3.59 detalla una sala inmersiva para 6 personas.

La sala expuesta tiene un control *touch* central desde el cual se puede administrar el vídeo, la intensidad de la luminosidad de la sala, las pantallas, los contenidos informativos y el acceso a usuarios externos. Las pantallas gigantes se montan sobre la pared para aumentar el espacio físico de la sala.



Figura 3.59 Salas Inmersivas de Polycom. ^[106]

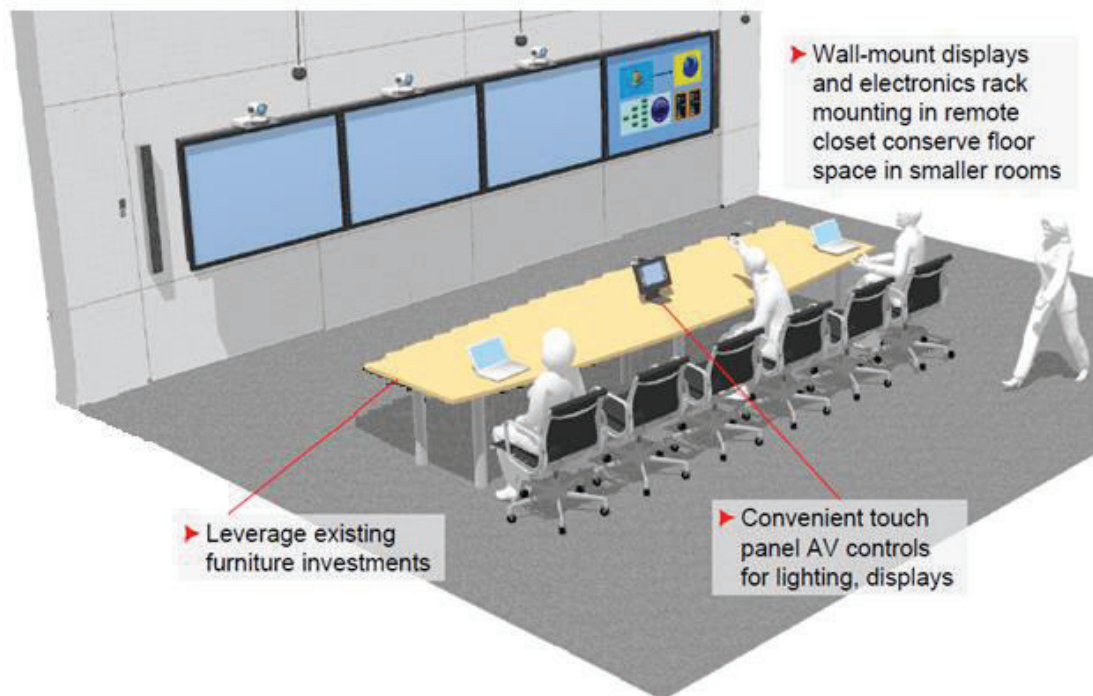


Figura 3.60 Detalle de las salas inmersivas de Polycom. ^[106]

Otra opción para salas inmersivas de 6 conferencistas es la que utiliza recursos visuales como un simulador de pantalla *touch* que convierte a cualquier monitor en un pizarrón electrónico totalmente interactivo, ideal para reuniones de trabajo donde se requiera enfatizar puntos importantes de la misma.

Recordando que la pizarra electrónica interactiva se puede anexar a cualquier sala de telepresencia de Polycom, se recomienda utilizar los diseños de Polycom ya que según la experiencia de la empresa, la ubicación de los mismos ha sido minuciosamente estudiada.

La sala expuesta tiene control de audio, luminosidad, permite la interacción y visualización de contenidos. Las cámaras pueden ser removidas de su posición original aunque esto no es recomendable; las cámaras PTZ tienen sensores de movimiento para usuarios que deciden caminar alrededor de la sala inmersiva. Los micrófonos eliminan problemas de audio como el ruido ambiental o la falta de potencia en la voz de los participantes, eliminando sonidos producidos por los dedos en el uso de pantallas táctiles y contando con *sub-woofer* para mejorar la acústica.

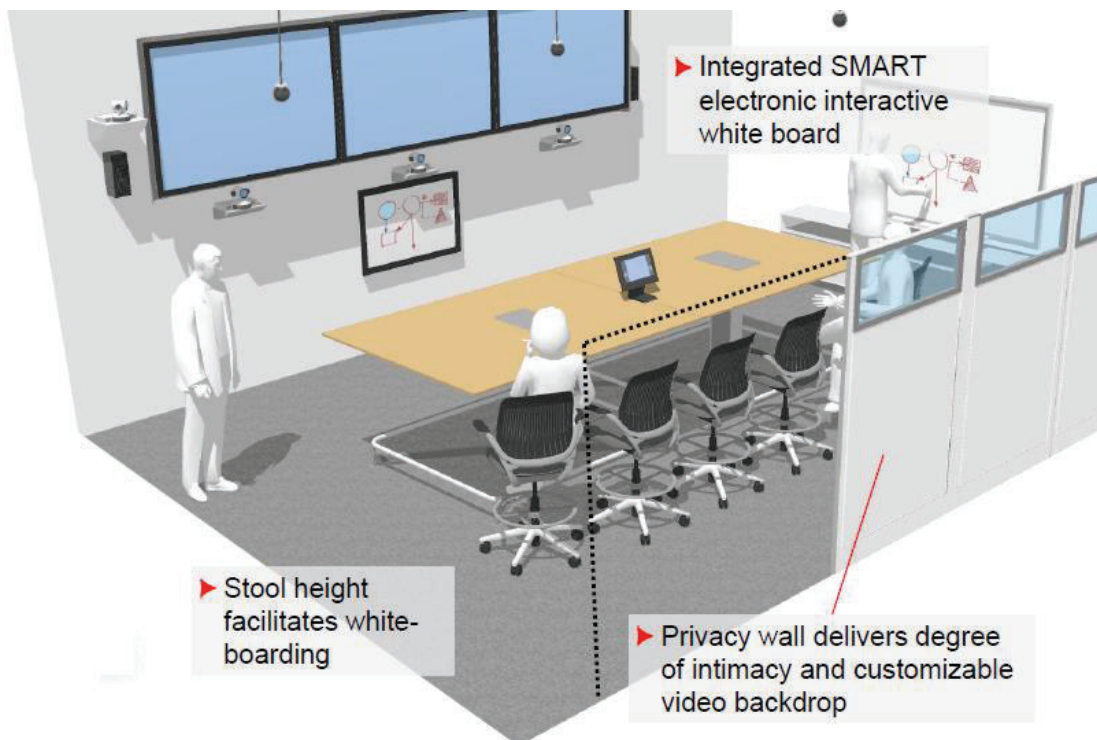


Figura 3.61 Sala inmersiva interactiva de Polycom. ^[106]

Las salas inmersivas que cuentan con 12 participantes tienen la particularidad de reunir a los participantes en grupos de 6 personas y al igual que un auditorio, los niveles de las dos filas de asientos son distintos.

Al igual que las salas inmersivas para 6 personas, todos los servicios multimedia como pizarras táctiles electrónicas, micrófonos especiales, cámaras con sensores de movimiento y todos los detalles antes mencionados están inmersos en estas salas; la única diferencia es la capacidad de conferencistas que éstas pueden albergar.

La mueblería que ofrece Polycom es variada y se ajusta a la mayoría de requerimientos; sin embargo, los elementos de usuario final se pueden acoplar en cualquier mueblería siempre y cuando se sigan normas recomendadas por el fabricante para no perder la sensación de inmersión.



Figura 3.62 Salas inmersivas de 12 participantes Polycom. ^[106]

3.4.2.5.1 Normas de adecuación para salas de inmersión no prefabricadas ^[120]

Adicional a este estudio de las salas de telepresencia, se emitirán algunos parámetros para el caso de que no se desee adquirir mueblería prefabricada para las salas de telepresencia; esto permitiría disminuir los costos pero se podría perder el realismo de la comunicación, la calidad del audio y vídeo incluso se comprometería con la comodidad de los conferencistas.

Polycom no recomienda el uso de salas de telepresencia fabricadas en forma artesanal. Por su parte Cisco, emite ciertas normas que deben cumplir las salas de telepresencia ya que este fabricante no se centra en la comercialización de

mueblería inmersiva, por lo cual, se tomará a Cisco como referencia de normativa de salas de telepresencia inmersivas no prefabricadas.

La sala tiene que ser lo suficientemente amplia como para dar cabida de manera cómoda al sistema de telepresencia y cualquier periférico que pueda ser instalado en los costados, con suficiente espacio adicional en cada costado para el libre tránsito de los usuarios.

Es posible optar por planificar más espacio físico para muebles adicionales, como armarios, mesas, sillones, sofás, o espacio de almacenamiento para sillas adicionales.

Para mayor detalle, revisar el Anexo H.

3.4.2.5.2 Salas de Telepresencia a futuro

Existen otro tipo de salas y equipos de telepresencia que varios fabricantes ofertan; se podría considerar a futuro estos equipos ya que por el momento parecen futuristas pero están en la capacidad de brindar servicios de comunicación en campos como la educación, transporte, medicina o seguridad ciudadana.

La telepresencia no solo se utiliza para reuniones de trabajo, existe un concepto llamado telemedicina cuya particularidad es que se lo utiliza para sesiones médicas remotas, lo cual sería ideal para atender emergencias en las cuales se necesite de especialistas médicos que físicamente no puedan estar presentes en la sala pero que puedan guiar a otros médicos y poder salvar vidas.



Figura 3.63 Sala para Tele-Salud. ^[106]

Esta sala podría sugerirse para el Hospital Municipal siempre y cuando existan otras salas de telepresencia similares en Hospitales que cuenten con médicos profesionales de alto nivel como por ejemplo el Hospital Eugenio Espejo o el Hospital Metropolitano de la ciudad de Quito.

La telepresencia se puede usar para Tele-política, en la que las salas tipo *suites* están diseñadas para altos ejecutivos de una empresa, entidades gubernamentales importantes, incluso se podría usar para conferencias internacionales en donde la seguridad de los mandatarios es tan importante que deciden quedarse en la seguridad de sus despachos y entablar reuniones con sus similares vía telepresencia.



Figura 3.64 Sala para Tele-Política. ^[106]

En estas salas (Figura 3.64) podrían ser sugeridas para reuniones entre Ministros de Estado, Alcaldes, Gobernadores o incluso con Miembros de Brigadas Nacionales para emitir planes de acción durante una catástrofe natural.

Estas salas ejecutivas no solo son para participantes limitados, sino también existen soluciones en donde se puede contar con asistentes de ejecutivos, asesores o personal de apoyo, tal como lo muestra la Figura 3.65.

Se podría llegar a un realismo impresionante, que prácticamente los participantes se olvidan por un instante que están separados a miles de kilómetros.



Figura 3.65 Sala de Telepresencia Ejecutiva. ^[106]



Figura 3.66 Equipo de Tele-Educación. ^[106]

Otra aplicación es Tele-educación la que en otros países como Estados Unidos y Japón se está utilizando para impartir clases, con lo que se puede contar con profesores extranjeros sin la necesidad de que viajen hasta los campus universitarios ahorrando tiempo, dinero y alejándose de sus familias. Se cuenta con estaciones de telepresencia móviles que pueden recorrer el aula sin ningún problema, así no se pierde contacto con los estudiantes.

3.5 CONFIGURACIÓN DEL EQUIPAMIENTO ACTIVO DEL SISTEMA DE TELEPRESENCIA

Anteriormente se determinó el equipo de telepresencia necesario para este diseño, por lo cual para detallar la configuración se hará referencia a la Tabla 3.29.

En esta sección, se detallará la configuración sólo a modo de ejemplo recordando que todos los parámetros de la red interna y servidores fue tomada del Departamento de Sistemas Informáticos del GADMA y que dichos parámetros pueden ser cambiados para ajustar a los equipos de telepresencia a esta red o a

cualquier otra red. Todos los datos como nombres de usuario, contraseñas y direcciones IP de servidores que no tiene el GADMA (SIP, Lync, etc.) son únicamente referenciales.

RESUMEN EQUIPOS DE TELEPRESENCIA			
Equipo	Modelo	Cantidad	Uso
DMA	7000	1	Virtualización de recursos Interconexión con MCUs
RMX	RMX 2000	6	Servidor de Telepresencia
Suite	RPX 408M	5	Salas de Telepresencia Real
	RPX 418M	1	Salas de Telepresencia Real
RSS	4000	1	Servidor de <i>Streaming</i> de Vídeo
HDX	4500	17	Equipo de Telepresencia personal
Pizarra	UC Board	6	Equipo interactivo para presentaciones

Tabla 3.29 Resumen de equipamiento de telepresencia.

El códec HDX 9004 está incluido en la *suite* RPX, ya que la sala de telepresencia (RPX) es el mobiliario y el códec multimedia (HDX) es el equipo de comunicación entre periféricos de audio y vídeo.

Se indicará la configuración de cada equipo de la solución de Telepresencia según los esquemas de interconexión detallados anteriormente, dicho detalle se lo hará en orden partiendo de una topología en capas. Ver Figura 3.67.

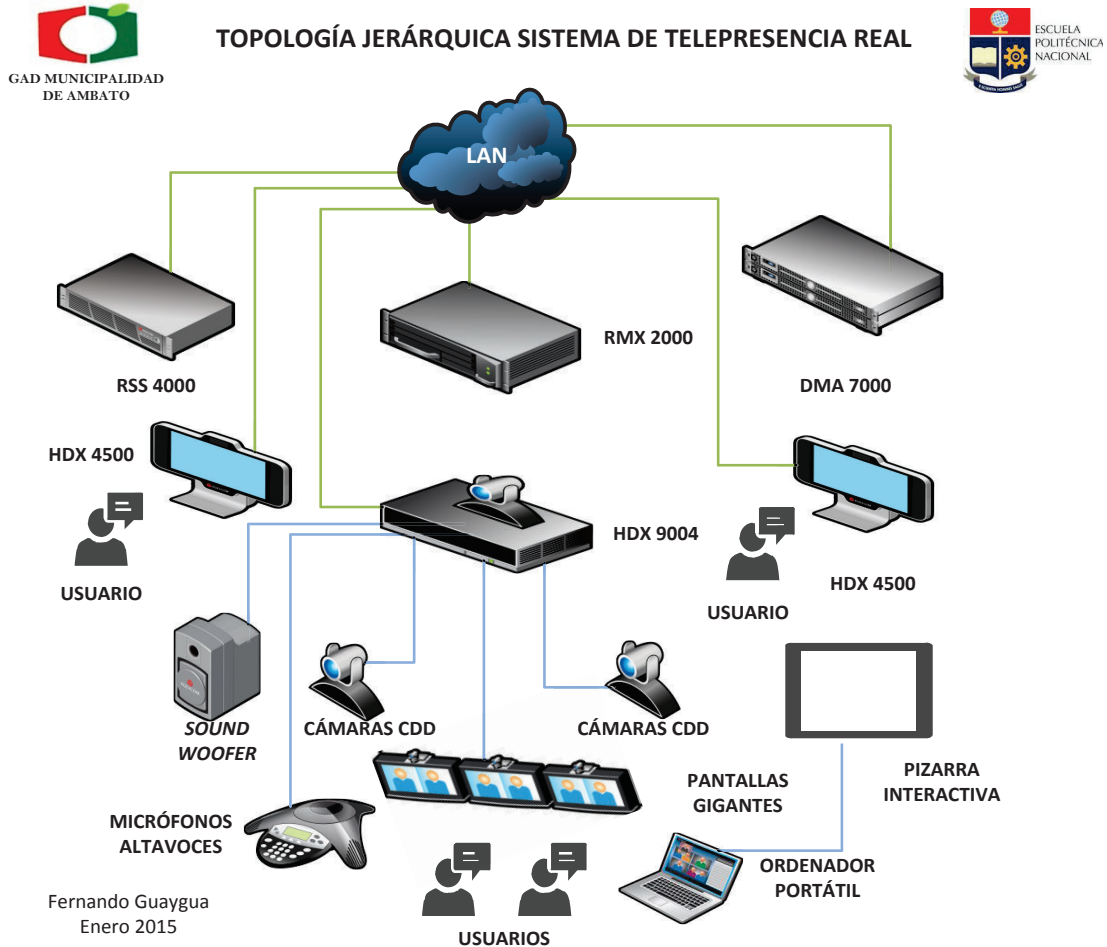


Figura 3.67 Topología Física Salas de Telepresencia GADMA.

3.5.1 CONFIGURACIÓN EQUIPO HDX 9004 ^[114]

Este equipo se encarga de interconectar los periféricos multimedia que conforman la *suite* de telepresencia (cámaras, micrófonos y altavoces y *woofers*).

Físicamente se tiene la opción de colocarlo en un *rack* normalizado o sobre un mueble plano, pero como esta solución viene montada sobre la sala de telepresencia real prefabricada, ya tiene su ubicación específica en la parte posterior de las pantallas gigantes.

Las respectivas ubicaciones de las cámaras y micrófonos ocultos ya vienen establecidas de fábrica, el único trabajo sería el de conectar los respectivos cables de cada periférico multimedia al panel posterior del equipo HDX 9004.

La Figura 3.68 muestra las entradas y salidas de vídeo del códec.

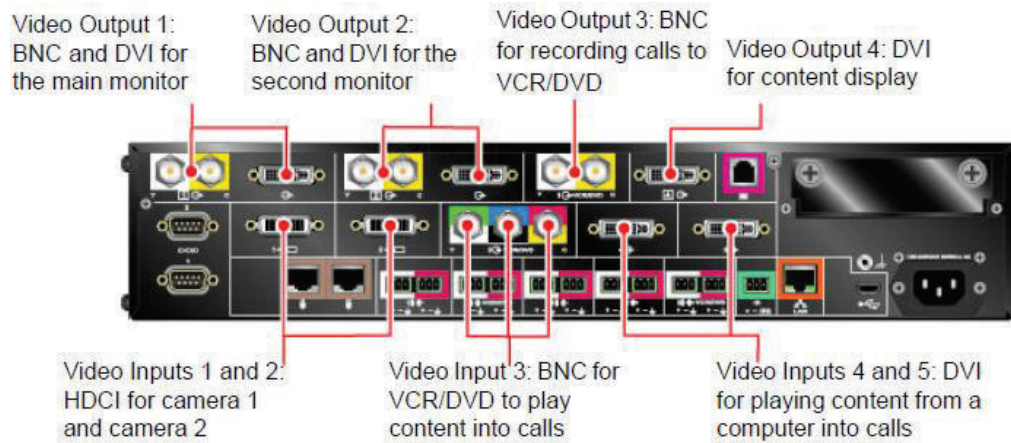


Figura 3.68 Puertos de vídeo equipo HDX 9004. ^[114]

La Figura 3.69 muestra las entradas y salidas de audio del códec.

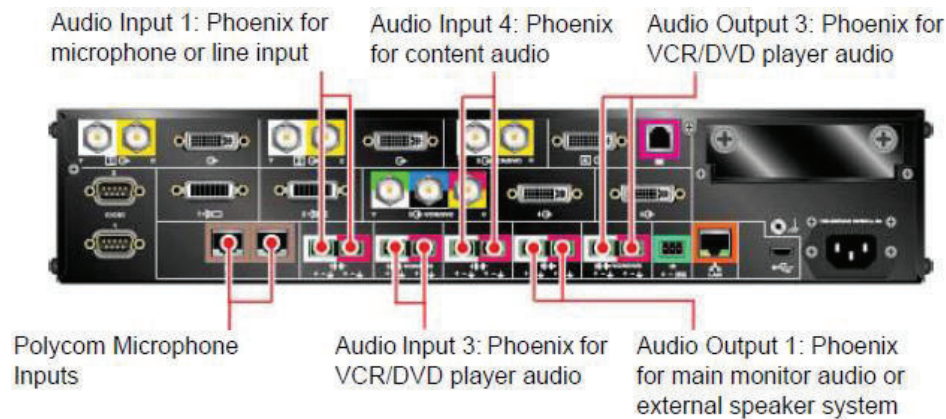


Figura 3.69 Puertos de audio equipo HDX 9004. ^[114]

La Figura 3.70 muestra las conexiones de red del códec.

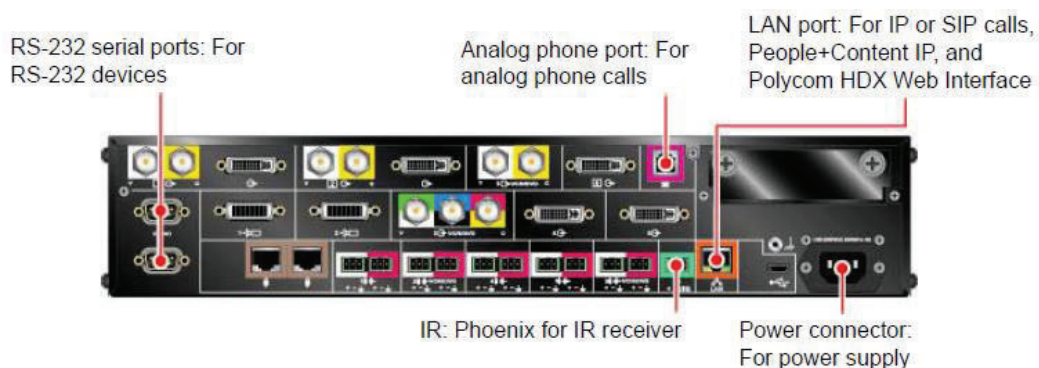


Figura 3.70 Puertos de red equipo HDX 9004. ^[114]

Una vez revisada la correcta conexión de los periféricos al códec, así como la alimentación de energía eléctrica en todos los equipos y el disponer un punto de red para este equipo, se establece que la primera configuración primordial es la LAN a la cual se conecta el equipo.

Existen dos maneras de configurar el equipo, la primera es por medio de la interfaz web del equipo y la segunda a través del menú interactivo del equipo desde un monitor y navegando con el control remoto.

A manera de ejemplo se usará la interfaz propia del equipo.

Se requiere primero escoger el idioma, ingresar la dirección IP, el nombre de usuario y contraseña para el acceso al menú de configuraciones.

Se puede observar en la parte inferior la IP del equipo y el número de serie, estos datos permiten ingresar a la configuración por medio de la interfaz web.

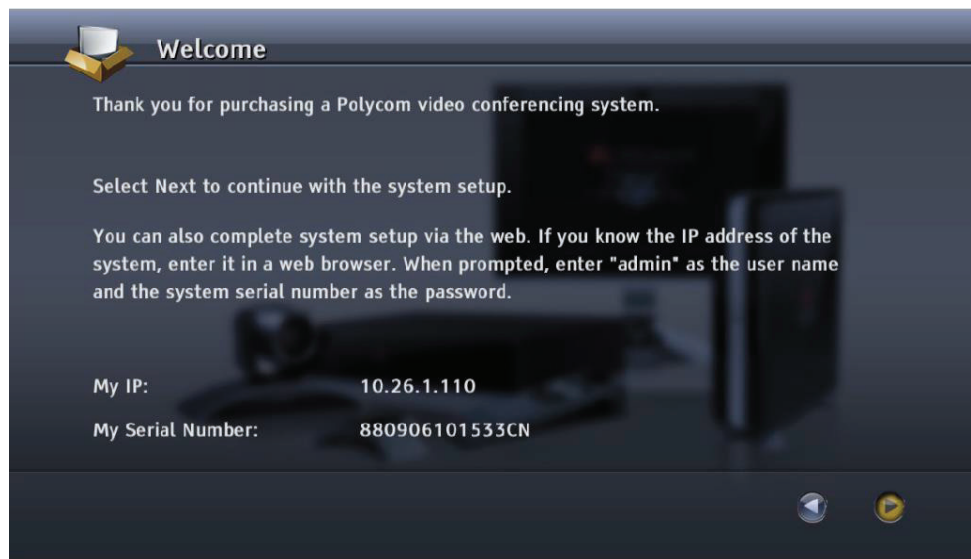


Figura 3.71 Interfaz web equipos Polycom. ^[114]

Se usan las siguientes credenciales:

Dirección IP: 10.26.1.110 (esta dirección puede variar).

Usuario: admin.

Contraseña: 880906191533CN (número de serie único en cada equipo).

A continuación, se detallan los parámetros más importantes de configuración del equipo:

- Dirección IP: 172.16.3.1
- Máscara de Subred: 255.255.255.127
- *Gateway*: 172.16.3.0
- Nombre del Equipo: Códec Hospital_Municipal (Ejemplo).
- DNS: 10.10.0.6
- Dominio: gadma.gob.ec
- VLAN: 200.
- Prioridad de vídeo: 3.
- Prioridad de Audio: 2.
- ICMP: 1000 milisegundos.
- Nombre H.323: H323 Hospital_Municipal (Ejemplo).
- Extensión H.323: 100 (Ejemplo).
- Servidor SIP: 10.10.0.4
- Nombre del servidor SIP: sipserverst.
- Dominio del servidor SIP: sip@gadma.gob.ec
- Contraseña del servidor SIP: sip1804server.
- Servidor *Proxy*: 10.10.0.2
- IP DMA: 172.16.3.52
- Nombre H.323 del DMA: H323_DMA.
- Máximo ancho de banda: 30 Mbps.
- ID de la *suite* para acceso remoto: hdx2356 (Ejemplo).
- Contraseña para acceso remoto: admin3478suite (Ejemplo).
- Encriptación AES: Todas las llamadas.
- Versión SNMP: V2.
- IP Servidor SNMP: 10.10.0.20
- MIB: Polycom MIBs.

Cabe recalcar que este códec soporta IPV4/IPV6; si se habilita la opción IPV6 en la dirección IP, adicionalmente se despliegan más opciones propias de esta versión del protocolo IP. Actualmente el GADMA sólo maneja IPV4 en sus equipos de *networking*.

Las configuraciones de los elementos multimedia como cámaras, micrófonos y altavoces se detallan a continuación:

- Nombre de la cámara: Cámara Derecha (Ejemplo).
- Tipo de cámara: PTZ.
- Ancho de banda: Dinámico.
- Preferencia de calidad: Personas.
- Resolución de la pantalla: 3.840 x 2.160
- Habilitar tecnología *EagleEye View*: Todos.

Existen varias opciones de configuración, tanto las opciones de red como las opciones multimedia cuyo detalle se encuentra en el Anexo I.

Todas las configuraciones anteriores detallan los parámetros de red, seguridad, audio y Vídeo; existen otras configuraciones secundarias como la visualización del tiempo de llamada actual, límite del tiempo de llamada, lista de las últimas llamadas y otras opciones más las cuales se mencionan en el Anexo I.

Para registrar al producto, la intranet debe tener acceso a Internet, ingresar al menú desde *Admin Settings >General Settings > Options* e ingresar la llave de licencia (MP Key).

Cuando se registra la licencia sin problemas se tiene una opción más como las llamadas en cascada.

La *suite* que inicia la llamada puede invitar a otras *suites* y estas *suites* de segundo nivel en la llamada pueden llamar a más *suites* de tercer nivel incluyendo usuarios móviles. Ver Figura 3.72.

Las MIBs de Polycom brindan datos importantes como:

- Alertas del funcionamiento del HDX Polycom.
- Detalles de *Jitter*, latencia y paquetes perdidos.
- Baja batería del control remoto.
- Encendido de la *suite*.
- Información si el administrador de logs está activado o desactivado.

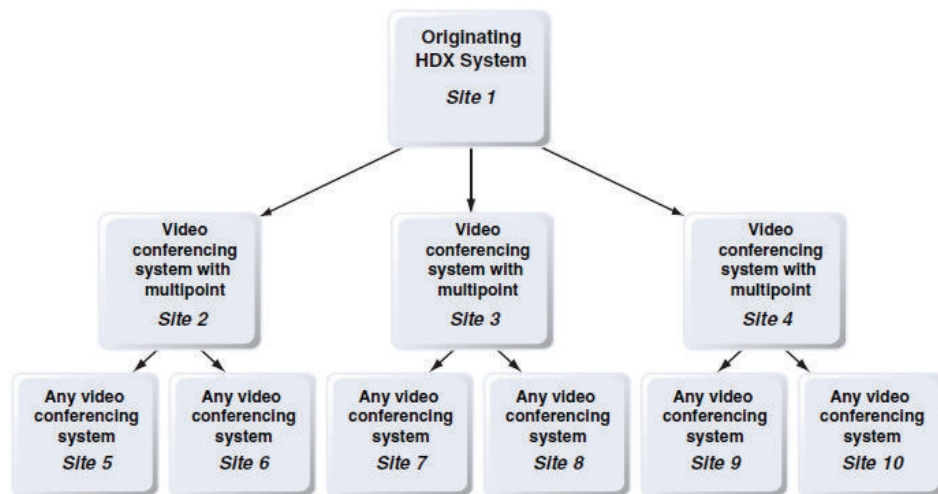


Figura 3.72 Equipo Polycom en cascada de tres niveles. ^[114]

- Llamadas fallidas y el porqué del fallo.
- Vídeo teléfonos desconectados.
- Usuarios que solicitan soporte técnico.

Para finalizar esta sección, en la Tabla 3.30 se presenta un resumen con las direcciones IP, nombres, algunos parámetros propios de cada *suite* de todo el sistema de telepresencia.

Edificio	IP Address	Host Name	H.323 Name	H.323 Extension (E.164)
Centro Cultural La Liria	172.16.3.1	RPX La_Liria	H.323 La_Liria	100
Terminal Terrestre	172.16.3.2	RPX Terminal	H.323 Terminal	105
Edificio Matriz Centro	172.16.3.3	RPX EdCentro	H.323 EdCentro	110
Hospital Municipal	172.16.3.4	RPX Hospital	H.323 Hospital	115
Cuerpo de Bomberos	172.16.3.5	RPX Bomberos	H.323 Bomberos	120
Edificio Matriz Sur	172.16.3.6	RPX EdSur	H.323 EdSur	125

Tabla 3.30 Asignación de IPs y extensiones H.323.

Edificio	Location Name
Centro Cultural La Liria	La_Lira
Terminal Terrestre Interprovincial	Terminal_Terrestre
Edificio Matriz Centro	Matriz_Centro
Hospital Municipal	Hopital_Municipal
Cuerpo de Bomberos EP	Cuerpo_Bomberos
Edificio Matriz Sur	Matriz_Sur

Tabla 3.31 Asignación de los alias H.323.

Las credenciales de acceso dependen del número de serie de cada equipo, guiándose del ejemplo de muestra al inicio de esta sección.

3.5.2 CONFIGURACIÓN EQUIPO HDX 4500 ^[114]

Este equipo se lo utiliza para dar servicios de telepresencia en forma personal y será ubicado en las oficinas de 13 Concejales, 3 Directores Departamentales y 1 para la Alcaldía.

Las opciones de configuración, así como las diferentes maneras de acceder a la mismas son iguales a las del equipo HDX 9004 ya que los dos equipos son de la misma serie comercial de Polycom (HDX series), difieren en algunas características del *hardware* del equipo las mismas que se indicarán.

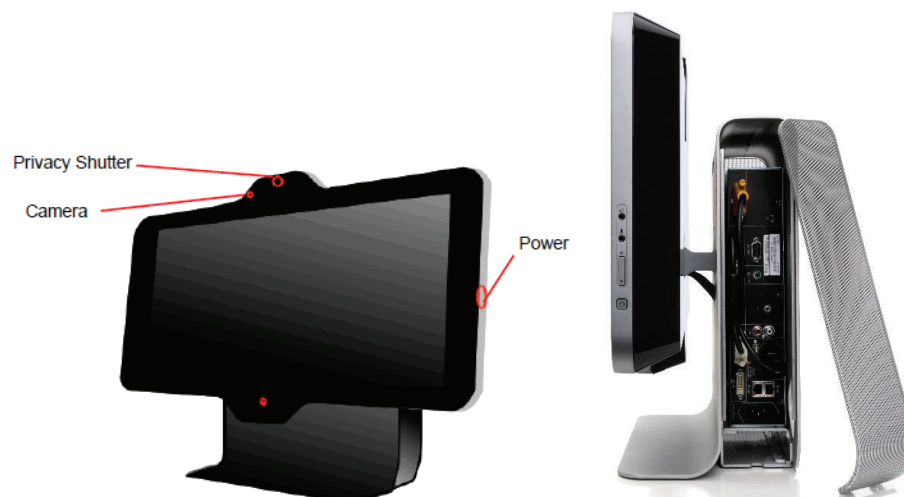


Figura 3.73 Vistas frontales y laterales del equipo HDX 4500. ^[114]

La Figura 3.74 muestra las entradas y salidas de vídeo del códec.

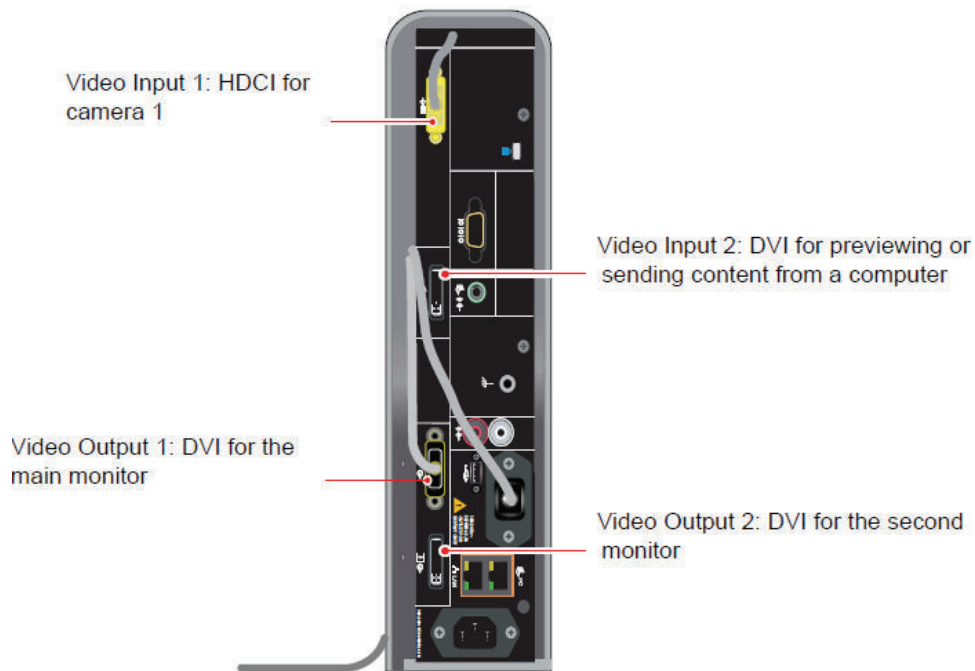


Figura 3.74 Puertos de vídeo del equipo HDX 4500. ^[114]

Se usan las siguientes credenciales:

Dirección IP: 10.26.1.110 (esta dirección puede variar).

Usuario: admin.

Contraseña: 880906191533CN (número de serie único en cada equipo).

La Figura 3.75 muestra las entradas y salidas de audio del códec.

La Figura 3.76 muestra las interfaces de red del códec.

A continuación, se detallan los parámetros más importantes de configuración del equipo:

- Dirección IP: 172.16.3.11
- Máscara de Subred: 255.255.255.127
- Gateway: 172.16.3.0
- Nombre del equipo: HDX Luis_Duarte (Ejemplo).
- DNS: 10.10.0.6

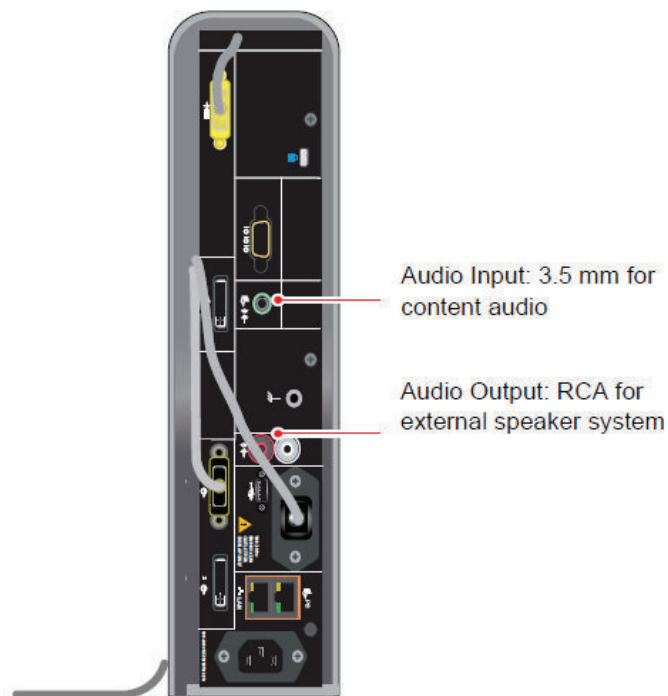


Figura 3.75 Puertos de audio del equipo HDX 4500. ^[114]

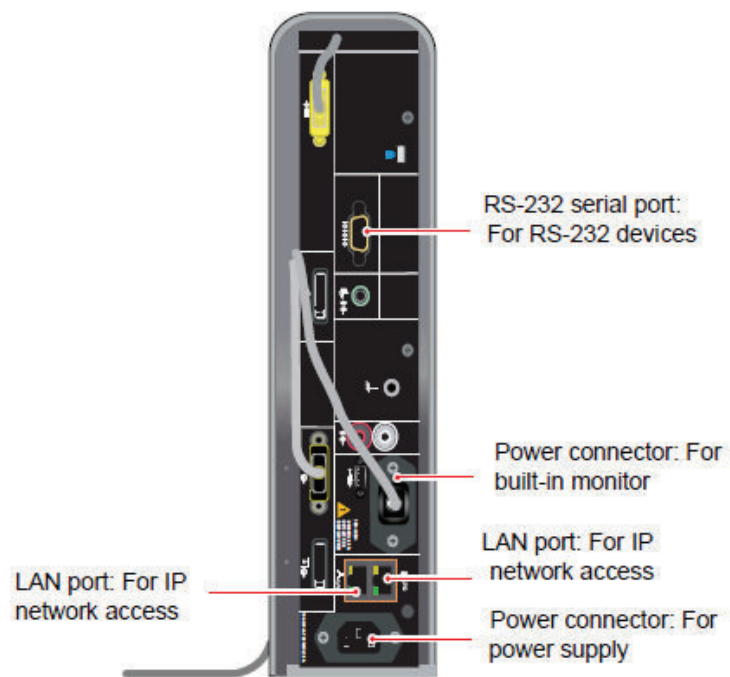


Figura 3.76 Puertos de red del equipo HDX 4500. ^[114]

- VLAN: 200.
- Prioridad de vídeo: 3
- Prioridad de audio: 2

- ICMP: 1000 milisegundos.
- Nombre H.323: H323_LuisDuarte. (Ejemplo).
- Extensión H.323: 106 (Ejemplo).
- Usar *Gatekeeper*: Automático.
- Nombre H.323 del *Gatekeeper*: H323_DMA.
- Extensión H.323 del *Gatekeeper*: 150.
- IP *Gatekeeper*: 172.16.3.52
- Servidor SIP: 10.10.0.4
- Servidor *Proxy*: 10.10.0.2
- Dominio Servidor SIP: sip@gadma.gob.ec.
- Contraseña Servidor SIP: sip1804server.
- Máximo ancho de banda: 30 Mbps.
- H.239; H.323; SIP; TIP: Habilitado.
- Transcodificación: Habilitado.
- Nivel de Seguridad: Alto.
- Autenticación externa: Habilitar *Active Directory*.
- Encriptación AES: Todas las llamadas.
- Usuario para acceso remoto: hdx2356.
- Contraseña para acceso remoto: remote1804admin.
- Límite de tiempo en las llamadas: Deshabilitado.
- Reporte de Llamadas: Habilitado.
- Lista de llamadas recientes: Habilitado.
- Habilitar SNMP: Habilitado.
- Versión de las *Traps*: v2c.
- Servidor SNMP: 10.10.0.20
- MIB: Polycom MIBs.

Las configuraciones de los elementos multimedia como cámaras, micrófonos y altavoces se detallan a continuación:

- Tipo de Servicio: *DiffServ*.
- Protocolo: RTCP.
- Formato de vídeo: Máximo tamaño.
- Resolución: 1920 x 1080.

- Preferencia de calidad: Personas.
- Reducción del ruido por el teclado: Habilitado.
- Habilitar tecnología *EagleEye View*: Todos.
- Habilitar tecnología *Polycom Stereo Surround*: Habilitado.
- Estéreo: Izquierda y Derecha.
- Autorotación: Habilitado (Sonido 3D).

En la Tabla 3.33 se presenta la lista de los nombres y extensiones usados para H.323.

Funcionario	Nombre H.323	Extensión H.323 (E.164)
Luis Amoroso	Luis_Amoroso	106
Fernando Gavilanes	Fernando_Gavilanes	107
Maria Naranjo	Maria_Naranjo	108
Aracelly Calderón	Aracelly_Calderón	109
Salomé Marín	Salomé_Marín	110
Aracelly Pérez	Aracelly_Pérez	111
Jacobo San Miguel	Jacobo_San Miguel	112
Robinson Loaiza	Robinson_Loiza	113
Antonio Chachipanta	Antonio_Chachipanta	114
José Manobanda	José_Manobanda	115
Carlos Rivera	Carlos_Rivera	116
Nelson Guamanquispe	Nelson_Guamanquispe	117
Irene López	Irene_López	118
Mercedes Rivera	Mercedes_Rivera	119
Andres Jaramillo	Andres_Jaramillo	120
Gregorio Hidalgo	Gregorio_Hidalgo	121
Washington Escobar	Washington_Escobar	122

Tabla 3.32 Asignación de extensiones H.323 a los equipos HDX 4500.

Todas las configuraciones anteriores detallan todos los parámetros más importantes de red, seguridad, audio y vídeo; existen otras configuraciones secundarias como la visualización del tiempo de llamada actual, límite del tiempo de llamada, lista de las últimas llamadas y otras opciones más las cuales se mencionan en el Anexo J.

Para finalizar esta sección, en la Tabla 3.32 se presenta un resumen con las direcciones IP, nombres, algunos parámetros propios de cada equipo personal de telepresencia.

Funcionario	Cargo	IP Address	Host Name	H.323 Name
Luis Amoroso	Alcalde	172.16.3.11	HDX LAmoroso	H.323 LAmoroso
Fernando Gavilanes	Concejal	172.16.3.12	HDX FGavilanes	H.323 FGavilanes
Maria Naranjo	Concejal	172.16.3.13	HDX MNaranjo	H.323 MNaranjo
Aracelly Calderón	Concejal	172.16.3.14	HDX ACalderon	H.323 ACalderon
Salomé Marín	Concejal	172.16.3.15	HDX SMarin	H.323 SMarin
Aracelly Pérez	Concejal	172.16.3.16	HDX APerez	H.323 APerez
Jacobo San Miguel	Concejal	172.16.3.17	HDX JSanmiguel	H.323 JSanmiguel
Robinson Loaiza	Concejal	172.16.3.18	HDX RLoaiza	H.323 RLoaiza
Antonio Chachipanta	Concejal	172.16.3.19	HDX AChachipanta	H.323 AChachipanta
José Manobanda	Concejal	172.16.3.20	HDX JManobanda	H.323 JManobanda
Carlos Rivera	Concejal	172.16.3.21	HDX CRivera	H.323 CRivera
Nelson Guamanquispe	Concejal	172.16.3.22	HDX NGuamanquispe	H.323 NGuamanquispe
Irene López	Concejal	172.16.3.23	HDX ILopez	H.323 ILopez
Mercedes Rivera	Concejal	172.16.3.24	HDX MRivera	H.323 MRivera
Andrés Jaramillo	Director	172.16.3.25	HDX AJaramillo	H.323 AJaramillo
Gregorio Hidalgo	Director	172.16.3.26	HDX GHidalgo	H.323 GHidalgo
Washington Escobar	Director	172.16.3.27	HDX WEscobar	H.323 WEscobar

Tabla 3.33 Asignación de IPs y alias H.323 para los equipos HDX 4500.

Las credenciales de acceso dependen del número de serie de cada equipo guiándose del ejemplo de muestra al inicio de esta sección.

3.5.3 CONFIGURACIÓN EQUIPO RMX 2000 ^[112]

El equipo más importante del sistema de telepresencia es este servidor. La configuración de este equipo se enfoca a parámetros de la red, la administración de los equipos que se autentican mediante el servidor SIP, la administración del ancho de banda, vídeo colaborativo, contenidos compartidos, el control total de todos los *streams* de datos generados en cada *suite* y la integración con otros equipos como el DMA, CMA y RSS.

Físicamente es un equipo de *rack* que puede ser ubicado fácilmente en un cuarto de telecomunicaciones.

El ingreso al modo de administrador del equipo es similar a los equipos anteriormente descritos, pero el cable de red debe ir conectado en el puerto LAN 2 de la tarjeta RPM IP; el puerto LAN 1 se usa para una red redundante o de *backup*.

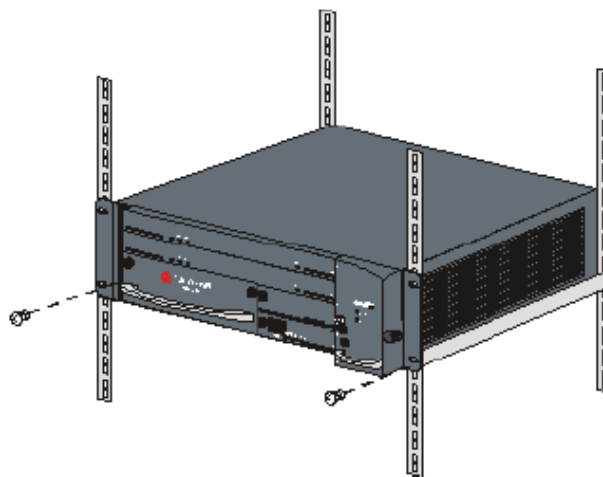


Figura 3.77 Montaje del equipo RMX 2000. ^[112]

Para el primer encendido de este equipo, se debe conectar la USB Key (que viene incluido en el equipo RMX) al PC que se usará para configurar los diferentes parámetros.

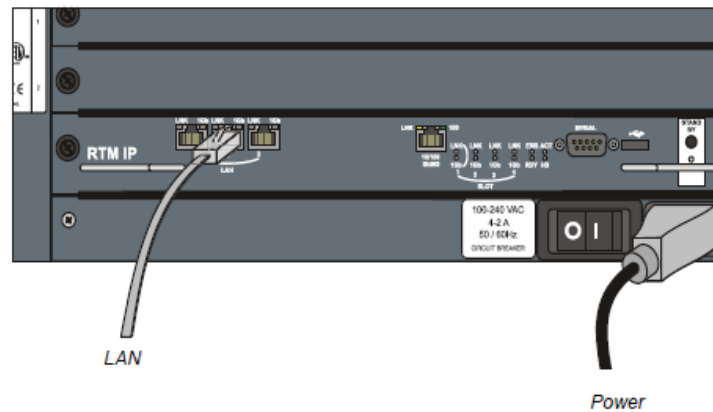


Figura 3.78 Vista frontal del equipo RMX 2000. [112]

Se ingresa al USB, sobre el archivo llamado `index.hta` se da clic derecho y se selecciona la opción Abrir mediante Internet Explorer; al desplegar el menú en el web *browser* se escoge el idioma de preferencia. Luego pide elegir el tipo de MCU que se tiene para lo cual se escoge RMX 2000 Server, si se desea cambiar las direcciones IP que están configuradas por default (192.168.1.254).

Es importante que la PC de configuración tenga acceso a Internet para poder registrar el producto y activar las licencias necesarias para las llamadas multipunto, garantías extendidas u otras opciones extras dependiendo del tipo de licencias que se hayan adquirido.

Una vez concluido el registro en línea, se puede empezar a configurar el equipo MCU; se ingresa a la configuración de administrador usando el web *browser* con la dirección IP 192.168.1.254 y las credenciales de acceso:

Nombre de usuario: POLYCOM.

Contraseña de acceso: POLYCOM.

La primera página indica que se vuelva a ingresar la llave de licencia, sólo pedirá una vez.

A continuación, se detallan los parámetros más importantes de configuración del equipo:

- Versión IP: IPv4.
- Dirección IP para control: 172.16.3.36

- Dirección IP del equipo: 172.16.3.37
- Máscara de Subred: 255.255.255.127
- Nombre del MCU: RMX Hospital_Municipal (Ejemplo).
- Dominio: gadma.gob.ec
- Servidor DNS: 10.10.0.6
- Servidor DNS alternativo: 201.119.1.0
- Dirección IP Gatekeeper: 172.16.3.52
- Servidor SIP: 10.10.0.4
- Dominio del servidor SIP: sip@gadma.gob.ec
- Autenticación SIP: Habilitado.
- Contraseña servidor SIP: sip1804server.
- Autenticación H.323: Habilitado.
- Nombre usuario H.323: H323 RMX Hospital_Municipal (Ejemplo).
- Contraseña H.323: h323_0123rmx.
- Huso horario GMT: UTC/GMT – 05:00.
- Modo de conferencia: CP (Presencia continua).
- Encriptación: Encriptación total.
- Autoterminación: Luego de 10 minutos de inactividad.
- Compatibilidad con TIP: Habilitado.
- Habilitar SNMP: Habilitado.
- Nombre MCU: Servidor de telepresencia.
- Versión *Trap*: Versión 2.
- Servidor SNMP: 10.10.0.20
- MIB: Polycom MIBs.

Las configuraciones de los recursos multimedia como cámaras, micrófonos y altavoces se detallan a continuación:

- Calidad en vídeo: Nitidez.
- Máxima resolución: HD 1080.
- Claridad en vídeo: Habilitado.
- Autobrillo: Habilitado.
- Protocolo: H.264 HD.
- Resolución en múltiples contenidos: Habilitado.

- Modo presentación: Habilitado.
- Modo telepresencia: Automático.
- Modo de telepresencia: Presencia continua.
- Tecnología *Lecture View Switching*: Habilitado.
- Habilitar grabación: Habilitar.
- IP del grabador: 172.16.13.51
- Empezar grabación: Inmediatamente.
- Aceptar llamadas: Habilitado.
- Cascada: Master (sólo el principal, los demás “esclavo”).

Todas las configuraciones anteriores detallan los parámetros más importantes de red, seguridad, audio y vídeo; existen otras configuraciones secundarias como la visualización del tiempo de llamada actual, límite del tiempo de llamada, lista de las últimas llamadas y otras opciones más, las cuales se mencionan en el Anexo K.

Gracias al entorno gráfico del MCU su configuración es intuitiva, rápida y de fácil detección de fallas, ya que permite monitorear el estado de conexiones entre MCU's e incluso entre conferencistas. Ver Figura 3.79.

The screenshot displays the Polycom RealPresence Collaboration Server interface. The main window is titled "Meeting Rooms (10)" and contains a table with the following data:

Name	ID	Duration	Confer	Chair	Profile
Dak_	1002	1:00			DefaultVideo384
Junip	1003	1:00			DefaultVideo384
Trin1	8686	1:00		Trin128K	
SUPP	1377	1:00		qhvyq	
Fig_R	1004	1:00			DefaultVideo384
384K	4466	1:00		Ido384	
ido_e	4444	1:00		enc384	
64	1111	1:00		64	
idoM	12356	1:00			DefaultVideo384
Map1	1001	1:00			DefaultVideo384

The interface also shows a "Frequently Used" section on the left with options like Connections, Users, Signaling Monitor, Hardware Monitor, and Meeting Rooms. The status bar at the bottom indicates "System Alerts", "Participant Alerts", "Port Usage: Voice U / 50", "Video U / 70", and "MCU State: MAJOR".

Figura 3.79 Monitor de usuarios del equipo RMX 2000. ^[112]

Gracias a la integración de las *suites* con los directorios electrónicos empresariales, se puede agregar a las teleconferencias a cualquier participante que esté autenticado con el servidor SIP y se encuentre en línea. Ver Figura 3.80.

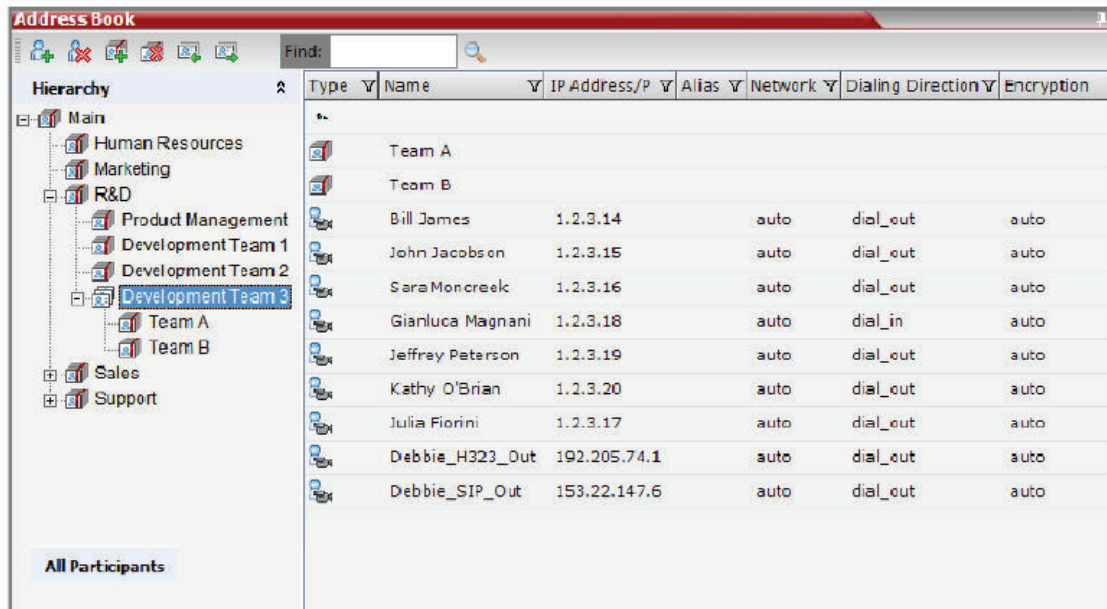


Figura 3.80 Directorio electrónico del equipo RMX 2000. ^[112]

En Figura 3.81 se muestran los usuarios categorizados por grupos; se puede agrupar a los usuarios desde la libreta electrónica (Lync, Outlook, etc.) o desde el mismo servidor RMX.

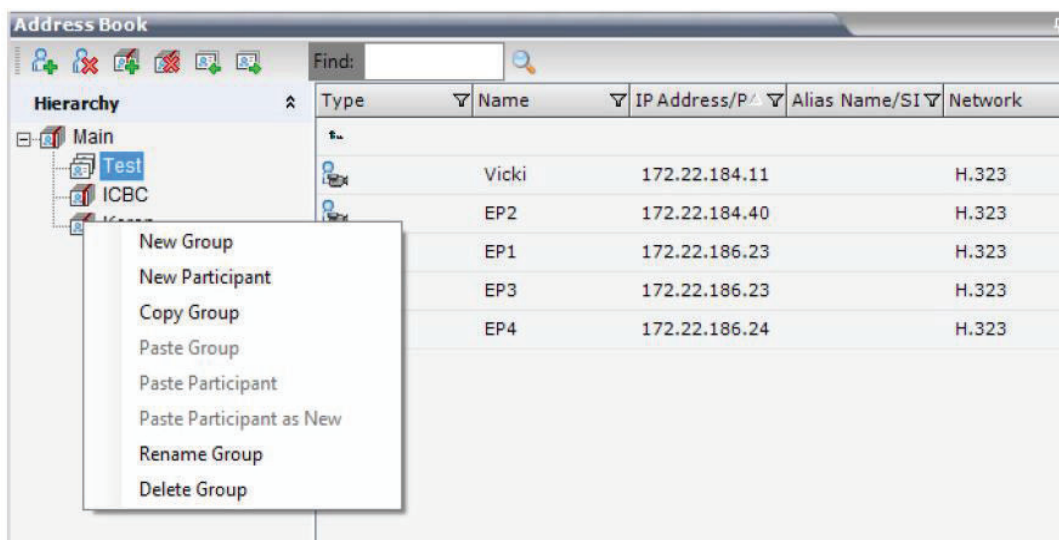


Figura 3.81 Configuración de grupos de usuarios del equipo RMX 2000. ^[112]

Polycom recomienda usar el protocolo H.264 *High Profile* para la compresión de contenidos multimedia; en el presente caso no se usará el protocolo mencionado ya que la red de datos del GADMA (JambaRed) es capaz de transmitir a altas velocidades cualquier tipo de contenido casi sin pérdidas (red de fibra óptica dedicada). Se debe considerar el uso de este protocolo cuando se arrienda el canal de transmisión.

En la Tabla 3.34 se muestran las direcciones IP, nombres de MCU's, números de extensiones H.323 y otros parámetros a configurar en todos los servidores RMX del Sistema de Telepresencia.

Edificio	Control IP Address	Shelf Management IP Address	MCU Host Name	H.323 Name
Centro Cultural La Liria	172.16.3.36	172.16.3.37	RMX LaLiria	H.323 RMX LaLiria
Terminal Terrestre	172.16.3.38	172.16.3.39	RMX TTerrestre	H.323 RMX Tterrestre
Edificio Matriz Centro	172.16.3.40	172.16.3.41	RMX EdCentro	H.323 RMX EdCentro
Hospital Municipal	172.16.3.42	172.16.3.43	RMX HMunicipal	H.323 RMX HMunicipal
Cuerpo de Bomberos	172.16.3.44	172.16.3.45	RMX CBomberos	H.323 RMX Cbomberos
Edificio Matriz Sur	172.16.3.46	172.16.3.47	RMX EdSur	H.323 RMX EdSur

Tabla 3.34 Direcciones IP y alias H.323 de los equipos RMX.

Edificio	H.323 Extension (E.164)	Password	Alias Name/Type
Centro Cultural La Liria	123	h323_0123rmx	92524006###1234
Terminal Terrestre	124	h323_0124rmx	92524007###1235
Edificio Matriz Centro	125	<u>h323_0125rmx</u>	92524008###1236
Hospital Municipal	126	h323_0126rmx	92524009###1237
Cuerpo de Bomberos	127	h323_0127rmx	92524010###1238
Edificio Matriz Sur	128	h323_0128rmx	92524011###1239

Tabla 3.35 Extensiones H.323 de los equipos RMX 2000.

Se mostrarán algunos parámetros necesarios para instalar el *RMX Desktop Manager* para el administrador. Esta aplicación de escritorio para entornos Windows y Macintosh es una herramienta bastante útil para crear conferencias sin necesidad de ingresar al equipo.

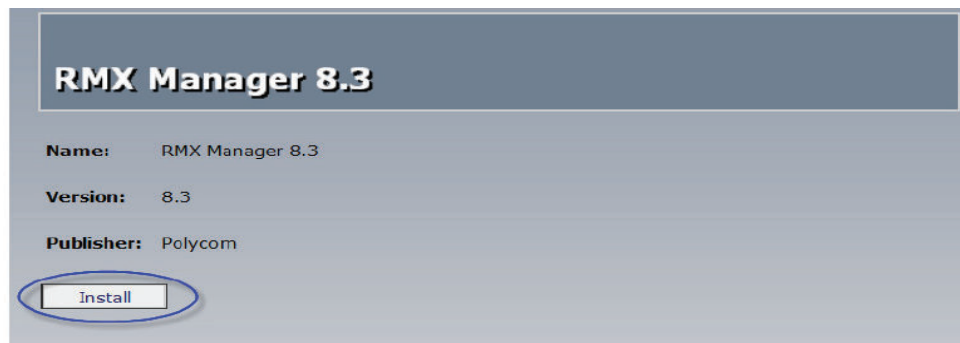


Figura 3.82 Instalación del aplicativo RMX Desktop. ^[112]

El PC en donde se realiza la configuración usando el explorador web tiene la opción de descargar en línea el aplicativo, para lo cual se acepta y se procede con la instalación como cualquier aplicativo, aceptando todos los recuadros de diálogo hasta que inicie el programa.

Al iniciar el aplicativo se muestran los equipos conectados al sistema de telepresencia en forma automática.

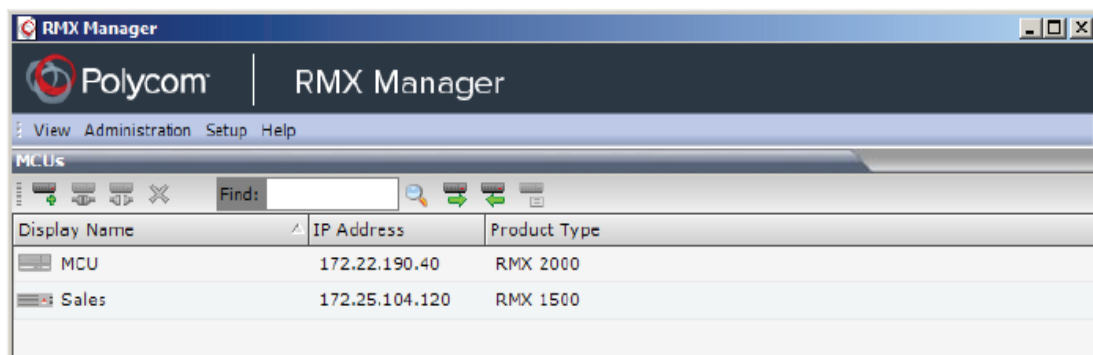


Figura 3.83 Monitor de equipos mostrados en el RMX Desktop. ^[112]

Al ingresar al MCU o a la *suite* se podrá visualizar los equipos conectados, el estado y las configuraciones más relevantes de los mismos. Este aplicativo soporta todos los MCU's de Polycom y de otras casas comerciales siempre y cuando se conecten mediante TIP.

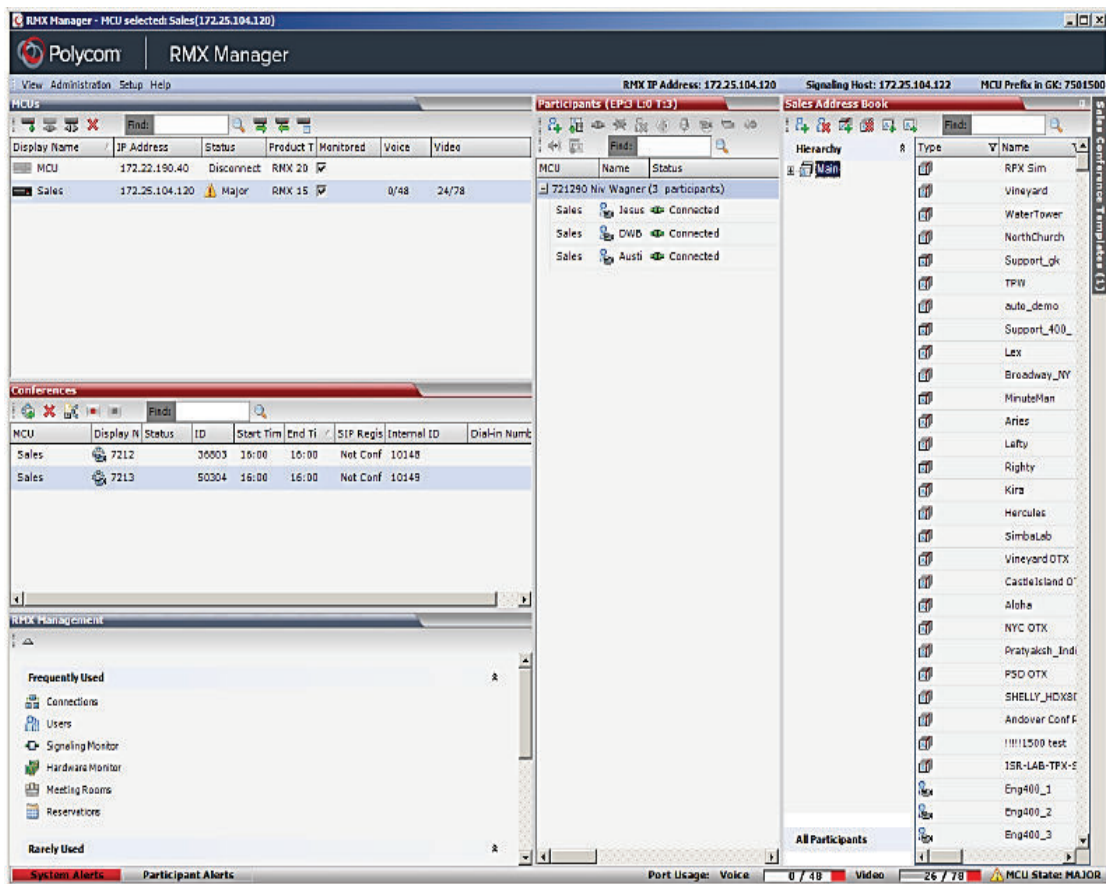


Figura 3.84 Monitor de configuraciones del RMX Desktop. [112]

Funcionalidades Generales:

- Agregar MCU's.
- Monitor de recursos físicos.
- Monitor de dispositivos conectados.
- Manejo de agenda electrónica.
- Control total de audio y Vídeo antes, durante y después de las teleconferencias.
- Administración total remota.
- Cambio de lenguaje del MCU.
- *Backup* de configuración.

Sea por este aplicativo o ingresando mediante web browser se deben levantar las alertas de gestión mediante el protocolo SNMP, para lo cual se ingresa al menú *Setup* en el submenú *SNMP*. Ver Tabla 3.36.

<i>Enable SNMP</i>	<i>Contact person for this MCU</i>	<i>MCU Location</i>	<i>MCU System Name</i>
Habilitar	sistemas@gadma.gob.ec	Edificio_Nombre	Servidor de Telepresencia
<i>SNMP Trap version</i>	<i>Trap Destination</i>	<i>MIB</i>	<i>Community Name</i>
Versión 2	10.10.0.20	Polycom MIBs	MCUs

Tabla 3.36 Parámetros de SNMP para el equipo RMX 2000. ^[112]

3.5.4 CONFIGURACIÓN EQUIPO DMA 7000 ^[117]

Este equipo llega a ser el núcleo en cuanto a la administración de recursos, virtualización, servidor de llamadas, administración de ancho de banda, servidor *proxy*, registro mediante SIP con una plataforma API integrada.

Polycom facilita tres tipos de configuraciones para este equipo:

- Dos servidores tipo *cluster*: Se usa para configuraciones redundantes eliminando un único punto de fallo
- *Supercluster*: Se usa para configuraciones geográficas redundantes, creando un anillo de hasta cinco servidores.
- Servidor simple: Se usa para reducir costos de implementación con la posibilidad de crear *clusters* de servidores a futuro.

Para el Servidor de Telepresencia del GADMA se usará la configuración de servidor simple ya que la carga de las tres salas no es significativa tomando en cuenta que a futuro es posible crear servidores redundantes sin problema.

El ingreso a la configuración de este equipo se lo puede hacer a través de su interfaz web. Se ingresa con la siguiente dirección IP y credenciales:

Dirección IP: 192.168.1.101

Usuario y contraseña: admin.

En la parte lateral izquierda se tienen todos los menús a partir de los cuales se indicará como configurar el equipo y los parámetros necesarios para que el equipo funcione según la topología ya definida.

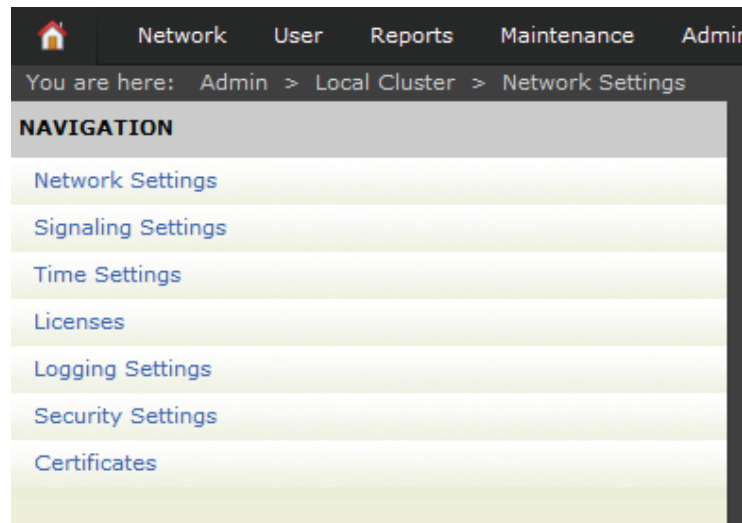


Figura 3.85 Menú de configuración del equipo DMA 7000. ^[117]

A continuación, se detallan los parámetros más importantes de configuración del equipo:

- Versión IP: IPv4.
- IP Servidor de control: 172.16.13.51
- Máscara de subred: 255.255.255.127
- *Gateway*: 172.16.3.0
- DNS 1: 10.10.0.06
- DNS 2: 201.119.1.0
- Dominio: gadma.gob.ec
- H.323: Habilitado.
- Puerto H.225: 1720.
- Puerto RAS: 1050.
- *Multicast* H.323: Habilitado.
- Nombre H.323: H.323 DMA.
- Contraseña H.323: h323_3465dma.
- Señalización SIP: Habilitado.
- Puerto TLS: 5061.
- *Active Directory*: Microsoft Lync 2013.
- Puerto *Active Directory*: 5061.
- IP *Active Directory*: 10.10.0.10

- Versión SNMP: v2c.
- Transporte SNMP: TCP.
- Tipo de notificación: *Traps*.
- Dirección IP Servidor SNMP: 10.10.0.20
- MIB: Polycom-DMA-MIBs.

Polycom es compatible con el protocolo TIP creado por Cisco para equipos de telepresencia por que el equipo DMA es el encargado de la conectividad entre redes de telepresencia de Polycom y redes de telepresencia de otros fabricantes convirtiéndose en una red unificada.

Todas las configuraciones anteriores detallan todos los parámetros más importantes de red, seguridad y administración; existen otras configuraciones secundarias como añadir MCUs, tipo de licencia, autenticación remota y otras opciones más las cuales se mencionan en el Anexo L.

Una vez terminada la configuración del equipo DMA se recomienda guardar el archivo de configuración, en una memoria USB externa, para futuros mantenimientos preventivos y/o correctivos ingresando al menú desde *Maintenance > Backup and Restore*.

3.5.5 CONFIGURACIÓN EQUIPO RSS 4000 ^[119]

Al igual que los equipos descritos anteriormente, se ingresa a la configuración usando la interfaz web a través de una conexión desde un PC mediante el puerto LAN 1 disponible en la parte posterior del equipo.

Se usan las siguientes credenciales de acceso:

Dirección IP Address: 192.168.1.254

Usuario: admin.

Contraseña: Polycom123.

Los parámetros iniciales a configurar son las direcciones IP a la red que el RSS estará conectado se detallan en la Tabla 3.37.

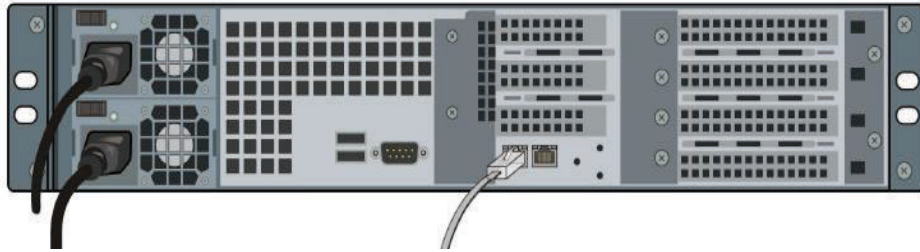


Figura 3.86 Vista posterior del equipo RSS 4000. ^[119]

<i>Enable Network Separation</i>	<i>Using the following IP Address</i>	<i>Enable ICMP Echo</i>	MTU
Habilitar	172.16.3.51	Habilitar	1500
LAN Speed	<i>Enable Destination Unreachable Message</i>	Host Name	<i>Domain</i>
Automático	Habilitado	RSS_System	gadma.gob.ec
<i>Default IPv4 Gateway</i>	<i>Preferred DNS Server</i>	<i>Alternate DNS Server</i>	<i>Subnet Mask</i>
172.16.3.100	10.10.0.6	201.119.1.0	255.255.255.127

Tabla 3.37 Parámetros de red del equipo RSS 4000. ^[119]

Con estas configuraciones ya se tiene acceso a Internet lo cual es necesario para la activación de la licencia del equipo. Con este propósito se ingresa a la página web de Polycom y con el número de serie se obtiene la llave de activación la cual se coloca en el equipo ingresando al menú desde *Licenses*.

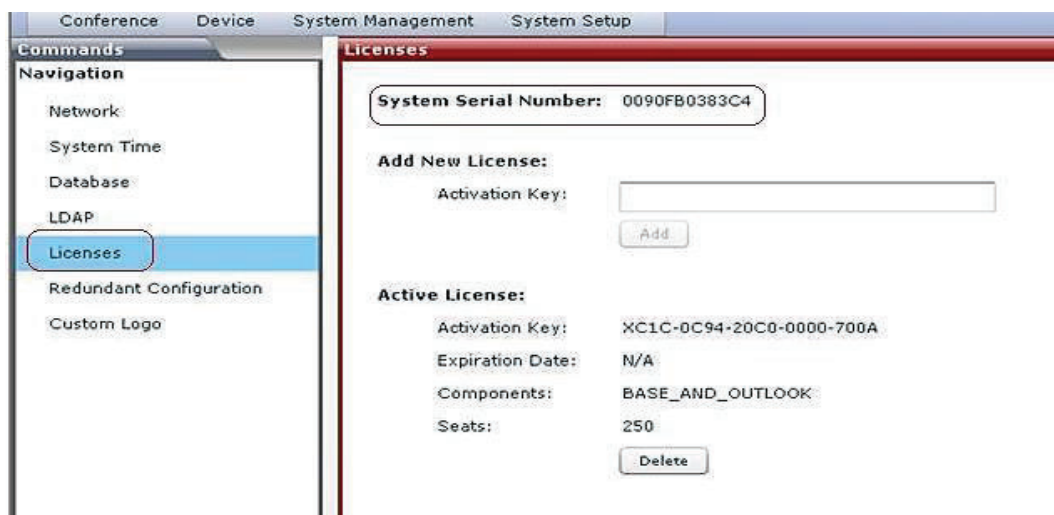


Figura 3.87 Activación de licencias del equipo RSS 4000. ^[119]

Ahora se procede a configurar los parámetros de autenticación en el servidor H.323 accediendo al menú desde *System Config > Signaling Settings > H.323*. Ver Tabla 3.38.

<i>Register's User Information for Gatekeeper</i>	<i>Gatekeeper IP Address</i>	<i>Gatekeeper Port</i>
DMA7000	172.16.3.52	1719
<i>Gatekeeper User</i>	<i>Gatekeeper Password</i>	<i>System H.323 Alias</i>
H323_DMA	h323_3465dma	<u>H.323_RSS</u>

Tabla 3.38 Parámetros de H.323 del equipo RSS 4000. ^[119]

Una vez autenticado el equipo con el *gatekeeper*, se debe configurar al equipo para que se enlace con el servidor SIP y los datos del Servidor Microsoft Lync ingresando al menú desde *System Config > Signaling Settings > SIP*. Ver Tabla 3.39.

<i>SIP Server</i>	<i>Register User Information</i>	<i>Password</i>	<i>Microsoft Lync Server</i>	<i>Address</i>
10.10.0.4	sipserverst	sip1804server	2010	10.10.0.20

Tabla 3.39 Parámetros de SIP del equipo RSS 4000. ^[119]

Existen parámetros de seguridad y marcas de tiempo que se deben establecer ingresando al menú desde *System Config > Recording Settings*.

<i>Continue recording if no resource for live streaming</i>	<i>Enable 1080p recording with live streaming</i>	<i>Enable Recording Tone</i>	AES
Habilitado	Habilitado	Habilitado	Requerido para todas las llamadas

Tabla 3.40 Parámetros de grabación del equipo RSS 4000. ^[119]

Como el sistema de telepresencia será del tipo *multicasting* se debe habilitar la opción *Auto Multicast for Live Streaming* ingresando al menú desde *System Config > Multicast Settings*. Ver Tabla 3.40.

Para mejorar la experiencia en el vídeo *streaming* podemos habilitar calidad de servicio, así los usuarios podrán visualizar el contenido de los vídeos con gran calidad de reproducción. Ver Tabla 3.41.

<i>Enable QoS for Signaling and Media</i>	<i>Type</i>	<i>Audio / Vídeo</i>	<i>ToS</i>
Habilitado	Differv	4	Delay

Tabla 3.41 Parámetros de QoS del equipo RSS 4000. ^[119]

Una vez configurados estos parámetros se debe asegurar que la configuración de direcciones IP y las credenciales de autenticación son las correctas realizando una prueba de diagnóstico general. Con este fin se ingresa al menú desde *System Config > Security settings > Diagnostics*, se corre el diagnóstico y si todo está correcto se reinicia el equipo para poder grabar y compartir vídeos de las teleconferencias.

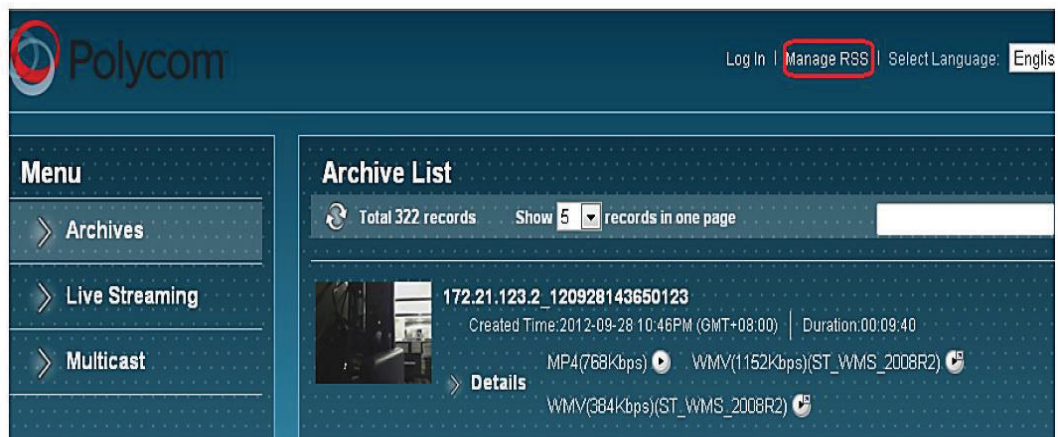


Figura 3.88 Lista de archivos de vídeos del equipo RSS 4000. ^[119]

Una vez que se ingresa al equipo se podrá visualizar los vídeos guardados y los que se están emitiendo en vivo. Para editar los permisos (ver, editar, eliminar) se ingresa al menú *Manage RSS* y se escoge el vídeo en el que se desea editar los permisos correspondientes.

Cada vídeo contiene información relevante como la *suite* de origen, la calidad de audio y vídeo usado, la duración, el tipo de contenido y el nombre (ver Figura 3.88).

Para culminar con la configuración es posible monitorear este equipo mediante el protocolo SNMP ingresando al menú desde *System Config > SNMP*. Ver Tabla 3.42.

Retrieve MIB Files	RSS Agent Name	SNMP Agent Version	Address
POLYCOM-DMA-MIB	RSS_System	v2c	10.10.0.20

Tabla 3.42 Parámetros SNMP del equipo RSS 4000. ^[119]

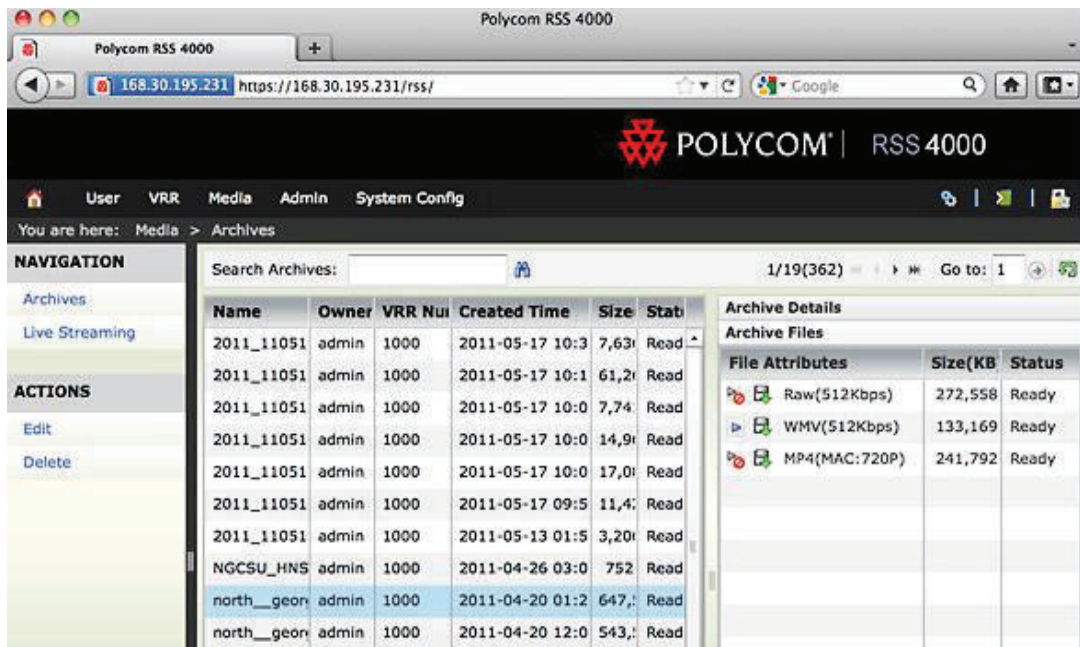


Figura 3.89 Monitor de vídeos en vivo del equipo RSS 4000. ^[119]

Se puede guardar el archivo de configuración mediante una USB externa ingresando al menú desde *Admin > Data Backup/Restore*.

Con estas guías de configuración ya se puede usar todos los equipos del sistema de telepresencia y disfrutar de un realismo en la comunicación a pesar de la distancia.

3.6 SERVICIOS AGREGADOS EN EL SISTEMA DE TELEPRESENCIA

En esta sección se analizará algunos servicios agregados que se deben incluir en el Sistema de Telepresencia del GADMA. Estos servicios agregados no lo soportan todos los sistemas de telepresencia comerciales, pero los equipos de Polycom los implementan en sus equipos dependiendo de la licencia que se adquiera.

Los servicios agregados a analizarse son:

- Autenticación Biométrica.
- Transferencia de Archivos.
- Utilización de certificados y firmas electrónicas.
- Control de usuarios.
- Integración de ordenadores, *smartphones* y *tablets* mediante aplicativos.
- Integración con otros servicios.
- Planificación de teleconferencias.
- Administración de recursos físicos y lógicos del servidor de telepresencia.
- Integración de servidores multimedia externos.

Polycom ofrece una gran variedad de servicios agregados a sus soluciones de telepresencia sin descuidar la seguridad y la facilidad de utilización para el usuario final.

3.6.1 AUTENTICACIÓN BIOMÉTRICA

La principal ventaja de la biometría es su comodidad y seguridad frente a los sistemas tradicionales. La biometría es más segura ya que al no haber contraseña, no puede ser olvidada y resulta compleja de falsificar. Económicamente también presenta ventajas ya que no supone costes de mantenimiento. Al no haber ningún dispositivo externo de identificación, no hay que renovarlo cada cierto tiempo por caducidad, desperfecto, robo o pérdida.



Figura 3.90 Teléfono biométrico de Polycom. ^[121]

Por el momento Polycom ofrece servicios de autenticación biométrica desde sus teléfonos IP de escritorio (CX700). No se considera en el diseño el uso de teléfonos IP pero si se desea usar autenticación biométrica se lo puede hacer añadiendo estos teléfonos a los conferencistas de las *suites*.

Otra opción es autenticando a los ordenadores con Microsoft Lync usando credenciales biométricas (WBS). Esta es una nueva actualización para servidores Microsoft que tienen una compatibilidad total con los equipos de Polycom.

En los equipos de Polycom no es necesario configurar ningún parámetro si usa el WBS, simplemente los usuarios deben autenticarse en sus ordenadores y si su ingreso es correcto, aparecerán en la lista de usuarios disponibles en las libretas electrónicas administradas por el DMA.

3.6.2 TRANSFERENCIA DE ARCHIVOS

En todas las sesiones municipales es imprescindible firmar el acta de reunión al final de la misma, en la cual se registran los participantes y los acuerdos establecidos.

Polycom ofrece la digitalización y transferencia de cualquier documento entre los conferencistas directamente a sus ordenadores o terminales móviles usando la cámara de documentos Wolfvision.



Figura 3.91 Cámara de documentos de Wolfvision. [122]

No requiere de configuración más que la dirección IP (172.16.3.60), siendo su uso bastante sencillo; funciona como un *scanner* pero el vídeo se envía a través de la LAN, el administrador de telepresencia enrutará el documento a los participantes que así lo decida.

No solo se puede enviar documentos sino que es posible visualizar el documento en las pantallas gigantes minimizando así recursos de oficina.



Figura 3.92 Puertos de la cámara de documentos. [122]

Los protocolos de transmisión para este tipo de datos serán los mismos que se utilizan en la transmisión de datos normales de la capa presentación (FTP, SFTP) usando como protocolos de transporte TCP para asegurar de la entrega de los archivos a todos los participantes.

Cada funcionario tendrá el acta de reunión sea por correo electrónico, por medio de un aplicativo o simplemente en la pantalla por medio de la compartición de contenidos habilitada por el servidor de telepresencia.

El acta será registrada en la bitácora digital por parte de la secretaria de la reunión y por el servidor RSS de grabación *streaming*.

Es posible que cada funcionario municipal firme el documento usando credenciales o firmas digitales.

3.6.3 UTILIZACIÓN DE CERTIFICADOS Y FIRMAS ELECTRÓNICAS

Para usar certificados y firmas digitales es necesario que el GADMA cuente con una PKI necesariamente.

Esto facilita la autenticación de los usuarios al sistema de telepresencia, cifrado de datos y garantía de no repudio.

Todos los equipos de Polycom soportan certificados y firmas digitales, aunque esta solución es mucho más costosa ya que es necesario adquirir licencias extras para los equipos de telepresencia, es importante aclarar que es posible implementar estos niveles de seguridad en los sistemas de telepresencia.

No se detallará el uso de certificados y firmas electrónicas ya que no se contempla el uso de una infraestructura PKI en el Sistema de Telepresencia para el GADMA, pero a futuro se podría usar este modo conocido como ULTRASEGURIDAD que soportan los equipos de Polycom.

3.6.4 CONTROL DE USUARIOS

Polycom integra soluciones para controlar los usuarios que hacen uso del Sistema de Telepresencia, por ejemplo:

- Interfaz de control desde el DMA - RMX: Se puede añadir, eliminar e incluso bloquear usuarios antes, durante o después de la teleconferencia desde la interfaz intuitiva del DMA – RMX. Esta acción la puede hacer el administrador de la teleconferencia ingresando al equipo como administrador; otra opción es habilitar y/o deshabilitar el audio (modo *mute*) a los conferencistas.
- Se puede realizar el control de usuarios desde el control *touch* que puede ser instalado en cualquier *suite* de telepresencia que tenga un puerto tipo POE.

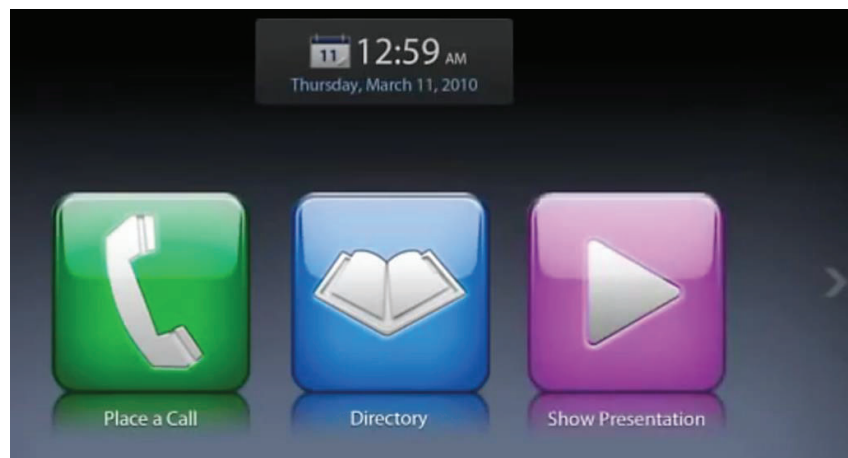


Figura 3.93 Interfaz de inicio del Control Táctil de Polycom. [123]

Este dispositivo se utiliza para administrar las teleconferencias en vivo de manera rápida invitando o eliminando usuarios sea desde el libro de direcciones, extensión H.323 o con la dirección IP si se la conoce.



Figura 3.94 Interfaz para llamadas del Control Táctil. ^[123]

Es posible configurar las cámaras, si así se lo desea, habilitar y/o deshabilitar las mismas, ajustar el *zoom*, cambiar la resolución.



Figura 3.95 Interfaz de control de cámara del Control Táctil. ^[123]

3.6.5 INTEGRACIÓN DE ORDENADORES, *SMARTPHONES* Y *TABLETS* MEDIANTE APLICATIVOS

Los usuarios móviles son importantes para el sistema de telepresencia ya que no solo pueden ser simples espectadores sino colaboradores en las vídeo reuniones.

Polycom ha integrado soluciones de *software* para equipos de usuario final móviles siempre y cuando el DMA cuente con las licencias suficientes para estos usuarios.

Soportan plataformas Windows, Macintosh y Android (*smartphones* - *tablets*) y plataformas Windows y Macintosh (*desktops*).

CMA Desktop y Polycom APP son los aplicativos necesarios tanto para ordenadores como dispositivos móviles.

La Figura 3.98 muestra el GUI que dispone Polycom APP cuya descarga es gratuita desde App Store para los usuarios que tienen equipos de la plataforma Apple.

La configuración de los equipos es bastante sencilla ya que solo se solicita la dirección IP del *Gatekeeper* y las credenciales de acceso, sean del servidor SIP o los parámetros de acceso de H.323.

El ancho de banda requerido para el vídeo en HD es de 1 Mbps pero se tiene la opción de usar anchos de bandas desde 128 Kbps hasta los 1000 Kbps.

Se puede omitir el vídeo y transmitir solo audio.

Dependiendo de las credenciales usadas (SIP – H.323 o las dos) se pueden realizar llamadas sea conociendo la extensión H.323 o mediante el directorio Lync.

La Figura 3.98 muestra la interfaz gráfica de Polycom instalada en un *smartphone* con plataforma IOS.

La Figura 3.99 muestra la interfaz gráfica de Polycom instalada en una *tablet* con plataforma Android.

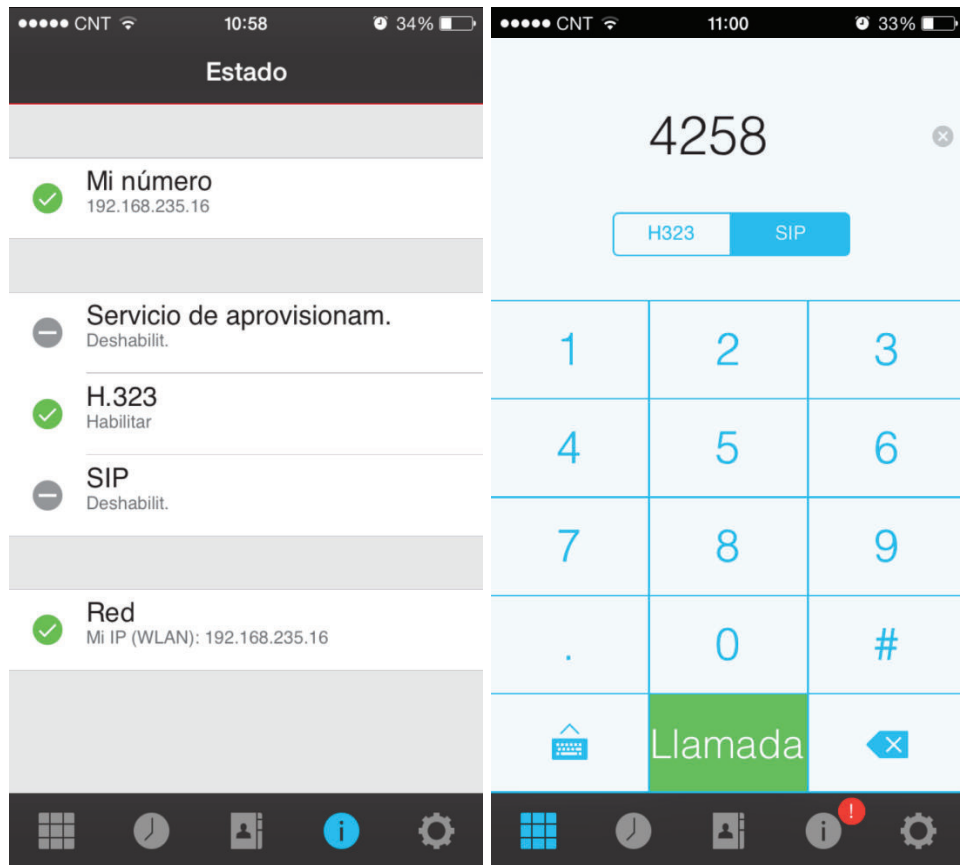


Figura 3.98 Interfaces del Aplicativo de Polycom para IOS.

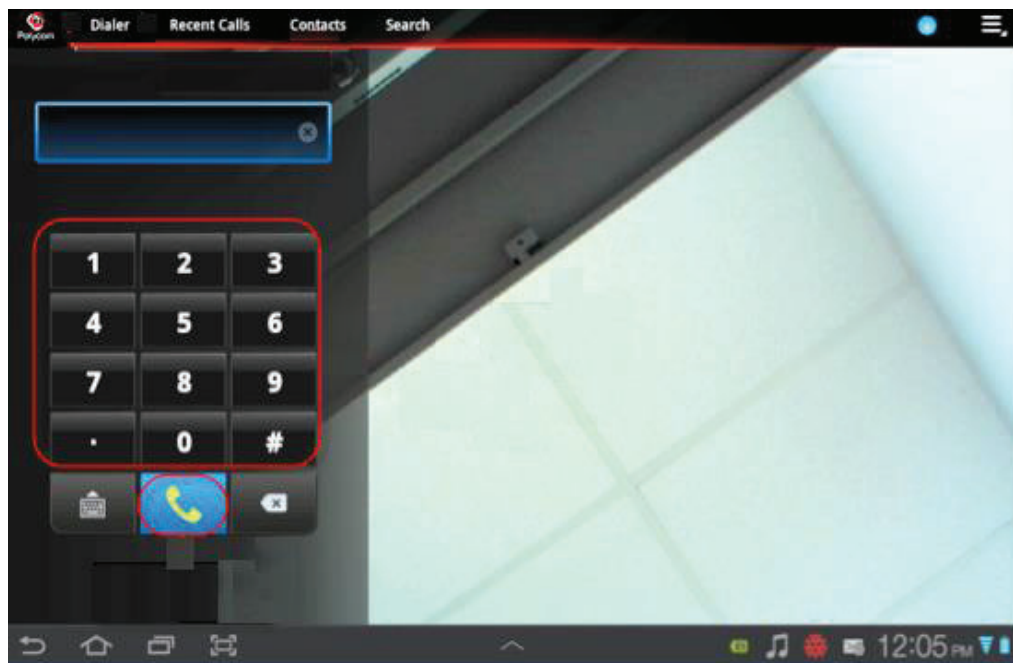


Figura 3.99 Interfaces del Aplicativo de Polycom para Android.

La Figura 3.100 muestra la interfaz del aplicativo de escritorio CMA *Desktop* en ambientes Windows y IOS, una interfaz desarrollada muy similar al aplicativo Microsoft Messenger.



Figura 3.100 Interfaz del aplicativo para Windows. ^[124]

La configuración es bastante sencilla al igual que los APP's únicamente se ingresa las credenciales H.323 y/o SIP, la dirección IP del RMX y del *Gatekeeper*.

3.6.6 INTEGRACIÓN CON OTROS SERVICIOS

Polycom integra en sus API's a servidores Microsoft como Lync, Outlook, Active Directory y SQL Server como se los indicó en la sección de configuración de los equipos.

Existen servicios de conferencia como IBM Sametime, Cisco UMI, Skype, Paltalk entre otras. Polycom logra integrar cada una de estas soluciones a sus sistemas de telepresencia, aunque los usuarios de videoconferencia no pueden sentir el realismo de la comunicación como los usuarios de telepresencia logran participar activamente en la comunicación.

IBM Sametime ya tiene incorporado en su API la interconexión con los sistemas de Polycom gracias a las estrategias comerciales de las dos casas fabricantes como lo muestra la Figura 1.101.

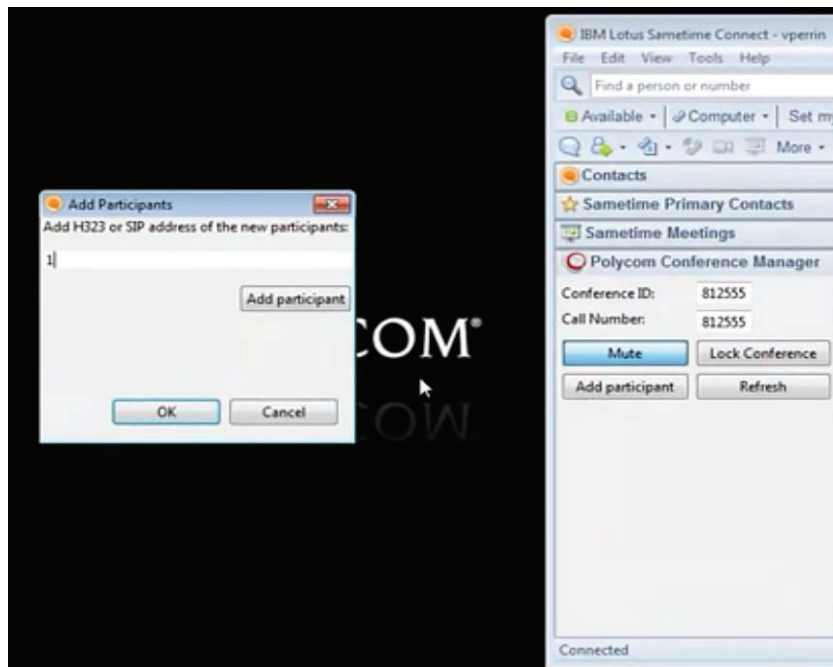


Figura 3.101 Integración de IBM con Polycom. [125]

Juniper Networks ofrece interoperabilidad con Polycom mediante un equipo llamado Juniper Space SRC, el cual hace de *gatekeeper* de la red Juniper mientras que es necesario contar con el DMA que es el *gatekeeper* de la red de Polycom como lo muestra la Figura 3.102.

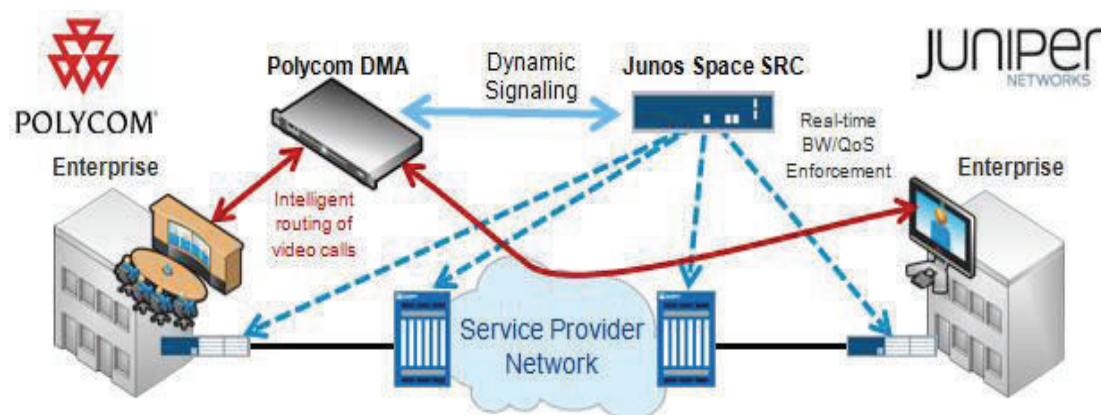


Figura 3.102 Interoperabilidad entre Juniper y Polycom. [126]

Al igual que Juniper, Avaya ofrece integración e interoperabilidad con Polycom mediante su *gatekeeper* CM R5.2 como lo muestra la Figura 3.103.

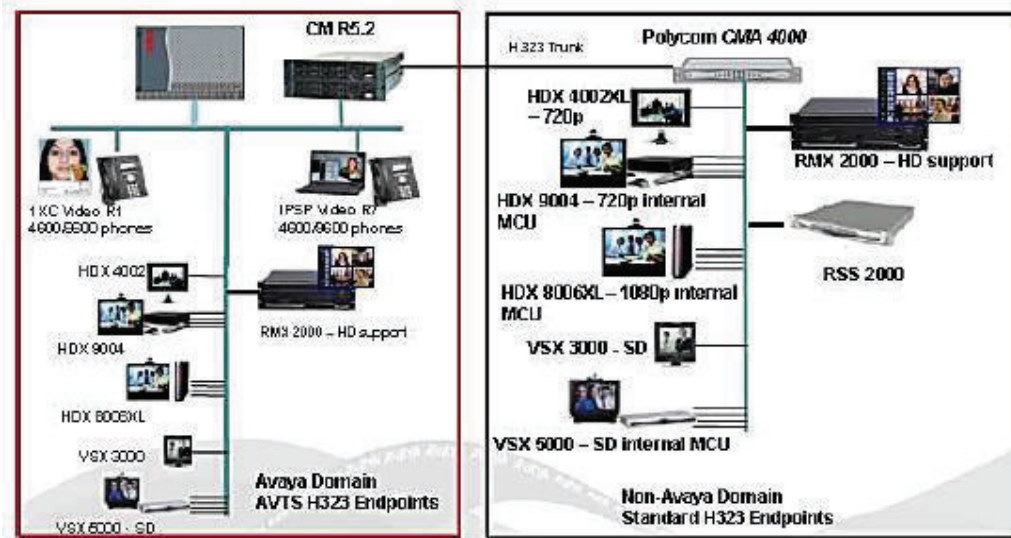


Figura 3.103 Integración entre Avaya y Polycom. [127]

La única diferencia entre Avaya y Juniper es que el *gatekeeper* de Avaya es considerado como único en la red unificada Polycom-Avaya, se usa el equipo CMA como *gatekeeper* secundario para la red Polycom, pero toda la administración de la UC se la realiza desde el *gatekeeper* de Avaya (CM R5.2).

Cisco integra en algunos de sus API's la interoperabilidad con equipos Polycom; el requisito de las dos plataformas es que se comuniquen mediante protocolos normalizados (TIP).

Directory Number Configuration	
Save	
Status	
Status: Ready	
Directory Number Information	
Directory Number*	2011
Route Partition	Internal
Description	Polycom HDX001
Alerting Name	Polycom HDX001
ASCII Alerting Name	Polycom HDX001
<input checked="" type="checkbox"/> Active	

Figura 3.104 Integración de Cisco con Polycom. [128]

La Figura 3.104 muestra la interfaz de usuario donde se aprecia la opción de integrar al servicio de telepresencia de Cisco a un equipo de Polycom.

Polycom y su integración directa con Microsoft permite lograr mejores experiencias a sus usuarios como compartición de contenidos, vídeo en alta calidad, sonido tridimensional. Aunque los usuarios de Skype no pueden disfrutar de vídeo inmersivo, podrán visualizar la teleconferencia en alta definición dependiendo de la velocidad de conexión que disponga el dispositivo. La Figura 1.105 muestra la interfaz de usuario de Microsoft Lync integrada con Polycom.

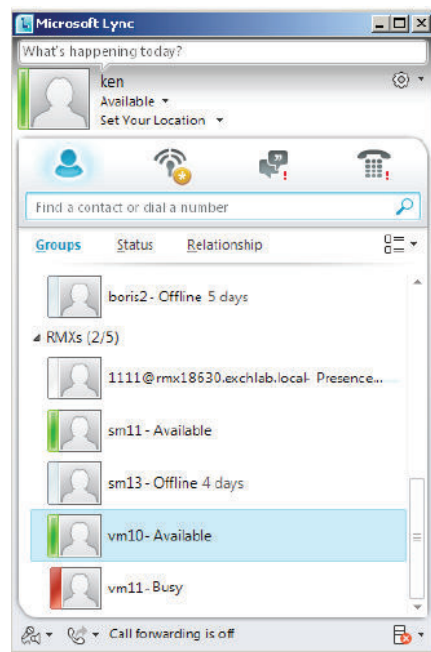


Figura 3.105 Integración de Lync con Polycom. ^[119]

Con la integración de Microsoft Outlook se puede agendar teleconferencias desde el correo corporativo, incluso llamar a cualquier usuario del sistema en forma directa como lo muestra la Figura 3.106.

3.6.7 PLANIFICACIÓN DE TELECONFERENCIAS

Al igual que la planificación usando la herramienta Outlook, se puede incluir en el mismo equipo las planificaciones de las teleconferencias en la misma interfaz gráfica de administrador del equipo RMX.

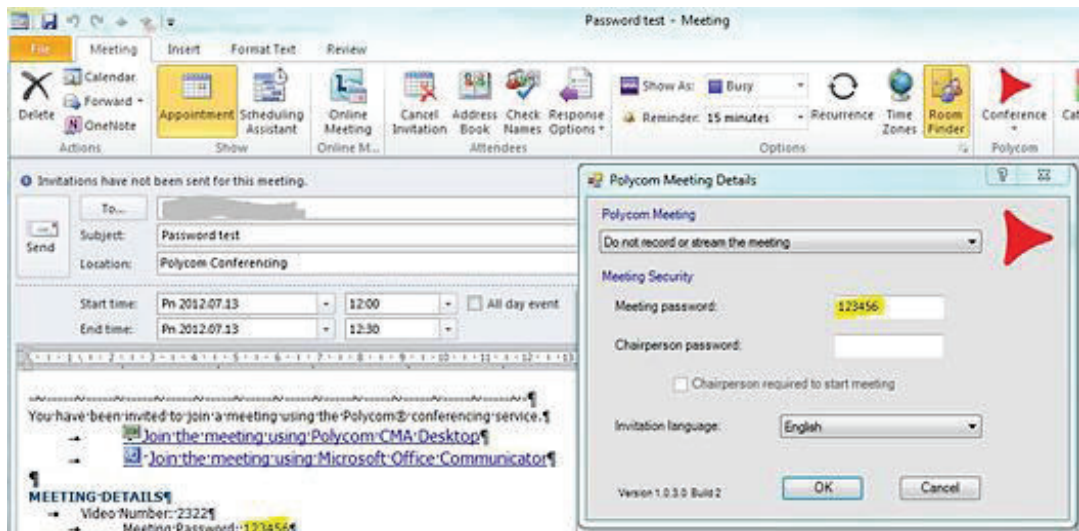


Figura 3.106 Integración de Outlook con Polycm. [114]

La Figura 3.107 muestra algunos cronogramas establecidos mediante esta herramienta de organización desarrollada por Polycm.

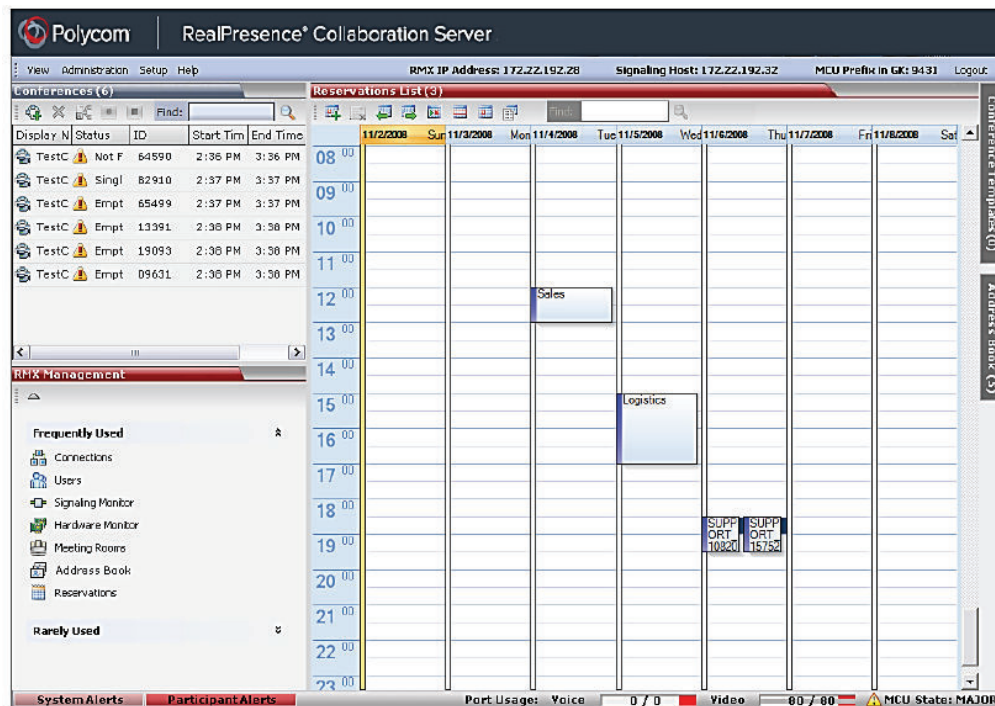


Figura 3.107 Planificación de teleconferencias del RMX 2000. [112]

Esta interfaz es muy parecida a Microsoft Project por lo cual el manejo de los cronogramas es muy parecido.

Se puede editar el cronograma, agregando o eliminando invitados, cambiando la localización de las salas participantes o cancelando la teleconferencia como lo muestra la Figura 3.108.

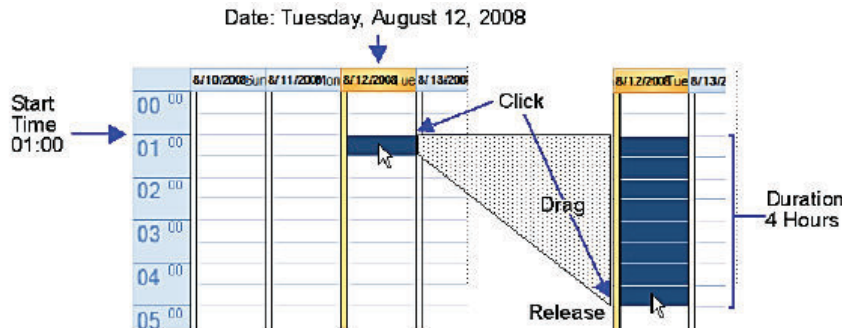


Figura 3.108 Edición de la planificación de teleconferencias del RMX 2000. [114]

3.6.8 ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS FÍSICOS Y LÓGICOS DEL SERVIDOR DE TELEPRESENCIA

La correcta administración de recursos físicos y lógicos de un servidor es la clave fundamental para evitar lentitud en el servicio, en especial cuando se realiza transcoding en tiempo real ya que este proceso es el que más recursos físicos consume.



Figura 3.109 Monitor de recursos del DMA 7000. [118]

La red de telepresencia del GADMA no posee muchos puntos de usuario final, sin embargo para futuros crecimientos se debe administrar de distinta manera los servidores del servicio de telepresencia.

Se puede visualizar cual es la carga física en tiempo real de las teleconferencias desde la interfaz gráfica de administrador del equipo RMX - DMA y CMA.

Datos relevantes como los porcentajes de utilización de los puertos de vídeo, ancho de banda, memoria RAM, SWAP, total de licencias activas, total de licencias usadas, tipo de MCUs activos y el historial del uso de todos los recursos físicos usados, es posible visualizarlos como lo muestra la Figura 3.110, la cual detalla la interfaz de monitoreo del equipo DMA 7000.

Aunque la administración de recursos es automática, es posible ajustar los parámetros de forma manual con el fin de dar más prioridad a salas de telepresencia sobre otras.

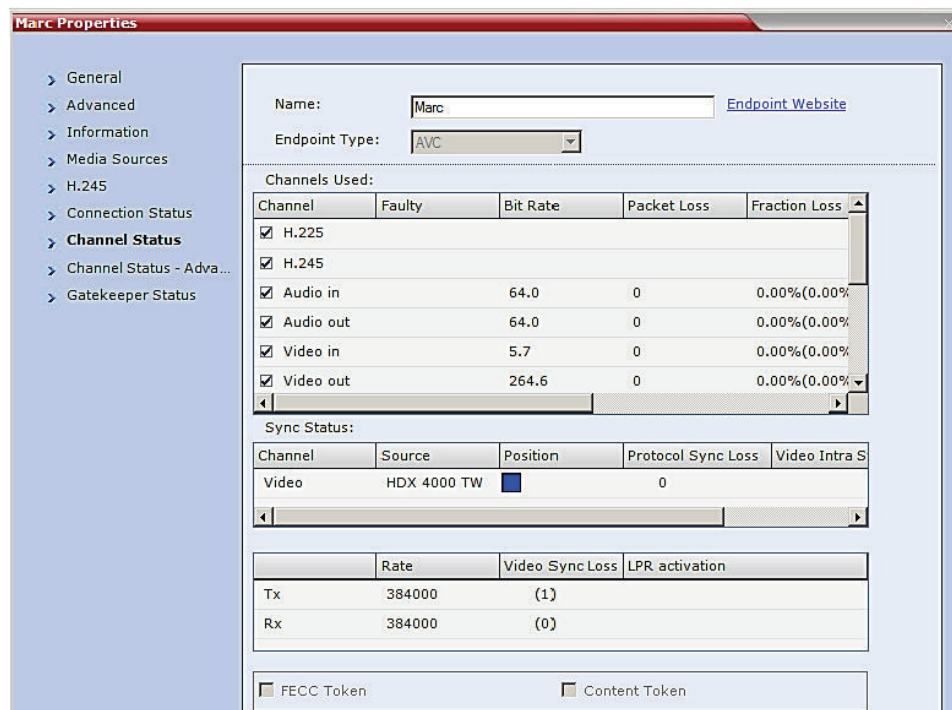
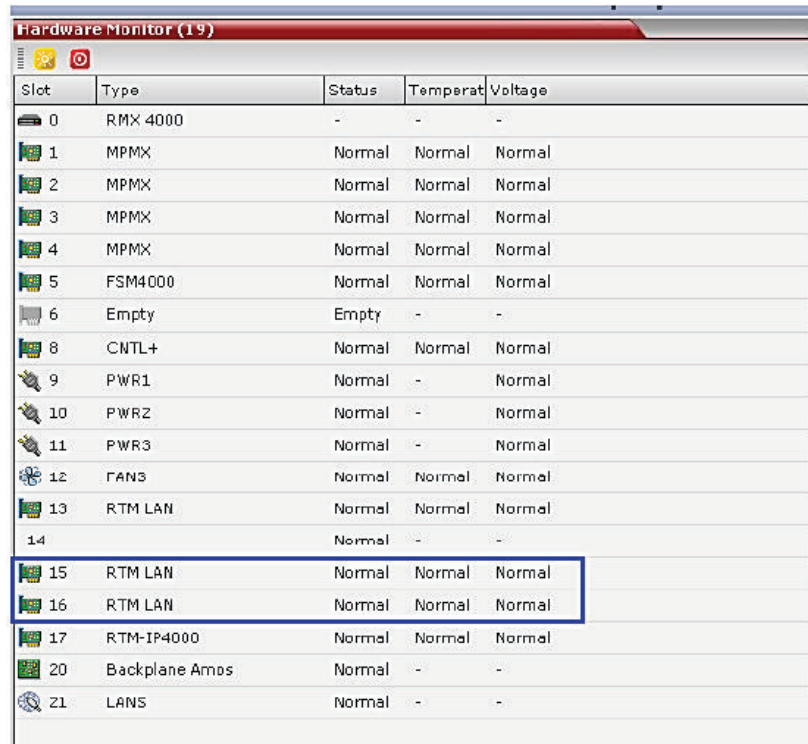


Figura 3.110 Monitor de recursos del RMX 2000. [114]

Los equipos RMX tienen su monitor de puertos, aunque lo muestran en una forma menos amigable para el usuario, presenta información relevante como porcentaje de paquetes perdidos tanto de audio como vídeo de entrada y salida, así como el

ancho de banda consumido de cada *end point*, tal como lo muestra la Figura 3.110.

La siguiente figura muestra el monitor de *hardware* del equipo RMX que detalla el estado de cada interfaz física activa del equipo junto con información relevante como el estado, la temperatura y el voltaje de cada una de ellas.



Slot	Type	Status	Temperat	Voltage
0	RMX 4000	-	-	-
1	MPMX	Normal	Normal	Normal
2	MPMX	Normal	Normal	Normal
3	MPMX	Normal	Normal	Normal
4	MPMX	Normal	Normal	Normal
5	FSM4000	Normal	Normal	Normal
6	Empty	Empty	-	-
8	CNTL+	Normal	Normal	Normal
9	PWR1	Normal	-	Normal
10	PWR2	Normal	-	Normal
11	PWR3	Normal	-	Normal
12	FANS	Normal	Normal	Normal
13	RTM LAN	Normal	Normal	Normal
14		Normal	-	-
15	RTM LAN	Normal	Normal	Normal
16	RTM LAN	Normal	Normal	Normal
17	RTM-IP4000	Normal	Normal	Normal
20	Backplane Amos	Normal	-	-
21	LANS	Normal	-	-

Figura 3.111 Monitor de *Hardware* del RMX 2000. ^[114]

Al igual que el DMA, el RMX también presenta de forma gráfica el reporte de utilización de sus recursos de audio como vídeo usado y por utilizarse.

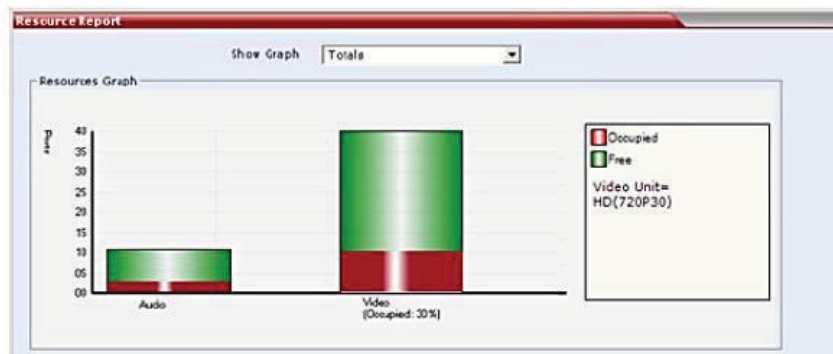


Figura 3.112 Monitor gráfico de *hardware* del RMX 2000. ^[114]

No podía faltar el monitor de eventos ya que el RMX no solo envía logs de errores, sino también los muestra para que el administrador de la red pueda realizar diagnósticos rápidos y brindar la solución técnica requerida para mejorar el servicio de red como lo muestra la Figura 113.

System Alerts Pane (3)			
Level	Description	Time	
Info	The frequency of network intrusion events [2.0] ha	Apr 16, 2014 07:36:38 PM (GMT+2)	
Info	The frequency of network intrusion events [1.0] ha	Sep 08, 2014 11:11:11 AM (GMT+2)	
Info	The frequency of network intrusion events [4.0] ha	Sep 08, 2014 11:13:11 AM (GMT+2)	

Figura 3.113 Panel de Alertas del RMX 2000. ^[114]

Por último se tiene una herramienta de diagnóstico de red integrada en el equipo RMX como PING el cual ayudará a determinar de manera rápida el estado de cualquier conexión de red en el servicio de telepresencia.

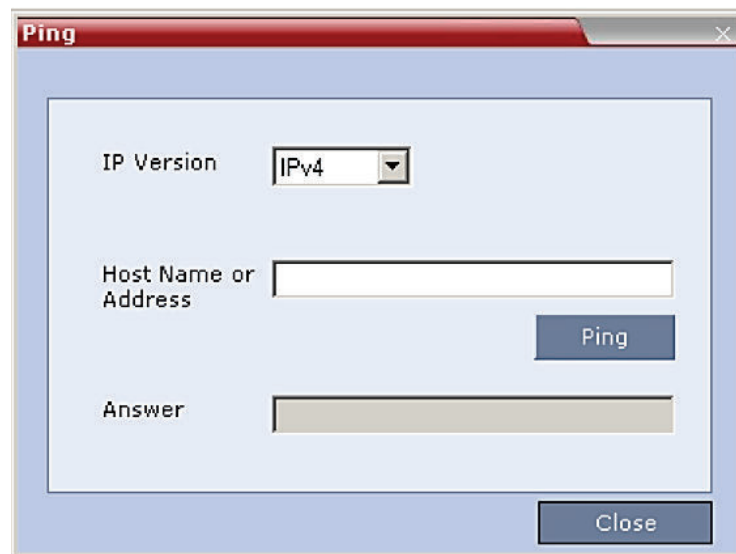


Figura 3.114 Herramientas de diagnóstico de red del RMX 2000. ^[114]

Los equipos HDX también tienen su herramienta de diagnóstico rápido (ver Figura 1.115) el cual determina en qué punto de la red el equipo de telepresencia personal no se puede comunicar con los servidores.

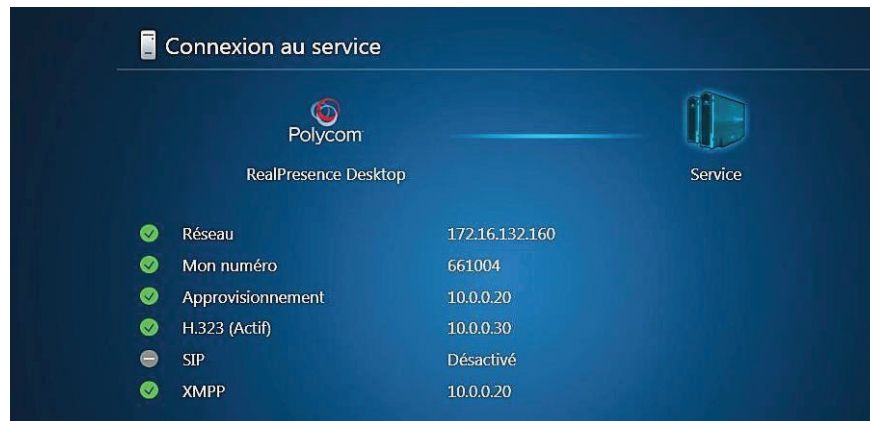


Figura 3.115 Herramientas de diagnóstico del HDX. [114]

3.6.9 INTEGRACIÓN DE SERVIDORES MULTIMEDIA EXTERNOS

Al igual que Polycom permite enlazar servidores de directorio y videoconferencia externos, se pueden integrar servidores multimedia externos como servidores FTP, SFTP o de *Streaming*; así se tiene mayor redundancia en el almacenamiento de las teleconferencias.

Algunos servidores soportados por Polycom son Wowza Media Server, QuickTime Streaming Server, IIS7 Media Service y Windows Media Server.

Cada uno de ellos tiene particularidades en su configuración, Polycom ofrece información detallada de cada configuración dependiendo del tipo de servidor externo que se utilice.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE COSTOS

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realizará el análisis de costos en base a los precios actuales del mercado, en cuanto a comercialización, instalación, configuración y mantenimiento de todos los equipos involucrados, tanto en la JambaRed como en el Sistema de Telepresencia para el GADMA.

Es importante analizar el costo – beneficio de la implementación de una red propietaria de comunicación municipal y el uso de tecnologías de telepresencia para establecer reuniones entre funcionarios públicos municipales.

Al final de este capítulo se analizarán las proyecciones financieras de los dos sistemas detallados anteriormente, para que el GADMA pueda pronosticar los resultados económicos - financieros futuros de este estudio respecto a sus operaciones. Además a través de las proyecciones financieras, se pueden generar diversos escenarios en los que la acción puede variar, teniendo diferentes estimaciones de los resultados, permitiéndole al GADMA identificar los posibles riesgos que pueden impactar, e implementar estrategias que amortigüen los efectos negativos. Con este propósito es esencial establecer periodos de proyección a partir de los 7 años en adelante tomando en cuenta el promedio de la inflación. Adicionalmente el Ecuador tiene una economía inestable por lo que se utilizó la inflación acumulada desde el año 2002, fecha en la que se comenzó a estabilizar la economía, la cual sirve como base para pronosticar los años futuros para el costo de este estudio.

4.2 ANÁLISIS DE COSTOS DE LA JAMBARED

La Red de Fibra Óptica Metropolitana implica costos de comercialización, autorizaciones, instalación, capacitación y mantenimiento de la misma.

Hay que recordar que a futuro la JambaRed será el medio de comunicación de todo el Sistema Integral de Seguridad Ciudadana ECU-911 del Cantón Ambato, el

sistema de *backup* para La Semaforización Centralizada del Casco Central de Ambato y el único medio de comunicación de todas las Entidades Municipales del GADMA. Por esta razón hay que considerar costos de capacitación del personal del municipio que se hará cargo de la administración y el mantenimiento de esta red.

Se tomarán rubros de costos por prestación de servicios de transporte de datos que fueron definidos por las empresas de telecomunicaciones que tienen presencia local como CNT - EP, PUNTO NET S.A. y SURATEL S.A.

Los costos presentados se basan en cotizaciones obtenidas por medio de la empresa consultora SERTERCOM, conversaciones electrónicas mantenidas con representantes oficiales de casas fabricantes como Optral y Corning, mesas de conversación con Polycom, y el apoyo del área de compras públicas tanto del GADMA como de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT – EP.

Las cotizaciones se basan en requerimientos técnicos definidos en el Capítulo 2 y con algunas consideraciones adicionales que deben ser tomadas en cuenta y que han sido publicadas en los respectivos pliegos por parte del Departamento de Compras Públicas del GADMA:

- El cable de fibra óptica debe tener grabada en la chaqueta etiquetas que identifiquen que el cable es propiedad del GADMA.
- Para los costos de instalación de la fibra óptica por medio del microzanjado se consideran: la importación del cable de fibra, el almacenamiento y transporte de la misma, la abertura de la zanja, la colocación de la microductería, la instalación de la fibra óptica dentro de los microductos, la construcción y colocación de los pozos de revisión, limpieza y eliminación de escombros y los materiales con la mano de obra respectiva para el sellamiento de la calzada.
- Todos los enlaces de fibra óptica deben estar certificados con OTDR tanto nivel 1 como nivel 2.
- Todo el equipamiento activo y pasivo debe entregarse con su respectiva garantía técnica, emitido mediante oficios escritos dirigidos a la Alcaldía de Ambato.

- En caso de importación de los elementos solicitados, todos los aranceles y trámites necesarios deben ser considerados en el precio de oferta y bajo ningún motivo serán de responsabilidad del GADMA.
- Es necesario la cotización de instalación, configuración y pruebas de todos los equipos activos.

La Tabla 4.1 muestra el costo de los diferentes elementos que conforman el Sistema de Fibra Óptica Metropolitana JambaRed en base a las Proformas del Anexo M.

Ítem	Fibra óptica Monomodo G.652 D	Instalación y materiales para Microzanjado
Marca - Modelo	OPTRAL HDDP	K-NET Flat 5 - WAY
Costo cada metro	5,89 USD	13,78 USD
Costo Total	82.730,94 USD	198.386,48 USD
Ítem	ODF Fibra óptica	Patch cord Fibra óptica G.652 D 1 metro
Marca - Modelo	SIEMON RIC3-72-01	BRAND-REX HOPLC008010SC203
Costo unitario	1.768,89 USD	21,00 USD
Costo Total	42.453,36 USD	966,00 USD
Ítem	Rack de piso	Patch cord UTP Categoría 6 1 metro
Marca - Modelo	RACKSOLUTIONS Server Cabinets Model 151	PANDUIT UTP6X3
Costo unitario	980,90 USD	2,18 USD
Costo Total	10.789,90 USD	54,50 USD
Ítem	Jack RJ 45 Categoría 6	Patch panel Categoría 6
Marca - Modelo	PANDUIT CJD6888TGIW	SIEMON HD®6
Costo unitario	0,91 USD	198,00 USD
Costo Total	4,55 USD	2.178,00 USD
Ítem	Switch de core Capa 3	Switch de Distribución
Marca - Modelo	Cisco Catalyst WS-6513-E	Cisco Catalyst WS-4510R+E
Costo unitario	124.800,00 USD	45.823,61 USD
Costo Total	124.800,00 USD	1.008.119,42 USD

Tabla 4.1 Costos de la JambaRed (Parte 1 de 2). ^[Anexo M]

Ítem	Switch Gigabit Ethernet	Access Point
Marca - Modelo	Cisco Catalyst WS-C3750X-24T-E	HP E-MSM430
Costo unitario	14.580,24 USD	3.079,90 USD
Costo Total	160.382,64 USD	15.399,50 USD
Ítem	UPS 1000 VAC	Instalación, materiales y configuración de toda la Red
Marca - Modelo	APC Smart-UPS VT 10kVA	SERTERCOM
Costo unitario	14.981,15 USD	250.000,00 USD
Costo Total	329.585,30 USD	250.000,00 USD

Tabla 4.1 Costos de la JambaRed (Parte 2 de 2). [Anexo M]

En la Tabla 4.2 se muestra un resumen de los rubros de la JambaRed y el costo total del sistema de fibra óptica.

Ítem	Detalle	Costo
1	Fibra óptica	82.730,94 USD
2	Instalación de la fibra óptica	198.386,48 USD
3	Infraestructura pasiva	56.446,31 USD
4	Equipamiento activo	1.638.286,86 USD
5	Configuración de la Red	250.000,00 USD
COSTO TOTAL		2.225.850,59 USD

Tabla 4.2 Costo total de la JambaRed.

Todos estos costos no incluyen el I.V.A.

Para analizar el costo de mantenimiento de la JambaRed se tienen dos puntos a consideración, el GADMA puede solicitar servicios de telecomunicaciones a empresas privadas para que realicen este trabajo y se encarguen de su mantenimiento, y la otra opción es que el Municipio cuente con su propio departamento de telecomunicaciones.

Se analizará el primer punto expuesto para determinar los costos del mantenimiento de la JambaRed.

SERTERCOM expone una oferta económica (Anexo M) para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de la JambaRed bajo los siguientes SLAs:

- Se realizará una revisión general de la red de fibra óptica cada tres meses.
- El servicio cubre hasta 50 fusiones de fibra óptica por mes, si este número llega a exceder, cada fusión extra tendrá un costo extra de 75 dólares.
- El servicio de reparación de rutas de fibra óptica será del tipo 24/7.
- La empresa asume el costo de obra civil en las reparaciones de las rutas de fibra óptica.
- El tiempo sin servicio por cada hilo de fibra óptica será de máximo 3 horas.
- No se considerará la reposición de equipos activos como *switches* y *routers*.
- El servicio de reconfiguración de equipos activos será del tipo 24/7.
- El tiempo fuera de servicio del equipamiento activo será de máximo 8 horas.
- El costo de reconfiguraciones del equipamiento activo será cotizado y bajo la aprobación del GADMA se procederá a realizar los trabajos respectivos.
- Todos los reemplazos de equipos activos serán por cuenta del GADMA.

Con estas consideraciones expuestas por esta empresa fijan un costo de servicio anual de 46.200,00 dólares más I.V.A.

MANTENIMIENTO JAMBARED	
Costo Mensual	3.850,00 USD
Costo Anual	46.200,00 USD

Tabla 4.3 Mantenimiento de la JambaRed.

Dicho costo no cubre daños en las rutas de fibra óptica superiores a 50 hilos. Si se analiza el peor de los casos, en el cual se llega a afectar una ruta completa (96 hilos) el costo ascendería a 7.300,00 dólares más I.V.A. en dicha reparación.

REPARACIÓN DE UNA RUTA COMPLETA JAMBARED	
Costo Total	7.300,00 USD

Tabla 4.4 Costo de reparación del cable de fibra óptica.

Para evitar estos costos es sumamente importante que el Departamento de Obras Públicas, Planificación Urbanística, EMAPA y el MOP consulten al Departamento de Sistemas del GADMA, en qué calles pueden intervenir trabajos de reparación

de vías antes de ejecutarlos y así evitar inconvenientes de servicio y perjuicios económicos a la municipalidad.

Al analizar la segunda opción de mantenimiento de la JambaRed se observa que es necesario adquirir fusionadoras de fibra óptica, kits de herramientas para fibra óptica, equipos de protección personal, equipos informáticos, espacio físico, vehículos y el análisis del número de personas que necesitaría dicho departamento.

La Tabla 4.5 detalla los costos del personal técnico de Operación y Mantenimiento Municipal para la JambaRed.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO			
Descripción	Costo mensual	Costo Anual	Beneficios de Ley
PERSONAL			
Sueldo del Técnico 1	700,00 USD	8.400,00 USD	1404,00 USD
Sueldo del Técnico 2	700,00 USD	8.400,00 USD	1404,00 USD
Sueldo Analista 1	1350,00 USD	16.200,00 USD	2379,00 USD
Sueldo Analista 2	1350,00 USD	16.200,00 USD	2379,00 USD
Costo total	56.766,00 USD		

Tabla 4.5 Costos de Operación y Mantenimiento de la JambaRed.

El costo anual del personal de telecomunicaciones del GADMA sería de 56,766 dólares anuales sin sumar la inversión en equipos y materiales de trabajo.

Este costo es mucho más elevado que contratar servicios externos por lo cual se recomienda que las tareas de Operación y Mantenimiento sean realizadas por Empresas Externas de Telecomunicaciones.

4.2.1 VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA JAMBARED

Luego de contabilizar los costos que implican implementar la JambaRed en el Cantón Ambato, se determina que 2 millones de dólares es una cantidad manejable para el GADMA, ya que el presupuesto anual de la municipalidad es de 131 millones de dólares. El municipio incurre en gastos como seguridad ciudadana, movilidad y transporte, salud e higiene, mantenimiento de carreteras, educación, gasto público entre otros, rubros que llegan a representar un gasto

anual de 102 millones de dólares; esto que significa que se dispone de 29 millones de dólares para proyectos de inversión.

Es posible disminuir el costo de la Red de Fibra Óptica considerando los siguientes puntos:

- Reducir el número de equipos activos de *backup* ya que por el momento el tráfico conmutado será solo del Sistema de Telepresencia, por lo cual no se necesitarían dos *switches* de distribución, pero a futuro se deberá colocar necesariamente este equipo. Con esta consideración el costo total se reduce en 504.290,71 dólares una cantidad bastante significativa.
- Es posible descartar los *switches* Ethernet y usar los *switches* existentes en las redes actuales tomando en cuenta que en los enlaces de *trunking* se deben usar conversores de cobre a fibra óptica necesariamente. Luego se podrá reemplazar los equipos de conmutación por los nuevos *switches* estipulados en este estudio. Con esta segunda consideración el costo total se reduce en 158.950,11 dólares

Aunque estas reducciones no tienen sustento técnico alguno ya que disminuyen la disponibilidad de la red a la mitad, desde el punto de vista económico es muy aceptable. El GADMA a pesar que cuenta con presupuesto extra para invertirlo en proyectos que beneficiarán a la ciudadanía, este proyecto al inicio sólo brindará servicios de comunicación multimedia a los funcionarios municipales y a futuro se tiene estipulado que esta red sea el medio de comunicación digital más importante de la provincia.

Hasta que existan nuevos proyectos para impulsar a Ambato convertirse en una ciudad digital, las reducciones de costos descritas anteriormente son válidas para que se pueda dar luz verde a la ejecución de este estudio.

El nuevo costo de la JambaRed con las modificaciones descritas anteriormente será de 1.555.941,02 dólares más I.V.A.

RED DE FIBRA ÓPTICA METROPOLITANA JAMBARED	
Costo Total	1.555.941,02 USD

Tabla 4.6 Costo con reducciones de requerimiento de la JambaRed

Este costo servirá de referencia para el Departamento de Compras Públicas del GADMA y así empezar a implementar este estudio como el primer paso para construir la primera ciudad digital del país.

4.2.2 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DE LA JAMBARED

El objetivo del análisis costo - beneficio es el de obtener la mayor rentabilidad posible. En el caso de las decisiones sobre el patrimonio, el coste de oportunidad intervendría en tomar una decisión, es decir qué pasaría si el GADMA implementa el proyecto o si arrienda el canal de comunicaciones. Para conocer qué decisión tomar es necesario proyectar la inversión en un tiempo determinado y conocer si es factible realizarla.

De acuerdo al Banco Central del Ecuador la inflación “Es medida estadísticamente a través del Índice de Precios al Consumidor del Área Urbana (IPCU), a partir de una canasta de bienes y servicios demandados por los consumidores de estratos medios y bajos, establecida a través de una encuesta de hogares”. Por lo que es posible calcular las tasas de variación mensual, acumuladas y anuales; estas últimas pueden ser promedio o en deslizamiento.

La Tabla 4.7 muestra la inflación acumulada del Ecuador desde el año 2004 hasta el año 2013.

AÑO	INFLACION ACUMULADA %
2004	1,95
2005	3,1
2006	2,8
2007	3,3
2008	8,8
2009	4,3
2010	3,3
2011	5,4
2012	4,1
2013	2,7
Promedio	3,975

Tabla 4.7 Inflación acumulada de Ecuador. ^[129]

Después de conocer los costos totales del proyecto y el tipo de proyección se procede a realizar en 2 periodos variables de 5 años, para conocer el tiempo de recuperación de inversión, ya sea como implementación por parte del GADMA o por contratación de una empresa; en este caso el análisis de comparación se la realizó con costos reales de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT - EP), Punto Net S.A. y Suratel S.A. (Grupo TVCable).

Según el Ing. Francisco López (Director del Departamento de Sistemas de la Alcaldía anterior 2010-2014), el GADMA tiene varios gastos en transporte de datos los cuales se detallan en la Tabla 4.8.

COSTOS DE TRANSMISIÓN DE DATOS GADMA		
Descripción	Costo mensual	Costo Anual
Transmisión de Datos	9.600,00 USD	115.200,00 USD
Cámaras ECU - 911	27.650,00 USD	331.800,00 USD
Costo Total Anual	447.000,00 USD	

Tabla 4.8 Costos de transmisión de datos del GADMA.

No se considera el costo de servicio de Internet Corporativo ya que ese servicio necesariamente debe seguirse contratando.

COSTOS DE TRANSMISIÓN DE DATOS GADMA		
Descripción	Costo mensual	Costo Anual
CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES		
Transmisión de Datos	9.600,00 USD	115.200,00USD
Cámaras ECU - 911	27.650,00 USD	331.800,00 USD
Costo Total Anual	447.000,00 USD	
PUNTO NET S.A.		
Transmisión de Datos	9.600,00 USD	115.200,00 USD
Cámaras ECU - 911	52.500,00 USD	630.000,00 USD
Costo Total Anual	745.200,00 USD	
SURATEL S.A.		
Transmisión de Datos	3.200,00 USD	38.400,00 USD
Cámaras ECU - 911	17.500,00 USD	210.000,00 USD
Costo Total Anual	248.400,00 USD	

Tabla 4.9 Comparación de costos de transmisión de datos del GADMA.

Según el Ing. Freddy Rodríguez Consultor de Telecomunicaciones que realizó el estudio de la ubicación de las cámaras de seguridad para el Cantón Ambato, la tabla anterior detalla los costos de transmisión de Datos por parte de las tres empresas antes mencionadas.

Para determinar si la inversión cumple con el objetivo de ser rentable se aplicó el Valor Presente Neto (VPN), este método es el más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo, puesto que ayuda a maximizar la inversión, permitiendo determinar si dicha inversión puede incrementar o reducir el valor del beneficio.

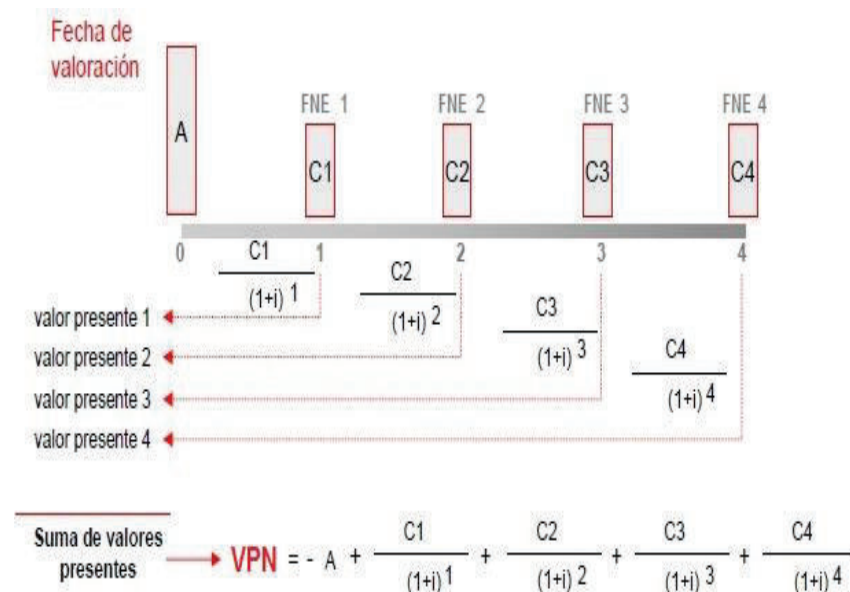


Figura 4.1 Fórmula para el cálculo del valor presente. ^[130]

A continuación se detalla el respectivo cálculo de la inversión del proyecto:

Datos:

- VPN: Valor Presente Total de la proyección.
- C1: Valor presente del 1er año.
- C2: Valor presente del 2do año.
- C3: Valor presente del 3ro año.
- C4: Valor presente del 4to año. (Se detallará consecutivamente hasta llegar al año 20).
- I: Tasa de descuento durante el periodo, en este caso el 10%.

4.2.2.1 PROYECCIÓN A 5 AÑOS

La Tabla 4.10 muestra la proyección de gastos a 5 años que le costaría al GADMA la JambaRed implementando su propia red de fibra óptica y contratando el servicio de operación y mantenimiento a una Empresa de Telecomunicaciones externa.

PROYECCIÓN A 5 AÑOS-GADMA			
AÑOS	Detalle		
	Presupuesto	Mantenimiento	Total Presupuesto
1 AÑO	1.555.941,02 USD	46.200,00 USD	1.602.141,02 USD
2 AÑOS		47.932,50 USD	47.932,50 USD
3 AÑOS		49.729,97 USD	49.729,97 USD
4 AÑOS		51.594,84 USD	51.594,84 USD
5 AÑOS		53.529,65 USD	53.529,65 USD
VALOR PRESENTE GADMA			1.747.595,19 USD

Tabla 4.10 Proyección de gastos a 5 años del GADMA para la JambaRed.

La Tabla 4.11 muestra la proyección de gastos a 5 años que le costaría al GADMA la JambaRed arrendando la red de fibra óptica, y contratando el mantenimiento y reparación de la misma a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT - EP.

PROYECCIÓN A 5 AÑOS-CNT EP			
AÑOS	Detalle		
	Transmisión cámaras ECU - 911	Transmisión de datos	Total Presupuesto
1 AÑO	331.800,00 USD	155.200,00 USD	487.000,00 USD
2 AÑOS	344.242,50 USD	161.020,00 USD	505.262,50 USD
3 AÑOS	357.151,59 USD	167.058,25 USD	524.209,84 USD
4 AÑOS	370.544,78 USD	173.322,93 USD	543.867,71 USD
5 AÑOS	384.440,21 USD	179.822,54 USD	564.262,75 USD
VALOR PRESENTE CNT EP			2.020.250,67 USD

Tabla 4.11 Proyección a 5 años de la CNT EP para la JambaRed.

La Tabla 4.12 muestra la proyección de gastos a 5 años que le costaría al GADMA la JambaRed arrendando la red de fibra óptica, y contratando el mantenimiento y reparación de la misma a Punto Net S.A.

PROYECCIÓN A 5 AÑOS-PUNTO NET S.A.			
AÑOS	Detalle		
	Transmisión cámaras ECU - 911	Transmisión de datos	Total Presupuesto
1 AÑO	630.000,00 USD	115.200,00 USD	745.200,00 USD
2 AÑOS	653.625,00 USD	119.520,00 USD	773.145,00 USD
3 AÑOS	678.135,94 USD	124.002,00 USD	802.137,94 USD
4 AÑOS	703.566,04 USD	128.652,08 USD	832.218,11 USD
5 AÑOS	729.949,76 USD	133.476,53 USD	863.426,29 USD
VALOR PRESENTE PUNTO NET S.A.			3.091.356,88 USD

Tabla 4.12 Proyección a 5 años de Punto Net S.A. para la JambaRed.

La Tabla 4.13 muestra la proyección de gastos a 5 años que le costaría al GADMA la JambaRed arrendando la red de fibra óptica, y contratando el mantenimiento y reparación de la misma a SURATEL S.A.

PROYECCIÓN A 5 AÑOS-SURATELS.A.			
AÑOS	Detalle		
	Transmisión cámaras ECU - 911	Transmisión de datos	Total Presupuesto
1 AÑO	472.500,00 USD	55.800,00 USD	528.300,00 USD
2 AÑOS	490.218,75 USD	57.892,50 USD	548.111,25 USD
3 AÑOS	508.601,95 USD	60.063,47 USD	568.665,42 USD
4 AÑOS	527.674,53 USD	62.315,85 USD	589.990,38 USD
5 AÑOS	547.462,32 USD	64.652,69 USD	612.115,01 USD
VALOR PRESENTE SURATELS.A.			2.191.577,88 USD

Tabla 4.13 Proyección a 5 años de Suratel S.A. para la JambaRed.

Teniendo las tres proyecciones, se realiza la comparación con cada una de ellas, es decir, entre la proyección de tener una red propia con la proyección de arrendar el canal de comunicación a empresas de telecomunicaciones.

La Tabla 4.14 muestra la relación costo – beneficio entre la JambaRed y la CNT – EP.

COMPARACIÓN JAMBARED CON CNT - EP	
DETALLE	VALOR
Implementado por el GADMA	1.747.595,19 USD
Arrendamiento a la CNT- EP	2.020.250,66 USD
Beneficio Monetario	272.655,47 USD
Porcentaje	13,50%

Tabla 4.14 Comparativa de la proyección a 5 años con la CNT-EP.

La relación costo-beneficio implica relacionar el costo de implementación sea por el GADMA o por un contratante en este caso CNT - EP, lo que implica que si la Municipalidad de Ambato lo implementará por sus medios tendría un ahorro del 13,5% es decir 272.655,47 dólares.

La Tabla 4.15 muestra la relación costo – beneficio entre la JambaRed y PUNTONET S.A.

COMPARACIÓN JAMBARED CON PUNTONET S.A.	
DETALLE	VALOR
Implementado por el GADMA	1.747.595,19 USD
Arrendamiento a PuntoNet S.A.	3.091.356,88 USD
Beneficio Monetario	1.343.761,69 USD
Porcentaje	43,47%

Tabla 4.15 Comparativa de la proyección a 5 años con PuntoNet.

La relación costo-beneficio implica relacionar el costo de implementación sea por el GADMA o por un contratante en este caso PUNTONET S.A., lo que implica que si la Municipalidad de Ambato lo implementará por sus medios tendría un ahorro del 43,47% es decir 1.343.761,69 dólares.

La Tabla 4.16 muestra la relación costo – beneficio entre la JambaRed y SURATEL S.A.

COMPARACIÓN JAMBARED CON SURATEL S.A.	
DETALLE	VALOR
Implementado por el GADMA	1.747.595,19 USD
Arrendamiento a Suratel S.A.	2.191.577,88 USD
Beneficio Monetario	443.982,69 USD
Porcentaje	20,26%

Tabla 4.16 Comparativa de la proyección a 5 años con Suratel S.A.

La relación costo-beneficio implica relacionar el costo de implementación sea por el GADMA o por un contratante en este caso SURATEL S.A., lo que implica que si la Municipalidad de Ambato lo implementará por sus medios tendría un ahorro del 20,26% es decir 443.982,69 dólares..

Como conclusión, en cinco años será más beneficioso que el GADMA implemente su propia red de comunicaciones metropolitana a que arriende los canales de comunicación a empresas de telecomunicaciones.

4.2.2.2 PROYECCIÓN A 10 AÑOS

Ya que la tendencia en las proyecciones dan como resultado un beneficio económico a lo largo del tiempo para que el GADMA implemente su propia red de comunicaciones, no es necesario realizar el análisis de costo-beneficio para 10 años.

4.3 ANÁLISIS DE COSTOS DEL SISTEMA DE TELEPRESENCIA

Con la implementación de la Red de fibra óptica JambaRed, se permite la comunicación multimedia requerida por el GADMA, transmitiendo no solo audio y vídeo digital, sino contenido de todo tipo, desde una simple fotografía hasta un documento importante firmado digitalmente.

Se analizará cuál es el costo de implementación de este sistema de comunicación futurista, su costo - beneficio y el tiempo de recuperación de la inversión en base al coste de alquiler de servicios multimedia de este mismo tipo por parte de empresas privadas.

Las cotizaciones se basan en requerimientos técnicos definidos en el Capítulo 3 y con algunas consideraciones adicionales que deben ser analizadas y publicadas en los respectivos pliegos por parte del Departamento de Compras Públicas del GADMA, las mismas que se indican a continuación:

- En caso de importación de los elementos solicitados, todos los aranceles y trámites necesarios deben ser considerados en el precio de oferta y bajo ningún motivo serán de responsabilidad del GADMA.
- Los costos de instalación incluyen el cableado de los equipos de usuario final y todos los periféricos de todas las salas de telepresencia hasta los cuartos de telecomunicaciones de las entidades municipales mencionadas cumpliendo todas las normas de cableado estructurado horizontal.
- Todo el equipamiento activo y pasivo debe entregarse con su respectiva garantía técnica emitido mediante oficios escritos dirigidos a la Alcaldía de Ambato.
- Por tratarse de equipos nuevos en la región, es necesario la garantía técnica del fabricante; así como las debidas capacitaciones tanto al personal técnico (Departamento de Informática GADMA), así como a todos los usuarios del sistema de telepresencia.
- Es necesario la cotización de instalación, configuración y pruebas de todos los equipos.

En la Tabla 4.17 se estipula el costo del Sistema de Telepresencia (Anexo M); en el diseño técnico se estableció que Polycom es la solución comercial con mejores prestaciones. A manera comparativa, en la Tabla 4.18 se indicará el costo total de soluciones comerciales competidoras como Cisco y Huawei.

Para analizar el costo de mantenimiento del Servicio de Telepresencia se tienen dos puntos de consideración tal como se analizó para la JambaRed: el GADMA puede solicitar servicios de mantenimiento preventivo y correctivo a empresas privadas o la otra opción es que el municipio cuente con su propio departamento de telecomunicaciones.

Ítem	Sala de Telepresencia real 12 usuarios	Sala de Telepresencia real 6 usuarios
Marca - Modelo	POLYCOM RPX 418M	POLYCOM RPX 408M
Costo unitario	562.769,16 USD	506.999,16 USD
Costo Total	562.769,16 USD	2.534.995,80 USD
Ítem	Equipo de Telepresencia Personal	Equipo <i>Gatekeeper</i>
Marca - Modelo	POLYCOM HDX 4500	POLYCOM DMA 7000
Costo unitario	10.087,47 USD	45.825,00 USD
Costo Total	171.486,99 USD	45.825,00 USD
Ítem	Pizarra Electrónica con monitor LCD de 42"	Equipo digitalizador de Documentos
Marca - Modelo	POLYCOM UC BOARD	DATAPRO 1775-03C-GRY
Costo unitario	2.789,11 USD	2.856,78 USD
Costo Total	16.734,66 USD	14.283,90 USD
Ítem	Servidor de <i>Sreaming</i>	Licencia para 50 Usuarios
Marca - Modelo	POLYCOM RSS 4000	POLYCOM
Costo unitario	16.987,50 USD	1.418,53 USD
Costo Total	16.987,50 USD	1.418,53 USD
Ítem	Instalación, materiales y configuración	
Marca - Modelo	SERTERCOM	
Costo Total	150.000,00 USD	
Costo Total	3.514.501,54 USD	

Tabla 4.17 Costos del Sistema de Telepresencia.

Todos estos costos no incluyen el I.V.A.

Marcas Comerciales Telepresencia		
	CISCO	HUAWEI
Costo Total	1.872.780,14 USD	2.313.652,64 USD

Tabla 4.18 Costo de otras casas comerciales de Telepresencia.

Se analizará la primera opción para determinar los costos del mantenimiento de la JambaRed.

SERTERCOM expone una oferta económica (Anexo M) para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de la JambaRed bajo los siguientes SLAs:

- Se realizará una revisión general del Sistema de Telepresencia cada tres meses.
- El servicio no cubre los costos de reparación de los canales de comunicación.
- El costo de reparación de los canales de comunicación se realizará previa cotización.
- No se considerará la reposición de equipos activos como MCU's, DMA's, equipos de usuario final, cámaras, micrófonos y RSS's.
- El servicio de soporte técnico de equipos activos será del tipo 24/7.
- El tiempo fuera de servicio del equipamiento activo será de máximo 8 horas.
- El costo de reconfiguraciones del equipamiento activo será cotizado y bajo la aprobación del GADMA se procederá a realizar los ajustes respectivos.
- Todos los reemplazos de equipos activos corren por cuenta del GADMA.

Con estas consideraciones expuestas por esta empresa fijan un costo de servicio anual de 18.000,00 dólares más I.V.A.

Mantenimiento Sistema Telepresencia	
Costo Mensual	1.500,00 USD
Costo Anual	18.000,00 USD

Tabla 4.19 Mantenimiento del Sistema de Telepresencia.

Analizando la segunda opción del mantenimiento del Servicio de Telepresencia se considerará los costos del equipo de operación y mantenimiento ya analizado en la JambaRed ya que este mismo equipo se encargará de este servicio.

El costo de tener un grupo de telecomunicaciones propio del Municipio, sería el mismo detallado en la Tabla 4.5 añadiendo costos de capacitación técnica que según Polycom Ecuador lo dictan únicamente en el exterior.

Este costo es mucho más elevado que contratar servicios externos por lo cual se recomienda que las tareas de Operación y Mantenimiento sean por parte de Empresas Externas de Telecomunicaciones.

4.3.1 VIABILIDAD ECONÓMICA DEL SISTEMA DE TELEPRESENCIA

Luego de contabilizar los costos que implica implementar el Sistema de Telepresencia para el GADMA se determina que 3,5 millones de dólares es una cantidad bastante elevada para el GADMA. Sin embargo, al analizar los servicios adicionales de comunicación, más que un gasto fuerte es una inversión a la innovación. Las ventajas que tendría el GADMA en implementar la comunicación telepresencial son:

- Servicios multimedia gratuitos.
- Compartición de documentos, actas, presentaciones, fotos y vídeos en tiempo real.
- Presentaciones con un alto nivel visual.
- Calidad de comunicación remota insuperable.
- Realismo en la comunicación a pesar de la distancia.
- Optimización del tiempo laborable de todos los funcionarios públicos municipales.
- Reducción de gastos de transporte.
- Capacitaciones remotas entre entidades gubernamentales locales, nacionales e incluso internacionales.
- Comunicación en vídeo de forma inmediata.
- Grabación de todas las reuniones para no perder un solo detalle de los acuerdos establecidos en las mismas.
- Alto nivel de seguridad de la información, comunicación sin escuchas.
- Movilidad, portabilidad y comodidad en la comunicación.
- Tecnología amigable con el medio ambiente.
- Servicio futurista de comunicación.
- Primer Gobierno Seccional en usar este tipo de comunicación en Latinoamérica; únicamente existe una sala de telepresencia en Colombia (Sala de negocios regionales de Cisco).

Es posible disminuir el costo del Sistema de Telepresencia considerando el siguiente punto:

- No utilizar salas de telepresencia por su costo elevado, cada servidor municipal involucrado en la utilización de este sistema puede usar su equipo de telepresencia personal. Se pierde totalmente la sensación realista de comunicación pero la calidad de audio, vídeo, compartición de contenidos y otras opciones es posible, así como el almacenamiento y *streaming* de las teleconferencias. La Tabla 4.20 muestra el nuevo costo sin considerar las salas de telepresencia.

POLYCOM	CISCO	HUAWEI
840.410,32 USD	432.388,92 USD	620.873,84 USD

Tabla 4.20 Comparativa de costos reducidos del Sistema de Telepresencia.

La oferta económica de Cisco es muy conveniente, presta alta calidad en el servicio de comunicación multimedia pero carece de aplicaciones y servicios adicionales en lo que Polycom es ampliamente superior; Cisco no cuenta con equipos para la compartición de documentos, pizarras interactivas y soporte técnico local (el soporte técnico más cercano está ubicado en Colombia). Por estas razones no se puede contemplar una alternativa a Cisco.

El Sistema de Telepresencia de Polycom valorado en 840.410,32 USD es el costo que servirá de referencia para el Departamento de Compras Públicas del GADMA y así poder empezar a implementar este innovador sistema de comunicación remoto único en el país y el segundo existente en América Latina.

4.3.2 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DEL SISTEMA DE TELEPRESENCIA

Tomando en cuenta la metodología del Análisis de Costo – Beneficio de la JambaRed, en esta sección se estudiará en qué tiempo el GADMA recuperará la inversión en este sistema.

Según el Ing. Roberto Alemán (Analista de Gastos Administrativos de la Alcaldía 2010-2014), el GADMA tiene varios gastos en transporte de datos los cuales se detallan en la Tabla 4.21.

COSTOS DE MOVILIZACIÓN GADMA	
Descripción	Costo Total
Choferes	37.520,00 USD
Mantenimiento de Vehículos	8.400,00 USD
Tiempo perdido en movilización	30.372,72 USD
Costo Total Anual	76.292,72 USD

Tabla 4.21 Costos de movilización de los funcionarios del GADMA.

Los costos son tomados para cinco vehículos municipales, 27 Funcionarios Municipales, 13 Concejales, 1 Alcalde y 6 Directores departamentales.

4.3.3 PROYECCIÓN A 5 AÑOS

La Tabla 4.22 muestra la proyección de gastos a 5 años que le costaría al GADMA el Sistema de Telepresencia y el mantenimiento a cargo de una Empresa de Telecomunicaciones externa.

PROYECCIÓN A 5 AÑOS-GADMA			
AÑOS	Detalle		
	Presupuesto	Mantenimiento	Total Presupuesto
1 AÑO	840.410,32 USD	18.000,00 USD	858.410,32 USD
2 AÑOS		18.675,00 USD	18.675,00 USD
3 AÑOS		19.375,31 USD	19.375,31 USD
4 AÑOS		20.101,89 USD	20.101,89 USD
5 AÑOS		20.855,71 USD	20.855,71 USD
VALOR PRESENTE GADMA			915.080,78 USD

Tabla 4.22 Proyección a 5 años del GADMA para el Sistema de Telepresencia.

La Tabla 4.23 muestra la proyección de gastos a 5 años que le costaría al GADMA la movilización de sus servidores públicos hacia las diferentes reuniones.

Teniendo las dos proyecciones, realizamos la comparación con cada una de ellas, es decir, entre la proyección de tener el Sistema de Telepresencia con la proyección de seguir usando la comunicación presencial.

PROYECCIÓN A 5 AÑOS-MOVILIZACIÓN		
AÑOS	Detalle	
	Presupuesto	Total Presupuesto
1 AÑO	76.292,72 USD	76.292,72 USD
2 AÑOS		79.153,70 USD
3 AÑOS		82.121,96 USD
4 AÑOS		85.201,53 USD
5 AÑOS		88.396,59 USD
VALOR PRESENTE		316.489,57 USD

Tabla 4.23 Proyección a 5 años del GADMA para Gastos de Movilización.

La Tabla 4.24 muestra la relación costo – beneficio entre el Sistema de Telepresencia y los gastos de movilización.

COMPARACIÓN TELEPRESENCIA CON MOVILIZACIÓN	
DETALLE	VALOR
Implementado por el GADMA	915.080,78 USD
Movilización	316.489,57 USD
Beneficio Monetario	598.591,21 USD
Porcentaje	89,13%

Tabla 4.24 Comparativa de la proyección a 5 años con gastos de movilización.

La relación costo-beneficio implica relacionar el costo de implementación sea por el GADMA o seguir gastando en movilización, lo que implica que si la Municipalidad de Ambato lo implementará el servicio de telepresencia por sus medios tendría un gasto del 89,13% es decir 598.591,21 dólares adicionales.

Si realizamos proyecciones a 10, 15 o 20 años posiblemente se recupere la inversión, pero los equipos de telepresencia ya serían obsoletos y el reemplazarlos resulta de un gasto mucho mayor.

Sin embargo, los beneficios adicionales mencionados anteriormente superan de gran manera los gastos económicos que el GADMA incurrirá en el servicio de telepresencia.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ❖ La fibra óptica monomodo es el mejor canal de comunicación para la JambaRed, presta gran ancho de banda, velocidad de transmisión superior a 10 Gbps en cada hilo, ideal como *backbone* de la red metropolitana diseñada para el presente estudio.
- ❖ El *backbone* de 96 hilos de fibra óptica, asegura la escalabilidad a futuro de esta red, además de presentar una alta disponibilidad de la misma al tener canales de *backup*.
- ❖ La instalación de la fibra óptica usando la técnica de microzanjado causa el menor impacto durante la ejecución de obras civiles, técnica de instalación considerada de rápida ejecución, menor coste tanto durante la instalación como en los futuros mantenimientos, además de ser mínimamente invasiva comparado con el tendido de fibra aéreo y muralizado.
- ❖ El trazado del *backbone* de fibra óptica está diseñado de tal manera que llega a los polos de crecimiento del Cantón Ambato, potenciando a la fibra óptica el poder prestar múltiples servicios de comunicación e información no solo la ciudadanía Ambateña, sino al centro del País.
- ❖ El equipamiento activo e infraestructura pasiva de la JambaRed están dimensionados para soportar el tráfico de datos actual y futuro; al usar equipos modulares potencia la migración de puertos físicos a nuevas tecnologías de transmisión, modulación, conmutación y enrutamiento futuros. Este equipo se acopla a las capacidades y el tipo de canal de comunicación de la red potenciando al máximo la optimización del canal de comunicaciones.

- ❖ La JambaRed por ser una red diseñada para soportar no solamente el tráfico informático gubernamental y de entidades privadas, cuenta con enlaces de *backup*, capaces de cumplir con todas las actividades de procesamiento y redireccionamiento de paquetes en toda la red para que este sistema de comunicación municipal brinde un alto nivel de disponibilidad en sus servicios.
- ❖ Los Sistemas de Telepresencia son tecnologías que han repotenciado a la comunicación multimedia remota actual, disminuyendo las fronteras geográficas y acercando más a las personas; brindando una comunicación más realista, cálida, no invasiva y eficiente.
- ❖ El Sistema de Telepresencia para el GADMA se compone de equipos como cámaras, micrófonos, parlantes, pantallas gigantes; equipos de codificación/decodificación de audio, vídeo y contenidos multimedia de todo tipo, MCUs encargados de administrar las conexiones lógicas de la información multimedia generada por los usuarios, un equipo que se encarga de la administrador de recursos (DMA). Este equipamiento permite todo esto para brindar la mayor eficiencia en la comunicación, sin descuidar la prestación de servicios adicionales que dejan obsoleta a la simple vídeo conferencia tradicional. Como resultado final, los funcionarios municipales del GADMA utilizarán una comunicación remota de realismo, donde podrán compartir de ideas, mejorando la productividad del gobierno seccional, administrando de mejor manera su tiempo para trabajar en bien de la ciudadanía ambateña.
- ❖ No solo se tiene la posibilidad de establecer sesiones entre funcionarios públicos, el sistema de telepresencia municipal abre las fronteras a una infinidad de posibilidades como capacitaciones remotas, comunicación con otras entidades gubernamentales locales o nacionales e incluso internacionales con solo usar la dirección IP pública del servidor MCU remoto, integración de participantes que usen vídeo conferencia tradicional, movilidad en la comunicación, entre otras.

- ❖ Al disminuir los costos de movilización de los empleados municipales, estos recursos económicos pueden asignarse a otras actividades que potencien la utilización de esta tecnología como por ejemplo invirtiendo en nuevas terminales de usuario final, adquirir nuevas salas inmersivas o licencias para usuarios móviles. El nivel de productividad de los empleados municipales aumenta ya que no se desperdicia tiempo en movilización para reuniones, capacitaciones o simples socializaciones entre colegas.
- ❖ Los Sistemas de Telepresencia de Polycom ofrecen la mayor cantidad de aplicaciones multimedia en comparación con otras casas fabricantes, presenta diseños innovadores en sus salas de telepresencia y equipos multimedia únicos como sus pizarras electrónicas o la integración de cámaras de documentos. Todas estas prestaciones que incluso parecen futuristas están al alcance de los funcionarios municipales ambateños, pero tan solo es el primer paso para una comunicación inteligente que se puede extender a toda la ciudadanía.
- ❖ SIP y H.323 son protocolos que registran y autorizan la comunicación entre todas las terminales del Sistema de Telepresencia de forma totalmente transparente a los usuarios, eliminando las técnicas de autenticación tradicionales como claves, nombres de usuario que incomodan y relentizan la comunicación.
- ❖ Polycom utiliza el protocolo H.264 High *profile*, disminuye la necesidad de contar con grandes anchos de banda en el canal de comunicación para transmitir grandes volúmenes de información como es en el caso de vídeos en alta definición. Este protocolo es ideal para entidades gubernamentales que cuentan con canales de comunicación contratados.
- ❖ Los protocolos de comunicación multimedia que usan los Sistemas de Telepresencia como RTP y RTCP prestan una transmisión de datos en forma rápida y fiable que se ajustan a la transmisión de vídeo en alta

definición en tiempo real, punto clave para simular el realismo en la comunicación.

- ❖ La seguridad de la información es hoy en día un negocio muy lucrativo ya que protege de intrusos a los usuarios de un sistema de comunicación cualquiera, por lo cual, es una razón más para escoger a los Sistemas de Telepresencia de Polycom, ya que utilizan protocolos de seguridad como AES 128 bits, y así brindan no solo una entrega de información segura y libre de escuchas de extremo a extremo, sino incluso el almacenamiento de toda la información de forma segura y confiable.
- ❖ Polycom tiene la posibilidad de integrar a sus sistemas, diferentes casas comerciales de Telepresencia, lo que brinda al GADMA la posibilidad de utilizar varias soluciones comerciales adicionales en su sistema de comunicación visual futurista gracias a que todos ellos usan protocolos de comunicación abiertos.
- ❖ No solo es posible integrar *hardware* de diferentes fabricantes en el sistema de telepresencia municipal, es posible integrar aplicativos y servicios multimedia, con la finalidad que el usuario tenga absolutamente todos los servicios de comunicación en una sola infraestructura llamada UCM Red de Comunicación Unificada.
- ❖ El sistema de telepresencia municipal soporta cualquier tipo de dispositivo electrónico móvil, potenciando sus múltiples aplicativos y su gran portabilidad, lo cual le brinda a los usuarios una amplia gama de medios de comunicación en un solo terminal. Polycom soporta cualquier tipo de plataforma operativa móvil (Android, Apple, Microsoft, etc.).
- ❖ Los Sistemas de Telepresencia municipales forman parte de los equipos GreenIT (Tecnología Verde) ya que al no existir gastos de movilización, existe un menor consumo de recursos como vehículos y combustibles disminuyendo la contaminación ambiental y aportando a la conservación del planeta y brindar un mejor futuro a las próximas generaciones.

5.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Si este estudio es considerado para su ejecución por parte del GADMA, es imprescindible que se use el diseño de la red de fibra óptica detallado sin cambios, sea en el trazado de la fibra óptica así como en el dimensionamiento de los equipos activos.
- ❖ Lo más recomendable para la ejecución en este tipo de proyectos, es realizarlo por etapas, para que la inversión económica en los mismos sea más manejable.
- ❖ Se debe utilizar las salas de telepresencia, ya que su mueblería ha sido diseñada para simular el realismo en la comunicación, no se recomienda usar salas comunes ya que se desperdicia toda la tecnología que los Sistemas de Telepresencia ofrecen.
- ❖ Se puede hacer un estudio de la fibra óptica de nueva generación G.657 y analizar las principales diferencias con G.652.D; ya que posiblemente esta fibra óptica sea la que a futuro reemplace a la monomodo estándar por sus prestaciones y nuevos servicios que cada día exigen más ancho de banda así como mayores velocidades de transmisión.
- ❖ El Protocolo TIP de Cisco ofrece estandarizar la comunicación multimedia en una red de comunicación unificada, cuando se termine de estandarizar TIP se podría convertir en el protocolo pilar de estas redes multimedia, se puede hacer un estudio a detalle de este protocolo.
- ❖ El Protocolo H.325 AMS (*Advanced Multimedia System*) cuyo análisis se encuentra en la norma ITU-T SG16, promete promover la comunicación multimedia a otro nivel, por el momento aún es muy futurista, ya que detalla múltiples aplicaciones en tiempo real para un sin número de terminales instalados en taxis, buses, edificios, oficinas y casas convirtiéndoles en infraestructuras inteligentes. El objetivo es promover un servicio de

domótica y servicios digitales a nivel universal, por lo cual los sistemas de telepresencia a futuro podrían usar este protocolo. Un estudio a detalle del mismo describiría el funcionamiento de estas nuevas tendencias de comunicación futurista a los que apuntan los países de primer mundo.

- ❖ Existen cinco ejes de una Ciudad Digital: TeleGobierno, TeleSalud, TeleSeguridad, TeleEducación y TeleTransporte; la fibra óptica promueve la comunicación digital, la Telepresencia es parte del TeleGobierno, pero hará falta integrar los otros ejes que hacen falta para convertir no sólo Ambato, sino a cualquier ciudad, incluso a todo el Ecuador en un país digital tomando en cuenta que dar internet gratuito no es tener una ciudad digital.
- ❖ No solo el equipamiento de telepresencia mejorará la productividad de la municipalidad, sino el cambio de actitud y los nuevos modelos de interrelacionarse con la tecnología que son usados en empresas públicas como la CNT EP, EMAPA EP, entre otras; son ejemplo de cambio en la actitud de los colaboradores para que se aproveche al máximo las bondades de la tecnología.

GLOSARIO

LAN: Red de Área Local.

MAN: Red de Área Metropolitana.

WAN: Red de Área Extendida.

IPTV: Televisión por suscripción basada en el protocolo IP.

FDDI: Interfaz de Datos Distribuida por Fibra.

ISO: Organización Internacional de Estandarización.

ANSI: Instituto Nacional Estadunidense de Estándares

UIT-T: Organismo Internacional de Normalización de las Telecomunicaciones.

PMD: Modos de Polarización.

PMDQ: Coeficiente de Modo de Polarización del Enlace.

ATM: Modo de Transferencia Asíncrona.

SONET: Red Óptica Sincrónica.

SDH: Jerarquía Digital Sincrónica.

DWDM: Multiplexado Compacto por División en Longitudes de Onda.

CWDM: Multiplexado por División en Longitudes de Onda Ligeras.

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional.

FWM: Mezcla de Cuatro Ondas.

STM: Unidad de Transmisión Básica de SDH.

DCM: Módulos de compensación de la dispersión.

QoS: Calidad de Servicio.

MPLS: Multiprotocolo de Conmutación de Etiquetas.

CNT EP: Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública.

DC: Corriente Directa.

GPS: Sistema de Posicionamiento Global.

AAC-LC: Codificación de Audio Avanzado.

XDSL: Línea de Abonado Digital.

POTS: Servicio Telefónico Ordinario.

DSLAM: Multiplexor de Acceso para Líneas de Abonados Digitales.

VPN: Red Privada Virtual.

NAT: Traductor de Dirección de Red.

UMTS: Sistema de Telecomunicaciones Móvil Universal.

GPRS: Servicio General de Paquetes Vía Radio.

CDMA: Multiplexación por División de Código.

GGSN: Nodo de soporte GPS.

PDSN: Nodo Servidor de Paquetes de Datos.

WLAN: Red de Área Local Inalámbrica.

LTE: Evolución a Largo Plazo.

3GPP: Asociación de Tercera Generación.

TISPAN: Red Avanzada de Protocolos y Servicios de Telecomunicaciones.

ETSI: Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo.

LDAP: Protocolo Ligero/Simplificado de Acceso a Directorios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Saitel S.A. (2014). Servicios de Telecomunicaciones. [En línea]. Disponible en: <http://www.saitel.ec/pags/planesFibra.html>. Consultado: Septiembre 2015.
- [2] Sanz, José Martín, “Comunicaciones Ópticas”, 3ra Edición, Paraninfo, 1996.
- [3] Martínez Rubio, Baltasar, “Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica”, 2da Edición, Addison - Wesley Iberoamericana, 1994.
- [4] Universidad de Valladolid. (2011). Fibra Óptica. [En línea]. Disponible en: http://nemesiis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_1.html. Consultado: Mayo 2013.
- [5] MSc. Jiménez María Soledad. “Comunicación Digital” 2002.
- [6] Huidobro Moya, José Manuel, “Redes y Servicios de Comunicaciones”, Cengage Learning, 2006.
- [7] Gunther, Mahlke; Gossing, Peter; “Conductores de Fibra Óptica”, 2da Edición, Marcombo, 1987.
- [8] S. Schnitzler. (2012). YIO Multimedia. [En línea] Disponible en: <http://www.yio.com.ar/fo/> Consultado: Mayo 2013.
- [9] Tomasi, Wayne, “Sistema de Comunicaciones Electrónicas”, 4ta Edición, Prentice Hall, 2003.
- [10] Chomycz, Bob, “Instalaciones de Fibra Óptica”, 1era Edición, Mc Graw Hill, 1998.
- [11] Yussting. (2013). Fibra Óptica. [En línea]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/yussting/fibra-optica-1431491.html>. Consultado: Mayo 2013.

- [12] Universidad de Valladolid. (2011). Conectores de fibra óptica. [En línea]. Disponible en: http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_3.html. Consultado: Mayo 2013.
- [13] Timbercom Inc. (2013). ST Connector. [En línea]. Disponible en: <http://www.timbercon.com/ST-Connector.html>. Consultado: Mayo 2013.
- [14] Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. (2013). Página Principal de Cursos. [En línea]. Disponible en: http://www.cursos.ucv.cl/eie46300/presentaciones/instalaci%F3n_a%E9rea.pdf. Consultado: Junio 2013.
- [15] UIT-T. (2013). Recomendación G.652. [En línea]. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/es>. Consultado: Junio 2013.
- [16] UIT-T. (2013). Recomendación G.652. [En línea]. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.653/es>. Consultado: Junio 2013.
- [17] UIT-T. (2013). Recomendación G.652. [En línea]. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.655/es>. Consultado: Junio 2013.
- [18] ChannelPlanet Inc. (2013). Noticias. [En línea]. Disponible en: <http://www.channelplanet.net/Noticias/p/articles/news/2741>. Consultado: Julio 2013.
- [19] Gtd Flywan. (2013). Telepresencia. [En línea]. Disponible en: <http://www.gtdflywan.com/index.php/servicios/telepresencia/2uncategorised/24-telepresencia-proyectos>. Consultado: Julio 2013.
- [20] CISCO. (2013). Unified Communications Deployment Models. [En línea]. Disponible en: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/voice_ip_comm/cucm/srnd/8x/uc8x/models.html. Consultado: Julio 2013.
- [21] Polycom, Inc. (2013). Products and services about Telepresence Video Conferencing. [En línea]. Disponible en: <http://latinamerica.polycom.com/products-services/hd-telepresence-Vídeo-conferencing/realpresenceimmersive.html>. Consultado: Julio 2013.

- [22] RADCOM Academy. (2012). Protocols. [En línea]. Disponible en: <http://www.protocols.com/pbook/pdf/h323.pdf>. Consultado: Agosto 2013.
- [23] Universidad Politécnica de Valencia. (2012). Papers. [En línea]. Disponible en: [http://www.grc.upv.es/docencia/tdm/trabajos2007/Abel_H.323%20v%20SIP%20\(1\).pdf](http://www.grc.upv.es/docencia/tdm/trabajos2007/Abel_H.323%20v%20SIP%20(1).pdf). Consultado: Agosto 2013.
- [25] Universidad de Sevilla. (2013). e-REdING. [En línea]. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11252/fichero/2-H.323.pdf>. Consultado: Agosto 2015.
- [26] CISCO. (2013). Hunderstanding H.323 Gatekeepers. [En línea]. Disponible en: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/voice/h323/5244-understand-gatekeepers.html>. Consultado: Agosto 2013.
- [27] Creative Commons. (2009). Redes de comunicaciones. [En línea]. Disponible en: http://guimi.net/monograficos/G-Redes_de_comunicaciones/G-RCnode67.html. Consultado: Septiembre 2013.
- [28] University of Cape Twon. (2013). Newsroom y Publications. [En línea]. Disponible en: http://web.uct.ac.za/depts/commnetwork/eee5026/note/eee526-06-640sip_introduction.pdf. Septiembre 2013.
- [29] University of Cape Twon. (2013). Newsroom y Publications. [En línea]. Disponible en: http://web.uct.ac.za/depts/commnetwork/eee5026/note/eee526-06-640sip_introduction.pdf. Consultado: Septiembre 2013.
- [30] Universidad Pública de Navarra. (2013). Papers. [En línea]. Disponible en: http://www.tlm.unavarra.es/research/seminars/slides/20071207_iria_SIP-S DP.pdf. Consultado: Septiembre 2013.
- [31] Federico Montesino Pouzols. (2003). I Grupos de trabajo 2003. [En línea]. Disponible en: https://www.rediris.es/mmedia/gt/gt2003_1/sip-gt2003.pdf. Consultado: Octubre 2013.

- [32] Falonsoxdj. (2013). Protocolo SIP. [En línea]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/alonsoxdj/curso-protocolo-sip-junio-2013-v10>. Consultado: Septiembre 2013.
- [33] V. Contrera. (2013). Fundamentos de acústica y electroacústica. [En línea]. Disponible en: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/fundamentosdeacusticayelectroacustica/pub/file/FAyE0612E2-Contrera-Vilca.pdf>. Consultado: Diciembre 2013.
- [34] J. Le Boudec, A. Duda, P. Thiran. (2006). Real Time Protocol (RTP). [En línea]. Disponible en: <http://icapeople.epfl.ch/thiran/CoursED/RTP.pdf>. Consultado: Enero 2014.
- [35] A. Morales. (2011). Telecomunicaciones. [En línea]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos33/telecomunicaciones/telecomunicaciones3.shtml>. Consultado: Enero 2014.
- [35] Intelligent Control Technology ICT. (2013). RTP/RTCP. [En línea]. Disponible en: <http://www.ict.com.tw/DSP/ateme/rtp.htm>. Consultado: Enero 2014.
- [36] P. Turmero. (2011). Telecomunicaciones y redes. [En línea]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos101/telecomunicaciones-y-redes/telecomunicaciones-y-redes.shtml>. Consultado: Enero 2014.
- [37] Telematicaaayb. (2005). Telematica UPJR. [En línea]. Disponible en: <https://telematicaaayb.wordpress.com/author/telematicaaayb/>. Consultado: Enero 2014.
- [38] ElastixTech. (2013). Puertos TCP/UDP utilizados en Elastix. [En línea]. Disponible en: <http://elastixtech.com/puertos-tcp-udp-utilizados-en-elastix/>. Consultado: Febrero 2014.
- [39] FernUniversität in Hagen. (2013). TCP Header. [En línea]. Disponible en: http://www.kaderali.de/multimediapool/ke/ke2/html/FuX_d12e366.html. Consultado: Febrero 2014.

- [40] F. Berzal. (2011). Internet: TCP/IP Transmisión de datos y redes de ordenadores. [En línea]. Disponible en: <http://elvex.ugr.es/decsai/internet/pdf/6%20Internet%20-%20TCPIP.pdf>. Consultado: Febrero 2014.
- [41] R. Reales. (2009). Direccionamiento IP. [En línea]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/ronaldreales/direccionamiento-ip-basico-i>. Consultado: Marzo 2014.
- [42] M. Alcívar. Capa Transporte-modelo-OSI. [En línea]. Disponible en: <http://mota.hostei.com/manual%203.html>. Consultado: Marzo 2014.
- [43] C. Pérez. (2009). Compresión de Vídeo. [En línea]. Disponible en: <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Compresion%20de%20Vídeo.pdf>. Consultado: Marzo 2014.
- [44] C. Raymond. (2012). Digitalización de señales. [En línea]. Disponible en: <http://webdelprofesor.ula.ve/humanidades/raymond/computacion2/archivos/digitalizacion.pdf>. Consultado: Abril 2014.
- [45] H. Shulzrinne. Audio codecs. (2008). [En línea]. Disponible en: <http://www.cs.columbia.edu/~hgs/audio/codecs.html>. Consultado: Abril 2015.
- [46] Apratizando. (2014). Que es y como comprime JPG. [En línea]. Disponible en: <http://www.apratizando.com/2011/06/que-es-y-como-se-comprime-un-jpg>. Consultado: Abril 2014.
- [47] Wilimedia Commons. (2014). File:Cubo YUV con las capas de color.png. [En línea]. Disponible en: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cubo_YUV_con_las_capas_de_color.png. Consultado: Abril 2014.
- [48] UIT-T. (2014). ITU-T Recommendations. [En línea]. Disponible en: <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=H.239>. Consultado: Abril 2014.
- [49] Universidad de Virginia. (2014). Video Conferencia. [En línea]. Disponible en: <http://its.virginia.edu/Vídeoconf/h239.html>. Consultado: Abril 2014.

- [50] A. Pousa, (2011). Algoritmo de cifrado simétrico AES. Disponible en: <http://catalogo.info.unlp.edu.ar/meran/opac-detail.pl?id1=5768>. Consultado: Abril 2014.
- [51] GAD Municipalidad de Ambato. (2014). Documentos de trámites planificación. [En línea]. Disponible en: <http://www.ambato.gob.ec/indexn/index.php/informativo/2014-05-15-16-59-20/planificación>. Consultado: Abril 2014.
- [52] Imagen publicitaria de la EEASA ubicada en el ingreso del Terminal Terrestre de Ambato.
- [53] MARIS S.A. (2013). [En línea]. Disponible en: http://www.samarais.com/es/prestaciones/la_gama/micro_zanjadoras.html?idMachine=7. Consultado: Mayo 2014.
- [54] M. Rendom. (2011). Microzanjas. [En línea]. Disponible en: <http://sx-dex-wikispaces.com/micro+zanjas>. Consultado: Mayo 2014.
- [55] Flexpad. (2014). Microductos para Macro-comunicaciones. [En línea]. Disponible en: <http://www.flexpad.mx/productos-tuberia-telecom-microductos.php>. Consultado: Mayo 2014.
- [56] GM Plast. (2010). Microductos GM Plast. [En línea]. Disponible en: <http://test.ciurans.com/es/microductos.htm>. Consultado: Mayo 2014.
- [57] UIT. (2013). Recomendación L.49. [En línea]. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-L.49/es>. Consultado: Mayo 2014.
- [58] E. Gómez. (2012). Catalogo_fibra_opticas_2010. [En línea]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/95112078/catalogo-fibras-opticas-2010#scribd>. Consultado: Mayo 2014.
- [59] Fibras ópticas de México S.A. (2012). [En línea]. Disponible en: http://www.fibrasopticasdemexico.com/cable_abf.html. Consultado: Mayo 2014.

- [60] Corning. (2011). Catalogo FTTHx. [En línea]. Disponible en: <http://catalog.corning.com/opcomm/enUS/catalog/ProductDetails.aspx?cid=&pid=9512&vid=10996>. Consultado: Mayo 2014.
- [61] Optral. (2010). Solución FTTX. [En línea]. Disponible en: <http://www.optral.es/default.asp?404>; <http://www.optral.es/productos/productes.asp>. Consultado: Mayo 2014.
- [62] Seltron. (2011). Facts Uber Flatliner. [En línea]. Disponible en: <http://www.clearingstelle-bw.de/download/selltron/FLATLINER-DEUTSCH-ohne-technische-Spezifikation.pdf>. Consultado: Junio 2014.
- [63] Bran-Rex. (2011). Air Blown Fibre systems. [En línea]. Disponible en: https://www.brand-rex.com/sites/default/files/Documents/brand-rex_air_blow_n_fibre_-_microblo_direct_install_protected_microducts.pdf. Consultado: Junio 2014.
- [64] Flexpad. (2012). K-NET Microduct Fiber Pathway. [En línea]. Disponible en: <http://www.flexpad.mx/assets/descargas/Knet-Folleto-Comercial.pdf>. Consultado: Junio 2014.
- [65] Optronics. (2013). Distribuidor 4U. [En línea]. Disponible en: <http://optronics.com.mx/modulos/eCommerce/fotos/Distribuidor4u.pdf>. Consultado: Junio 2014.
- [66] Siemon. (2012). Rack Mount Interconnect Center (RIC3). [En línea]. Disponible en: http://www.siemon.com/e-catalog/ECAT_GI_page.aspx?GI_ID=fi_rack-mount-interconnect-center-ric3. Consultado: Junio 2014.
- [67] MGFiberTechnologies. (2013). Catálogo. [En línea]. Disponible en: <http://www.mgfibertech.com/catalogo.php>. Consultado: Junio 2014.
- [68] Optronics. (2014). Jumpers. [En línea]. Disponible en: <http://optronics.com.mx/index.php?mod=eCommerce&ext=group&subid=2&id=9>. Consultado: Julio 2014.

- [69] Bran-Rex. (2012). Productos de Fibra Óptica. [En línea]. Disponible en: https://www.brand-rex.es/sites/default/files/Documents/componentes_opticos_de_brand-rex-latiguillos_cables_de_conexion_opticos_monomodo.pdf. Consultado: Julio 2014.
- [70] Siemon. (2014). Siemon Network Cabling Solutions E-Catalog. [En línea]. Disponible en: http://www.siemon.com/e-catalog/ECAT_GI_page.aspx?GI_ID=fi_lc-bladepatc. Consultado: Julio 2014.
- [71] Racksolutions. (2013). Racks. [En línea]. Disponible en: <https://www.racksolutions.com/server-racks>. Consultado: Julio 2014.
- [72] Norcotek. (2010). Modelo 24U. [En línea]. Disponible en: http://www.norcotek.com/item_detail.php?categoryid=3&modelno=c-24u. Consultado: Julio 2014.
- [73] FibreMex. (2012). NOTICIAS. [En línea]. Disponible en: <http://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=eCommerce&ext=fotos/Gabine teProfundo22.pdf>. Consultado: Julio 2014.
- [74] Siemon. (2013). HD 6 Patch Panels. [En línea]. Disponible en: http://www.siemon.com/e-catalog/ECAT_GI_page.aspx?GI_ID=mp_hd-6-patch-panels. Consultado: Julio 2014.
- [75] Panduit. (2014). Productos y Servicios. [En línea]. Disponible en: http://www.panduit.com/wcs/Satellite?c=Page&childpagename=Panduit_Global%2FPG_Layout&cid=1345565612156&packedargs=item_id%3DKN6PP24P%26locale%3Den_us&pagename=PG_Wrapper. Consultado: Agosto 2014.
- [76] Furukawa. (2014). Patch Panel Descargado Angular. [En línea]. Disponible en: <http://www.furukawa.com.br/ni/productos/patch-panel/patch-paneldescargado-angular-196.html>. Consultado: Agosto 2014.
- [77] Panduit. (2012). Patch Cord CJ688TGWH-24. [En línea]. Disponible en: http://www.panduit.com/wcs/Satellite?c=Page&childpagename=Panduit_GI

obal%2FPG_Layout&cid=1345565612156&locale=en_us&pagename=PG_Wrapper&item_id=CJ688TGWH-24. Consultado: Agosto 2014.

- [78] SIEMON. (2014). MAX 6 UTP Outlets. [En línea]. Disponible en: http://www.simon.com/e-catalog/ECAT_GI_page.aspx?GI_ID=wa_max-6-modules. Consultado: Agosto 2014.
- [79] Furukawa. (2011). Conector Hembra GigaLan Standard CAT.6. [En línea]. Disponible en: <http://www.furukawa.com.br/cl/productos/conectividad-encobre/conector/conector-hembra-gigalan-standard-cat6-203.html>. Consultado: Agosto 2014.
- [80] DataPro. (2013). Ethernet Cat-6 Gigabit Patch Cable. [En línea]. Disponible en: <http://www.datapro.net/products/ethernet-cat-6-gigabit-patch-cable.html>. Consultado: Agosto 2014.
- [81] Panduit. (2014). Panduit® TX6 10Gig Category 6A Patch Cord. [En línea]. Disponible en: http://www.panduitproducts.com/catalog/model_UTPX3.htm. Consultado: Agosto 2014.
- [82] Belkin. (2014). Product cdl55407. [En línea]. Disponible en: http://store.linksys.com/Belkin%20A3L980Q100-S_stcVVproductId157944883VVcatId554071VVviewprod.htm. Consultado: Agosto 2014.
- [83] CISCO. (2011). Switches Catalyst 6513 e-switch. [En línea]. Disponible en: <http://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/catalyst-6513-e-switch/index.html>. Consultado: Agosto 2014.
- [84] HP Networking. (2014). SW 5385A. [En línea]. Disponible en: <http://www8.hp.com/us/en/products/networking-switches/product-detail.html?oid=5385041#!tab=features>. Consultado: Agosto 2014.
- [85] Juniper. (2011). SW EX9204. [En línea]. Disponible en: https://www.juniper.net/documentation/en_US/release-independent/junos/topics/concept/ex9204-hardware-overview.html. Consultado: Agosto 2014.

- [86] CISCO. (2013). Cisco Catalyst 4507R+E and 4510R+E Chassis. [En línea]. Disponible en: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-4500-series-switches/product_bulletin_c25_609864.html. Consultado: Agosto 2014.
- [87] HP Networking. (2013). Switches 4177522. [En línea]. Disponible en: <http://www8.hp.com/co/es/products/networking-switches/product-detail.html?oid=4177522#!tab=features>. Consultado: Agosto 2014.
- [88] Juniper. (2013). EX8200. [En línea]. Disponible en: <http://www.juniper.net/us/en/products-services/switching/ex-series/ex8200/>. Consultado: Agosto 2014.
- [89] CISCO. (2012). Cisco Catalyst 3750-X and 3560-X Series Switches Data Sheet. [En Línea]. Disponible en: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-3750-x-seriesswitches/data_sheet_c78584733.html. Consultado: Agosto 2014.
- [90] HP Networking. (2012). Switches 4174727. [En línea]. Disponible en: <http://www8.hp.com/mx/es/products/networking-switches/product-detail.html?oid=4174727#!tab=features>. Consultado: Agosto 2014.
- [91] Juniper. (2014). EX2200. [En línea]. Disponible en: <http://www.juniper.net/us/en/products-services/switching/ex-series/ex2200/>. Consultado: Agosto 2014.
- [92] HP Networking. (2013). J9650A. [En línea]. Disponible en: http://h30094.www3.hp.com/product/sku/10302420/mfg_partno/J9650A. Consultado: Agosto 2014.
- [93] Juniper. (2014). WLA322. [En línea]. Disponible en: <http://www.juniper.net/us/en/products-services/wireless/wla-series/wla322/>. Consultado: Agosto 2014.
- [94] CISCO. (2013). Ciudades Digitales. [En línea]. Disponible en: <http://www.cisco.com/web/ES/about/press/2013/2013-03-15-escolares-barcelona-madrid-mejico-ciudad-del-futuro-telepresencia-cisco.html>. Consultado: Septiembre 2014.

- [95] APC. (2009). SURT10KRMXL6U-TF5. [En línea]. Disponible en: http://www.apc.com/products/resource/include/techspec_index.cfm?base_sku=SURT10KRMXL6U-TF5. Consultado: Septiembre 2014.
- [96] TRIPPLINE. (2012). Número de Modelo: SU10KRT3U. [En línea]. Disponible en: <http://www.tripplite.com/on-line-double-conversion-ups-system-10kva-9u-rack-tower-208v-120v-240v-120v-hardwire~SU10KRT3U/> Consultado: Septiembre 2014.
- [97] EMERSON. (2014). AC Power 2400. [En línea]. Disponible en: <http://www.emersonnetworkpower.com/enUS/Products/ACPower/RackmountUPS/Pages/LiebertGXT3On-LineUPS5-10KVA.aspx>. Consultado: Septiembre 2014.
- [98] CISCO. (2010). La Telepresencia y videoconferencia permiten ahorrar un día de trabajo a la semana. [En línea]. Disponible en: <http://www.cisco.com/web/ES/about/press/2010/10-10-14-telepresencia-y-videoconferencia-permiten-ahorrar-un-dia-de-trabajo-a-la-semana.html>. Consultado: Septiembre 2014.
- [99] F. Medat. Cisco CMR (Collaboration Meeting Room): Annonces Cisco Live San Francisco. [En línea]. Disponible en: <http://gblogs.cisco.com/fr-collaboration/tag/polycom/>. Consultado: Septiembre 2014.
- [100] IMTC. (2010). Cisco TIP Presentation. [En línea]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/imtcorg/4-tip-imtc-tp-workshop-061510>. Consultado: Septiembre 2014.
- [101] HUAWEI. (2013). VideoConference Huawei. [En línea]. Disponible en: http://enterprise.huawei.com/en/solutions/multimediasolu/Vídeoconferencia/hw-u_150954.htm. Consultado: Septiembre 2014.
- [102] CXN-BE. (2011). Polycom – Overview. [En línea]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/CXN-BE/polycom-overview>. Consultado: Septiembre 2014.

- [103] DocFloc. (2012). Polycom Solutions Architecture. [En línea]. Disponible en: <http://docfloc.com/docs/application-note-polycom-solutions-architecture-6707.html>. Consultado: Septiembre 2014.
- [104] POLYCOM. (2010). Customizable Telepresence Experiences. [En línea]. Disponible en: <http://www.advanced-inc.com/wp-content/uploads/2012/03/polycom-atx-custom-brochure.pdf> Consultado: Octubre 2014.
- [105] ATX Polycom Architecture. Only for Partner, Folleto digital entregado por Polycom Ecuador.
- [106] POLYCOM. (2010). Customizable Telepresence Experiences. [En línea]. Disponible en: <http://www.advanced-inc.com/wp-content/uploads/2012/03/polycom-atx-custom-brochure.pdf>. Consultado: Octubre 2014.
- [107] CISCO. (2014) Collaboration Endpoints. [En línea]. Disponible en: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/collaboration-endpoints/telepresence-system-t-series/data_sheet_c78-625681.html. Consultado: Octubre 2014.
- [108] D. Giguere. (2014). Polycom solutions overview 16x9 feb. 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/davegiguere/polycom-solutions-overview-16-x9-feb-2014>. Consultado: Octubre 2014.
- [109] Supportdocs. (2013). Technical Support Polycom Services. [En línea]. Disponible en: http://supportdocs.polycom.com/PolycomService/support-global/documents/support/technical/products/Vídeo/rpx_hd_technical_specs.pdf. Consultado: Octubre 2014.
- [110] CISCO. (2014). Recommendation 5000 room requirements. [En línea]. Disponible en: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/telepresence/ix5000/recommendations/ix5000_room_requirements.html. Consultado: Octubre 2014.
- [111] ActForNet. (2014). TP3200 Server. [En línea]. Disponible en: <http://actfornet.com/huawei-ucc/immersive.html>. Consultado: Octubre 2014.

- [112] POLYCOM. (2013) RMX ADMINISTRATORS GUIDE. Disponible en: <http://www.polycom.com/content/dam/polycom/common/documents/technical-guides/rmx-administrators-guide-v83-tg-enus.pdf>. Consultado: Octubre 2014.
- [113] POLYCOM. (2014) Polycom UC Board. [En línea]. Disponible en: (<http://www.polycom.com/content/dam/polycom/common/documents/data-sheets/uc-board-ds-enus.pdf>). Consultado: Noviembre 2014.
- [114] POLYCOM. (2013) HDX Support. [En línea]. Disponible en: http://support.polycom.com/global/documents/support/setup_maintenance/products/Vídeo/hdx_ag.pdf. Consultado: Octubre 2014.
- [115] Comal ISD. (2012). Manual de configuración Polycom. [En línea]. Disponible en: <http://www.comalisd.org/technology/How%20To's/Vídeoconference/polycom%20manual.pdf>. Consultado: Septiembre 2014.
- [116] T. Dude. (2010). 2010-1pril1-polycom.ppt. [En línea]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/techdude/2010april1polycomppt>. Consultado: Septiembre 2014.
- [117] POLYCOM. (2013). Polycom SoundStation VTX 1000. [En línea]. Disponible en: <http://www.polycom.com/content/dam/polycom/common/documents/data-sheets/soundstation-vtx-1000-ds-enus.pdf>. Consultado: Septiembre 2014.
- [118] DEKOM. (2014). DMA Started Guide. [En línea]. Disponible en: http://www.dekom.com/uploads/media/DMA_v200_Getting_Started_Guide.pdf. Consultado: Septiembre 2014.
- [119] POLYCOM. (2013). Polycom CMA Desktop for Windows and Mac OS X. [En línea]. Disponible en: <http://www.polycom.co.uk/content/dam/polycom/common/documents/data-sheets/cma-desktop-for-windows-mac-dsenus.pdf>. Consultado: Noviembre 2014.
- [120] CISCO. (2013). Firts-Time Setup. [En línea]. Disponible en: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/telepresence/cts_1300/cts_1310/asse

- mbly/guide/1310_assembly_guide/1310_first_time_setup.html. Consultado: Noviembre 2014.
- [121] OneDirect. (2014). Polycom CX700 IP. [En línea]. Disponible en: <http://www.onedirect.es/productos/polycom/polycom-cx700-ip>. Consultado: Noviembre 2014.
- [122] Yumpu. (2013). Polycom Converged Management Application. [En línea]. Disponible en: http://wolfvision.com/visualizer/index.php?option=com_content&view=article&id=158&Itemid=233&lang=es. Consultado: Noviembre 2014.
- [123] Polycom Learning Center. (2010). Polycom Touch Control. [En línea]. Disponible en: www.youtube.com/watch?v=bcY1ME8RU38. Consultado: Noviembre 2014.
- [124] Yumpu. (2013). Polycom CMA Desktop. [En línea]. Disponible en: <https://www.yumpu.com/en/document/view/14441152/introduccion-a-polycom-cma-desktop>. Consultado: Noviembre 2014.
- [125] Polycom Learning Center. (2010). Who configure it? [En línea]. Disponible en: www.youtube.com/watch?v=4h60-pmqMlo. Consultado: Noviembre 2014.
- [126] Telepresence Options. (2014). Polycom and Juniper. [En línea]. Disponible en: http://www.telepresenceoptions.com/2010/01/polycom_and_juniper_partner Consultado: Noviembre 2014.
- [127] Docstoc. (2011). What is Video Conferencing. [En línea]. Disponible en: <http://www.docstoc.com/docs/82150728/What-is-Video-Conferencing---PowerPoint> Consultado: Noviembre 2014.
- [128] Wizzkidy. (2013). Lync 2013 Client. [En línea]. Disponible en: <http://community.polycom.com/t5/Vídeo-Endpoints/Lync-2013-Client/td-p/26468> Consultado: Noviembre 2014.

- [129] W. Barcia. (2012). Inflación en el Ecuador. [En línea]. Disponible en: <http://ambitoeconomico.blogspot.com/2012/07/la-inflacion-en-el-ecuador.html> Consultado: Diciembre 2014.
- [130] Enciclopedia Financiera. (2011). Valor Presente Neto. [En línea]. Disponible en: <http://www.encyclopediafinanciera.com/finanzas-corporativas/valor-presente-neto.htm> Consultado: Diciembre 2014.
- [131] Universidad Nacional de Educación a distancia. (2013). Sonido Digital. [En línea]. Disponible en: http://ocw.innova.uned.es/mm2/tm/contenidos/pdf/tema3/tmm_tema3_sonido_digital_presentacion.pdf Consultado: Abril 2013.
- [132] Exaforo. (2013). Procesamiento de audio. [En línea]. Disponible en: [http://www.exabyteinformatica.com/uoc/Audio/Procesamiento_de_audio/Procesamiento_de_audio_\(Modulo_4\).pdf](http://www.exabyteinformatica.com/uoc/Audio/Procesamiento_de_audio/Procesamiento_de_audio_(Modulo_4).pdf) Consultado: Abril 2013.
- [133] IETF. (2013). Mandatory To Implmrent Audio Codec Selection. [En línea]. Disponible en: <http://www.ietf.org/proceedings/84/slides/slides-84-rtcweb-6.pdf> Consultado: Marzo 2013.
- [134] E Vinda. (2013). Sencilla explicación sobre AES. [En línea]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/elvisvinda/sencilla-explicacin-sobre-aes> Consultado: Junio, 2013.