



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

ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE INFRAESTRUCTURA MULTISERVICIOS PARA EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE “SAN PEDRO DE HUACA” Y SUS DEPENDENCIAS

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

PABLO ANDRÉS MIÑO ROBALINO

pablomino7@hotmail.com

LICETH CAROLINA MUÑOZ PUENAYÁN

ani.lorac5@hotmail.com

DIRECTOR: ING. RODRIGO FABIÁN CHANCUSIG CHUQUILLA

rchancusig@udla.edu.ec

CODIRECTOR: ING. FABIO MATIAS GONZÁLEZ GONZÁLEZ

fabio.gonzalez@epn.edu.ec

Quito, Mayo 2014

DECLARACIÓN

Nosotros, Pablo Andrés Miño Robalino y Liceth Carolina Muñoz Puenayán, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Pablo Andrés Miño Robalino

Liceth Carolina Muñoz Puenayán

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Pablo Andrés Miño Robalino y Liceth Carolina Muñoz Puenayán, bajo mi supervisión.

Ing. Rodrigo Chancusig
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Fabio González
CODIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme todas las herramientas necesarias en vida y por brindarme la fortaleza para cumplir con mis metas y objetivos.

A mi pequeña pero gran familia, Marcelo, Lidia y Dieguin por haber estado a mi lado en todo momento a pesar de la distancia.

Al Ingeniero Rodrigo Chancusig, por haber compartido toda su experiencia como educador y guiarnos a través de todo el proceso de ejecución del presente trabajo.

Al Ingeniero Fabio González, quien al inicio de este proyecto como Coordinador de la carrera de Electrónica y Redes de Información, nos brindó el apoyo necesario para arrancar con la elaboración del mismo; y ahora como Codirector, gracias por su guía en la culminación de este trabajo.

A la Sra. Vilmita, amiga de la Facultad, por sus consejos y apoyo con los procesos que implican llevar a término la presentación de este proyecto.

Al Municipio del Cantón “San Pedro de Huaca”, gracias por abrirnos las puertas de su Institución para aplicar nuestros conocimientos y aportar en algo con el desarrollo de su tecnología, en especial al Ing. Diego Erazo, jefe del departamento Informático, quien nos brindó toda la información necesaria para la elaboración de este trabajo.

A mis mejores amigas Dianita G. y Dianita A., gracias por su amistad incondicional, Dios puso en mi camino dos angelitos para que me acompañen en mis locuras.

A mis amigos del IEPI: Ing. Catherine, Yani, Verito, David, quienes con sus bromas, llamadas de atención y su amistad, me extendieron la mano y me cubrieron en la etapa final de este proyecto.

De una manera muy especial quiero extender mi agradecimiento a cada uno de los profesores de la Escuela Politécnica Nacional, quienes con su arduo sacrificio aportaron con su conocimiento para verme evolucionar y desarrollar como una gran profesional.

Liceth Carolina

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que nos dieron la apertura y facilidades para poder elaborar y finalizar este proyecto.

Al Ing. Rodrigo Chancusig y al Ing. Fabio González por la guía y apoyo prestado, gracias por sus valiosos consejos.

Al Municipio del Cantón San Pedro de Huaca que nos recibió con los brazos abiertos y en especial al Ing. Diego Erazo por toda la ayuda e información proporcionada.

Pablo Andrés

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico especialmente a mis padres, quienes han sido mis compañeros y amigos fieles durante toda mi vida, quienes con su ejemplo me enseñaron que todos los sueños se pueden conseguir si se lucha y trabaja por ellos y quienes con su amor y confianza me han impulsado a emprender nuevos retos y a alcanzar objetivos planteados. A ustedes papitos Marcelo y Lidia con mucho cariño y gratitud, dedico todo mi esfuerzo y la culminación de este proyecto de titulación.

A mi hermano Dieguito, que me ha brindado su apoyo y amistad incondicional para que pueda culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mi abuelita Cristina, que con sus sabios consejos me ha guiado siempre por el camino del bien y ha hecho de mi un mejor ser humano, y porque su presencia y bendiciones iluminan mi vida.

A mi novio Pablito, mi amigo y compañero de lucha en la elaboración de este proyecto, gracias negro por tu apoyo, paciencia y amor incondicional, durante estos 4 años hemos crecido personal y profesionalmente gracias a nuestro esfuerzo.

Liceth Carolina

DEDICATORIA

A mis padres Eduardo y Marcia, a mis hermanas Mayra y María Belén quienes me han dado su apoyo incondicional para poder superar las etapas más difíciles de mi vida, gracias por sus palabras de aliento

A la memoria de mis abuelitos, quienes desde el cielo guían mis pasos y de los cuales siempre recuerdo sus sabias palabras.

A mi novia Carito, quien ha llegado a ser un pilar fundamental en mi vida, mi amor gracias por estar a mi lado dando lo mejor de ti regalándome tan gratos y felices momentos.

Pablo Andrés

1.6.2.1.4	ANSI/TIA/EIA 568-C.3(Componentes para el cableado de fibra óptica)	12
1.6.2.2	ANSI/TIA/EIA 569 A (Espacios y Canalizaciones para Telecomunicaciones en Edificios Comerciales)	12
1.6.2.3	ANSI/TIA/EIA 606-A (Normas de Administración para la Infraestructura de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales).....	13
1.6.2.4	ANSI/TIA/EIA 607 (Requerimientos para el Aterramiento de los Sistemas de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales).....	13
1.7	REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICAS	14
1.7.1	SOLUCIONES QUE PROPORCIONAN LAS REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICAS.....	14
1.7.2	ESTÁNDARES IEEE 802.11 PARA REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICAS.....	15
1.7.2.1	IEEE 802.11	15
1.7.2.2	IEEE 802.11a	15
1.7.2.3	IEEE 802.11b	16
1.7.2.4	IEEE 802.11g.....	16
1.7.2.5	IEEE 802.11n.....	16
1.7.2.6	IEEE 802.11ac.....	16
1.7.3	SEGURIDAD EN REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICAS	16
1.7.3.1	Mecanismos de seguridad en redes WLAN	17
1.7.3.2	Protocolos de seguridad en redes WLAN	17
1.8	VOZ SOBRE IP	18
1.8.1	COMPONENTES DE VoIP.....	19
1.8.2	CÓDECS PARA VoIP	19
1.8.3	PROTOCOLOS PARA VoIP.....	20
1.8.3.1	Protocolos de control de transporte de medios.....	20
1.8.3.2	Protocolos de Señalización.....	21
1.9	VIDEOCONFERENCIA	21
1.9.1	TIPOS DE VIDEOCONFERENCIA	21
1.9.2	ELEMENTOS DE VIDEOCONFERENCIA	22
1.9.3	CÓDECS DE VIDEO	22
1.10	ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DE REDES	23
1.10.1	PROTOCOLO SIMPLE DE GESTIÓN DE RED	23
1.10.2	ARQUITECTURA SNMP	23
1.10.3	MENSAJE SNMP	23

1.10.3.1	Componentes del mensaje SNMP	24
1.10.3.2	SNMPv2	25
1.10.3.3	SNMPv3	25
1.11	SEGURIDAD EN REDES	25
1.11.1	CONCEPTO	26
1.11.2	TIPO DE ATAQUES A UNA RED DE COMUNICACIONES	26
1.11.3	EFFECTOS CAUSADOS POR EL ATAQUE A UNA RED DE COMUNICACIÓN ...	26
1.11.4	REQUISITOS DE SEGURIDAD EN UNA RED DE COMUNICACIÓN.....	27
1.11.5	MEDIDAS PARA CONTRARESTAR ATAQUES.....	27
1.12	SOFTWARE LIBRE.....	28
1.13	METODOLOGÍA DE DISEÑO DE RED	29
1.13.1	PASOS PARA EL DISEÑO DE UNA RED	30
1.13.1.1	Levantamiento de Información	30
1.13.1.2	Análisis de la Información	31
1.13.1.3	Diseño de la Infraestructura de Red	31
1.13.1.4	Documentación del Diseño de la Red	32
CAPÍTULO II.....		33
ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA INSTITUCIÓN Y DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS		33
2.1	INTRODUCCIÓN	33
2.2	ANTECEDENTES.....	33
2.3	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	35
2.3.1	DIRECCIONES Y DEPARTAMENTOS DE LA MUNICIPALIDAD	35
2.3.2	ORGANIGRAMA	35
2.4	INFRAESTRUCTURA FÍSICA	37
2.4.1	EDIFICIO PRINCIPAL	37
2.4.2	EDIFICIO SECUNDARIO	38
2.5	SITUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN ACTUAL DE LA INSTITUCIÓN	39
2.5.1	CABLEADO ESTRUCTURADO	39
2.5.2	EQUIPOS ACTIVOS EXISTENTES	40
2.5.3	ESTACIONES DE TRABAJO	41
2.5.4	SERVIDORES	43
2.5.4.1	Servidor de Base de Datos	43
2.5.5	SISTEMA DE RESPALDO UPS.....	43

2.5.6	SERVICIOS Y APLICACIONES QUE MANEJA EL MSPH	44
2.5.6.1	Internet	44
2.5.6.2	Sistema SIG-AME.....	45
2.5.6.3	Sistema SISLECU	46
2.5.6.4	Página Web	46
2.5.7	DIRECCIONAMIENTO IP	47
2.5.8	ENLACE ENTRE EL EDIFICIO PRINCIPAL Y SECUNDARIO	47
2.5.9	ENLACE A INTERNET	48
2.5.10	ANÁLISIS DEL SISTEMA TELEFÓNICO	48
2.5.10.1	Distribución Telefónica del MSPH	50
2.5.11	ANÁLISIS DEL TRÁFICO DE LA RED DE DATOS Y DE VOZ ACTUAL	51
2.5.11.1	Tráfico de la Red de Datos	51
2.5.11.1.1	Monitoreo con PRTG	51
2.5.11.1.2	Monitoreo con Sniffer Wireshark.....	58
2.5.11.2	Tráfico de Voz.....	59
2.6	DETERMINACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO DE EMPLEADOS DEL MSPH	62
2.7	PLANTEAMIENTO DE REQUERIMIENTOS PARA LA RED MULTISERVICIOS.....	66
2.7.1	REQUERIMIENTOS DE DATOS	67
2.7.1.1	Descripción Física de las Instalaciones	67
2.7.1.2	Grupos de Usuarios	68
2.7.1.3	Aplicaciones y Servicios	69
2.7.2	REQUERIMIENTOS DE VOZ	69
2.7.3	REQUERIMIENTOS DE VIDEO	74
2.7.3.1	Videoconferencia	74
2.7.3.2	Video vigilancia IP.....	75
2.7.4	REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO	76
2.8	ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO ACTUAL Y FUTURO	78
2.8.1	CORREO ELECTRÓNICO	78
2.8.2	ACCESO A INTERNET	80
2.8.3	ACCESO A BASE DE DATOS (SISTEMA SIG-AME)	80
2.8.4	IMPRESIÓN EN RED	83
2.8.5	TRANSFERENCIA DE ARCHIVO.....	84
2.8.6	TELEFONÍA IP	84
2.8.7	VIDEO VIGILANCIA IP	88
2.8.8	VIDEOCONFERENCIA	89

2.8.9	RESUMEN DE LA CANTIDAD DE CAPACIDADES REQUERIDAS PARA LOS SERVICIOS Y APLICACIONES DENTRO DEL MSPH.....	90
CAPÍTULO III.....		92
DISEÑO DE LA RED.....		92
3.1	INTRODUCCIÓN	92
3.2	MODELO DE RED	93
3.2.1	CAPA DE ACCESO	93
3.2.2	CAPA DE DISTRIBUCIÓN.....	94
3.2.3	CAPA DE CORE O NÚCLEO	95
3.3	SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE RED	95
3.3.1	GIGABIT ETHERNET.....	96
3.4	TOPOLOGÍA DE RED.....	96
3.5	DISEÑO DE LA RED PASIVA	97
3.5.1	SUBSISTEMAS DEL CABLEADO ESTRUCTURADO	98
3.5.1.1	Cableado Horizontal.....	98
3.5.1.1.1	<i>Salida de Comunicaciones</i>	98
3.5.1.1.2	<i>Longitud de los cables</i>	100
3.5.1.1.3	<i>Enrutamiento</i>	102
3.5.1.2	Cableado Vertical.....	106
3.5.1.2.1	<i>Enrutamiento</i>	107
3.5.1.3	Área de Trabajo.....	107
3.5.1.4	Cuarto de Telecomunicaciones	108
3.5.1.4.1	<i>Consideraciones Adicionales</i>	110
3.5.1.4.2	<i>Dimensionamiento de los gabinetes cerrados de pared</i>	111
3.5.1.5	Cuarto de Equipos	113
3.5.1.5.1	<i>Dimensionamiento de los gabinetes cerrados de piso</i>	113
3.5.1.6	Acometida de Entrada de Servicios.....	114
3.5.2	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	115
3.5.3	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO	116
3.6	DISEÑO DE LA RED ACTIVA	117
3.6.1	ESTACIONES DE TRABAJO	117
3.6.2	SERVIDORES	118
3.6.2.1	US de Directorio.....	119
3.6.2.1.1	<i>Servicio de Directorio Activo</i>	119

3.6.2.1.2	<i>Servicio de DNS (Domain Name System)</i>	120
3.6.2.1.3	<i>Servicio de DHCP (Dinamic Host Control Protocol)</i>	121
3.6.2.1.4	<i>Servicio de Impresión</i>	121
3.6.2.2	US de Proxy y Firewall.....	121
3.6.2.3	US de Gestión de Datos.....	122
3.6.2.3.1	<i>Servicio de repositorio y transferencia de archivos</i>	122
3.6.2.3.2	<i>Servicio de Base de datos</i>	122
3.6.2.4	US de Correo Electrónico.....	123
3.6.2.5	US WEB.....	123
3.6.2.6	US de Administración y Gestión de Red.....	124
3.6.3	CARACTERÍSTICAS IMPUESTAS POR LOS SERVIDORES.....	124
3.6.3.1	US de Directorio.....	124
3.6.3.2	US de Proxy y Firewall.....	126
3.6.3.3	US de gestión de datos.....	127
3.6.3.4	US de Correo Electrónico.....	127
3.6.3.5	US WEB.....	128
3.6.3.6	US de Administración y Gestión de Red.....	128
3.6.4	EQUIPOS ACTIVOS DE RED.....	129
3.6.4.1	Switches de Acceso.....	129
3.6.4.2	Switches de Distribución.....	131
3.6.4.3	Switches de Core o Núcleo.....	133
3.6.4.4	Router.....	134
3.6.5	TELEFONÍA IP.....	135
3.6.5.1	Dimensionamiento del sistema de Telefonía IP.....	135
3.6.5.1.1	<i>Dimensionamiento del Capacidad Requerida</i>	136
3.6.5.1.2	<i>Dimensionamiento del Número de Troncales</i>	136
3.6.5.1.3	<i>Plan de Numeración Telefónica</i>	136
3.6.5.2	Especificaciones de los Equipos para la Red de Voz.....	138
3.6.5.2.1	<i>Características básicas de los Teléfonos IP</i>	138
3.6.5.2.2	<i>Características básicas del Servidor de Llamadas</i>	138
3.6.6	DISEÑO DEL SISTEMA DE VIDEOCONFERENCIA.....	140
3.6.6.1	Requerimientos de estándares para el sistema de videoconferencia.....	141
3.6.6.2	Capacidad requerida para el servicio de Videoconferencia.....	142
3.6.6.3	Equipos necesarios para el servicio de Videoconferencia.....	142
3.6.6.3.1	<i>Servidor de Videoconferencia</i>	142
3.6.6.3.2	<i>Equipos Complementarios</i>	143

3.6.7	DISEÑO DEL SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA IP	143
3.6.7.1	Capacidad requerida para el Sistema de Video Vigilancia IP	143
3.6.7.2	Equipos necesarios para el Servicio de Video Vigilancia IP	144
3.6.7.2.1	<i>Cámaras IP</i>	144
3.6.7.2.2	<i>Servidor de Video Vigilancia IP</i>	144
3.6.7.3	Ubicación de las cámaras IP.....	144
3.7	DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA	145
3.7.1	NÚMERO DE USUARIOS A SERVIR	146
3.7.2	SERVICIOS BRINDADOS POR LA RED INALÁMBRICA.....	147
3.7.3	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN.....	147
3.7.4	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	148
3.7.5	ÁREA DE COBERTURA	150
3.7.6	PRUEBAS DE CAMPO	150
3.7.7	NÚMERO DE ACCESS POINT	152
3.7.8	ELECCIÓN DEL CANAL.....	153
3.7.9	UBICACIÓN DE LOS ACCESS POINT	153
3.7.10	ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DE LOS EQUIPOS.....	154
3.7.11	CONEXIÓN DE LA RED INALÁMBRICA CON LA RED CABLEADA	154
3.7.12	PLANEACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LAS DIRECCIONES IP	155
3.7.13	IDENTIFICADORES DE RED SSID	155
3.7.14	SEGURIDAD.....	155
3.7.15	ADMINISTRACIÓN	155
3.7.16	REQUERIMIENTOS DE LOS EQUIPOS INALÁMBRICOS.....	156
3.7.16.1	Access Point	156
3.7.16.2	Antenas.....	156
3.8	ENLACE ENTRE EL EDIFICIO PRINCIPAL Y SECUNDARIO DEL MSPH.....	157
3.8.1	CÁLCULO DEL RADIO ENLACE.....	157
3.8.1.1	Cálculo de la primera zona de Fresnel	157
3.8.1.2	Cálculo de la Zona de Despeje	158
3.8.1.3	Cálculo del porcentaje de despeje	158
3.8.1.4	Atenuación por espacio libre.....	159
3.8.1.5	Potencia en recepción.....	159
3.8.1.6	Margen de Desvanecimiento	160
3.8.1.7	Confiabilidad del enlace.....	161
3.8.1.8	Indisponibilidad de un enlace.....	161

3.8.2	REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE LOS EQUIPOS A EMPLEARSE EN EL RADIOENLACE.....	162
3.9	DISEÑO LÓGICO DE LA RED.....	163
3.9.1	DISEÑO DE VLANS.....	163
3.9.2	PLANEACIÓN DEL DIRECCIONAMIENTO IP.....	165
3.10	DIAGRAMA DE LA RED DE INFRAESTRUCTURA MULTISERVICIOS PARA EL MSPH.....	166
3.11	ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DE LA RED.....	168
3.11.1	ADMINISTRACIÓN DE LA RED.....	168
3.11.2	GESTIÓN DE RED.....	168
3.11.2.1	Herramientas de Gestión de Red.....	169
3.11.2.2	Características Técnicas del Servidor de Gestión de Red.....	170
3.12	SEGURIDAD DE LA RED.....	170
3.12.1	POLÍTICAS GENERALES DE SEGURIDAD EN LA RED.....	170
3.12.1.1	Política de Ética.....	170
3.12.1.2	Política de Responsabilidad de la Información.....	171
3.12.1.3	Política de Seguridad Física.....	172
3.12.1.4	Política de Seguridad Lógica.....	173
3.12.1.5	Política de Seguridad en la Red de Infraestructura.....	174
3.12.1.6	Política de Gestión de Servicios.....	176
3.12.2	HERRAMIENTAS DE SEGURIDAD EN LA RED.....	177
CAPÍTULO IV.....		178
IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO, PRUEBAS Y RESULTADOS.....		178
4.1	INTRODUCCIÓN.....	178
4.2	ARQUITECTURA DE LA RED.....	178
4.3	DISEÑO LÓGICO DEL PROTOTIPO DE RED.....	178
4.4	ELEMENTOS DE RED.....	180
4.4.1	CLIENTES O HOST DE RED.....	180
4.4.2	SWITCHES.....	183
4.4.3	MÓDEM/ROUTER.....	184
4.4.4	ANTENAS.....	185
4.4.5	SERVIDORES.....	186
4.5	CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	187
4.5.1	EQUIPOS DE CONECTIVIDAD.....	187

4.5.1.1	Switches	187
4.5.1.2	Módem / Router	188
4.5.1.3	Antenas.....	189
4.5.2	SERVIDORES	190
4.5.3	PROXY/FIREWALL	191
4.5.4	DISPOSITIVOS FINALES O CLIENTES DE RED.....	191
4.5.4.1	Estaciones de Trabajo.....	191
4.5.4.2	Teléfonos IP y Softphone.....	193
4.5.4.3	Cámara IP	193
4.6	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SERVICIOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	193
4.6.1	PRUEBAS DE CONECTIVIDAD	194
4.6.2	PRUEBA DE SALIDA A INTERNET.....	196
4.6.3	PRUEBAS DEL SERVICIO DE DIRECTORIO ACTIVO	197
4.6.4	PRUEBAS DEL SERVICIO DE DNS	199
4.6.5	PRUEBAS DEL SERVICIO DE DHCP.....	202
4.6.6	PRUEBAS DEL SERVICIO DE CORREO ELECTRÓNICO.....	203
4.6.7	PRUEBAS DEL SERVICIO DE FTP.....	204
4.6.8	PRUEBAS DEL SERVICIO DE TELEFONÍA IP	205
4.6.9	PRUEBAS DEL SERVICIO DE VIDEO VIGILANCIA IP	208
4.6.10	PRUEBAS DEL SERVICIO DE VIDEOCONFERENCIA	211
4.6.11	PRUEBAS DEL SERVICIO DE GESTIÓN DE RED	213
4.6.11.1	Prueba de Funcionamiento de la Herramienta Nagios	213
4.6.11.2	Prueba de Funcionamiento de la Herramienta MRTG	215
4.6.12	PRUEBAS DEL SERVICIO DE PROXY Y FIREWALL	216
4.7	PRUEBA DE SATURACIÓN DEL ENLACE.....	219
CAPÍTULO V.....		222
ANÁLISIS ECONÓMICO.....		222
5.1	INTRODUCCIÓN	222
5.2	COSTO REFERENCIAL DEL PROYECTO	222
5.2.1	RED PASIVA	222
5.2.1.1	Alternativa I.....	223
5.2.1.2	Alternativa II	223
5.2.1.3	Elección de la mejor alternativa para la Red Pasiva.....	223

5.2.2	RED ACTIVA.....	226
5.2.2.1	Equipos de Conectividad.....	226
5.2.2.1.1	Alternativa I.....	226
5.2.2.1.2	Alternativa II.....	226
5.2.2.1.3	Elección de la mejor alternativa.....	227
5.2.2.2	Access Points.....	228
5.2.2.2.1	Alternativa I.....	229
5.2.2.2.2	Alternativa II.....	229
5.2.2.2.3	Elección de la mejor alternativa.....	229
5.2.2.3	Equipos de Radioenlace.....	230
5.2.2.3.1	Alternativa I.....	230
5.2.2.3.2	Alternativa II.....	231
5.2.2.3.3	Elección de la mejor alternativa.....	231
5.2.2.4	Servidores.....	232
5.2.2.4.1	Alternativa I.....	232
5.2.2.4.2	Alternativa II.....	232
5.2.2.4.3	Elección de la mejor alternativa.....	232
5.2.2.5	Teléfonos IP.....	233
5.2.2.5.1	Alternativa I.....	233
5.2.2.5.2	Alternativa II.....	234
5.2.2.5.3	Elección de le mejor alternativa.....	234
5.2.2.6	Cámaras IP.....	234
5.2.2.6.1	Alternativa I.....	235
5.2.2.6.2	Alternativa II.....	235
5.2.2.6.3	Elección de la mejor alternativa.....	235
5.2.2.7	Tarjeta Analógica para conexión a la PSTN.....	236
5.2.2.8	Licenciamiento de Software.....	236
5.2.3	COSTO REFERENCIAL TOTAL DEL PROYECTO.....	237
5.2.4	COSTO DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y ADMINISTRACIÓN DE LA RED.....	237
5.3	INGRESOS POR AHORRO DE COSTOS.....	238
5.3.1	INGRESO POR AHORRO EN EL USO SOFTWARE LIBRE.....	238
5.3.2	INGRESO POR AHORRO EN TIEMPOS MUERTOS.....	239
5.3.3	INGRESO TOTAL POR AHORRO.....	239
5.3.4	INGRESOS Y EGRESOS.....	240
5.4	EVALUACIÓN Y VIABILIDAD DEL PROYECTO.....	240

5.4.1	VALOR ACTUAL NETO	241
5.4.2	TASA INTERNA DE RETORNO	242
5.4.3	RELACIÓN COSTO/BENEFICIO	243
CAPÍTULO VI		245
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		245
6.1	CONCLUSIONES	245
6.2	RECOMENDACIONES	248
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		251
ANEXOS		261

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Figura 1.1	Red de Información	1
Figura 1.2	Clases de direcciones IP	3
Figura 1.3	VLANs	6
Figura 1.4	Área de trabajo	7
Figura 1.5	Formas de conexión T568A y T568B.....	8
Figura 1.6	Cableado horizontal	9
Figura 1.7	Formato del mensaje SNMP	24
Figura 1.8	Mensajes SNMP	24

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA INSTITUCIÓN Y DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS

Figura 2.1	Mapa del Cantón Huaca.....	34
Figura 2.2	Organigrama del Municipio del Cantón Huaca	36
Figura 2.3	Croquis de ubicación de las instalaciones del MSPH	37
Figura 2.4	Edificio Principal	37
Figura 2.5	Edificio Secundario.....	38
Figura 2.6	Página Web del MSPH	46

Figura 2.7 Diagrama de red de acceso a Internet y de acceso al sistema SIG-AME del MSPH.....	49
Figura 2.8 Diagrama de red de acceso a Internet-Biblioteca Municipal	50
Figura 2.9 Tráfico de red en el periodo de una hora	52
Figura 2.10 Tráfico de entrada y salida en la hora pico	52
Figura 2.11 Tráfico de red en el periodo de 1 día	53
Figura 2.12 Tráfico de entrada y salida en un día	53
Figura 2.13 Tráfico de red en el periodo de un mes.....	54
Figura 2.14 Tráfico de entrada y salida en un mes.....	54
Figura 2.15 Tráfico servidor de base de datos en el periodo de una hora	55
Figura 2.16 Tráfico de entrada y salida en una hora pico	56
Figura 2.17 Tráfico en el servidor de base de datos en el periodo de un día.....	56
Figura 2.18 Tráfico de entrada y salida en un día	57
Figura 2.19 Tráfico servidor de base de datos en el periodo de un mes.....	57
Figura 2.20 Tráfico de entrada y salida en un mes.....	58
Figura 2.21 Gráfico proporcionado por la herramienta Wireshark	59
Figura 2.22 Tráfico telefónico en Erlangs en el periodo de un día	61
Figura 2.23 Datos históricos del crecimiento institucional	64
Figura 2.24 Tabla de valores de Erlang B (Troncales actuales Sistema Telefónico Analógico)	72
Figura 2.25 Tabla de valores Erlang B (Troncales Actuales y Futuras Telefonía IP).....	73
Figura 2.26 Trama Ethernet	86

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA RED

Figura 3.1 Estructura del Modelo Jerárquico	93
Figura 3.2 Cableado Vertical	106
Figura 3.3 Forma de conexión en el Área de Trabajo	108
Figura 3.4 Distribución del sistema de puesta a tierra	115
Figura 3.5 Esquema de red del sistema de Telefonía IP	140
Figura 3.6 Plano del parque principal del Cantón San Pedro de Huaca.....	151
Figura 3.7 Relación señal a interferencia en el primer Access Point detectado	152
Figura 3.8 Cobertura de la red inalámbrica y ubicación de los Access Point	154
Figura 3.9 Diagrama esquemático de la Red de Infraestructura Multiservicios del MSPH.....	167

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO, PRUEBAS Y RESULTADOS

Figura 4.1 Topología física del prototipo de red.....	179
Figura 4.2 Teléfono IP Yealink.....	181
Figura 4.3 Softphone X-Lite	182
Figura 4.4 Cámara IP Brickcom.....	183
Figura 4.5 Switch HP V1910-24G	184
Figura 4.6 Módem/Router Wi-Fi Huawei Echolife.....	185
Figura 4.7 Antena Ubiquiti NanoStation2.....	186
Figura 4.8 Resumen de configuración Switch I	188
Figura 4.9 Resumen de configuración Switch II.....	188
Figura 4.10 Configuración para un cliente de la VLAN-Datos.....	192
Figura 4.11 Comando ipconfig/all configuración equipo cliente.....	192
Figura 4.12 Prueba de conectividad hacia la VLAN de Datos.....	194
Figura 4.13 Prueba de conectividad hacia la VLAN Radioenlace (Antena I).....	195
Figura 4.14 Prueba de conectividad hacia la VLAN Radioenlace (Antena II)	195
Figura 4.15 Comando Ipconfig, configuración tarjeta de red local en un equipo de la VLAN-Datos.	195
Figura 4.16 Prueba de conectividad hacia módem/router y hacia Internet	196
Figura 4.17 Ingreso de un equipo al dominio.....	197
Figura 4.18 Unión exitosa al dominio msph.gob.ec.....	197
Figura 4.19 Inicio de sesión del usuario al dominio.....	198
Figura 4.20 Cambio de contraseña del usuario	198
Figura 4.21 Espacio en disco asignado en el directorio activo al usuario	199
Figura 4.22 Restricción para la instalación de programas en el equipo	199
Figura 4.23 Ejecución del comando Dig, prueba resolución zona directa	200
Figura 4.24 Ejecución del comando nslookup, prueba resolución zona directa	201
Figura 4.25 Ejecución del comando Dig, prueba resolución zona inversa	201
Figura 4.26 Ejecución del comando nslookup, prueba resolución zona inversa.....	202
Figura 4.27 Prueba de funcionamiento del cliente DHCP	202
Figura 4.28 Interfaz de la cuenta de correo electrónico en Roundcube	203
Figura 4.29 Prueba de envío de un correo electrónico	203
Figura 4.30 Acceso al servidor FTP, vía interfaz web	204
Figura 4.31 Acceso al servidor FTP, vía cliente FTP (Filezilla).....	204
Figura 4.32 Registro de extensiones SIP en la PBX	205
Figura 4.33 Usuarios SIP registrados en la PBX.....	205
Figura 4.34 Canales SIP establecidos online.....	206

Figura 4.35 CDR Report, registro detallado de llamadas.....	206
Figura 4.36 Establecimiento de una llamada, panel de operador.....	207
Figura 4.37 Buzón de voz.....	207
Figura 4.38 Establecimiento de una conferencia.....	208
Figura 4.39 Establecimiento de una conferencia - teléfono IP.....	208
Figura 4.40 Pantalla principal de la cámara IP.....	209
Figura 4.41 Funcionalidad ventana de visualización.....	210
Figura 4.42 Funcionalidad ventana de búsqueda.....	210
Figura 4.43 Creación de una videoconferencia.....	212
Figura 4.44 Invitación a la videoconferencia, recibida por el usuario.....	212
Figura 4.45 Establecimiento de la videoconferencia.....	213
Figura 4.46 Monitoreo de dispositivos de comunicación y servidores.....	214
Figura 4.47 Estado del Switch II (SW2_MSPH) como Down.....	215
Figura 4.48 Notificación de alerta del dispositivo SW2_MSPH.....	215
Figura 4.49 Pantalla de monitoreo de utilización del canal mediante MRTG.....	216
Figura 4.50 Monitoreo de la interfaz de red del servidor de video vigilancia IP.....	217
Figura 4.51 Restricción de acceso a redes sociales.....	218
Figura 4.52 Restricción de acceso a páginas con contenido inapropiado.....	218
Figura 4.53 Carga de archivos al servidor FTP, 10 GB de información.....	219
Figura 4.54 Descarga de archivos desde el servidor FTP, 10 GB de información.....	220
Figura 4.55 Análisis de tráfico, puerto trunk del servidor Zentyal.....	220
Figura 4.56 Análisis de tráfico, interfaz inalámbrica de la antena I.....	221
Figura 4.57 Análisis de tráfico, interfaz inalámbrica de la antena II.....	221

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Tabla 1.1 Direcciones IP privadas.....	5
Tabla 1.2 Categorías de cable UTP.....	12
Tabla 1.3 Características de transmisión para fibra óptica.....	12
Tabla 1.4 Códecs para VoIP.....	20

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA INSTITUCIÓN Y DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS

Tabla 2.1 Distribución departamental del Edificio Principal	38
Tabla 2.2 Distribución departamental del Edificio Secundario.....	39
Tabla 2.3 Equipos activos de comunicación del MSPH	41
Tabla 2.4 Estaciones de trabajo en el Edificio Principal.....	42
Tabla 2.5 Estaciones de trabajo en el Edificio Secundario	42
Tabla 2.6 Características físicas del servidor de base de datos	43
Tabla 2.7 Configuración de red del servidor de base de datos.....	43
Tabla 2.8 Características del UPS	44
Tabla 2.9 Usuarios del servicio de Internet.....	44
Tabla 2.10 Troncales y extensiones de la central telefónica del MSPH	50
Tabla 2.11 Porcentaje de uso de los protocolos que circulan por la red	59
Tabla 2.12 Llamada entrantes y salientes realizadas en el MSPH en el periodo de un día.....	60
Tabla 2.13 Tráfico telefónico en Erlangs	61
Tabla 2.14 Total de empleados actuales del MSPH.....	63
Tabla 2.15 Datos históricos del crecimiento institucional.....	63
Tabla 2.16 Usuarios actuales y usuarios con proyección a 5 años del MSPH	65
Tabla 2.17 Nomenclatura de grupos de usuarios	68
Tabla 2.18 Grupo de usuarios del sistema telefónico.....	70
Tabla 2.19 Distribución telefónica del MSPH	71
Tabla 2.20 Cantidad y distribución de cámaras IP en el MSPH	75
Tabla 2.21 Puntos de red totales del MSPH.....	77
Tabla 2.22 Tamaño de correo a ser enviado.....	78
Tabla 2.23 Capacidad requerida actual y a 5 años para correo electrónico	79
Tabla 2.24 Capacidad requerida actual y a 5 años para acceso a Internet.....	81
Tabla 2.25 Capacidad requerida actual y a 5 años para acceso a la base de datos SIG-AME	82
Tabla 2.26 Capacidad requerida actual y a 5 años para impresión en red.....	83
Tabla 2.27 Capacidad requerida actual y a 5 años para transferencia de archivos.....	85
Tabla 2.28 Características del códec G711	86
Tabla 2.29 Capacidad requerida actual y a 5 años para el servicio de telefonía IP.....	87
Tabla 2.30 Capacidad requerida para transmisiones de Videoconferencia.....	90
Tabla 2.31 Capacidad total requerida actual y con proyección a 5 años.....	91

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA RED

Tabla 3.1 Cantidad de faceplates simples y dobles requeridos	99
Tabla 3.2 Cantidad de rollos de cable UTP categoría 6	102
Tabla 3.3 Cálculo de canaletas (20x12) para las salidas de comunicaciones en el MSPH	103
Tabla 3.4 Cálculo de canaletas (60x40) requeridas en el MSPH	104
Tabla 3.5 Cálculo de canaletas (32x12) requeridas en el MSPH	105
Tabla 3.6 Cálculo de canaletas (40x25) requeridas en el MSPH	105
Tabla 3.7 Cables aprobados y distancias máximas	106
Tabla 3.8 Dimensionamiento de los gabinetes cerrados de pared del Edificio Principal.....	112
Tabla 3.9 Dimensionamiento del gabinete cerrado de pared del Edificio Secundario.....	112
Tabla 3.10 Dimensionamiento del gabinete cerrado de piso del Edificio Principal.....	114
Tabla 3.11 Requerimientos mínimos de hardware para Zentyal.....	114
Tabla 3.12 Switches de acceso requeridos para la red del MSPH.....	129
Tabla 3.13 Switches de distribución requeridos para la red del MSPH.....	131
Tabla 3.14 Asignación de extensiones en la red telefónica del MSPH	137
Tabla 3.15 Recomendaciones para el dimensionamiento del servidor.....	139
Tabla 3.16 Velocidad de transmisión recomendada para Videoconferencia.....	142
Tabla 3.17 Estudio de concurrencia de usuarios al parque principal	146
Tabla 3.18 Capacidad de acceso a Internet para la red inalámbrica.....	148
Tabla 3.19 Características principales de los estándares IEEE de Red Inalámbrica.....	148
Tabla 3.20 Grado de atenuación generado por obstáculos comunes.....	149
Tabla 3.21 Atenuación de la señal a través de objetos comunes.....	150
Tabla 3.22 Principales características de las señales detectadas en el parque principal	152
Tabla 3.23 Datos para el cálculo del Radio Enlace.....	157
Tabla 3.24 Parámetros mínimos de los equipos a utilizarse para el radio enlace.....	162
Tabla 3.25 Definición de VLANs y número de usuarios respectivos	164
Tabla 3.26 Planeación del Direccionamiento IP para el MSPH.....	165
Tabla 3.27 Direccionamiento IP de los servidores.....	166

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO, PRUEBAS Y RESULTADOS

Tabla 4.1 VLANs y esquema de direccionamiento del prototipo de red	17980
--	-------

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO

Tabla 5.1 Resumen de costos para cableado estructurado - Alternativa I.....	224
Tabla 5.2 Resumen de costos para cableado estructurado- Alternativa II.....	225
Tabla 5.3 Alternativa I - Equipos de Conectividad.....	226
Tabla 5.4 Alternativa II – Equipos de Conectividad.....	227
Tabla 5.5 Comparativa equipos de conectividad.....	228
Tabla 5.6 Alternativa I – Access Point.....	229
Tabla 5.7 Alternativa II – Access Point	229
Tabla 5.8 Comparativa Access Points.....	230
Tabla 5.9 Alternativa I – Equipo Radioenlace	230
Tabla 5.10 Alternativa II – Equipo Radioenlace.....	231
Tabla 5.11 Comparativa equipos del radioenlace	231
Tabla 5.12 Alternativa I – Servidores	232
Tabla 5.13 Alternativa II – Servidores	232
Tabla 5.14 Comparativa Servidores.....	233
Tabla 5.15 Alternativa I – Teléfono IP Yealink.....	233
Tabla 5.16 Alternativa II – Teléfono IP Polycom.....	234
Tabla 5.17 Comparativa Teléfonos IP.....	234
Tabla 5.18 Alternativa I – Cámara IP.....	235
Tabla 5.19 Alternativa II – Cámara IP	235
Tabla 5.20 Comparativa Cámaras IP.....	236
Tabla 5.21 Costos de la tarjeta de conexión a la PSTN	236
Tabla 5.22 Costo Licenciamiento de Software – Windows 7	237
Tabla 5.23 Costo Referencial Total de Proyecto.....	237
Tabla 5.24 Costos de Operación, Mantenimiento y Administración de la Red	237
Tabla 5.25 Ingresos por ahorro en el uso de Software Libre	238
Tabla 5.26 Ingresos por ahorro de tiempos muertos	239
Tabla 5.27 Ingreso total anual por ahorros.....	240
Tabla 5.28 Ingresos y egresos anuales del proyecto	240
Tabla 5.29 Flujo de Caja Efectivo del Proyecto.....	242
Tabla 5.30 Ingresos y egresos del proyecto en valor presente	244

ÍNDICE DE ECUACIONES

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA INSTITUCIÓN Y DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS

Ecuación 2.1 Intensidad de Tráfico en Erlangs.....	61
Ecuación 2.2 Tasa de Crecimiento.....	64
Ecuación 2.3 Cálculo del Valor Futuro.....	65
Ecuación 2.4 Proyección Intensidad de Tráfico.....	73
Ecuación 2.5 Tráfico de correo electrónico por usuario.....	79
Ecuación 2.6 Capacidad de acceso a Internet por Usuario.....	80
Ecuación 2.7 Capacidad de acceso a base de datos por usuario.....	81
Ecuación 2.8 Capacidad del servicio de impresión de red.....	83
Ecuación 2.9 Capacidad del servicio de transferencia de archivos.....	84
Ecuación 2.10 Cálculo de Capacidad de VoIP.....	86
Ecuación 2.11 Capacidad requerida por cámara IP.....	88
Ecuación 2.12 Capacidad requerida para videoconferencia.....	90

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA RED

Ecuación 3.1 Cálculo de número de canaletas para salidas de comunicaciones.....	103
Ecuación 3.2 Cálculo de número de canaletas.....	104
Ecuación 3.3 Capacidad de acceso a Internet para la Red Inalámbrica.....	147
Ecuación 3.4 Fórmula para el cálculo de la primera Zona de Fresnel.....	158
Ecuación 3.5 Fórmula para el cálculo de la altura o zona de despeje.....	158
Ecuación 3.6 Fórmula para el cálculo del porcentaje de despeje.....	158
Ecuación 3.7 Fórmula para el cálculo de la atenuación por espacio libre.....	159
Ecuación 3.8 Fórmula para el cálculo de la potencia en recepción.....	159
Ecuación 3.9 Fórmula para el cálculo del margen de desvanecimiento.....	160
Ecuación 3.10 Fórmula para el cálculo de la confiabilidad del enlace.....	161
Ecuación 3.11 Fórmula para el cálculo de la indisponibilidad de un enlace.....	161
Ecuación 3.12 Indisponibilidad del enlace en min/año.....	162

CAPÍTULO V**ANÁLISIS ECONÓMICO**

Ecuación 5.1 Fórmula de cálculo del VAN.....	241
Ecuación 5.2 Fórmula de cálculo de la TIR.....	243
Ecuación 5.3 Cálculo del valor presente	244

RESUMEN

El presente proyecto de titulación realiza el Estudio y Diseño de una Red de Infraestructura Multiservicios para el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De “San Pedro De Huaca” y sus Dependencias, con el fin de que esta entidad pública cuente con una infraestructura tecnológica que permita la aplicación de servicios de red que mejoren los procesos internos, lo que generará una atención más eficiente a la comunidad.

En el capítulo I se abordan fundamentos teóricos de las tecnologías de red orientados al presente proyecto, como redes de información, tecnologías de redes de área local, redes TCP/IP, sistemas de cableado estructurado, redes de área local inalámbrica, voz sobre IP, videoconferencia, administración y gestión de redes, seguridad en redes, *software* libre y finalmente se describe una metodología del diseño de redes.

En el capítulo II se describe el levantamiento de información de la infraestructura de comunicación actual de la Municipalidad, tanto de la parte física como de la parte lógica, se realizó un análisis del tráfico actual y se calculó el posible tráfico futuro con una proyección a 5 años, mediante este análisis se determinaron los requerimientos, servicios y aplicaciones que servirán de base para el diseño de la nueva red.

El capítulo III comprende el diseño y dimensionamiento de la red multiservicios que integra servicios de datos, telefonía IP, videoconferencia y video vigilancia IP con calidad de servicio, se plantea el uso de *software* libre en los servicios de la Intranet a implementarse. Se diseña el sistema de cableado estructurado para los dos edificios de acuerdo a normas actuales, se diseña el enlace que permitirá la comunicación entre los dos edificios de la municipalidad; además se realiza el diseño de la red inalámbrica para brindar un servicio de Internet en el parque principal. Finalmente se plantean las políticas de administración y seguridad en la red de datos.

En el capítulo IV se describe la implementación de un prototipo básico de red, que pretende demostrar la funcionalidad de la solución propuesta. En dicho prototipo se pone en marcha los servicios de Telefonía IP, datos, videoconferencia y video vigilancia IP, empleando componentes que demuestran el correcto funcionamiento de cada uno de los servicios antes mencionados. Se finaliza en una fase de pruebas y análisis de los resultados.

En el capítulo V se realiza un análisis económico del proyecto, se determina el costo referencial tanto de la red pasiva como de la red activa, luego de realizar un estudio comparativo técnico y económico entre las posibles alternativas presentadas. Se realiza una evaluación sobre la viabilidad y rentabilidad del proyecto a través de la determinación de parámetros de inversión, tales como: Valor actual neto, tasa interna de retorno y relación costo/beneficio, fijando de esta manera la robustez económica del proyecto.

En el capítulo VI se presentan las conclusiones obtenidas luego de realizado el proyecto y se proponen recomendaciones sobre el mismo.

PRESENTACIÓN

Las redes de comunicación en la actualidad han sufrido una evolución considerable, permitiendo integrar servicios y aplicaciones en una sola infraestructura, convirtiéndose así en el pilar fundamental para el desarrollo de una empresa u organización en cuanto a comunicación se refiere.

En la actualidad el Gobierno Municipal del Cantón de San Pedro de Huaca no cuenta con una infraestructura tecnológica adecuada, que permita brindar servicios de manera eficiente y oportuna a la comunidad, es por esto que la solución propuesta en este proyecto pretende lograr una mejor comunicación dentro de la Institución a través de la convergencia de servicios de voz, video y datos lo cual permitirá a los usuarios mejorar su desempeño laboral así como los procesos y servicios que se entregan a la sociedad.

El Gobierno Municipal del Cantón San Pedro de Huaca a través de este proyecto se ha dotado de una infraestructura multiservicios robusta y sobre todo escalable que a medida que surja un cambio éste se adapte con facilidad, los servicios de telefonía IP, correo electrónico institucional, transferencia de archivos, video vigilancia IP y videoconferencia dan un gran aporte a los usuarios finales, quienes constituyen la base y progreso de cualquier Institución.

El presente proyecto se realizó a base de normas y estándares vigentes, por lo que su diseño puede ser fácilmente adaptable a otras instituciones de similares características, permitiendo el progreso de las mismas a nivel tecnológico.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 INTRODUCCIÓN

Las redes de datos tradicionales han sufrido una evolución considerable en la última década, permitiendo integrar voz, video y datos en una única infraestructura originando así las redes multiservicios. Para comprender esta transformación el presente capítulo contiene fundamentos teóricos sobre las diferentes tecnologías de red.

1.2 RED DE INFORMACIÓN ^{[1] [2]}

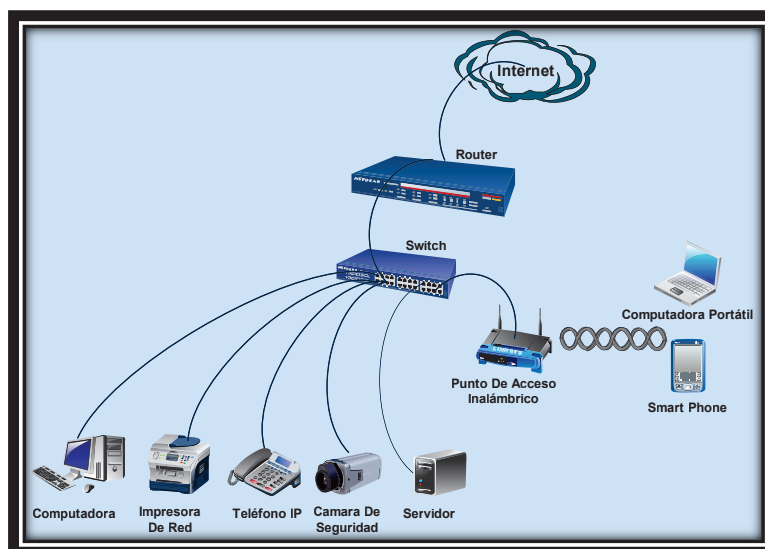


Figura 1.1 Red de Información

Una Red de Información es una infraestructura que está regida por protocolos¹ y constituida por dispositivos finales, dispositivos de red y servicios de comunicación interconectados entre sí a través de medios guiados y no guiados, con el propósito de compartir recursos e intercambiar información sin importar la localización física de los mismos. Ver figura 1.1.

¹Protocolo: Es un conjunto de normas, reglas y convenciones de comunicación que se utilizan para el intercambio de información entre dos dispositivos de comunicación de una forma exitosa.

1.3 TECNOLOGÍA DE RED ETHERNET^{[1] [3] [4]}

Este estándar es el más utilizado para el desarrollo de redes LAN, se encarga de determinar las tecnologías de capa física y los protocolos de capa de enlace del modelo OSI, emplea CSMA/CD² como método de control para acceder al medio y describe una topología física tipo estrella y una topología lógica tipo bus.

Debido al crecimiento de tráfico de red generado por las nuevas aplicaciones y servicios de comunicación que corren sobre las redes con tecnología Ethernet, este estándar ha evolucionado al igual que los medios de transmisión para enfrentar los nuevos desafíos en cuanto a velocidades de transmisión se refiere.

- ✓ Ethernet (IEEE 802.3): Este estándar opera a una velocidad de transmisión de 10 Mbps y sus principales implementaciones son:
 - 10 BASE 5.
 - 10 BASE 2.
 - 10 BASE T.
 - 10 BASE F.
- ✓ FastEthernet (IEEE 802.3u): Este estándar opera a una velocidad de transmisión de 100 Mbps y sus principales implementaciones son:
 - 100 BASE TX.
 - 100 BASE FX.
- ✓ Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z): Este estándar opera a una velocidad de transmisión de 1 Gbps y sus principales implementaciones son:
 - 1000 BASE T.
 - 1000 BASE LX.
 - 1000 BASE SX.
- ✓ 10 Gigabit Ethernet (IEEE 802.3ae): Este estándar opera a una velocidad de transmisión de 10 Gbps y sus principales implementaciones son:
 - 10G BASE SR.

²CSMA/CD: *Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection*, el *host* realiza un monitoreo continuo del canal para verificar si no hay una señal de datos o colisión para poder transmitir.

- 10G BASE ER.

1.4 DIRECCIONAMIENTO IP ^{[4] [5]}

Cada *host* que se conecta a la red posee un identificador único denominado dirección IP, que está compuesta por 32 bits representados en 4 octetos separados por un punto cuyos valores decimales oscilan en el rango de 0 a 255. Los 4 octetos que conforman la dirección IP se dividen en dos partes la dirección de red y la dirección de *host*, las longitudes de estas dos partes pueden ser variables.

1.4.1 CLASES DE DIRECCIONES IP

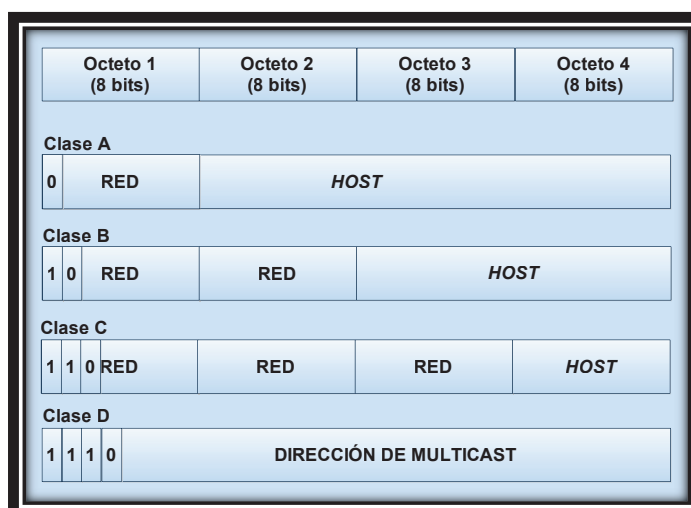


Figura 1.2 Clases de direcciones IP ^[5]

1.4.1.1 Clase A

Esta clase de dirección IP admite redes grandes, el primer bit del primer octeto tiene el valor binario de 0, el cual es el identificador de esta clase, los 7 bits siguientes definen la cantidad de redes dando un total de 128; los 3 octetos restantes definen el número de *host* por red con un total de 16777214. Ver figura 1.2.

1.4.1.2 Clase B

Esta clase de dirección IP admite redes medianas, los dos primeros bits del primer octeto tienen el valor binario de 1 0 respectivamente, los cuales son el identificador

de esta clase, los 21 bits siguientes definen la cantidad de redes dando un total de 2097150; los 2 octetos restantes definen el número de *host* por red con un total de 65534. Ver figura 1.2.

1.4.1.3 Clase C

Esta clase de dirección IP admite redes pequeñas, los tres primeros bits del primer octeto tienen el valor binario de 110 respectivamente, los cuales son el identificador de esta clase, los 13 bits siguientes definen la cantidad de redes dando un total de 16384; el octeto restante define el número de *host* por red con un total de 254. Ver figura 1.2.

1.4.1.4 Clase D

Esta clase de dirección IP es reservada para *multicast*, los cuatro primeros bits que encabezan esta dirección tienen el valor binario de 1110 respectivamente, los cuales son el identificador de esta clase, los 28 bits siguientes identifican el conjunto de *host* al que el mensaje *multicast* va dirigido. Ver figura 1.2.

1.4.2 DIRECCIONES IP ESPECIALES

- ✓ En la porción de red de la dirección IP no se puede utilizar el número 127 ya que está reservado para funciones de *loopback*.
- ✓ En la porción de red y de *host* de la dirección IP no se puede utilizar el número 255 ya que es una dirección de *broadcast*.
- ✓ Toda la porción de *host* de la dirección IP en 0 identifica a una red.

1.4.3 DIRECCIONES IP PRIVADAS

Son direcciones que se encuentran reservadas para el uso particular de redes privadas denominadas Intranets, en la tabla 1.1 se muestra los bloques de direcciones IP privadas.

Clase	Cantidad	Rango de Direcciones IP
A	1	10.0.0.0 - 10.255.255.255
B	16	172.16.0.0 - 172.31.255.255
C	256	192.168.0.0 - 192.168.255.255

Tabla 1.1 Direcciones IP privadas ^[5]

1.4.4 SUBNETTING

Es la división de una red de cualquier clase A, B o C en redes más pequeñas denominadas subredes, con el objetivo de aprovechar el máximo número de direcciones IP.

1.4.5 VLSM³

Se utiliza para dividir subredes en redes más pequeñas, utilizando máscaras de subred de diferente tamaño en la misma dirección de red, con esto se logra un direccionamiento más eficiente, minimizando así el desperdicio de direcciones IP.

1.5 VLANs ^{4 [1] [6]}

Permiten dividir una red física en subredes separadas de forma lógica que actúan independientemente, con esta segmentación se logra disminuir el tráfico de *broadcast*, proporcionar seguridad y facilitar la administración de cada segmento de red. Ver figura 1.3.

1.5.1 RANGOS DEL IDENTIFICADOR DE LA VLAN^{[1] [6]}

Existen dos rangos para el acceso a las VLAN, el rango normal que se identifica mediante un ID de VLAN que va desde el 1 al 1005 y el rango extendido que se identifica mediante un ID de VLAN que va desde el 1006 al 4094.

³ VLSM: *Variable Length Subnet Mask*, proceso por el cual se divide una red o subred en subredes más pequeñas cuyas máscaras son diferentes, según se adaptan a las necesidades de *hosts* por subred.

⁴ VLAN: *Virtual Local Area Network*, es un dominio lógico de *broadcast* que puede atravesar múltiples segmentos físicos de LAN.

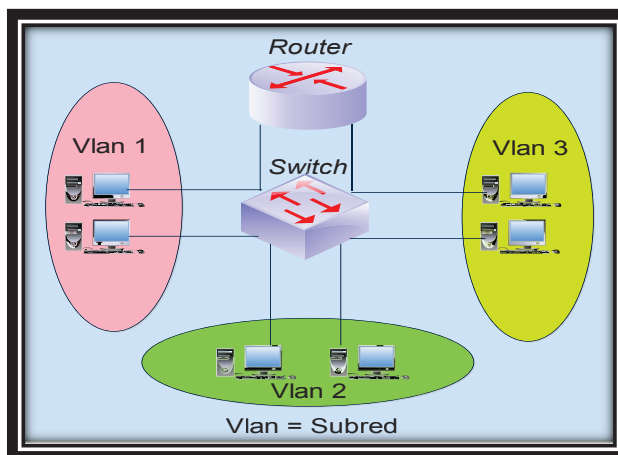


Figura 1.3 VLANs^[7]

1.5.2 CLASES DE VLANs^[1]

Se tiene diferentes clases de VLANs definidas por la función que desempeñan y por el tipo de tráfico de red que manejan así tenemos las siguientes:

- ✓ VLAN de datos: Configurada para enviar solo tráfico de datos generado por el usuario final.
- ✓ VLAN predeterminada: Configurada para que todos los puertos del *switch* se conviertan en un miembro de la VLAN predeterminada, luego de que inicie el *switch* todos los puertos son parte de un dominio de *broadcast*.
- ✓ VLAN nativa: Configurada y asignada a un puerto troncal 802.1Q que recibe el tráfico de muchas VLAN y tráfico que no llega de una VLAN.
- ✓ VLAN de administración: Configurada para acceder a las capacidades de administración de un *switch*.
- ✓ VLAN de voz: Configurada para que el tráfico de voz se pueda transmitir con un estado prioritario sobre la red.

1.6 SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO^{[8][9][10][11][12]}

Un sistema de cableado estructurado es una infraestructura integrada por elementos pasivos distribuidos e instalados bajo normas y estándares con el objetivo de interconectar equipos activos de red, permitiendo el transporte de información sea esta voz, video y datos.

Los beneficios que ofrece un sistema de cableado estructurado son múltiples como la convergencia de servicios, estandarización de materiales, modificaciones, ampliaciones y administración.

1.6.1 SUBSISTEMAS

Un sistema de cableado estructurado está constituido por 6 subsistemas normalizados.

1.6.1.1 Área de Trabajo

Son los espacios utilizados por los usuarios o lugares donde se requieren dispositivos finales (Computadores, impresoras, teléfonos IP). Se extiende desde la salida de la toma de comunicaciones hasta los equipos antes mencionados, el cableado aquí se diseña para ser sometido a adiciones y reubicaciones. Se sugiere un área de trabajo por cada 10 m². Ver figura 1.4.

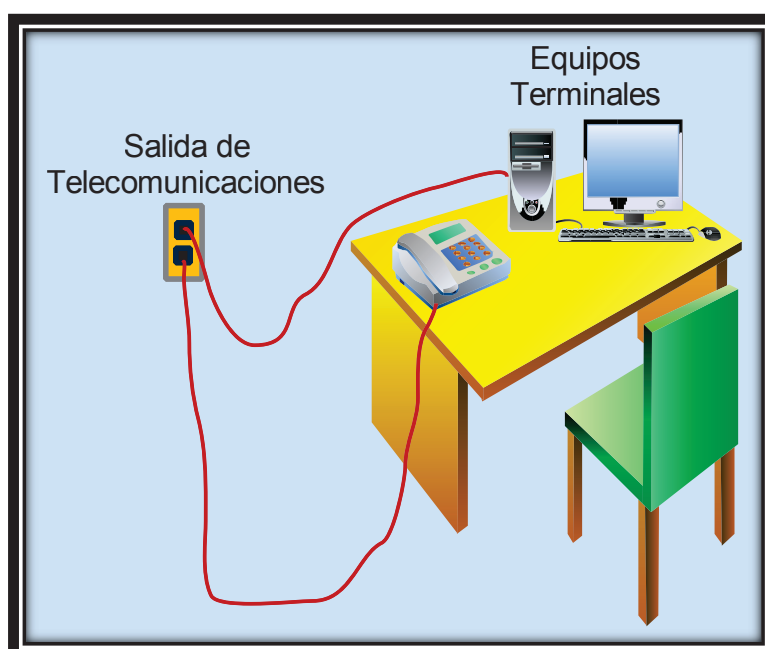


Figura 1.4 Área de trabajo

Para la interconexión en este subsistema se utiliza *patch cords* cuyas terminaciones admiten dos formas de conexión que pueden ser T568A y T568B. Ver figura 1.5.



Figura 1.5 Formas de conexión T568A y T568B ^[11]

1.6.1.2 Cableado Horizontal

Se extiende desde el conector de salida de la toma de telecomunicaciones en el área de trabajo hasta el armario del cuarto de telecomunicaciones, y puede tener una distancia máxima de 90 m, es instalado horizontalmente a través de ductos bajo piso o ductos sobre cielorraso utilizando una topología tipo estrella. Cada salida del área de trabajo debe ir conectada directamente hacia el armario del cuarto de telecomunicaciones, este trayecto no permite puentes, derivaciones y empalmes. El cableado horizontal incluye medios de transmisión, conector de salida en el área de trabajo, terminaciones mecánicas y la conexión cruzada horizontal, de manera que se hace la previsión de 10 metros adicionales para los cables de conexión en el área de trabajo y en el cuarto de telecomunicaciones. Ver figura 1.6.

Para la implementación del cableado horizontal se admite los siguientes medios de transmisión:

- ✓ Cables de par trenzado sin blindaje (UTP⁵) de 100 ohmios y 4 pares.
- ✓ Cables de par trenzado con blindaje (ScTP⁶) de 100 ohmios y 2 pares.
- ✓ Cables de fibra óptica multimodo de 62.5/125 o 50/125 μm de dos fibras.

⁵ UTP: *Unshielded Twisted Pair*, cable de par trenzado no blindado, constituido de 4 pares (8 hilos), usado en comunicaciones para la transferencia de datos.

⁶ ScTP: *Screened Twisted Pair*, cable de par trenzado blindado, constituido por pares de conductores trenzados y apantallados de dos en dos.

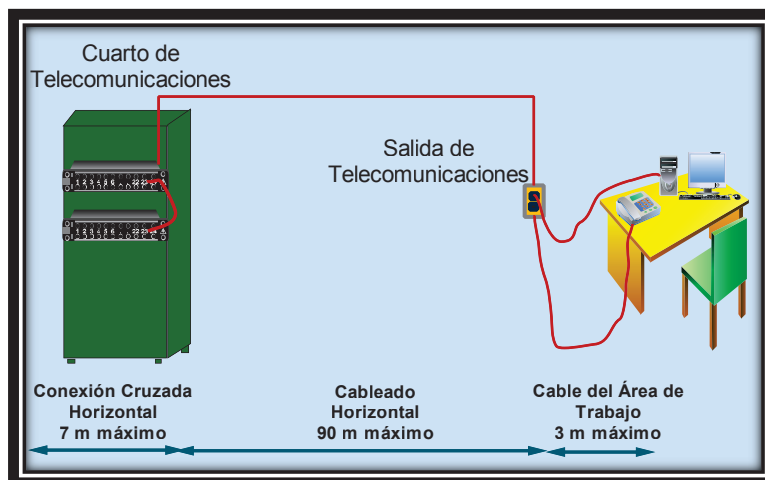


Figura 1.6 Cableado horizontal

1.6.1.3 Cuarto de Telecomunicaciones

Son los espacios donde se unen los subsistemas de cableado horizontal y vertical, alberga armarios que permiten el ordenamiento del cableado y equipos activos de red como *switches*.

La ubicación ideal de un cuarto de telecomunicaciones es en el centro del área a servir con el propósito de respetar la distancia horizontal. Se recomienda un armario de telecomunicaciones por piso y se requieren armarios adicionales por piso cuando el área a servir es mayor a 1000 m² y si alguna área de trabajo supera la distancia máxima horizontal 90 m.

1.6.1.4 Cableado Vertical

El objetivo del cableado vertical es interconectar entradas de servicios, cuartos de telecomunicaciones y cuarto de equipos. El cableado vertical incluye medios de transmisión, conexiones cruzadas e intermedias y terminaciones mecánicas.

Para la implementación del cableado vertical se admite los siguientes medios de transmisión con sus respectivas distancias:

- ✓ Cable multipar UTP categoría 6 y 6a de 100 ohmios (800 m para aplicaciones de voz y 90 m para aplicaciones de datos).

- ✓ Cables de fibra óptica multimodo de 62.5/125 o 50/125 μm (2000 m).
- ✓ Cables de fibra óptica monomodo de 9/125 μm (3000 m).

1.6.1.5 Cuarto de Equipos

El cuarto de equipos es un área centralizada para los equipos de telecomunicaciones, que serán compartidos por todos los usuarios de la red. Se lo define como el campo de distribución principal (MDF).

Al referirse a equipos de telecomunicaciones se incluye a centrales telefónicas, servidores de red, computadores centrales, *switch* de *core* o núcleo, *switch* de distribución y los *switches* de acceso de su correspondiente planta. El espacio que se considera para el cuarto de equipos es de 0.07 m² por cada 10 m² de área utilizable.

1.6.1.6 Acometida de Entrada

Se detalla como el lugar de entrada de los servicios de telecomunicaciones, proporcionando un punto de demarcación entre las redes de los proveedores de servicios y el cableado local. Consta de cables, elementos de conexión y dispositivos de protección.

1.6.2 ESTÁNDARES PARA LOS SISTEMAS DE CABLEADO ESTRUCTURADO

1.6.2.1 ANSI/TIA/EIA ⁷ 568-C (Cableado de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales)

Esta norma es la que actualmente se emplea para el cableado estructurado y vino a reemplazar a la norma ANSI/TIA/EIA 568-B, el propósito de este estándar es proporcionar un conjunto de reglas que permitan el diseño e implantación de un sistema de cableado estructurado, que brinde varios beneficios como compatibilidad de tecnologías, rendimiento de componentes, reducción de fallas y flexibilidad.

⁷ ANSI/TIA/EIA: American National Standards Institute / Telecommunications Industry Association / Electronics Industry Association.

1.6.2.1.1 ANSI/TIA/EIA 568-C.0 (Cableado de telecomunicaciones genérico para instalaciones de clientes)

Este estándar detalla requerimientos para el diseño de un sistema de cableado estructurado genérico con topología tipo estrella, aquí se establece una nueva nomenclatura para el manejo de algunos términos como: “Subsistemas de Cableado” para denominar a segmentos de cableado, “Distribuidor” para los puntos de conexión y “Salida de Equipos” para distinguir al distribuidor final, además se reconoce como medio de transmisión el cable categoría 6A. Entre otros cambios se añade las pruebas de rendimiento de la fibra óptica y se define el radio mínimo de curvatura del cable UTP y STP a 4 veces el diámetro exterior (4xOD).

1.6.2.1.2 ANSI/TIA/EIA 568-C.1 (Cableado de telecomunicaciones para edificios comerciales)

Este estándar detalla requerimientos generales, indicando especificaciones para un sistema de cableado aplicado para edificios comerciales, se reconoce como medio de transmisión al cable categoría 6A y se retira al cable categoría 5, incorpora la fibra óptica 50/125 μm para cableado vertical.

La distancia del cableado horizontal es de 90 metros, se recomienda que los *patch cords* no superen los 5 metros, para dar un total de 100 metros de extremo a extremo.

1.6.2.1.3 ANSI/TIA/EIA 568-C.2 (Componentes para el cableado de par trenzado)

Este estándar detalla componentes de cableado, indicando requerimientos del cable UTP de 100 ohmios en cuanto a parámetros de transmisión y procedimientos de medición. Aquí se reconocen las siguientes categorías de cable UTP. Ver tabla 1.2

Categoría	Ancho de Banda	Atenuación
Categoría 3	16 MHz @ 100 m	13,1 dB
Categoría 5e	100 MHz @ 100 m	22 dB
Categoría 6	250 MHz @ 100 m	32,8 dB
Categoría 6a	600 MHz @ 100 m	50,1 dB

Tabla 1.2 Categorías de cable UTP ^[11]

1.6.2.1.4 ANSI/TIA/EIA 568-C.3 (Componentes para el cableado de fibra óptica)

Este estándar detalla componentes de cableado, indicando requerimientos para fibra óptica monomodo y multimodo de 62.5/125 y 50/125 μm , especificando parámetros de transmisión.

Las características de transmisión en un sistema de cableado de fibra óptica deben cumplir los requerimientos especificados en la tabla 1.3.

Tipo de fibra óptica	Longitud de onda (nm)	Máxima atenuación (dB/km)	Mínima capacidad de transmisión de información (MHz . Km)
Multimodo de 50/125 μm	850	3.5	500
	1300	1.5	500
Multimodo de 62.5/125 μm	850	3.5	200
	1300	1.5	500
Monomodo de 9/125 μm Planta Interna	1310	1.0	N/A
	1550	1.0	N/A
Monomodo de 9/125 μm Planta Externa	1310	0.5	N/A
	1550	0.5	N/A

Tabla 1.3 Características de transmisión para fibra óptica ^[11]

1.6.2.2 ANSI/TIA/EIA 569 A (Espacios y Canalizaciones para Telecomunicaciones en Edificios Comerciales)

El objetivo de este estándar es proporcionar especificaciones de diseño para las rutas del cableado horizontal y vertical además de requerimientos para los espacios que albergaran a los equipos de telecomunicaciones, considerando que durante la vida útil del edificio puede haber remodelaciones e implementación de nuevas tecnologías.

1.6.2.3 ANSI/TIA/EIA 606-A (Normas de Administración para la Infraestructura de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales)

El objetivo de este estándar es proporcionar esquemas de administración que permiten la elaboración de documentos con información de etiquetado, reportes, planos, registros y ordenes de trabajo de las áreas a ser administradas como: rutas del enlace horizontal, rutas del cableado vertical, espacios de telecomunicaciones, y puestas a tierra, facilitando guías para las personas implicadas en la administración del sistema de cableado estructurado.

1.6.2.4 ANSI/TIA/EIA 607 (Requerimientos para el Aterramiento de los Sistemas de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales)

El objetivo de este estándar es proporcionar esquemas de conexión y elementos necesarios para proveer de un sistema de puesta a tierra para brindar protección eléctrica a los equipos de telecomunicaciones y usuarios.

Este estándar está constituido por los siguientes elementos:

- ✓ *TMGB (Telecommunications Main Grounding Bar)*: Ubicada a la entrada de los servicios de telecomunicaciones, hay una TMGB por edificio ya que es el punto central de tierra.
- ✓ *TGB (Telecommunications Grounding Busbar)*: Ubicada en el cuarto de telecomunicaciones y en el cuarto de equipos, la TGB es el punto de conexión común para los equipos que se encuentran en estos espacios.
- ✓ *TBB (Telecommunications Bonding Backbone)*: Ubicado entre las canalizaciones del edificio, es usado para conectar la TMGB con las TGB y cumple con la función de minimizar la diferencia de potencias entre los equipos conectados a la TGB.

1.7 REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICAS^{[13][14][15][16][17]}

Las redes WLAN⁸ son un complemento de las redes LAN que utilizan medios de transmisión no guiados como RF⁹ o luz infrarroja, permitiendo así llegar a lugares donde se dificulta la instalación de una infraestructura de cableado estructurado.

El montaje de una red WLAN no requiere de modificaciones significativas en la infraestructura ya existente, por lo que son utilizadas en ambientes de oficinas y zonas públicas, permitiendo extender el alcance de las redes LAN con todos los servicios que esta brinda.

Este tipo de redes proporciona beneficios en cuanto a movilidad y flexibilidad para los usuarios que utilizan dispositivos finales inalámbricos, siempre y cuando respeten las áreas de cobertura y alcances de los puntos de accesos inalámbricos.

El principal problema que afecta al funcionamiento de la WLAN es la interferencia que puedan generar otros dispositivos inalámbricos que operan en el mismo rango de frecuencias.

1.7.1 SOLUCIONES QUE PROPORCIONAN LAS REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICAS

En la actualidad las WLANs han crecido notablemente debido a que es una tecnología cuya implementación y mantenimiento son de bajo costo por lo que son utilizadas para las siguientes aplicaciones:

- ✓ WLAN como complemento LAN: Permite dar mayor cobertura a una red LAN, llegando a lugares donde no se cuenta con un sistema de cableado estructurado, como son los espacios abiertos, incorporando a la red LAN nuevos usuarios de una forma sencilla y en cuestión de minutos evitando gastos en la instalación de cableado.

⁸ WLAN: *Wireless Local Area Network*, sistema de comunicación de datos inalámbrico.

⁹ RF: Radio Frecuencia, conjunto de frecuencias situados entre los 3 KHz y los 300 GHz, correspondiente a la parte menos energética del espectro electromagnético.

- ✓ Interconexión entre edificios cercanos: Permite la interconexión de redes LAN mediante un enlace punto a punto entre dos edificios que pertenecen a la misma empresa, sustituyendo al cableado aéreo o subterráneo. En caso de que esta interconexión entre los edificios sea cableada el enlace punto a punto puede ser usado como una conexión redundante.
- ✓ Acceso nómada: Permite un enlace inalámbrico entre un concentrador de la red LAN y un dispositivo final de datos inalámbrico, con el objetivo de transferir información desde del dispositivo al servidor.
- ✓ Redes *Ad-Hoc*: Es una red punto a punto donde no se necesita un servidor central, ya que los dispositivos finales interactúan entre sí directamente, este tipo de redes se crean temporalmente para dar soluciones inmediatas.

1.7.2 ESTÁNDARES IEEE 802.11 PARA REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICAS

1.7.2.1 IEEE 802.11

El estándar 802.11 fue desarrollado por la IEEE, permitía velocidades de transmisión teóricas de 1 hasta 2 Mbps y utilizaba como método de acceso al medio CSMA/CA¹⁰, opera en una banda de frecuencia de 2.4 GHz, el estándar especifica el uso y funcionamiento de la capa física y enlace de datos del modelo OSI en una WLAN.

1.7.2.2 IEEE 802.11a

Permite una velocidad de transmisión máxima de 54 Mbps, opera en una banda de frecuencia de 5 GHz y utiliza modulación OFDM¹¹. Este estándar no es compatible con los estándares 802.11b/g.

¹⁰ CSMA/CA: *Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance*, el *host* realiza un monitoreo del canal, si esta libre comienza a transmitir caso contrario espera un intervalo de tiempo aleatorio para hacerlo, para evitar colisiones envía una petición para reservar el canal.

¹¹ OFDM: *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*, mecanismo de modulación empleado en sistemas inalámbricos, consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias.

1.7.2.3 IEEE 802.11b

Permite una velocidad de transmisión máxima de 11 Mbps, opera en una banda de frecuencia de 2.4 GHz y utiliza modulación DSSS¹². Este estándar es compatible con el estándar 802.11g.

1.7.2.4 IEEE 802.11g

Permite una velocidad de transmisión máxima de 54 Mbps, opera en una banda de frecuencia de 2.4 GHz, utiliza modulación DSSS y OFDM. Este estándar es compatible con el estándar 802.11b.

1.7.2.5 IEEE 802.11n

Este estándar permite una velocidad de transmisión máxima de 600 Mbps, opera en una banda de frecuencia de 2.4 GHz o 5 GHz y utiliza modulación OFDM. Este estándar es compatible con el estándar 802.11a/b/g.

1.7.2.6 IEEE 802.11ac

Este estándar adopta muchas de las propiedades de 802.11n, como la codificación de canal o los modos MIMO, ofrece velocidades de transmisión de hasta 1 Gbps dentro de la banda de frecuencia de 5 GHz, la cual restringe la distancia de transmisión pero otorga menor sensibilidad a los obstáculos físicos, además se encuentra menos saturada de señales. Para la transmisión de datos emplea canales más anchos de hasta 160 MHz (cuatro veces superior al de 802.11n), con capacidades de 8 flujos MIMO y modulación de alta densidad de hasta 256 QAM.

1.7.3 SEGURIDAD EN REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICAS

Una WLAN al emplear medios de transmisión no guiados es más vulnerable de sufrir ataques que una red cableada, para brindar seguridad se utiliza mecanismos y protocolos que permiten proporcionar parámetros para la protección de equipos de

¹² DSSS: *Direct Sequence Spread Spectrum*, método de codificación del canal en espectro ensanchado para la transmisión de señales digitales sobre ondas radiofónicas.

comunicación e información. Una WLAN con un sistema de seguridad bien configurado deberá satisfacer los siguientes parámetros:

- ✓ Autenticación.
- ✓ Confidencialidad.
- ✓ Integridad.
- ✓ Disponibilidad.

1.7.3.1 Mecanismos de seguridad en redes WLAN

- ✓ Filtrado SSID¹³: Se configura en el punto de acceso inalámbrico, consiste en dar un nombre que identificará a la red inalámbrica, el SSID no debe guardar ninguna relación con el nombre de la empresa y debe ser conocido por el dispositivo final para poder conectarse a la red.
- ✓ Filtrado MAC¹⁴: Se configura en el punto de acceso inalámbrico, consiste en la creación de una lista con las direcciones MAC de las tarjetas de red inalámbricas de los dispositivos finales que van a tener acceso a la red, este mecanismo presenta un problema ya que la dirección MAC puede ser robada y clonada.
- ✓ Filtrado basado en protocolos: Se configura en el punto de acceso inalámbrico, consiste en permitir o bloquear el tráfico generado por protocolos de la capa 2 hasta la 7.

1.7.3.2 Protocolos de seguridad en redes WLAN

- ✓ WEP (*Wired Equivalent Privacy*): Este protocolo trabaja en las capas física y enlace del modelo OSI, utiliza una clave secreta de 40 o 104 bits y un vector de inicialización de 24 bits, está basado en el algoritmo de encriptación RC4¹⁵

¹³ SSID: *Service Set Identifier*, código de 32 caracteres alfanuméricos que llevan los paquetes de una red inalámbrica para identificarlos como parte de esa red.

¹⁴ MAC: *Media Access Control*, es un identificador de 48 bits que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red.

¹⁵ RC4: *Rivest Cipher 4*, algoritmo de encriptación en flujo, posee una clave de 2048 bits lo que lo hace rápido y seguro.

confidencialidad) y CRC-32¹⁶ (integridad). Este protocolo es considerado como débil y vulnerable ante ataques por lo que no es seguro utilizarlo.

- ✓ 802.1x: Este protocolo proporciona autenticación y control de acceso, permitiendo la identificación de los usuarios antes de otorgar el permiso de acceso a la WLAN, es basado en una arquitectura cliente-servidor y utiliza EAP.
- ✓ EAP (*Extensible Authentication Protocol*): Este protocolo es la base de 802.1x, permite la transmisión de varios métodos de autenticación entre el cliente y el servidor de autenticación.
- ✓ WPA (*Wi-Fi Protected Access*): Este protocolo corrige las debilidades presentadas por WEP, está basado en el algoritmo de encriptación RC4 (confidencialidad) y MIC¹⁷ (Integridad), utiliza una clave secreta de 128 bits y un vector de inicialización de 48 bits, incorpora tecnología TKIP¹⁸ encargada de generar distintas claves temporales mientras el sistema es usado.
- ✓ WPA2: Este protocolo es el más robusto para proteger la WLAN, está basado en el algoritmo de encriptación AES¹⁹ (confidencialidad) y CCMP²⁰ (Integridad), utiliza una clave de 128 bits.

1.8 VOZ SOBRE IP ^{[18] [19] [20] [21] [22] [23]}

La VoIP (*Voice Over Internet Protocol*) es un método de transmisión de voz digitalizada que se realiza en tiempo real, permitiendo que esta viaje en paquetes IP a través de las redes de datos de una organización o por la Internet, su principal ventaja radica en que ofrece una comunicación económica por lo que esta tecnología es utilizada en telefonía IP y videoconferencia.

¹⁶ CRC-32: *Cyclic Redundancy Checksum*, código de detección de errores utilizado en telecomunicaciones, consiste en la protección de datos en bloques denominados tramas.

¹⁷ MIC: *Message Integrity Code*, se implementa sobre redes inalámbricas para determinar la fidelidad del mensaje, siguiendo el método de encriptación TKIP, este mismo genera la clave MIC que se añade al paquete.

¹⁸ TKIP: *Temporal Key Integrity Protocol*, protocolo de seguridad usado en WPA, para mejorar el cifrado en redes inalámbricas, TKIP combina la clave temporal con la dirección MAC del cliente.

¹⁹ AES: *Advanced Encryption Standard*, algoritmo de cifrado simétrico basado en varias sustituciones y transformaciones lineales ejecutadas en bloques de datos de 128 bits.

²⁰ CCMP: *Counter Mode with Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol*, protocolo de encriptación que emplea el algoritmo de seguridad AES.

1.8.1 COMPONENTES DE VoIP

Los componentes de VoIP brindan facilidades para la comunicación entre clientes de la red telefonía pública conmutada y la red de datos IP.

- ✓ El cliente: Este componente es aquel que origina y finaliza las llamadas de voz. La información generada a través de un micrófono se codifica, se empaqueta y se transmite, la información recibida se decodifica y se reproduce a través de altavoces. Los dispositivos de comunicación utilizados por los clientes son teléfonos IP o PCs.
- ✓ Los servidores: Este componente es la parte central de VoIP ya que proporciona administración, control de llamadas, registro de usuarios, servicios de directorio, enrutamiento entre otros servicios.
- ✓ Los *gateways*: Este componente es el puente de comunicación para conectar dos redes distintas.

1.8.2 CÓDECS PARA VoIP

La voz debe ser digitalizada para poder ser transmitida sobre una red de datos IP, para ello se utilizan códecs que proporcionan distintos grados de compresión. Para valorar y escoger un códec se usa un parámetro denominado MOS²¹ el cual es una indicación numérica con valores de 1 (mala calidad) a 5 (excelente calidad), con esto se garantiza la calidad de voz. Los códecs de VoIP se especifican en la tabla 1.4.

G.729 es el códec original, G.729a es una extensión compatible de G.729, pero que requiere menos potencia computacional, además es menos complejo y presenta menos calidad.

²¹ MOS: *Mean Opinion Score*, valor numérico que indica la calidad de voz recibida después de haber sido transmitida y comprimida utilizando el códec.

Códecs	Bit Rate (Kbps)	Sampling Rate (KHz)	Encoding Compression	MOS	Requiere Licencia
G.711	64	8	PCM ²²	4.1	NO
G.723.1 r63	6.3	8	MPMLQ ²³	3.9	SI
G.723.1 r53	5.3	8	ACELP ²⁴	3.8	SI
G.726	32	8	ADPCM ²⁵	3.85	NO
G.728	16	8	LD-CELP ²⁶	3.61	SI
G.729	8	8	CS-ACELP ²⁷	3.92	SI
G.729a	8	8	CS-ACELP	3.7	SI

Tabla 1.4 Códecs para VoIP

1.8.3 PROTOCOLOS PARA VoIP

1.8.3.1 Protocolos de control de transporte de medios

- ✓ RTP (*Real Time Transport Protocol*): Este protocolo se utiliza para transportar información de audio y video en tiempo real, corre sobre UDP y proporciona varios servicios como secuenciación de paquetes, identificación de la información transmitida y sincronización.
- ✓ RTCP (*RTP Control Protocol*): Este protocolo funciona conjuntamente con RTP y se utiliza para enviar información de control de todos los usuarios con quien se estableció la comunicación, corre sobre UDP y proporciona información como paquetes enviados, paquetes perdidos, *jitter*, entre otros.

²² PCM: *Pulse Code Modulation*, procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits.

²³ MPMLQ: *Multi-Pulse Maximum Likelihood Quantization*, indica una característica del modo de cuantificación.

²⁴ ACELP: *Algebraic Code Excited Linear Predictive*, indica un modo de de compresión.

²⁵ ADPCM: *Adaptive Differential Pulse Code Modulation*, codificador de forma de onda basado en DPCM, se articula en la recomendación CCITT G.726.

²⁶ LD-CELP: *Low-Delay Code Excite Linear Prediction*, es una algoritmo de compresión de voz, que emplea un retardo de codificación mínimo de -2 milisegundos.

²⁷ CS-ACELP: *Conjugate Structure Algebraic Code-Excited Linear Prediction*, sistema que consigue que el ancho de banda necesario sea de 8 Kbps.

1.8.3.2 Protocolos de Señalización

- ✓ H.323: Es un protocolo diseñado para comunicaciones multimedia sobre redes de datos IP en tiempo real sin garantizar calidad de servicio, puede ser aplicado en audio, video y datos o cualquier combinación de los mismos. Este protocolo describe terminales, equipos, servicios, procedimientos de señalización y códecs. H.323 presenta una estructura muy compleja para su implementación y por su falta de modularidad está siendo superado por SIP.
- ✓ SIP (*Session Initiation Protocol*): Es un protocolo de señalización de tipo cliente – servidor, diseñado para el establecimiento, mantenimiento y finalización de llamadas a través de la administración de sesiones. Utiliza el protocolo RTP para transportar la información de audio y video formando una estructura de multimedia completa. SIP es un protocolo flexible que está basado en HTTP²⁸ por lo que ofrece una sintaxis simple de entender.

1.9 VIDEOCONFERENCIA^{[24][25][26][27]}

Es un sistema de comunicación bidireccional que se establece en tiempo real apoyada en una red de datos IP, permite la transmisión y recepción de audio, video y datos de forma simultánea entre varios puntos ubicados en diferentes lugares. Su uso permite ahorrar tiempo en la organización de reuniones, facilitando encuentros directos entre los participantes que pueden hablar y verse entre sí.

1.9.1 TIPOS DE VIDEOCONFERENCIA

- ✓ Punto a punto: La videoconferencia se establece con la participación de dos puntos enlazados, la conexión se da mediante el marcado a una dirección IP.
- ✓ Multipunto: La videoconferencia se establece con la participación de más de dos puntos, que reciben audio y video simultáneamente de todos los puntos enlazados, la conexión se da mediante el marcado a una dirección IP.

²⁸ HTTP: *Hypertext Transfer Protocol*, es el protocolo más común para el intercambio de información en la *world wide web*, es el método por el cual se transfieren páginas web al ordenador.

1.9.2 ELEMENTOS DE VIDEOCONFERENCIA

Los componentes de videoconferencia brindan facilidades para reuniones de todo ámbito, facilitando la comunicación y permitiendo acortar distancias.

- ✓ Red de comunicación: Este componente brinda la conexión bidireccional entre los puntos enlazados permitiendo la transmisión de audio y video.
- ✓ Sala de videoconferencia: Este componente es el espacio físico acondicionado para alojar a los equipos de control, de audio, de video y usuarios que utilizan el servicio de videoconferencia.
- ✓ Códec: Este componente permite digitalizar el audio, video y datos, para que puedan ser transmitidos a través de la red de datos IP hacia los puntos que están enlazados en la videoconferencia.

1.9.3 CÓDECS DE VIDEO

- ✓ H.261: Es un estándar de codificación para sistemas de comunicación de video, diseñado para trabajar originalmente sobre líneas RDSI ²⁹ cuya velocidad de transmisión son múltiplos de 64 Kbps, este algoritmo de compresión de video es capaz de operar en un rango de 40 Kbps a 2 Mbps.
- ✓ H.263: Es un estándar de codificación de video para comunicación de baja velocidad de transmisión, desarrollado como una mejora de H.261, este algoritmo de compresión de video es capaz de operar desde menos de 64 Kbps hasta 583.9 Mbps sin compresión.
- ✓ H.264: Es un estándar de codificación de alta compresión que puede trabajar a velocidades de transmisión inferiores a los estándares anteriores proporcionando una buena calidad de video y flexibilidad para que varias aplicaciones y sistemas que lo utilicen. Este estándar también es conocido como MPEG-4/Part 10 o MPEG-4/AVC; este algoritmo de compresión de video es capaz de operar en un rango de 64 Kbps hasta 150 Mbps.

²⁹ RDSI: Red Digital de Servicios Integrados, es aquella red que facilita conexiones digitales extremo a extremo para proporcionar una amplia gama de servicios.

1.10 ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DE REDES^{[28][29][30][31][32][33][34][35]}

La administración de redes son métodos de organización, planeación, configuración, control y monitoreo que permiten garantizar que la red de comunicación trabaje de forma óptima, proporcionando calidad de los servicios, seguridad, flexibilidad, fiabilidad y control de recursos mediante la utilización de herramientas de gestión de redes.

1.10.1 PROTOCOLO SIMPLE DE GESTIÓN DE RED

SNMP (*Simple Network Management Protocol*) es un protocolo de la capa aplicación que permite gestionar redes TCP/IP, está basado en una arquitectura cliente-servidor, emplea servicios no orientados a conexión a través del protocolo UDP utilizando los puertos 161 y 162, su función principal es intercambiar información entre el agente y el gestor.

1.10.2 ARQUITECTURA SNMP

- ✓ Gestor: Este componente interactúa directamente con el administrador de red, se encarga de procesar y presentar la información obtenida de la red de comunicación.
- ✓ Agente: Este componente se encuentra en el objeto gestionable que puede ser cualquier dispositivo de *hardware* o *software*, que es parte de la red de comunicación que puede ser administrada.
- ✓ MIB: Este componente almacena la información de forma jerárquica referente a los objetos gestionados.
- ✓ Protocolo: Este componente proporciona normas de comunicación entre el agente y gestor.

1.10.3 MENSAJE SNMP

El protocolo SNMP usa varios mensajes que son transmitidos entre el agente y gestor, el formato de un mensaje SNMP está constituido por tres componentes versión, comunidad y SNMP PDU (*Protocol Data Unit*). Ver figura 1.7.



Figura 1.7 Formato del mensaje SNMP

1.10.3.1 Componentes del mensaje SNMP

- ✓ Versión: Este componente es un dato de tipo *integer*, indica la versión del protocolo SNMP, 0 para V1, 1 para V2 y 3 para V3.
- ✓ Comunidad: Este componente es un dato de tipo *octect string*, es un conjunto de agentes y gestores a los que se les asigna un nombre para poder vincularlos entre sí y de esta forma que autentiquen los mensajes intercambiados, este método de seguridad es deficiente ya que este componente viaja en texto plano.
- ✓ SNMP PDU: Este componente es un dato de tipo *sequence* y dependiendo de la operación que se ejecute entre el agente y el gestor se tiene los siguientes tipos de mensajes: Ver figura 1.8.
 - *GetRequest*: Mensaje para solicitar uno o varios valores.
 - *GetNextRequest*: Mensaje para solicitar información de una tabla.
 - *GetResponse*: Mensaje de respuesta a un *GetRequest*, *GetNextRequest* y *SetRequest*.
 - *SetRequest*: Mensaje para escribir o actualizar un valor en el objeto MIB.
 - *Trap*: Son notificaciones que se emiten cuando se presenta un evento.

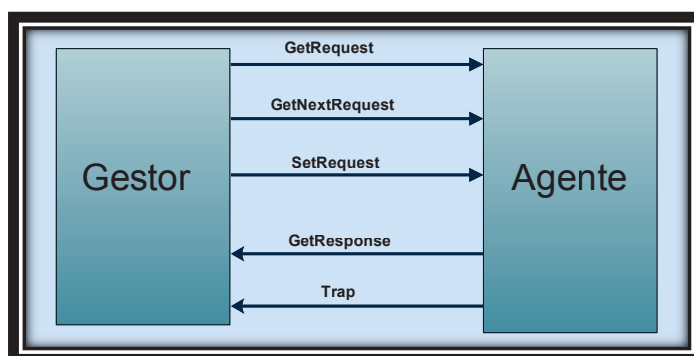


Figura 1.8 Mensajes SNMP

1.10.3.2 SNMPv2

El protocolo SNMPv2 contiene varias mejoras respecto SNMPv1 como: configuración más simple, nuevos datos, nuevos tipos de mensajes, mayor eficiencia en el intercambio de información, entre otras; pero no puede superar los problemas de seguridad que existe en la versión anterior. Esta versión mantiene los mensajes de SNMPV1 excepto *Trap* que fue reemplazada por *Trapv2*, que cumple con las mismas funciones pero tiene un formato de mensaje diferente. Los nuevos tipos de mensajes:

- ✓ *GetBulkRequest*: Mensaje para recuperar mayor cantidad de información de una sola petición.
- ✓ *InformRequest*: Mensaje utilizado para la comunicación entre gestores permitiendo una gestión de red distribuida.

1.10.3.3 SNMPv3

El protocolo SNMPv3 se enfoca en corregir deficiencias de las versiones anteriores, implementando nuevos mecanismos para proveer seguridad, en esta versión no se crean ni se eliminan los mensajes establecidos en SNMPv2.

Para proveer privacidad, autenticación y encriptación de los mensajes, SNMP emplea el modelo USM³⁰ y para proveer control de acceso a los objetos MIB se utiliza el modelo VACM³¹.

1.11 SEGURIDAD EN REDES ^{[36][37][38][39][40][41][42][43][44]}

En la actualidad las redes de datos han evolucionado notablemente al igual que los sistemas de información y servicios de red que se ofrecen para la comunicación, al tener este avance tecnológico se presentan nuevos retos en cuanto a seguridad se refiere, para evitar ataques, robos de información, violaciones de políticas de seguridad, entre otros problemas.

³⁰ USM: *User Based Security Model*, proporciona los servicios de autenticación y privacidad en SNMPv3. En él se definen los elementos de procedimiento para proporcionar a SNMP seguridad a nivel de mensaje.

³¹ VACM: *View Based Access Control Mode*, permite proporcionar diferentes niveles de acceso a las MIB de los agentes para los distintos gestores en SNMPv3.

Toda red de comunicación presenta cierto grado de inseguridad por lo que son susceptibles de sufrir ataques por parte de usuarios no autorizados y en algunos casos de usuarios propios, por lo que la seguridad en redes se enfoca en la protección de datos, *hardware* y *software*.

1.11.1 CONCEPTO

La seguridad en redes son métodos y procedimientos orientados a prevenir y proteger de ataques y manipulación indebida de datos a toda la infraestructura que constituye la red de comunicación.

1.11.2 TIPO DE ATAQUES A UNA RED DE COMUNICACIONES

Un ataque informático es un método que se encargar de explotar las vulnerabilidades de *hardware* y *software*, con el fin de desestabilizar una empresa u organización, son ejecutados por un atacante o varios atacantes.

- ✓ Ataques Pasivos: En este tipo de ataque no se modifica los datos ni se alteran los servicios de red, el objetivo que persigue este ataque a través del monitoreo del tráfico de redes es capturar información valiosa como contraseñas, origen y destino de comunicaciones establecidas, puertos abiertos, entre otra información que viaja en texto plano por la red, pudiendo evitar este problema con la encriptación de datos.
- ✓ Ataques Activos: En este tipo de ataque existe modificación total o parcial de datos legítimos, enmascaramiento para la suplantación de una entidad, retransmisión de datos modificados, pero el objetivo principal que persigue este ataque es hacer daño a los servicios de red o recursos que presta la red de comunicación.

1.11.3 EFECTOS CAUSADOS POR EL ATAQUE A UNA RED DE COMUNICACIÓN

- ✓ Interrupción: Cuando un servicio o recurso de la red de comunicación es dañado o no está disponible para usuarios legítimos.

- ✓ Intercepción: Cuando una entidad no autorizada tiene acceso a un servicio o recurso de la red de comunicación.
- ✓ Modificación: Cuando una entidad no autorizada puede acceder y modificar un servicio o recurso de la red de comunicación.
- ✓ Fabricación: Cuando una entidad no autorizada introduce un objeto similar al atacado, de tal manera que para un usuario legítimo es difícil de distinguir entre el recurso verdadero y el falsificado.

1.11.4 REQUISITOS DE SEGURIDAD EN UNA RED DE COMUNICACIÓN

- ✓ Autenticación: Verifica la identidad del usuario que se conecta a un servicio o recurso de la red de comunicación, certificando que es quien dice ser.
- ✓ Confidencialidad: Garantiza la privacidad de la información permitiendo que solo usuarios autorizados tengan acceso a ella.
- ✓ Integridad: Protege la información contra la modificación no autorizada cuando ésta se transfiere desde su origen hacia su destino.
- ✓ Disponibilidad: Garantiza que los usuarios puedan tener acceso a los recursos de forma confiable si se presentan ataques o fallas.

1.11.5 MEDIDAS PARA CONTRARESTAR ATAQUES

Para poder controlar las vulnerabilidades de seguridad que se presentan en una red de comunicación, se utilizan mecanismos, sistemas y herramientas tecnológicas que permitan brindar protección y prevención del uso indebido de los recursos y servicios de red. Cabe recalcar que con los controles establecidos no se logra la seguridad total ya que no existe un sistema cien por ciento seguro.

- ✓ Políticas de seguridad: Son normas implementadas tras la evaluación de riesgos de toda la infraestructura de comunicación, aquí se definen medidas que regulan el uso y protección de los recursos, servicios de red e información, estableciendo responsabilidades de los mismos.
- ✓ *Antispam*: Es una herramienta que permite proteger al usuario final de recibir correo basura.

- ✓ Antivirus: Es un programa que reside en los dispositivos finales que son susceptibles de infectarse con *software* maligno, permite a través de un monitoreo continuo detectar y eliminar virus.
- ✓ *Firewall*: Es un sistema de protección que puede ser implementado en *software* o *hardware*, se ubica entre dos redes y contiene un conjunto de reglas que permite bloquear accesos no autorizados así como auditar todo el tráfico de red entrada y salida.
- ✓ IDS (*Intrusion Detection System*): Es un sistema que permite analizar la actividad de una red con el objetivo de detectar y alertar cuando una persona no autorizada está realizando actividades ilícitas en contra de los recursos y servicios de red.
- ✓ IPS (*Intrusion Prevention System*): Es un sistema que permite monitorear el tráfico de red con el objetivo de no permitir el acceso a usuarios y a aplicaciones cuando se detecte que estos estén realizando alguna actividad ilícita.

1.12 SOFTWARE LIBRE^{[45][46][47][48]}

El término *software* libre fue introducido por Richard Stallman, quien propuso que todo *software* que se distribuye debe incorporar su código fuente para que los usuarios que lo utilicen estén en la capacidad de estudiarlo y modificarlo.

Stallman creó el proyecto GNU³² que se enfoca en diseñar y construir un sistema operativo totalmente libre, que utiliza la licencia GPL³³ para proteger las libertades, contando con el respaldo de la FSF³⁴ cuya principal función es proveer apoyo económico y legal.

³² GNU: Gnu No es Unix, es un sistema operativo Unix-like, pero se diferencia de Unix en que es software libre y no contiene código de Unix.

³³ GPL: *General Public License*, es la licencia más amplia en el mundo, garantiza a los usuarios finales la libertad de usar, estudiar, compartir y modificar el software.

³⁴ FSF: *Free Software Foundation*, se dedica a eliminar las restricciones sobre la copia, redistribución, entendimiento, y modificación de programas de computadoras. Con este objeto, promueve el desarrollo y uso del software libre en todas las áreas de la computación.

Software libre no significa que tiene costo nulo sino expresa libertad que se resume en cuatro puntos:

- ✓ Usar el programa para cualquier propósito.
- ✓ Estudiar el funcionamiento del programa y adaptarlo a necesidades propias.
- ✓ Redistribuir copias.
- ✓ Mejorar el programa contribuyendo con nuevas funcionalidades o resolviendo desperfectos.

En la actualidad el uso de *software* libre se está incrementando notablemente debido a las prestaciones que ofrece como: costo del *software* bajo o nulo, continua corrección de fallos para optimizar el *software*, no existe restricciones legales para su uso, no utiliza licencias, no existe restricciones en el número de usuarios que utilizan el *software*, independencia de proveedores de *software* propietario, seguridad entre otros.

El *software* libre es una buena alternativa para proporcionar varios servicios de comunicaciones en instituciones públicas y privadas que cuentan con bajos recursos económicos, disminuyendo así la brecha tecnológica que se puede generar por problemas de comunicación.

1.13 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE RED^{[49][50]}

Una metodología de diseño de red es una secuencia de pasos que se deben seguir de forma sistemática con el fin de obtener una red eficiente y robusta que cumpla con todos los requerimientos de los usuarios.

Se ha tomado la metodología *Cisco Network Designer* (CND) para el diseño de la red LAN Multiservicios, la cual contiene una serie de pasos sistemáticos que permiten ir implementado la red de manera segura y cumpliendo con los estándares. Por medio de esta metodología se puede obtener un diseño preciso de la red, tomando en cuenta una serie de factores tales como *hardware*, *software*, usuarios, mantenimiento

preventivo y correctivo, planta física, además que permite adaptar fácilmente tecnologías nuevas a las existentes.

Hay que tomar en cuenta que no existe un diseño estándar para realizar el diseño de una red por lo contrario cada red tiene ciertos requerimientos básicos que se deben cumplir para tener una implementación de la misma a la medida, muchas de las decisiones dependen del administrador de la red, es por esto que no es necesario ejecutar todo el proceso sin embargo se describen los pasos que eventualmente se deben seguir.

1.13.1 PASOS PARA EL DISEÑO DE UNA RED

1.13.1.1 Levantamiento de Información

Este paso consiste en realizar un levantamiento de información de la empresa u organización en lo que respecta a:

- ✓ Ubicación geográfica.
- ✓ Estructura organizacional.
- ✓ Cronología de desarrollo.
- ✓ Estado actual y crecimiento a futuro.
- ✓ Políticas y normas aplicadas.
- ✓ Recursos humanos.
- ✓ Recursos de *hardware* y *software*.
- ✓ Recursos económicos.
- ✓ Servicios de comunicación disponibles.
- ✓ Requerimientos proporcionadas por los usuarios finales.

Con este proceso de levantamiento de información lo que se busca es tener una perspectiva de las deficiencias y problemas que se deben cubrir con el diseño de la red.

Para poder medir el conocimiento de los usuarios finales en cuanto al uso de los recursos y servicios de red, se puede realizar las siguientes preguntas:

- ✓ ¿Quiénes utilizarán la red?.
- ✓ ¿Experiencia en el manejo *software*, *hardware* y aplicaciones?.

Con esta indagación previa se puede medir el nivel de conocimiento que tienen los usuarios finales y poder preparar capacitaciones como medida para contrarrestar los vacíos tecnológicos.

1.13.1.2 Análisis de la Información

Este paso consiste en realizar un análisis completo de toda la información recopilada en el paso anterior, evaluando los requerimientos de los usuarios finales y servicios de red que se requieren para tener una red totalmente útil y operativa, y que pueda hacer frente a las innovaciones tecnológicas futuras.

- ✓ Disponibilidad de la red: Es el tiempo en que la red está totalmente operativa, prestando todos sus servicios con calidad y sin interrupciones. Este parámetro depende de varios aspectos como fiabilidad de los equipos de comunicación, medios de transmisión, acceso a recursos, tiempos de respuestas entre otros.

1.13.1.3 Diseño de la Infraestructura de Red

Este paso consiste en el diseño total de la red dividido en capas, enfocado en satisfacer los requisitos de comunicación de los usuarios finales.

- ✓ Topología de red: La topología tipo estrella y estrella extendida son las usadas en la actualidad ya que permiten a la tecnología Ethernet una mejor organización y administración.
 - Capa física: Se enfoca en el diseño de todo el sistema de cableado estructurado, medios de transmisión y la topología lógica de la red.
 - Capa enlace: Se enfoca en agregar al diseño dispositivos de comunicación de capa 2 como el *switch*, que permite unir varios segmentos de red, eliminar colisiones y dividir dominios de colisión, brindando así una transmisión de datos libre de errores.

- Capa red: Se enfoca en agregar al diseño dispositivos de comunicación de capa 3, como el *router* que permite unir redes independientes, implementar enrutamiento para los paquetes de datos y dividir dominios de *broadcast*.

1.13.1.4 Documentación del Diseño de la Red

Este paso consiste en documentar el diseño total de la red en lo que respecta a:

- ✓ Planos de edificación arquitectónica.
- ✓ Topología Física de la red.
- ✓ Topología Lógica de red.
- ✓ Etiquetado de cable y tomas del sistema de cableado estructurado.
- ✓ Plan de direccionamiento IP.
- ✓ Dispositivos de comunicación.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA INSTITUCIÓN Y DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS

2.1 INTRODUCCIÓN

Para realizar el diseño de la red multiservicios es necesario conocer la infraestructura de comunicación actual de la Institución y características arquitectónicas que presenten tanto el edificio principal como el edificio secundario. En el presente capítulo se realiza el levantamiento de la información, se analizará el tráfico actual y se calculará el posible tráfico futuro con una proyección a 5 años, además se planteará los requerimientos, servicios y aplicaciones que servirán para el diseño de la nueva red.

La información obtenida sobre el *hardware*, *software* y aplicaciones que actualmente tiene la Institución fue proporcionada por el Departamento de Informática, esto se complementó con inspecciones físicas y con el uso de herramientas para el monitoreo y análisis de red.

2.2 ANTECEDENTES

El cantón San Pedro de Huaca se encuentra ubicado en la Provincia del Carchi, con su cabecera cantonal Huaca, está a una altura de 2950 msnm y se localiza a 23.5 km de Tulcán. Su extensión territorial es de 73.10 km² y su población según el último censo 2010 es de 7624 habitantes.³⁵ Su clima es frío con una temperatura promedio de 12.2°C. San Pedro de Huaca basa su actividad económica en la agricultura y en la ganadería debido a que sus suelos son fértiles y sus mesetas son óptimas para la crianza de ganado, este cantón se destaca por ser pionero nacional en la producción de papas y leche, generando así una gran cantidad de recursos económicos.

³⁵ Fuente: Dirección de Gestión Ambiental, Patrimonio, Cultura, Turismo y Servicios Públicos

La fecha de cantonización de San Pedro de Huaca fue el 8 de Diciembre de 1995 donde se establecen 13 comunidades rurales, una parroquia rural llamada Mariscal Sucre y una urbana llamada Huaca, la misma que cuenta con 11 barrios³⁶, cabe destacar que este fue el último cantón que se creó en la Provincia del Carchi; el mapa del cantón se visualiza en la figura 2.1.



Figura 2.1 Mapa del Cantón Huaca ^[51]

Actualmente el Gobierno Municipal de Huaca está bajo la administración del Abogado Campo Paspuel, que fue electo para desempeñar sus funciones durante el período 2009-2014, su trabajo lo realiza junto con siete concejales quienes centran sus actividades en el progreso y desarrollo del cantón.

La municipalidad está dividida en varias direcciones y departamentos donde se distribuyen aproximadamente 100 empleados que trabajan con el único objetivo de servir eficientemente a toda la comunidad.

³⁶ <http://www.huaca.gob.ec/>

El diseño de la red busca cubrir deficiencias en el área de comunicaciones, implantando nuevas tecnologías en base a estándares que conlleven a la mejora de los procesos y servicios que se entreguen a la comunidad.

2.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Para conocer las necesidades de la municipalidad es indispensable plantear su estructura organizacional y saber cómo se trabaja dentro de ella, conociendo las direcciones y departamentos que la componen empezando desde su cabeza que es la Alcaldía.

2.3.1 DIRECCIONES Y DEPARTAMENTOS DE LA MUNICIPALIDAD

El Municipio de Huaca posee varias direcciones y departamentos los cuales tienen funciones específicas dentro de la entidad, gestionando actividades en progreso del cantón. Las direcciones y departamentos que tiene la administración del Municipio de Huaca son ³⁷ : Alcaldía, Concejo Municipal, Secretaría General, Dirección Administrativa y Financiera, Auditoría Interna, Asesoría Jurídica, Participación Ciudadana, Patronato, Servicio Social y Protección de Derechos, Tesorería y Recaudación, Contabilidad y Presupuesto, Comunicación Social y RR.PP, Comisaría Municipal, Rentas, Dirección de agua potable y alcantarillado, Departamento de desarrollo social, económico y ambiental, Departamento de OOPP, Planificación Urbana y Rural, Avalúos y Catastros, Informática, Talento Humano, Juntas de Protección, Concejo Cantonal, Biblioteca Municipal y Bomberos.

2.3.2 ORGANIGRAMA

El organigrama del Gobierno Municipal de Huaca se puede observar en la figura 2.2.

³⁷Fuente: Departamento de Talento Humano del Municipio de Huaca

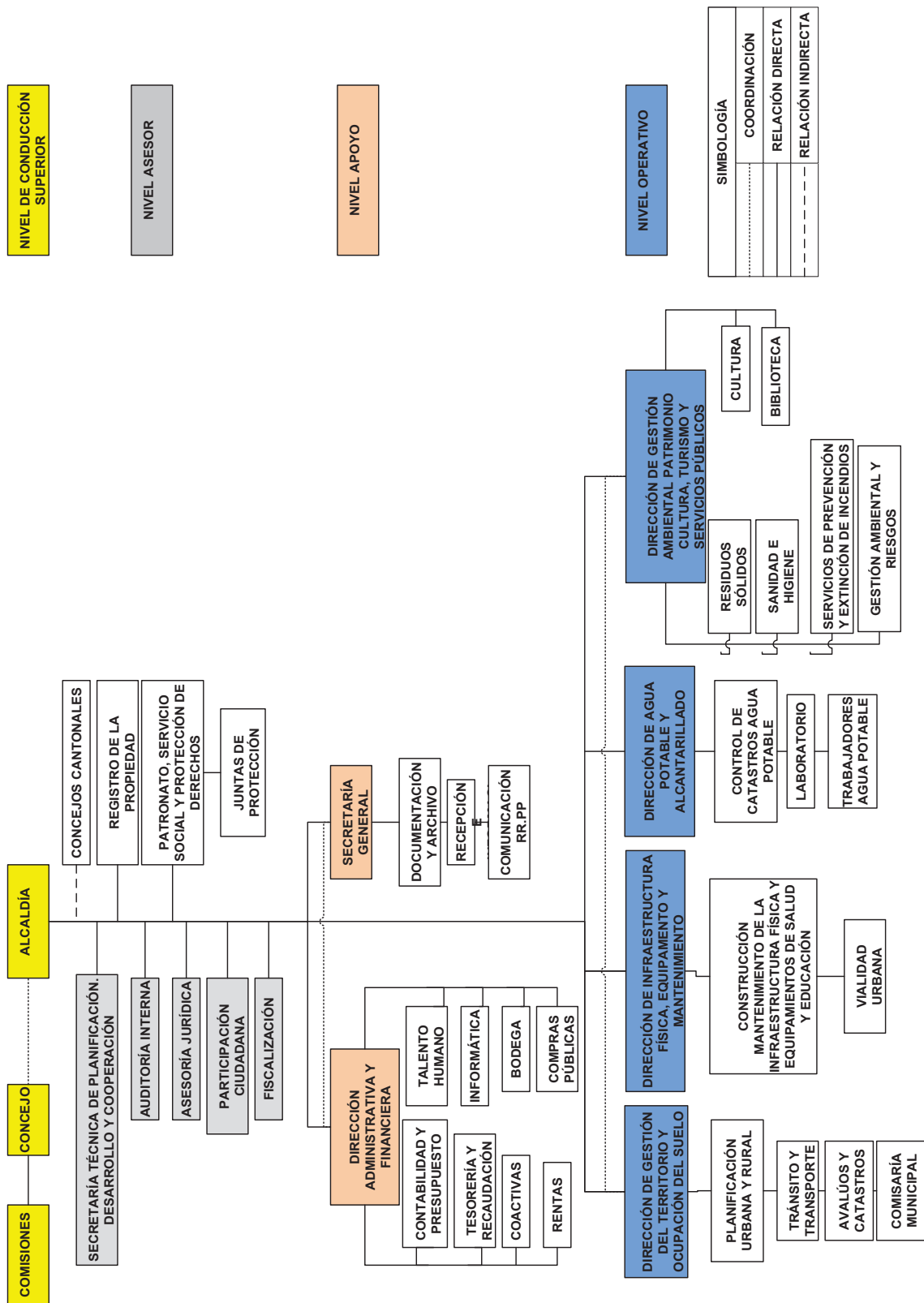


Figura 2.2 Organigrama del Municipio del Cantón Huacra

2.4 INFRAESTRUCTURA FÍSICA

Actualmente el MSPH³⁸ cuenta con dos instalaciones, un edificio principal y un edificio secundario (Junta Cantonal) ubicado a 200 m del primero, en la figura 2.3 se muestra un croquis de la ubicación de cada edificio.

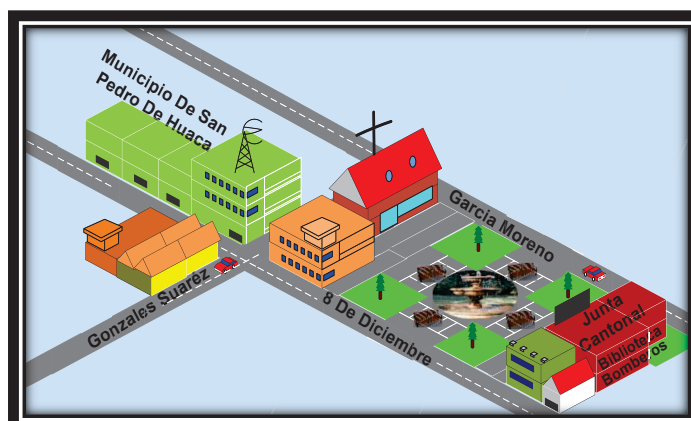


Figura 2.3 Croquis de ubicación de las instalaciones del MSPH

2.4.1 EDIFICIO PRINCIPAL

Este edificio está ubicado en las calles 8 de Diciembre y González Suárez, consta de tres pisos donde se distribuyen y funcionan la mayoría de los departamentos de la municipalidad, en la figura 2.4 se observa la edificación y en la tabla 2.1 se tiene la distribución departamental del mismo.



Figura 2.4 Edificio Principal

³⁸MSPH: Municipio San Pedro de Huaca

Edificio	Piso	Departamento
Principal	PB	Dirección Administrativa y Financiera
		Tesorería y Recaudación
		Contabilidad y Presupuesto
		Patronato, Servicio Social y Protección De Derechos
		Concejo Municipal
		Comunicación RR.PP
		Informática
	1	Alcaldía
		Secretaría General
		Talento Humano
		Sala de sesiones del Concejo
		Asesoría Jurídica
		Comisaría Municipal
		Rentas
	2	Departamento De Desarrollo Social, Económico y Ambiental
		Departamento de Obras Públicas
		Planificación Urbana y Rural
		Avalúos y Catastros
		Dirección Agua Potable y Alcantarillado
		Auditoría Interna
	Participación Ciudadana	

Tabla 2.1 Distribución departamental del Edificio Principal

2.4.2 EDIFICIO SECUNDARIO

Este edificio está ubicado entre las calles 8 de Diciembre y García Moreno, consta de dos pisos donde trabajan otras dependencias importantes de la municipalidad. En la figura 2.5 se observa su edificación y en la tabla 2.2 se tiene su distribución departamental.



Figura 2.5 Edificio Secundario

Edificio	Piso	Departamento
Secundario	PB	Junta Cantonal De Protección De Derechos De Niñas, Niños y Adolescentes
		Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia
		Bomberos
	1	Biblioteca Municipal

Tabla 2.2 Distribución departamental del Edificio Secundario

2.5 SITUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN ACTUAL DE LA INSTITUCIÓN

2.5.1 CABLEADO ESTRUCTURADO

Los edificios principal y secundario del MSPH no cuentan con un sistema de cableado estructurado que cumpla con estándares internacionales, limitando a la Institución de tener una red segura y flexible físicamente.

Se maneja 2 tipos de cable UTP categoría 5 y 5e, que se han construido manualmente con la configuración EIA/TIA-568A sin certificación alguna; el enrutamiento del cable se lo hace por el suelo y paredes sin ser transportado por ningún medio que le brinde seguridad, exponiéndolo a un rápido deterioro.

Al no existir puntos de red instalados, el *patch cord* va directamente de los equipos activos (*switches*) a las estaciones de trabajo, de igual manera se conectan directamente entre los *switches*, por lo que se pudo observar que el cable es de gran longitud incumpliendo normas y estándares.

El MSPH no cuenta con un cuarto de equipos centralizado que abarque los *racks* de equipos activos y las terminaciones del cableado horizontal, además debido a las limitaciones de espacio físico no se posee armarios de telecomunicaciones en cada piso para que alojen a los dispositivos activos; éstos se encuentran colocados en mesas, escritorios, archiveros, paredes y peor aún en algunos casos en el suelo de las oficinas sin ninguna protección.

Para la distribución del servicio de Internet en el edificio, el tendido de cables es de forma aérea hacia los diferentes pisos atravesando paredes y ventanas para lograr la conexión con los diferentes equipos (*switches*) ubicados en el trayecto. Esta situación puede provocar imprevistos como: desconexión de cables, apagado de equipos, daño del cable UTP, haciendo que estos problemas sean más difíciles de identificar y que la solución de los mismos involucre más tiempo, llevando a una pérdida de recursos y a que la calidad de servicios de atención a la comunidad disminuya.

Las dependencias del MSPH ubicadas en el edificio secundario están totalmente aisladas de los pocos recursos de red del edificio principal, por lo que no presentan un sistema de cableado. Cabe recalcar que únicamente la Biblioteca Municipal cuenta con un servicio de Internet, totalmente independiente al servicio que poseen en el edificio principal.

2.5.2 EQUIPOS ACTIVOS EXISTENTES

El MSPH tiene instalado varios equipos, tales como: Módems ADSL, *Routers* inalámbricos, *switches* (no administrables o de acceso) y *hubs*, en la tabla 2.3 se ilustran los equipos activos de comunicación que posee actualmente la municipalidad para poder brindar el servicio de Internet y acceso a la base de datos del sistema SIG-AME.

En la tabla 2.3 se observa que la mayoría de los equipos no son administrables, por lo que para el diseño de la nueva red multiservicios será necesario adquirir dispositivos administrables que permitan el manejo de ciertos protocolos como: VLANs, QoS que son indispensables para el correcto funcionamiento de la telefonía IP, video vigilancia IP y videoconferencia. Se concluye además que los *switches* tanto del edificio principal como secundario se encuentran saturados, impidiendo que se incorporen nuevos usuarios a la red.

Edificio	Piso	Equipo	Marca/Modelo	Administrable	No. Puertos (ocupados, libres)
Principal	PB	Modem/Router	Huawei/Echo Life HG520c ^{[52][53]}	SI	(3.1)
		Router Inalámbrico	Linksys/WRT54GL ^[54]	SI	(4.0)
		Switch	Trendnet/TE100-S8/AS ^[57]	NO	(3.5)
		Switch	Dlink/Des-1008D ^[58]	NO	(8.0)
		Switch	Trendnet/TE100-S8/AS	NO	(8.0)
		Router Inalámbrico	Dlink/Dir 600 ^[55]	SI	(2.2)
		Hub	3COM/3c16700 ^[60]	NO	(2.6)
	1	Switch	Dlink/Des-1008D	NO	(8.0)
		Switch	Cnet/CSH-800 ^[59]	NO	(3.5)
		Switch	Dlink/Des-1008D	NO	(6.2)
		Router Inalámbrico	Linksys/WRT54G2V1 ^[56]	SI	(4.0)
		Switch	Dlink/Des-1008D	NO	(5.3)
	2	Switch	Dlink/Des-1008D	NO	(8.0)
		Switch	Dlink/Des-1008D	NO	(3.5)
		Switch	Dlink/Des-1008D	NO	(6.2)
		Router Inalámbrico	Dlink/Dir 600	SI	(3.2)
Secundario	1	Modem/Router	Huawei/Echo Life HG520c	SI	(3.1)
		Switch	Trendnet/TE100-S8/AS	NO	(6.2)

Tabla 2.3 Equipos activos de comunicación del MSPH

2.5.3 ESTACIONES DE TRABAJO

El Municipio de Huaca maneja equipos portátiles y de escritorio; los sistemas operativos instalados son: *Microsoft Windows XP* y *Seven*.

Existen empleados de la municipalidad que no cuentan con un equipo de escritorio, debido que el trabajo que realizan no lo requiere y en otros casos porque están a la espera de la adquisición de nuevas estaciones.

A parte de la inspección física que se realizó para determinar la cantidad de estaciones de trabajo que existen en la municipalidad, se utilizó la herramienta Zenmap la cual realiza un barrido en la red para hacer un reconocimiento de las

estaciones activas, permitiendo conocer algunas características de interés como: puertos, sistemas operativos instalados, servicios, etc.

En la tabla 2.4 se muestra el número de estaciones conectadas a la red del edificio principal, especificada por piso y departamento; de igual manera en la tabla 2.5 se ilustra el número de estaciones del edificio secundario, considerando que en este edificio solo tienen acceso a Internet las estaciones de la Biblioteca Municipal.

Edificio	Piso	Departamento	Número de Estaciones
Principal	PB	Dirección Administrativa y Financiera	2
		Tesorería y Recaudación	2
		Contabilidad y Presupuesto	4
		Patronato, Servicio Social y Protección De Derechos	1
		Concejo Municipal	7
		Comunicación RR.PP	2
		Informática	3
	1	Alcaldía	1
		Secretaría General	2
		Talento Humano	1
		Asesoría Jurídica	2
		Comisaría Municipal	1
		Rentas	1
	2	Departamento De Desarrollo Social, Económico y Ambiental	4
		Departamento de Obras Públicas	3
		Planificación Urbana y Rural	2
		Avalúos y Catastros	3
		Dirección Agua Potable y Alcantarillado	2
Auditoría Interna		1	
Participación Ciudadana	1		
Total			45

Tabla 2.4 Estaciones de trabajo en el Edificio Principal

Edificio	Piso	Departamento	Número de Estaciones
Secundario	PB	Junta Cantonal De Protección De Derechos De Niñas, Niños y Adolescentes	2
		Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia	3
		Bomberos	0
	1	Biblioteca Municipal	9
Total			14

Tabla 2.5 Estaciones de trabajo en el Edificio Secundario

2.5.4 SERVIDORES

2.5.4.1 Servidor de Base de Datos

El MSPH tiene a su disposición únicamente un servidor de Base de Datos que se lo emplea para el manejo del Sistema Integral de Gestión Administrativo y Financiero de la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (SIG-AME).

Este sistema emplea varios módulos o aplicaciones que hacen uso de esta base de datos, en la tabla 2.6 se detalla las características físicas que posee este servidor.

Nombre	Marca /Modelo	Procesador/Velocidad	Memoria	Disco Duro
Servidor SQL	HP/Proliant ML350GB	Intel Xeon E5620/ 2.40 GHz	4GB	80GB

Tabla 2.6 Características físicas del servidor de base de datos

El sistema operativo instalado es *Windows Server 2008 Service Pack 2* y la base de datos se maneja y administra con *Microsoft SQL Server 2005*. La configuración de red de este servidor se ilustra en la tabla 2.7.

Servidor	Dirección IP	Máscara de subred	Puerta de enlace predeterminada	DNS
ServidorSQL	192.168.0.1	255.255.255.0	192.168.0.2	192.168.1.1

Tabla 2.7 Configuración de red del servidor de base de datos

2.5.5 SISTEMA DE RESPALDO UPS³⁹

El servidor SQL se encuentra conectado a un sistema de respaldo de energía, permitiendo la operación prolongada de los servicios del sistema SIG-AME en caso de un corte de energía eléctrica comercial. Es un UPS muy básico las características del mismo se muestran en la tabla 2.8.

³⁹ UPS: *Uninterruptible Power Supply*, es un dispositivo que, gracias a sus baterías u otros elementos almacenadores de energía, puede proporcionar energía eléctrica por un tiempo limitado y durante un apagón a todos los dispositivos que tenga conectados.

Dispositivo	Marca/Modelo	Capacidad	Voltaje (input,output)	Tiempo de Respaldo
UPS	APC/BR1300G	780 Watts / 1,3 KVA	120 V	90 min

Tabla 2.8 Características del UPS⁴⁰

2.5.6 SERVICIOS Y APLICACIONES QUE MANEJA EL MSPH

2.5.6.1 Internet

El acceso a Internet de los usuarios es controlado por *hardware* empleando el *router* de banda ancha *Wireless-G Linux (WRT54GL)*, este equipo permite limitar el acceso a Internet por tiempo haciendo uso de la dirección IP asignada a cada estación de trabajo.

El control de tráfico para el acceso a Internet se lo hace en base a reglas que especifican el tiempo máximo de uso de este recurso para cada usuario. Es así que funcionarios como Alcalde, Concejales, Directores y el personal que hace uso del sistema SIG-AME como tesorería, recaudación, contabilidad, dirección financiera y avalúos y catastros tienen asignado el uso de Internet permanente, mientras que secretarías y resto de empleados únicamente tienen este servicio dos horas en el día, en los horarios de la mañana de 8 am a 9 am y de la tarde de 4 pm a 5 pm.

En la tabla 2.9 se muestra la cantidad de usuarios que tienen acceso a Internet permanente, el número de usuarios que tienen acceso únicamente por horarios y el número de usuarios que no tienen este servicio, para tener una referencia del tráfico generado en la Institución.

Servicio De Internet	Cantidad De Usuarios
Permanente	42
Por horario	12
No poseen	5
Total	59

Tabla 2.9 Usuarios del servicio de Internet

⁴⁰ http://www.apc.com/resource/include/techspec_index.cfm?base_sku=BR1300G

2.5.6.2 Sistema SIG-AME^[61]

El Sistema Integral de Gestión Administrativo y Financiero de la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas es un *software* que facilita la automatización de tareas de gestión y análisis de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, esta herramienta proporciona seguridad y agiliza las operaciones en las áreas de contabilidad, administración financiera, avalúos y catastros, recaudaciones y tesorería, atendiendo así a los requerimientos de información hacia los sistemas del Gobierno Central. Los módulos que implementa este sistema son:

✓ *Sistema Administrativo y Financiero*

Es un sistema que integra las diferentes unidades administrativas de la municipalidad con el fin de optimizar el control de recursos, este a su vez implementa los siguientes módulos: Contabilidad, Presupuesto, Inventario para la venta, Inventario para la inversión e Inventario para el consumo corriente. El sistema brinda la información según los requerimientos del Ministerio de Economía y Finanzas.

✓ *Sistema Integral de Catastros, SIC*

Permite registrar el inventario predial tanto urbano como rural del cantón, facilita la valoración y emisión de títulos, identifica rápidamente el valor de la recaudación actual, los valores vencidos y los propietarios de los predios brindando información y servicio confiable a los contribuyentes.

✓ *Sistema de Gestión de Comercialización de Servicios, GCS*

Con el uso de esta aplicación se puede sistematizar y automatizar los principales procesos del área de comercialización de los Servicios Municipales como: Agua Potable, Alcantarillado, Desechos Sólidos y Venta de Medidores.

Para el uso de SIG-AME la Institución debe tener una red interconectada con todos los clientes de los módulos del sistema, el MSPH utiliza la misma red con la que se tiene acceso a Internet para lograr la conexión con la Base de Datos.

2.5.6.3 Sistema SISLECU^[62]

El departamento de Asesoría Jurídica hace uso de una aplicación que le permite la búsqueda rápida y precisa de textos jurídicos facilitándole argumentar debidamente procesos legales y proceder con eficacia en el ejercicio del derecho y la defensa de sus intereses, así como para el desarrollo y análisis de nueva normativa ajustada a las exigencias del marco constitucional/legal actual.

La información se encuentra ordenada por bibliotecas, por materias jurídicas que permite hacer búsquedas ajustadas a sus necesidades personales e institucionales. Para hacer uso de este *software* se requiere tener conexión a Internet para poder recibir las actualizaciones de esta poderosa herramienta de fiscalización y cumplimiento de normativa.

2.5.6.4 Página Web

El MSPH dispone de una página web que proporciona y facilita información de interés, buscando así establecer una relación más estrecha con la comunidad, la dirección electrónica del sitio web de la municipalidad es <http://www.huaca.gob.ec/> y se observa en la figura 2.6.



Figura 2.6 Página Web del MSPH

La pantalla principal de la página web despliega información acerca de las obras ejecutadas, proyectos civiles, atractivos turísticos, cultura y religión, trámites municipales, informes laborales, actividades y festividades del cantón Huaca.

La Institución no posee una IP pública por lo que no tiene *hosting* propio, debido a esto la página web de la municipalidad se encuentra alojada en un servidor de la AME⁴¹ que le ha proporcionado este servicio.

2.5.7 DIRECCIONAMIENTO IP

En la municipalidad actualmente se maneja un esquema de direccionamiento estático, usando el protocolo *Ipv4 (Internet Protocol versión 4)*, de tal manera que en el edificio principal se tienen configuradas tres direcciones de red privadas clase C, estas son 192.168.0.0, 192.168.2.0, 192.168.3.0; mientras que en la biblioteca ubicada en el edificio secundario se tiene otra dirección de red, de igual manera privada y de clase C, esta es 192.168.1.0, la cual es totalmente independiente de la red principal del municipio; además es importante notar que los rangos de direcciones IP no han sido asignados de forma continua sino que se han manejado de manera aleatoria.

2.5.8 ENLACE ENTRE EL EDIFICIO PRINCIPAL Y SECUNDARIO

Como se había mencionado anteriormente el edificio secundario está ubicado aproximadamente a 200 m del edificio principal y se encuentra totalmente aislado de los recursos de red de éste, las dependencias como la Junta Cantonal De Protección De Derechos De Niñas, Niños y Adolescentes, el Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia y los Bomberos no cuentan con acceso a Internet, únicamente la Biblioteca Municipal por el servicio que brinda a la comunidad se le ha dotado de Internet para sus estaciones.

⁴¹ AME: Asociación de Municipalidades Ecuatorianas

2.5.9 ENLACE A INTERNET

Para la salida a Internet el MSPH dispone de un acceso compartido 4:1 de 4 Mbps provisto por la empresa CNT. El enlace es asimétrico esto significa que no se tiene la misma velocidad de transmisión para el *upstream*⁴² que para el *downstream*⁴³.

En la figura 2.7 se ilustra el diagrama de la red de acceso a Internet y acceso al sistema SIG-AME en el edificio principal. En la figura 2.8 se observa el diagrama de la red de acceso a Internet de la Biblioteca Municipal.

En el diagrama de la figura 2.7 se puede observar que la topología empleada es del tipo estrella tanto física como lógica, desde el *router* central se distribuye el Internet hacia los distintos *switches* ubicados en los diferentes departamentos y desde estos directamente a las estaciones de trabajo y en algunos casos a otros *switches* con el objetivo de ampliar la red y albergar a más usuarios.

2.5.10 ANÁLISIS DEL SISTEMA TELEFÓNICO

El Municipio de Huaca posee una central telefónica analógica que fue adquirida hace 12 años. Esta central que se encuentra en deterioro debido a que no ha recibido ningún tipo de mantenimiento desde que se la instaló.

La central telefónica corresponde a una central PANASONIC de modelo KX-T30810B, la cual cuenta con una capacidad de 3 líneas troncales y 8 extensiones o líneas internas, ésta se encuentra ubicada en el primer piso en el área de Secretaría General desde donde también se maneja el conmutador PANASONIC KX-T7730 para la transferencia de llamadas hacia las distintas extensiones.

⁴²*Upstream*: Velocidad con la que los datos pueden ser cargados a un servidor

⁴³*Downstream*: Velocidad con la que los datos pueden ser descargados de un servidor

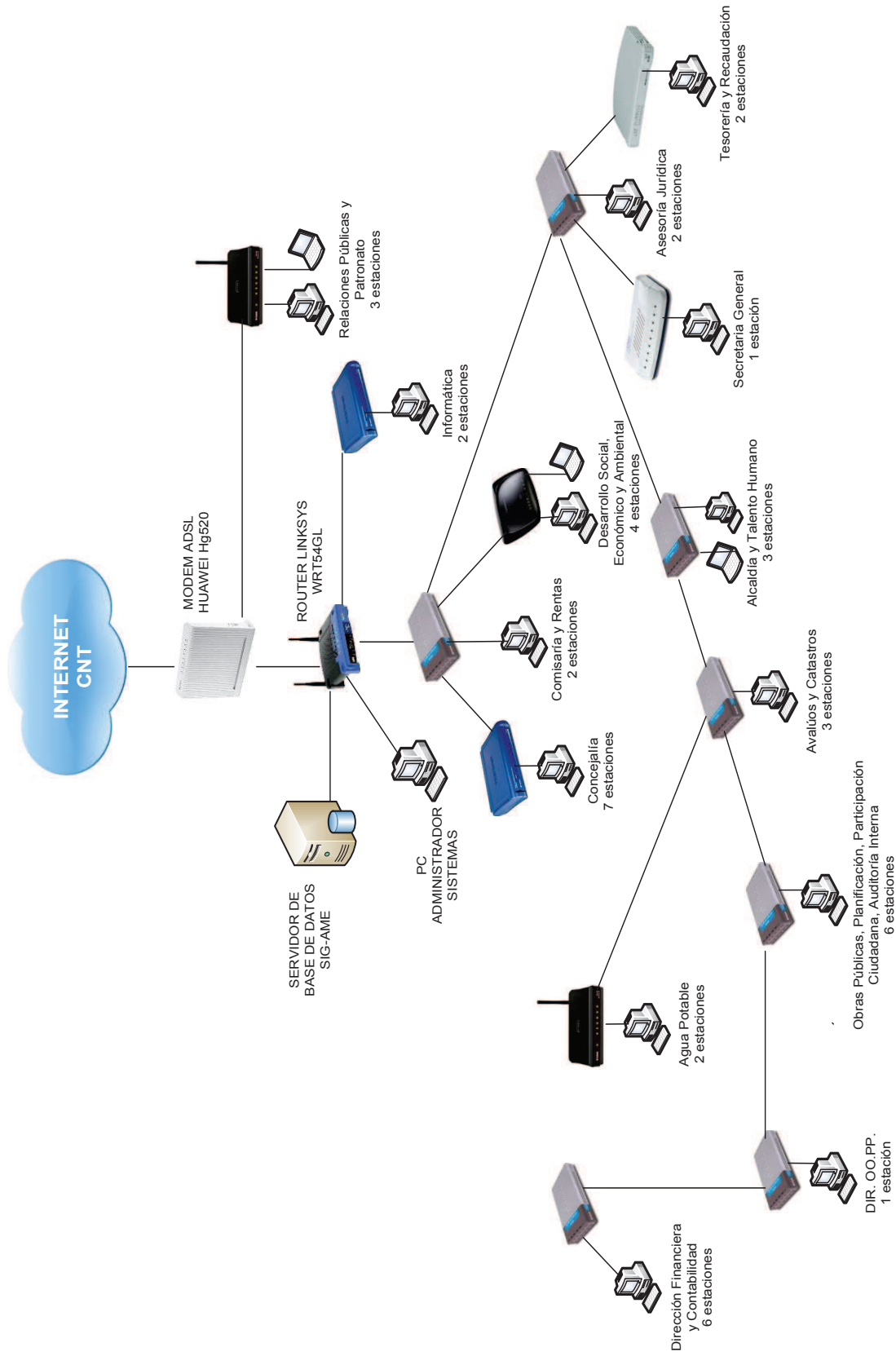


Figura 2.7 Diagrama de red de acceso a Internet y de acceso al sistema SIG-AME del MSPH

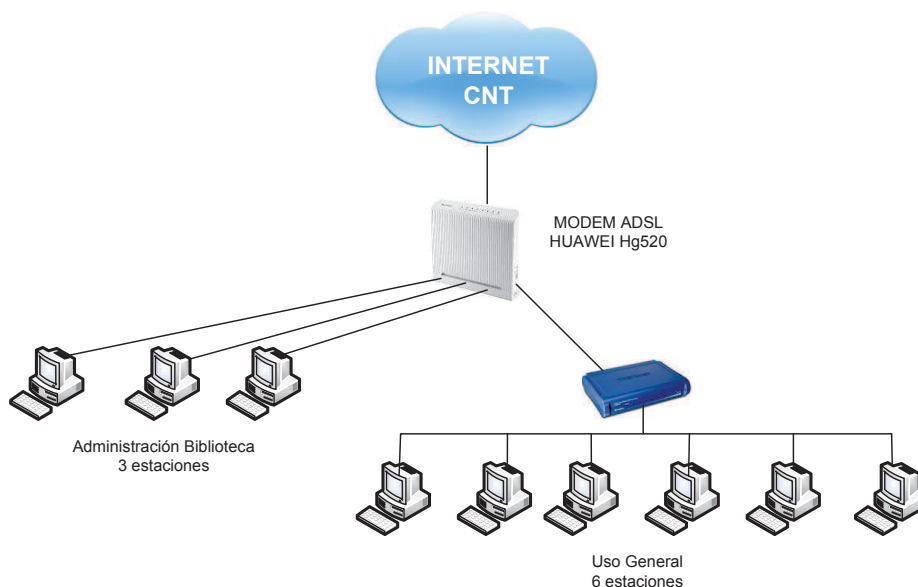


Figura 2.8 Diagrama de red de acceso a Internet-Biblioteca Municipal

2.5.10.1 Distribución Telefónica del MSPH

Debido a la baja capacidad que presta la central telefónica, la red de voz solo abarca algunos departamentos del edificio principal, excluyendo de este servicio a la mayoría de funcionarios de la municipalidad.

El servicio de telefonía dispone de 3 líneas troncales analógicas proporcionadas por el proveedor de telefonía CNT, en la tabla 2.10 se observa las troncales y extensiones en uso de la central telefónica detallando el departamento al cual han sido asignadas.

Departamentos	Número	Tipo de Línea
Secretaría General	2973196	Troncal
Patronato Municipal	2973197	Troncal
Alcaldía	2973198	Troncal
Medio Ambiente	12	Extensión
Fax	13	Extensión
Obras Públicas	14	Extensión
Avalúos y Catastros	15	Extensión
Contabilidad	18	Extensión

Tabla 2.10 Troncales y extensiones de la central telefónica del MSPH

2.5.11 ANÁLISIS DEL TRÁFICO DE LA RED DE DATOS Y DE VOZ ACTUAL

2.5.11.1 Tráfico de la Red de Datos

Mediante este análisis se pretende tener una idea general de la cantidad de recursos que se manejan en la red de acceso a Internet y de consultas al servidor de base de datos del sistema SIG-AME que actualmente posee el Municipio.

Hoy en día se dispone de varias herramientas de análisis y monitoreo de fácil manipulación e interpretación de resultados.

Para la realización del análisis de tráfico en el MSPH se han usado las herramientas: PRTG (*Paessler Router Traffic Grapher*) y el *sniffer Wireshark* que servirán para evaluar el uso de recursos de red.

A continuación se muestran los resultados obtenidos del tráfico circulante en la red, se tomaron algunas muestras en diferentes periodos una hora, un día, un mes debido a que el permiso para realizar este monitoreo fue febrero, mes que se tomará como referencia para los cálculos futuros.

2.5.11.1.1 Monitoreo con PRTG

Este *software* fue instalado en una laptop con sistema operativo *Windows Seven*, para capturar del tráfico se realizó un puente entre el *router* principal Linksys WRT54GL y el módem ADSL usando dos interfaces de red en dicha laptop, este método de captura también es conocido como *Man in the Middle* a nivel físico, de esta manera se tendrá un acceso pasivo a todo el caudal del tráfico.

El primer análisis se lo realizó durante la hora en la que todos los usuarios tienen acceso a Internet de 8 am a 9 am, ya que por política de la Institución se restringe este servicio para algunos funcionarios durante el periodo de 9 am a 4 pm, volviéndose a restituir el servicio de 4 pm a 5 pm.

En la figura 2.9 se puede observar los valores del tráfico en volumen y en velocidad tanto de entrada como de salida, en el periodo de una hora.

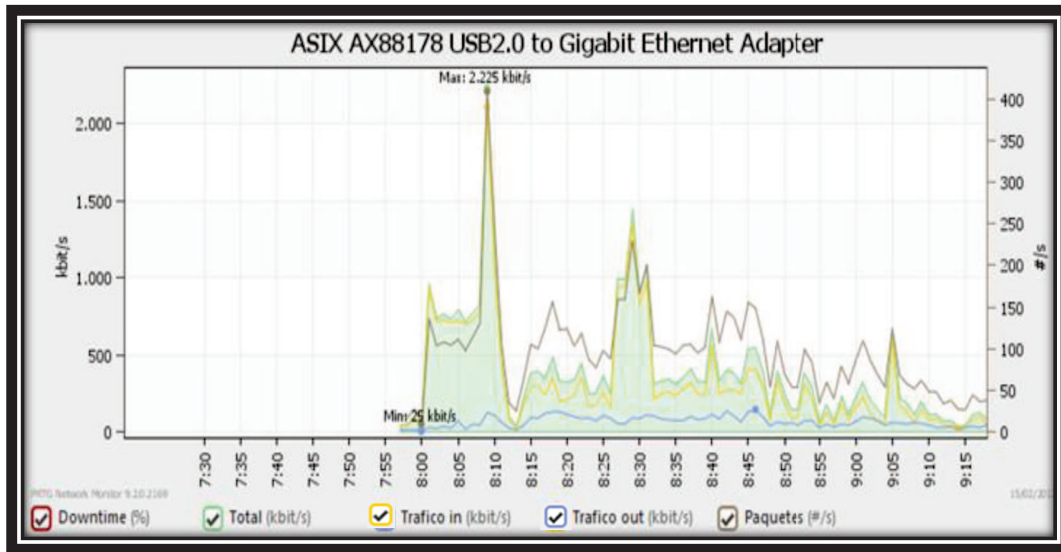


Figura 2.9 Tráfico de red en el periodo de una hora

Se observa que existe en momentos valores picos en los que los usuarios ingresan a Internet e ingresan al sistema SIG-AME, teniendo así como velocidad promedio en la hora pico 104,33 Kbps de salida y 637,75 Kbps de entrada. Con los datos registrados se realizó un gráfico del tráfico de entrada y del tráfico de salida (Velocidad [Kbps]) y se muestra en la figura 2.10



Figura 2.10 Tráfico de entrada y salida en la hora pico

Se realizó un segundo análisis tomando como referencia un día, en la figura 2.11 se ilustra el gráfico captado por la herramienta PRTG indicando valores en volumen y en velocidad del tráfico *IN* y *OUT*.

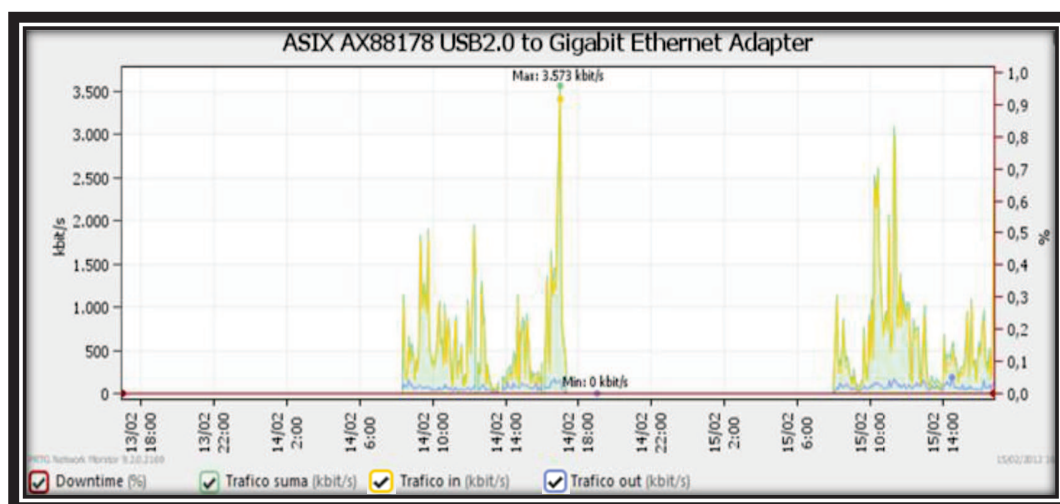


Figura 2.11 Tráfico de red en el periodo de 1 día

La velocidad promedio en el día es de 77,56 Kbps de salida y de 654,56 Kbps de entrada. En la figura 2.12 se ilustran las curvas del tráfico consumido en la red en un día.

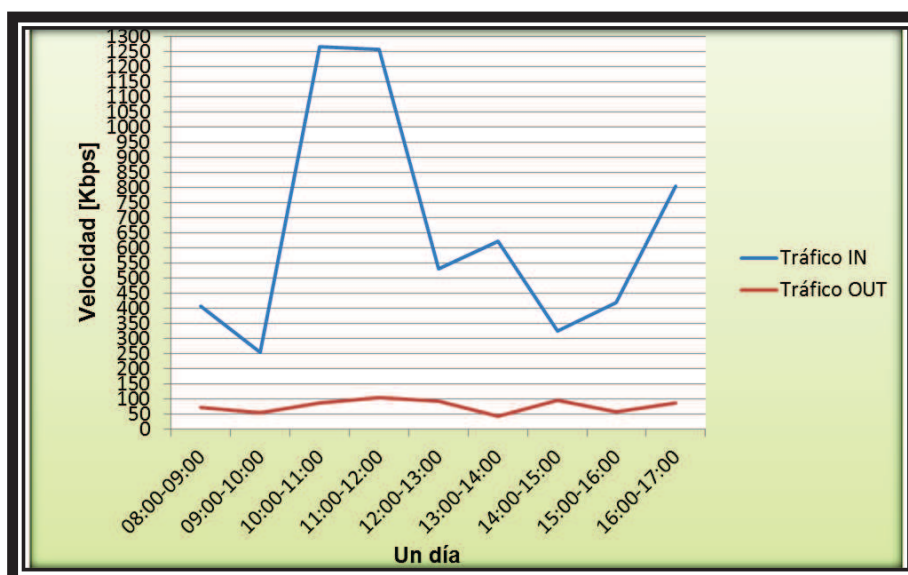


Figura 2.12 Tráfico de entrada y salida en un día

Se realizó un tercer análisis tomando como referencia un mes, específicamente el mes de febrero por razones antes mencionadas, en la figura 2.13 se muestra la gráfica tomada con el *software* PRTG, se observa únicamente en el flujo el valor pico correspondiente a 2419 Kbps para la velocidad de entrada y de 672 Kbps para la velocidad de salida.

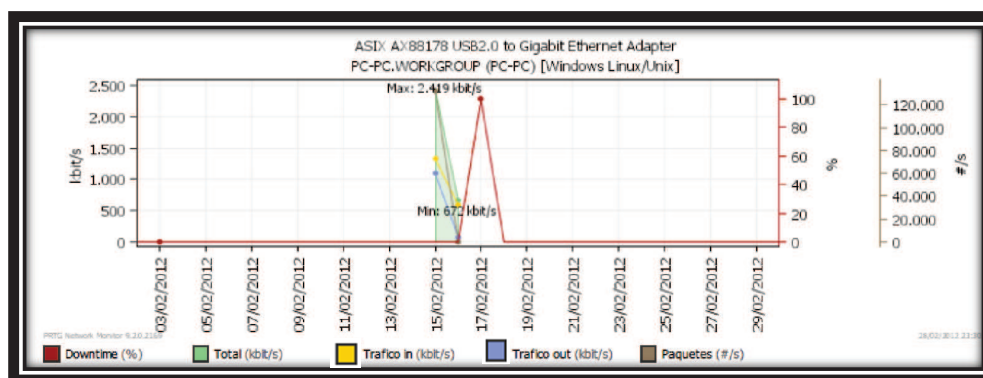


Figura 2.13 Tráfico de red en el periodo de un mes

La velocidad promedio de salida es de 579,79 Kbps y de entrada 1186,84 Kbps, notando en los datos que existen valores picos en ciertos días del mes, donde se consumen mayores recurso en la red accediendo a Internet y a la base de datos del sistema SIG-AME. En la figura 2.14 se muestran las curvas del tráfico consumido en el mes de febrero.

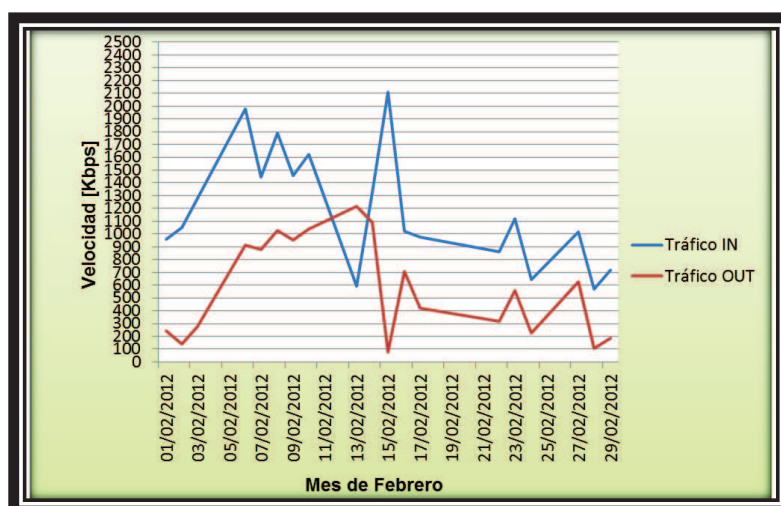


Figura 2.14 Tráfico de entrada y salida en un mes

Conocer la carga que circula por un determinado servidor es de gran importancia, es por esto que se ha instalado la herramienta PTRG en el servidor de Base de Datos del sistema SIG-AME para tener un conocimiento de la cantidad de tráfico que se genera solo con las consultas a esta base de datos. Se monitoreó la interfaz de red del servidor de igual manera durante periodos de una hora, un día y un mes.

Se hizo un primer análisis durante una hora pico en la que el acceso a la base de datos es mayor, ya que se realizan pagos de impuestos, consultas financieras, etc. En la figura 2.15 se muestra el gráfico captado por el *software* PRTG de la interfaz de red del servidor.

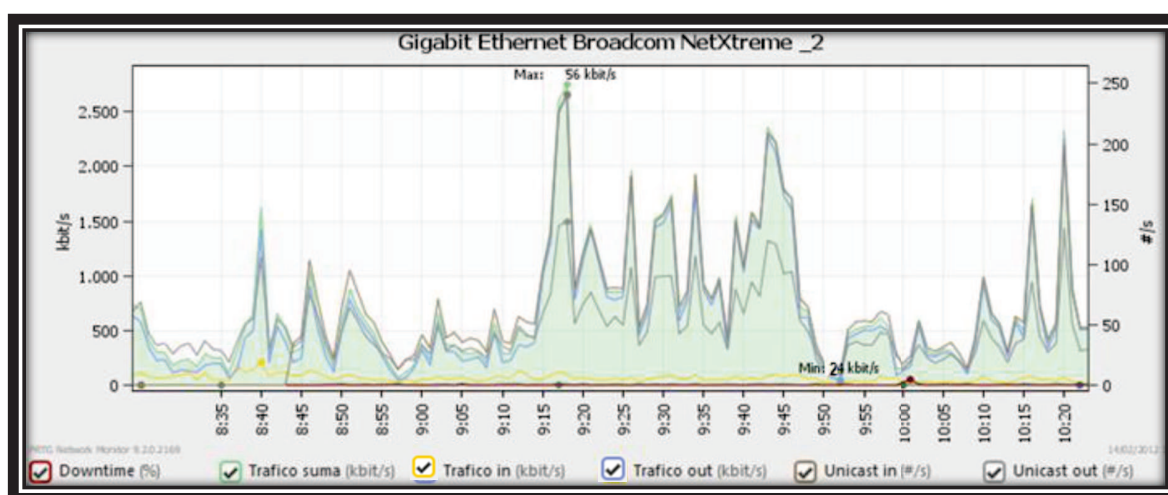


Figura 2.15 Tráfico servidor de base de datos en el periodo de una hora

La velocidad promedio de salida es de 12,83 Kbps y de entrada 29,67 Kbps, en la figura 2.16 se ilustran las curvas del tráfico de entrada y salida generado en una hora pico.

En la figura 2.17 se observa la gráfica de un segundo reporte realizado en un día en el servidor con la herramienta PRTG.



Figura 2.16 Tráfico de entrada y salida en una hora pico

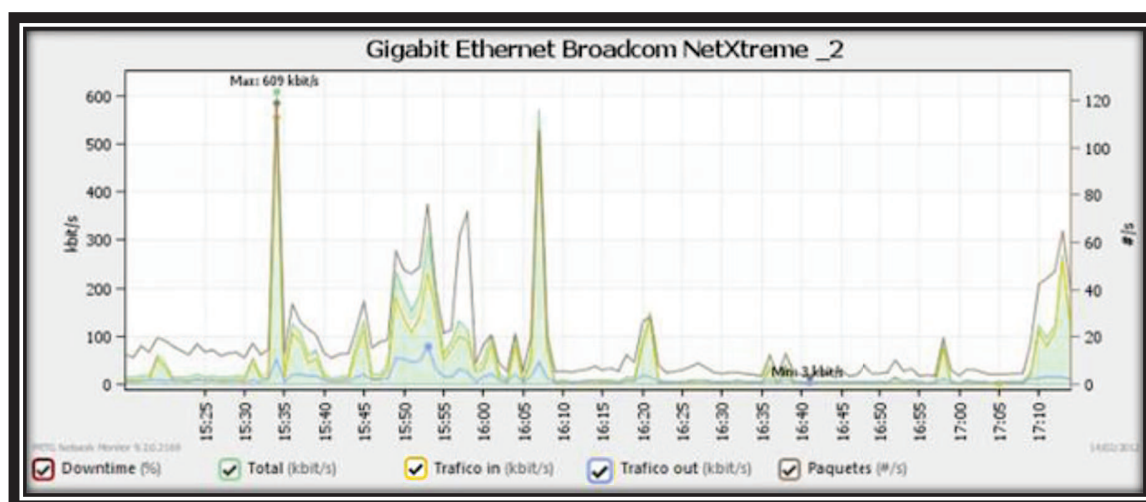


Figura 2.17 Tráfico en el servidor de base de datos en el periodo de un día

Se identifica un pico de 609 Kbps aproximadamente a las 15:35, la velocidad promedio de salida es de 17,44 Kbps y de entrada es de 36,56 Kbps; en la figura 2.18 se ilustran las curvas originadas por estos datos.



Figura 2.18 Tráfico de entrada y salida en un día

Como tercer análisis tomado en el servidor se capturaron los datos durante el periodo de un mes, específicamente febrero, el *software* PRTG proporcionó la siguiente gráfica donde se identifica un valor pico originado en un día del mes (Ver figura 2.19):

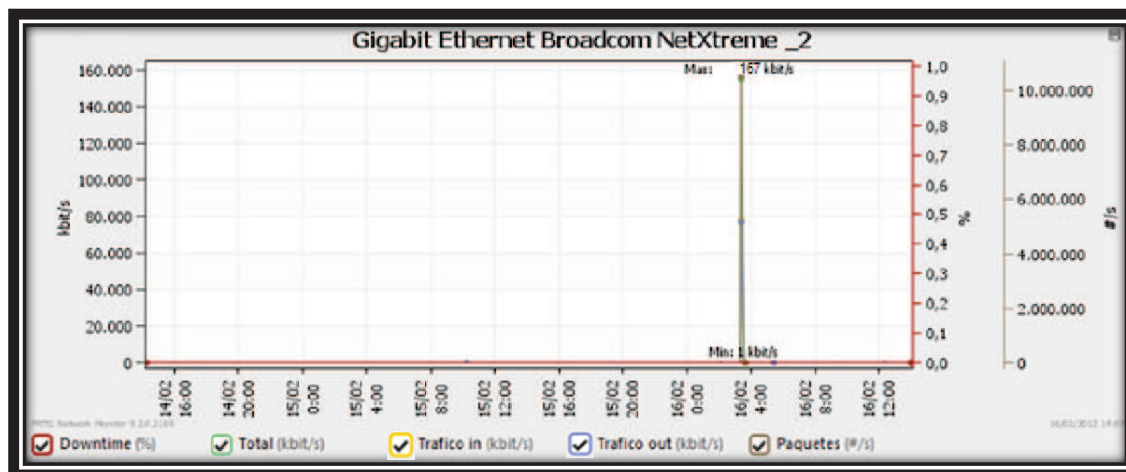


Figura 2.19 Tráfico servidor de base de datos en el periodo de un mes

La velocidad promedio de salida es de 90,47 Kbps y de entrada 136,11 Kbps, en la figura 2.20 se presentan las curvas del tráfico originado en este servidor.

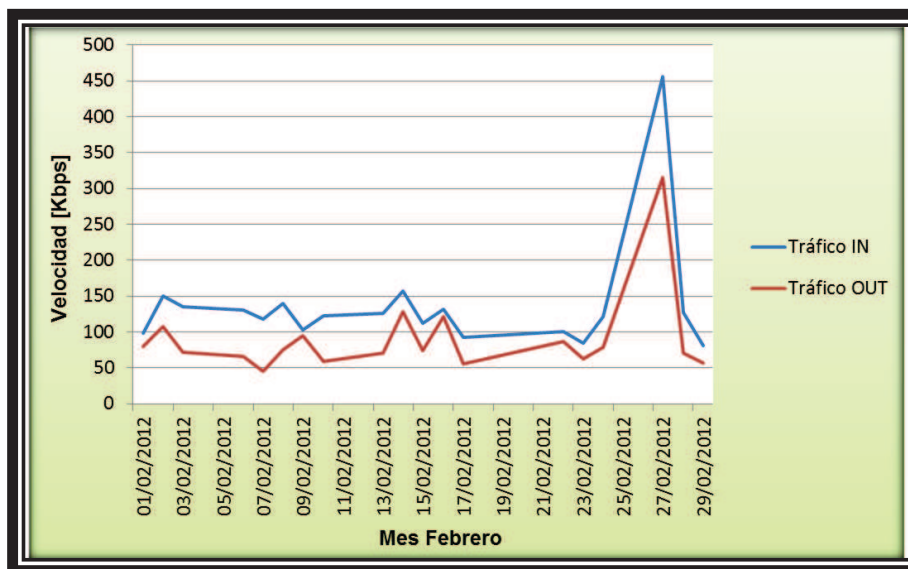


Figura 2.20 Tráfico de entrada y salida en un mes

Para conocer el tráfico total que circula por la red se suman los valores máximos del tráfico de entrada y salida, es así que con los datos obtenidos se tiene un tráfico pico de aproximadamente 4 Mbps ($1218 \text{ Kbps} + 2108 \text{ Kbps} = 3326 \text{ Kbps}$).

Para conocer el tráfico total en el servidor de Base de Datos de SIG-AME se suman los valores máximos del tráfico de entrada y salida en un determinado periodo, es así que con los datos obtenidos se tiene un tráfico pico de aproximadamente 1 Mbps ($315 \text{ Kbps} + 456 \text{ Kbps} = 771 \text{ Kbps}$).

2.5.11.1.2 Monitoreo con Sniffer Wireshark

Wireshark es una herramienta *open source* que permite analizar los protocolos que circulan por la red y obtener un porcentaje de uso de los mismos. Para correr este *software* se usó el mismo esquema utilizado en el monitoreo con PRTG. Se instaló el *sniffer* en una laptop con sistema operativo *Windows*, y se empleó el mismo método de captura *Man in the Middle* a nivel físico.

Con esta herramienta se realizó un solo monitoreo durante el periodo de un día, para tener una referencia del tipo de tráfico que circula por la red.

Con la información obtenida se tiene conocimiento de los servicios que están corriendo en la red del MSPH, en la tabla 2.11 se presentan los porcentajes de uso de los protocolos.

Protocolos	%Bytes
UDP	7,77%
SNMP	2,90%
ICMP	3,39%
TCP	87,04%
ARP	1,50%

Tabla 2.11 Porcentaje de uso de los protocolos que circulan por la red

En la figura 2.21 se muestra un gráfico propio de la herramienta *Wireshark* en el que se indica el flujo de información de los diferentes protocolos que circulan en la Red.

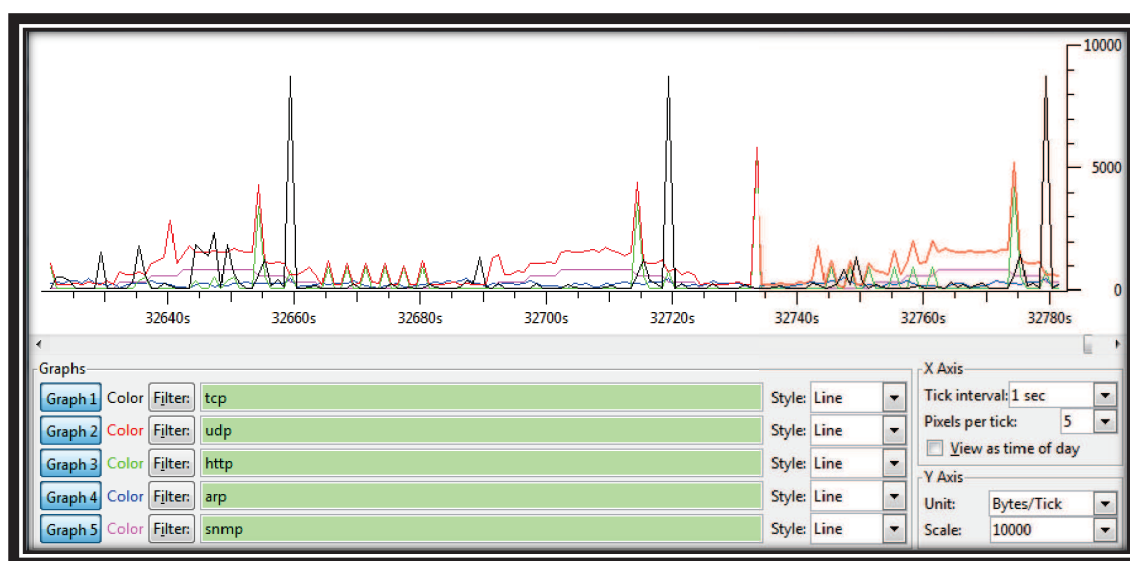


Figura 2.21 Gráfico proporcionado por la herramienta *Wireshark*

2.5.11.2 Tráfico de Voz

Debido a que la central telefónica es antigua, no se posee claves de acceso a su consola de administración, ésta simplemente se encuentra operando con las configuraciones iniciales básicas, por este motivo no es posible entrar a realizar cambios ni mantenimiento en la misma, de manera que de las 8 extensiones que posee la central, 5 están activas y 3 de ellas están fuera de operación.

Por esta razón fue imposible obtener reporte de las llamadas entrantes y salientes, ni tener conocimiento de la duración promedio de las mismas, por lo se optó realizar un monitoreo visual del tráfico telefónico, el cual fue llevado a cabo en el área de Secretaría General, que es el lugar desde donde se conmutan las llamadas a las diferentes extensiones en los departamentos y desde donde salen las llamadas que requieran realizar los funcionarios de la municipalidad, los datos fueron obtenidos durante todo un día en las diferentes horas laborables; cabe notar que todas las líneas directas no poseen salida a celular a excepción de la línea perteneciente a la Alcaldía. En la tabla 2.12 se detallan los datos obtenidos de número de llamadas entrantes y salientes y duraciones promedio de cada una.

Período	Entrantes		Salientes	
	No. Llamadas	Duración por llamada [min]	No. Llamadas	Duración por llamada [min]
08:00-09:00	10	3,5	12	1,05
09:00-10:00	8	1,10	4	1,54
10:00-11:00	7	2,71	5	1,80
11:00-12:00	6	0,80	2	0,83
12:00-13:00	7	1,16	11	1,30
14:00-15:00	12	2,12	4	1,04
15:00-16:00	8	2,19	7	0,66
16:00-17:00	3	0,50	2	0,38
Promedio	8	1,76	6	1,075

Tabla 2.12 Llamada entrantes y salientes realizadas en el MSPH en el periodo de un día

Con información otorgada por la persona encargada de recibir las llamadas y conmutar a las extensiones, se determinó que el tráfico telefónico pico se presenta el día Lunes y en los horarios de 08:00-10:00 y de 14:00-16:00, siendo estos datos referencia para el cálculo futuro.

A partir del reporte telefónico presentado en la tabla 2.12 se calcula la intensidad de tráfico de cada hora en Erlangs⁴⁴, esta intensidad se calcula mediante la ecuación 2.1.

⁴⁴Erlangs: Unidad adimensional usada en telefonía como una medida del volumen de tráfico.

$$\text{Intensidad de Tráfico (Erlangs)} = \frac{\text{NúmeroDeLlamadas} * \text{DuraciónDeLlamada}(\text{min})}{60}$$

Ecuación 2.1 Intensidad de Tráfico en Erlangs^[63]

La intensidad de tráfico en Erlangs en cada hora durante el día de monitoreo se detalla en la tabla 2.13

Período	Tráfico IN [Erlangs]	Tráfico OUT [Erlangs]
08:00-09:00	0,583	0,210
09:00-10:00	0,147	0,103
10:00-11:00	0,316	0,150
11:00-12:00	0,080	0,028
12:00-13:00	0,135	0,238
14:00-15:00	0,424	0,069
15:00-16:00	0,292	0,077
16:00-17:00	0,025	0,013
Total/Día	2,003	0,888
Promedio/Hora	0,250	0,111

Tabla 2.13 Tráfico telefónico en Erlangs

En la figura 2.22 se ilustra una gráfica donde se observa claramente estos resultados, mostrando valores picos en diferentes horas.



Figura 2.22 Tráfico telefónico en Erlangs en el periodo de un día

Como se observa en los datos no existe gran utilización del canal telefónico durante el día, los datos en Erlangs arrojan que no hay saturación en la red telefónica, pero

se debe tomar en cuenta que el servicio que se está ofreciendo actualmente no cumple con requisitos óptimos para los usuarios ya que cada uno de ellos no cuentan con una extensión propia, las llamadas se limitan por tiempo dando prioridad a llamadas importantes y de urgencia. Con toda esta información se podrá dimensionar un buen sistema telefónico basado en VoIP para la municipalidad.

2.6 DETERMINACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO DE EMPLEADOS DEL MSPH

Parte fundamental de este capítulo es el cálculo de la tasa de crecimiento del personal que labora en el MSPH, ya que esto permitirá conocer la cantidad de usuarios que van a utilizar los servicios provistos por la red a diseñar.

Se conoce que los trabajadores se dividen en dos grupos, uno encargado del área administrativa y otro del área operativa de la Institución, en la tabla 2.14 se muestra el total de empleados actuales y el área a la que pertenecen.

Se observa que existe gran cantidad de empleados en el área operativa, pero se debe recalcar que para el dimensionamiento del tráfico y el diseño de la red multiservicios se va a tomar en cuenta únicamente al personal del área administrativa.

Por información proporcionada por el Departamento de Talento Humano se presenta en la tabla 2.15 datos históricos del crecimiento del personal de la Institución en los cuatro periodos administrativos que ha tenido el Gobierno Municipal, se ha considerado estos periodos ya que el ingreso de empleados depende de cada Alcalde en su administración.

En la figura 2.23 se observa el gráfico que refleja los datos del crecimiento histórico.

Personal	Departamento	No. de Empleados
Administrativo	Dirección Administrativa y Financiera	2
	Tesorería y Recaudación	2
	Contabilidad y Presupuesto	4
	Patronato, Servicio Social y Protección De Derechos	1
	Concejo Municipal	7
	Comunicación RR.PP	2
	Informática	3
	Alcaldía	1
	Secretaría General	2
	Asesoría Jurídica	2
	Comisaría Municipal	1
	Rentas	1
	Departamento De Desarrollo Social, Económico y Ambiental	4
	Departamento de Obras Públicas	3
	Planificación Urbana y Rural	2
	Avalúos y Catastros	3
	Dirección Agua Potable y Alcantarillado	2
	Auditoría Interna	1
	Participación Ciudadana	1
	Talento Humano	1
	Junta Cantonal De Protección De Derechos De Niñas, Niños y Adolescentes	3
	Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia	3
Bomberos	8	
Biblioteca Municipal	3	
Operativa	Jornaleros	22
	Choferes	11
	Operadores	6
	Mecánico	1
	Conserje	1
	Guardia	1
TOTAL DE EMPLEADOS DEL MUNICIPIO		104

Tabla 2.14 Total de empleados actuales del MSPH

Año	Número de Empleados
1995-2000	12
2000-2004	27
2004-2009	83
2009-2013	104

Tabla 2.15 Datos históricos del crecimiento institucional

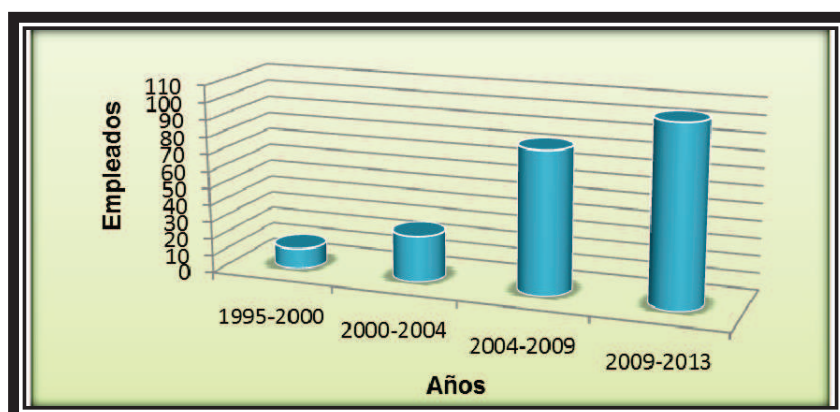


Figura 2.23 Datos históricos del crecimiento institucional

Con base a estos datos se realiza el cálculo de la tasa de crecimiento ya que se considera que seguirá un comportamiento aproximado los siguientes años, se emplea la ecuación 2.2 para determinar la tasa de crecimiento (ζ).

$$\zeta = \left(\frac{Q}{Q_0} \right)^{1/n} - 1$$

Ecuación 2.2 Tasa de Crecimiento ^[64]

Donde:

- ✓ ζ = Índice de crecimiento acumulativo.
- ✓ Q = Valor futuro.
- ✓ Q₀ = Valor Inicial.
- ✓ n = periodo en años.

$$\zeta = \left(\frac{104}{12} \right)^{1/16} - 1$$

$$\zeta = 0.145$$

$$\zeta(\%) = 14.5\%$$

Con la determinación de este índice de crecimiento promedio se procede a realizar la proyección para 5 años, considerando únicamente al personal administrativo. Para objetivo del cálculo se emplea la ecuación 2.3 y los resultados se ilustran en la tabla 2.16.

$$Q = Q_0 (1 + \zeta)^n$$

Ecuación 2.3 Cálculo del Valor Futuro ^[64]

Donde:

- ✓ Q = Valor futuro.
- ✓ Q₀ = Valor Inicial.
- ✓ ζ = Índice de Crecimiento acumulativo.
- ✓ n = periodo en años.

Edificio	Piso	Departamento	Usuarios de Red	Usuarios a 5 años
Principal	PB	Dirección Administrativa y Financiera	2	4
		Tesorería y Recaudación	2	4
		Contabilidad y Presupuesto	4	8
		Patronato, Servicio Social y Protección De Derechos	1	2
		Concejo Municipal	7	7
		Comunicación RR.PP	2	4
		Informática	3	6
	1	Alcaldía	1	2
		Sala de Sesiones	0	8
		Secretaría General	2	4
		Talento Humano	1	2
		Asesoría Jurídica	2	4
		Comisaría Municipal	1	2
		Rentas	1	2
	2	Departamento De Desarrollo Social, Económico y Ambiental	4	8
		Departamento de Obras Públicas	3	6
		Planificación Urbana y Rural	2	4
		Avalúos y Catastros	3	6
		Dirección Agua Potable y Alcantarillado	2	4
		Auditoría Interna	1	2
	Secundario	PB	Junta Cantonal De Protección De Derechos De Niñas, Niños y Adolescentes	3
Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia			3	6
Bomberos			3	6
1		Biblioteca Municipal	9	18
TOTAL DE USUARIOS DE RED			63	125

Tabla 2.16 Usuarios actuales y usuarios con proyección a 5 años del MSPH

En los datos se ha añadido una nueva área correspondiente a la Sala de Sesiones, que debido a su uso permanente por parte del Alcalde y sus concejales se vio en la necesidad de contar con puntos de red, para utilizarlos en reuniones y capacitaciones de ser necesario.

El objetivo de este cálculo es de contar en el futuro con una red flexible, capaz de soportar un crecimiento tanto de usuarios como de servicios sin afectar su operación.

2.7 PLANTEAMIENTO DE REQUERIMIENTOS PARA LA RED MULTISERVICIOS

El planteamiento de requerimientos debe ser preciso pues se considera parte fundamental para el diseño de la red multiservicios. Es necesario que la Red del MSPH sea segura, confiable, disponible y tolerante a fallas garantizando así el correcto funcionamiento de la misma.

La Red Multiservicios del Municipio del Cantón de San Pedro de Huaca debe cumplir con las siguientes características generales:

- ✓ La red integrará servicios de voz, datos y video, los mismos que serán entregados con excelente calidad de servicio.
- ✓ El Municipio cuenta con dos instalaciones las cuales en la actualidad se encuentran totalmente aisladas, el diseño de esta red debe garantizar la comunicación entre estas dos instalaciones permitiendo que los usuarios del edificio secundario gocen de los mismos recursos de red que los usuarios del edificio principal.
- ✓ La red debe ser flexible para que cuando existan cambios futuros ésta no se vea afectada y continúe con su operación ininterrumpida.
- ✓ El sistema de cableado estructurado será diseñado de manera que soporte todos los servicios antes mencionados, deberá cumplir con estándares actuales, garantizando así el correcto funcionamiento de la red.

- ✓ La Intranet deberá contar con todos los servicios y aplicaciones que una Institución debe tener como: correo electrónico, acceso a base de datos, DNS, transferencia de archivos entre otros que se detallaran más adelante.
- ✓ Se requiere implementar políticas de seguridad que evite el acceso de usuarios no autorizados a la red y puedan obtener información confidencial de la Institución.
- ✓ La red será diseñada para que facilite su administración y monitoreo continuo, garantizando estabilidad en su funcionamiento.

2.7.1 REQUERIMIENTOS DE DATOS

Los parámetros a considerarse en este ámbito son:

- ✓ Descripción Física.
- ✓ Grupos de Usuarios.
- ✓ Aplicaciones.

2.7.1.1 Descripción Física de las Instalaciones

El Gobierno Municipal del Cantón San Pedro de Huaca consta de dos instalaciones, un edificio principal y un edificio secundario donde funcionan algunas dependencias y está ubicado aproximadamente a 200 metros del primero (literal 2.4).

La principal meta de este diseño es lograr la interconexión de estos dos edificios, para que sus departamentos formen parte de la misma red y tengan la capacidad de usar los diferentes recursos y aplicaciones de la misma.

Toda la información que se maneje en el MSPH se concentrará en el edificio principal ya que aquí se encuentra el área de sistemas, que se encargará de administrar la red.

Se determinará el espacio físico adecuado para la ubicación de los equipos activos de red, así como también para el cuarto de telecomunicaciones brindando seguridad física, control de acceso a personal autorizado, evitando manipulación a equipos de gran importancia. La ubicación deberá permitir la correcta conexión hacia los

diferentes departamentos usando normas actuales, por lo que se debe considerar un lugar accesible o céntrico para el propósito.

2.7.1.2 Grupos de Usuarios

Como se había mencionado se considerará para el diseño únicamente al personal administrativo, pero dentro de este personal existen grupos de usuarios dependiendo de las actividades que realicen, en la tabla 2.17 se describen los integrantes de dichos grupos, con la finalidad de identificar a los usuarios dentro en la red.

Grupo de Usuario	Nomenclatura
Personal Apoyo	Dirección Administrativa y Financiera. Tesorería y Recaudación Contabilidad y Presupuesto. Talento Humano. Rentas. Secretaría General. Comunicación RR.PP.
Personal Ejecutivo	Alcaldía. Concejo Municipal.
Personal Operativo	Obras Públicas. Planificación Urbana y Rural. Avalúos y Catastros. Agua potable y alcantarillado. Comisaría Municipal. Departamento De Desarrollo Social, Económico y Ambiental.
Personal Asesoría	Participación Ciudadana. Asesoría Jurídica. Auditoría Interna. Patronato, Servicio Social y Protección de derechos. Junta Cantonal De Protección De Derechos De Niñas, Niños y Adolescentes. Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia.
Personal Informático	Informática
Personal Servicios	Biblioteca Municipal. Bomberos. Sala de Sesiones.

Tabla 2.17 Nomenclatura de grupos de usuarios

2.7.1.3 Aplicaciones y Servicios

La red de datos del MSPH brindará sus servicios a todos los usuarios que conforman la Intranet, los requerimientos están en función de las aplicaciones que ellos actualmente disponen y de aquellas que en el futuro requerirán.

Los servicios que se proporcionarán son:

- ✓ Correo Electrónico.
- ✓ Acceso a Internet.
- ✓ Transferencia de Archivos.
- ✓ Acceso a Base de Datos (*Sistema SIG-AME*).
- ✓ Servicio de DNS y Servicio de DHCP.
- ✓ Servidor Web.
- ✓ Servicio de *Proxy*.
- ✓ *Firewall*.
- ✓ Administración y Gestión de Red.
- ✓ Impresión en red.

2.7.2 REQUERIMIENTOS DE VOZ

Para la transmisión de voz se utilizará la tecnología VoIP, la cual ofrece gran flexibilidad y además es fácil de usar. VoIP utiliza un método de digitalización de la voz, encapsulamiento en paquetes y envío a través de una red de conmutación de paquetes IP.

Se contará con una central telefónica IP diseñada para soportar todos los usuarios de telefonía actuales y con proyección a 5 años, será implementada bajo licencia *Open Source* para lo cual debe estar correctamente configurada para garantizar un buen funcionamiento del servicio.

Para proponer un diseño de telefonía IP que cumpla con las necesidades de los usuarios se debe considerar equipos activos administrables que permita la implementación de la misma, estos equipos como *switches*, *routers*, etc, deberán

tener como características calidad de servicio (QoS), seguridad, VLAN's y administración.

Este sistema de telefonía implica que usará la misma infraestructura de la red de datos y el mismo cableado provocando de esta manera un gran ahorro económico.

Con la implementación de Calidad de Servicio (QoS) en la telefonía IP se dará prioridad al tráfico de voz cuando se presente congestión en la red del MSPH, garantizando así una comunicación de gran calidad sin pérdidas ni retardos.

El servicio telefónico se brindará a todo el personal administrativo, se maneja dos grupos de usuarios, usuarios comunes los cuales contarán con una extensión propia y se les permitirá únicamente llamadas internas y locales, y usuarios privilegiados como: Alcalde, Concejales y Jefes de departamentos, que además de poseer una extensión propia tendrán acceso a llamadas a celular. En la tabla 2.18 se ilustra la cantidad de usuarios en cada grupo.

Grupo de Usuario	Nomenclatura	Cantidad de Usuarios Actuales	Cantidad de Usuarios Proyectados
Administrativo con Privilegios	TUAP	14	14
Administrativo Común	TUAC	39	84
TOTAL		53	98

Tabla 2.18 Grupo de usuarios del sistema telefónico

Detallando la cantidad de extensiones a usarse en cada departamento, en la tabla 2.19 se indica las extensiones que se manejarán dentro del sistema telefónico siendo 53 extensiones en la actualidad y 98 extensiones para una proyección a 5 años.

Cabe recalcar que se empleará una de las características de la telefonía IP como es la de funcionar paralelamente con la transmisión de datos, y se empleará el mismo punto de red.

Edificio	Piso	Departamento	No. Extensiones Actuales	No. Extensiones Futuro
Principal	PB	Dirección Administrativa y Financiera	2	4
		Tesorería y Recaudación	2	4
		Contabilidad y Presupuesto	4	8
		Patronato, Servicio Social y Protección De Derechos	1	2
		Concejo Municipal	7	7
		Comunicación RR.PP	2	4
		Informática	3	6
	1	Alcaldía	1	2
		Secretaría General	2	4
		Talento Humano	1	2
		Asesoría Jurídica	2	4
		Comisaría Municipal	1	2
		Rentas	1	2
		Departamento De Desarrollo Social, Económico y Ambiental	4	8
	2	Departamento de Obras Públicas	3	6
		Planificación Urbana y Rural	2	4
		Avalúos y Catastros	3	6
		Dirección Agua Potable y Alcantarillado	2	4
Auditoría Interna		1	2	
Participación Ciudadana		1	2	
Secundario	PB	Junta Cantonal De Protección De Derechos De Niñas, Niños y Adolescentes	3	6
		Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia	3	6
		Bomberos	1	2
	1	Biblioteca Municipal	1	2
TOTAL DE EXTENSIONES			53	98

Tabla 2.19 Distribución telefónica del MSPH

En el literal 2.5.11.2 se realizó una estimación del tráfico actual arrojando los siguientes datos: 0.250 Erlangs para el tráfico de entrada y 0.111 Erlangs para el tráfico de salida dando un total para el tráfico telefónico actual de 0.361 Erlangs,

recalcando que este tráfico corresponde a la central analógica actual que consta de 3 líneas troncales y 5 extensiones en uso.

Conociendo la intensidad del tráfico telefónico actual de 0.361 Erlangs y considerando el grado de servicio (GoS) de 1% (Valor recomendado para telefonía)⁴⁵, mediante el uso de la gráfica del Erlang B de la figura 2.24, se ratifica que para el tráfico correspondiente a la central analógica actual se debe manejar 3 líneas troncales para la municipalidad.

Erlang B Traffic Table												
Maximum Offered Load Versus B and N												
N/B	B is in %											
	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15

Figura 2.24 Tabla de valores de Erlang B^[65] (Troncales actuales Sistema Telefónico Analógico)

El dimensionamiento del número de troncales debe realizarse para el número de usuarios actuales de la telefonía IP y proyectados a 5 años. Para este cálculo se emplea la ecuación 2.4

⁴⁵http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/documentos/seccion_telecomunicaciones/Capitulo%205%20Modelos%20de%20Trafico.pdf

$$I_f = \left(\frac{U_f}{U_o}\right)I_o$$

Ecuación 2.4 Proyección Intensidad de Tráfico ^[64]

Donde:

- ✓ If = Intensidad de Tráfico Proyectada.
- ✓ Io= Intensidad de Tráfico actual.
- ✓ Uf: Número de usuarios finales.
- ✓ Uo: Número de usuarios Actuales.

Para el primer cálculo se considera los 8 usuarios que actualmente poseen servicio telefónico analógico, y como usuarios finales se emplea el dato de la cantidad de usuarios actuales que emplearán el sistema de telefonía IP.

$$I_f = \left(\frac{53}{8}\right)0.361$$

$$I_f = 2.39 \text{ Erlangs}$$

Y para un segundo cálculo se considera como tráfico actual 2.39 Erlangs, como usuarios actuales 53 y como usuarios finales 98 así:

$$I_f = \left(\frac{98}{53}\right)2.39$$

$$I_f = 4.42 \text{ Erlangs}$$

De la misma manera empleando la tabla de Erlang B^[65] y GoS de 1%, se calcula que el número de troncales necesarias para satisfacer el sistema telefónico IP actual a diseñar es de 7 líneas troncales, y para soportar el sistema telefónico proyectado a 5 años es de 10 líneas troncales. Ver figura 2.25.

Erlang B Traffic Table												
N/B	Maximum Offered Load Versus B and N											
	B is in %											
	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15

Figura 2.25 Tabla de valores Erlang B ^[65] (Troncales Actuales y Futuras Telefonía IP)

2.7.3 REQUERIMIENTOS DE VIDEO

2.7.3.1 Videoconferencia

La videoconferencia en la actualidad se ha convertido en una parte muy importante dentro de las comunicaciones, pues dentro del ambiente profesional permite mantener reuniones ejecutivas, congresos, conferencias, seminarios, capacitaciones, desde cualquier parte del mundo; son muchas las aplicaciones y usos que se le puede dar a esta tecnología.

El Gobierno Municipal del Cantón San Pedro de Huaca contará con un sistema de videoconferencia que se manejará en la Sala de Sesiones, desde ahí el Alcalde y concejales podrán mantener reuniones con las dependencias que se encuentran en el edificio secundario, para el objetivo se colocará un punto de red adicional para este servicio en el Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia.

La videoconferencia se implementará en una PC utilizando un software que permita comunicación en tiempo real, y debido a la alta velocidad de transmisión que genera este recurso, sólo será empleado cuando realmente lo requieran. Este servicio tendrá prioridad sobre los otros cuando esté siendo utilizado, de esta manera se disminuirá las pérdidas o retardos en la comunicación.

2.7.3.2 Video vigilancia IP

El sistema de vigilancia a través del protocolo de comunicación IP rompe todas las barreras de la video vigilancia tradicional, pues para su implementación no requiere de una red aislada sino que se utilizará la misma infraestructura de red que para la voz y datos, esto implica que cualquier usuario autorizado empleando Internet o la red local de la Institución puede ingresar al sistema de video vigilancia IP.

El MSPH contará con un sistema de vigilancia usando cámaras IP mejorando la seguridad en la Institución. La cantidad y distribución de las cámaras IP que se instalaran en los diferentes pisos de las dos instalaciones de la municipalidad se muestra en la tabla 2.20.

Edificio	Piso	Cantidad de cámaras IP
Principal	PB	8
	P1	7
	P2	5
Secundario	P1	5
	P2	2
TOTAL		27

Tabla 2.20 Cantidad y distribución de cámaras IP en el MSPH

El esquema de distribución será el siguiente se colocará una cámara en cada oficina, y una cámara en cada acceso a los diferentes pisos de las instalaciones, dando un total de 27 cámaras IP. La distribución del sistema de video vigilancia en cada planta de los edificios se mostrará en el capítulo del diseño respectivo.

2.7.4 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO

El sistema de cableado estructurado deberá ser diseñado para soportar los servicios de voz, video y datos mencionados anteriormente, viene a considerarse la parte fundamental en el diseño pues garantizará la transmisión confiable, disponible y tolerante a fallos en la red multiservicios.

El cableado estructurado tendrá como características principales la flexibilidad y escalabilidad pues en caso de que en los diferentes departamentos u oficinas se requiera el incremento de personal e instalación de equipos de red, el sistema sea capaz de soportar tal incremento sin presentar ninguna complicación a la hora de afrontarlo.

En cada departamento se dispondrá de puntos de red necesarios para cubrir a los usuarios actuales e incluso el sistema será diseñado para soportar el crecimiento proyectado para 5 años.

El diseño del cableado estructurado debe apegarse a las más exigentes normas de estandarización, respetando normas de conexión, distancias máximas, certificación de puntos, etiquetado de puntos que servirá para mantener una buena organización en el sistema.

Como disposición del MSPH cada usuario contará con un único punto de red para la transmisión de voz y datos, se aprovechará las características de la telefonía IP, pues el teléfono viene con dos puertos RJ45 permitiendo conectarse con uno de ellos a la red y con el otro a la estación de trabajo.

En la tabla 2.21 se detallan los puntos de red a instalarse en cada edificio y en cada departamento; ya se han considerado puntos necesarios para la videoconferencia, para la interconexión entre los dos edificios, para la conexión de impresoras de red, se muestra además los puntos requeridos para la instalación de cámaras IP.

Departamento	Puntos de Red			
	Datos Actuales	Datos a 5 años	Cámaras IP	Puntos Impresoras
Edificio Principal				
Dirección Administrativa y Financiera	2	4	1	1
Tesorería y Recaudación	2	4	1	1
Contabilidad y Presupuesto	4	8	1	1
Patronato, Servicio Social y Protección De Derechos	1	2	1	1
Concejo Municipal	7	7	1	1
Comunicación RR.PP	2	4	1	1
Informática	3	6	1	1
Acceso a Piso	0	0	1	0
Alcaldía	1	2	1	0
Sala de Sesiones	8	8	1	0
Secretaría General	2	4	1	1
Talento Humano	1	2	0	1
Asesoría Jurídica	2	4	1	1
Comisaría Municipal	1	2	0	1
Rentas	1	2	1	0
Departamento De Desarrollo Social, Económico y Ambiental	4	8	1	1
Acceso a Piso	0	0	1	0
Departamento de Obras Públicas	3	6	2	1
Planificación Urbana y Rural	2	4	0	1
Avalúos y Catastros	3	6	1	1
Dirección Agua Potable y Alcantarillado	2	4	1	1
Auditoría Interna	1	2	0	1
Participación Ciudadana	1	2	0	1
Acceso a Piso	0	0	1	0
Puntos para la Interconexión	2	2	0	0
Edificio Secundario				
Junta Cantonal De Protección De Derechos De Niñas, Niños y Adolescentes	3	6	2	1
Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia	4	7	1	1
Bomberos	3	6	2	1
Biblioteca Municipal	9	18	2	2
Puntos para Interconexión	2	2	0	0
	76	132	27	23
	Total Puntos de Red			182

Tabla 2.21 Puntos de red totales del MSPH

Al utilizarse el mismo punto de datos para la transmisión de la voz en la tabla 2.21 no se ha detallado como puntos de voz, pues estos son menos que los de datos; el total de puntos de red se consigue sumando los puntos de datos requeridos a 5 años, los puntos de las cámaras IP y los puntos para impresoras de red, dando un total de 182 puntos de red a diseñar.

2.8 ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO ACTUAL Y FUTURO

2.8.1 CORREO ELECTRÓNICO

Para el dimensionamiento del tráfico generado por el correo electrónico, se debe considerar el tipo de documentos que con frecuencia vayan a ser transmitidos; para conocer el tipo de archivos que circulan en la municipalidad se realizó un recorrido por los diferentes departamentos obteniendo los siguientes resultados:

Tipo de archivo	Tamaño [KBytes]
Documento en <i>Microsoft Word, Excel</i>	21
Documento en PDF	37
Presentaciones Power Point	379
Total	437

Tabla 2.22 Tamaño de correo a ser enviado^[14]

Estos tipos de archivos corresponden a documentos de *Microsoft Word* y *Excel* (informes, memorandos, circulares, cotizaciones, costos de obras civiles, listas de empleados) que pesan por lo regular de 10 KBytes a 100 KBytes, documentos en PDF (cotizaciones, informes, circulares) que tienen un peso de 10 KBytes a 300 KBytes, y presentaciones en *Microsoft Power Point* que pesan regularmente de 100 KBytes a 500 KBytes. Considerando el caso que se envíe en un correo los tres archivos de la tabla 2.22, el tamaño del correo enviado sería de 437 KBytes, pero para el cálculo se ha tomado un tamaño de 500 KBytes que es el tamaño más alto en los tipos de archivos descritos, se estima además que un usuario revisa 5 correos en una hora⁴⁶. Empleando la ecuación 2.5 se obtiene el tráfico de correo electrónico por usuario.

⁴⁶ Fuente: Departamento de Informática del MSPH

$$Capacidad_{correo} = \frac{500KByte}{1 correo} \times \frac{8 bits}{1 Byte} \times \frac{5 correos}{1 hora} \times \frac{1 hora}{3600 segundos} = 5,55 Kbps$$

Ecuación 2.5 Tráfico de correo electrónico por usuario ^[14]

En la tabla 2.23 se detalla el tráfico total actual y proyectado a 5 años, considerando un porcentaje de uso de la aplicación por cada uno de los departamentos, por ejemplo: para la Dirección Administrativa y Financiera se ha considerado un porcentaje de uso del 50%, es así que de los dos usuarios actuales 1 de ellos utiliza el servicio, de igual manera para los 4 usuarios proyectados 2 de ellos utilizarían el servicio simultáneamente. Este cálculo es similar para el resto de servicios.

Departamento	Usuarios actuales (% Uso)	Usuarios futuros (% Uso)	Capacidad requerida actual [Kbps]	Capacidad requerida a 5 años [Kbps]
Dirección Administrativa y Financiera	1	2	5,55	11,10
Tesorería y Recaudación	1	2	5,55	11,10
Contabilidad y Presupuesto	2	4	11,10	22,20
Patronato Municipal	1	1	5,55	5,55
Concejo Municipal	4	4	22,20	22,20
Comunicación RR.PP	1	2	5,55	11,10
Informática	3	4	16,65	22,20
Alcaldía	1	1	5,55	5,55
Sala de Sesiones	0	0	0,00	0,00
Secretaría General	1	2	5,55	11,10
Asesoría Jurídica	2	3	11,10	16,65
Comisaría Municipal	1	1	5,55	5,55
Rentas	1	1	5,55	5,55
Departamento De Medio Ambiente	2	4	11,10	22,20
Departamento de Obras Públicas	1	3	5,55	16,65
Planificación Urbana y Rural	1	2	5,55	11,10
Avalúos y Catastros	1	3	5,55	16,65
Dirección Agua Potable y Alcantarillado	1	2	5,55	11,10
Auditoría Interna	1	1	5,55	5,55
Participación Ciudadana	1	1	5,55	5,55
Talento Humano	1	1	5,55	5,55
Junta Cantonal	1	2	5,55	11,10
Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia	1	2	5,55	11,10
Bomberos	1	2	5,55	11,10
Biblioteca Municipal	1	2	5,55	11,10
		Total	177,60	288,60

Tabla 2.23 Capacidad requerida actual y a 5 años para correo electrónico

2.8.2 ACCESO A INTERNET

En el literal 2.5.11.1.1 a través del uso de la herramienta de monitoreo PRTG se determinó que el tráfico total consumido en la red es de 3326 Kbps, este dato corresponde al tráfico generado por el acceso a Internet y el acceso al servidor de base de datos del sistema SIG-AME, adicional a este cálculo se monitoreó por separado al servidor de Base de Datos SIG-AME con el fin de conocer el tráfico generado al acceder únicamente a este servicio que corresponde a 771 Kbps.

El tráfico total que se genera para el acceso a Internet sería de 2555 Kbps (3326 Kbps – 771 Kbps) que resulta de la resta del tráfico total menos el tráfico del acceso a la base de datos.

Para conocer el tráfico que requiere cada usuario se utiliza la ecuación 2.6. En la tabla 2.9 se indica que la cantidad de usuarios que actualmente poseen Internet en el MSPH es de 54 personas.

$$Capacidad_{Internet \times usuario} = \frac{Capacidad \ Total}{número \ de \ usuarios}$$

Ecuación 2.6 Capacidad de acceso a Internet por Usuario

$$Capacidad_{Internet \times usuario} = \frac{2555 \ Kbps}{54} = 47,32 \ Kbps$$

En la tabla 2.24 se presenta los valores estimados del tráfico total de acceso a Internet, considerando el porcentaje de uso de usuarios actuales y proyectados a 5 años.

2.8.3 ACCESO A BASE DE DATOS (SISTEMA SIG-AME)

Basándose en el monitoreo realizado por el *software* PTRG en el servidor de Base de Datos que ya posee la municipalidad, se obtuvo un tráfico total de 771 Kbps, para conocer el tráfico que genera cada usuario se emplea la ecuación 2.7. La cantidad de usuarios que manejan esta aplicación son 16 dentro de la Institución.

Departamento	Usuarios actuales (% Uso)	Usuarios futuros (% Uso)	Capacidad requerida actual [Kbps]	Capacidad requerida a 5 años [Kbps]
Dirección Administrativa y Financiera	1	2	47,32	94,64
Tesorería y Recaudación	1	2	47,32	94,64
Contabilidad y Presupuesto	2	4	94,64	189,28
Patronato Municipal	1	1	47,32	47,32
Concejo Municipal	7	7	331,24	331,24
Comunicación RR.PP	2	3	94,64	141,96
Informática	3	6	141,96	283,92
Alcaldía	1	2	47,32	94,64
Sala de Sesiones	0	0	0,00	0,00
Secretaría General	1	2	47,32	94,64
Asesoría Jurídica	2	4	94,64	189,28
Comisaría Municipal	1	1	47,32	47,32
Rentas	1	1	47,32	47,32
Departamento De Medio Ambiente	3	4	141,96	189,28
Departamento de Obras Públicas	2	3	94,64	141,96
Planificación Urbana y Rural	1	2	47,32	94,64
Avalúos y Catastros	1	3	47,32	141,96
Dirección Agua Potable y Alcantarillado	1	2	47,32	94,64
Auditoría Interna	1	1	47,32	47,32
Participación Ciudadana	1	1	47,32	47,32
Talento Humano	1	1	47,32	47,32
Junta Cantonal	1	2	47,32	94,64
Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia	1	2	47,32	94,64
Bomberos	1	1	47,32	47,32
Biblioteca Municipal	9	18	425,88	851,76
Total			2176,72	3549,00

Tabla 2.24 Capacidad requerida actual y a 5 años para acceso a Internet

$$Capacidad_{Base_de_Datos \times Usuario} = \frac{Capacidad \ Total}{número \ de \ usuarios}$$

Ecuación 2.7 Capacidad de acceso a base de datos por usuario

$$Capacidad_{Base_de_Datos \times Usuario} = \frac{771 \ Kbps}{16} = 48,19 \ Kbps$$

En la tabla 2.25 se presenta los valores estimados del tráfico total de acceso a la Base de Datos del sistema SIG-AME, considerando el porcentaje de uso de usuarios actuales y proyectados a 5 años.

Departamento	Usuarios actuales (% Uso)	Usuarios futuros (% Uso)	Capacidad requerida actual [Kbps]	Capacidad requerida a 5 años [Kbps]
Dirección Administrativa y Financiera	2	4	96,38	192,76
Tesorería y Recaudación	2	4	96,38	192,76
Contabilidad y Presupuesto	4	8	192,76	385,52
Patronato Municipal	0	0	0,00	0,00
Concejo Municipal	0	0	0,00	0,00
Comunicación RR.PP	0	0	0,00	0,00
Informática	2	3	96,38	144,57
Alcaldía	0	0	0,00	0,00
Sala de Sesiones	0	0	0,00	0,00
Secretaría General	0	0	0,00	0,00
Asesoría Jurídica	0	0	0,00	0,00
Comisaría Municipal	0	0	0,00	0,00
Rentas	1	2	48,19	96,38
Departamento De Medio Ambiente	0	0	0,00	0,00
Departamento de Obras Públicas	0	0	0,00	0,00
Planificación Urbana y Rural	0	0	0,00	0,00
Avalúos y Catastros	3	4	144,57	192,76
Dirección Agua Potable y Alcantarillado	2	3	96,38	144,57
Auditoría Interna	0	0	0,00	0,00
Participación Ciudadana	0	0	0,00	0,00
Talento Humano	0	0	0,00	0,00
Junta Cantonal	0	0	0,00	0,00
Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia	0	0	0,00	0,00
Bomberos	0	0	0,00	0,00
Biblioteca Municipal	0	0	0,00	0,00
		Total	771,04	1349,32

Tabla 2.25 Capacidad requerida actual y a 5 años para acceso a la base de datos SIG-AME

2.8.4 IMPRESIÓN EN RED

Para el cálculo estimado del tráfico que generará el uso de esta aplicación se considera que una página normal pesa aproximadamente 50 KBytes y el número de páginas a imprimir por hora dependerá de cada departamento.

Empleando la ecuación 2.8 se obtienen los resultados del tráfico total actual y proyectado a 5 años de este servicio, los cuales se detallan en la tabla 2.26.

$$Capacidad_{impresión_en_red} = \frac{50 \text{ KBytes}}{1 \text{ página}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{X \text{ páginas}}{1 \text{ hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ segundos}}$$

Ecuación 2.8 Capacidad del servicio de impresión de red ^[14]

Departamento	Páginas/hora actuales	Páginas/hora futuras	Capacidad requerida actual [Kbps]	Capacidad requerida a 5 años [Kbps]
Dirección Administrativa y Financiera	10	15	1,11	1,67
Tesorería y Recaudación	20	30	2,22	3,33
Contabilidad y Presupuesto	5	8	0,56	0,89
Patronato Municipal	1	2	0,11	0,22
Concejo Municipal	10	15	1,11	1,67
Comunicación RR.PP	12	18	1,33	2,00
Informática	20	30	2,22	3,33
Alcaldía	1	2	0,11	0,22
Sala de Sesiones	0	0	0,00	0,00
Secretaría General	5	8	0,56	0,89
Asesoría Jurídica	12	18	1,33	2,00
Comisaría Municipal	0	0	0,00	0,00
Rentas	14	21	1,56	2,33
Departamento De Medio Ambiente	4	6	0,44	0,67
Departamento de OO.PP	4	6	0,44	0,67
Planificación Urbana y Rural	5	8	0,56	0,89
Avalúos y Catastros	10	15	1,11	1,67
Dirección Agua Potable y Alcantarillado	2	3	0,22	0,33
Auditoría Interna	1	2	0,11	0,22
Participación Ciudadana	0	0	0,00	0,00
Talento Humano	5	8	0,56	0,89
Junta Cantonal	10	15	1,11	1,67
Concejo Cantonal	3	5	0,33	0,56
Bomberos	0	0	0,00	0,00
Biblioteca Municipal	30	45	3,33	5,00
		Total	20,44	31,11

Tabla 2.26 Capacidad requerida actual y a 5 años para impresión en red

2.8.5 TRANSFERENCIA DE ARCHIVOS^[14]

En vista de que este servicio es nuevo dentro de la red del MSPH, para el cálculo estimado se hará referencia a un análisis realizado en la Superintendencia de Bancos y Seguros, ésta es un Institución Pública que cuenta con un servidor de archivos centralizado, el cual le permite a sus usuarios compartir archivos en general, determinando que se trata del mismo fin para la municipalidad, en este estudio se determina que un archivo de 15 MBytes^[14] tarda 40 segundos en transferirse completamente.

De manera que la capacidad requerida para la transferencia de archivos se calcula empleando la ecuación 2.9.

$$Capacidad_{transferencia\ de\ archivos} = \frac{15000\ KBytes}{1\ archivo} \times \frac{8\ bits}{1\ Byte} \times \frac{1\ archivo}{40\ seg} = 3000\ Kbps$$

Ecuación 2.9 Capacidad del servicio de transferencia de archivos ^[14]

En la tabla 2.27 se presentan los valores estimados del tráfico total de la transferencia de archivos, considerando el porcentaje de uso de usuarios actuales y con proyección a 5 años.

2.8.6 TELEFONÍA IP

Para dimensionar la capacidad de este nuevo servicio que se le proporcionará a la municipalidad es necesario conocer el códec que se va a utilizar en la central telefónica.

Haciendo referencia a la tabla 1.4, hemos resaltado las siguientes características del códec G.711 frente a los demás:

- ✓ El códec G.711 permite una señal de audio de mejor calidad (MOS=4.1).
- ✓ Utiliza el método de compresión más simple PCM.
- ✓ Este códec es gratuito, a diferencia de G.729 y G.723 que requieren de una licencia para ser utilizados.
- ✓ G.711 es soportado por la mayoría de los dispositivos a diferencia de G.729 y G.723.

Considerando estos puntos se determina que el códec deseado para la implementación es G.711, cuya velocidad de transmisión es de 64 Kbps. Para realizar el cálculo se procede a utilizar la ecuación 2.10

Departamento	Usuarios actuales (% Uso)	Usuarios futuros (% Uso)	Capacidad requerida actual [Kbps]	Capacidad requerida a 5 años [Kbps]
Dirección Administrativa y Financiera	1	2	3000	6000
Tesorería y Recaudación	1	2	3000	6000
Contabilidad y Presupuesto	2	4	6000	12000
Patronato Municipal	1	1	3000	3000
Concejo Municipal	4	4	12000	12000
Comunicación RR.PP	1	2	3000	6000
Informática	3	4	9000	12000
Alcaldía	1	1	3000	3000
Sala de Sesiones	0	0	0	0
Secretaría General	1	2	3000	6000
Asesoría Jurídica	2	3	6000	9000
Comisaría Municipal	1	1	3000	3000
Rentas	1	1	3000	3000
Departamento De Medio Ambiente	2	4	6000	12000
Departamento de Obras Públicas	1	3	3000	9000
Planificación Urbana y Rural	1	2	3000	6000
Avalúos y Catastros	1	3	3000	9000
Dirección Agua Potable y Alcantarillado	1	2	3000	6000
Auditoría Interna	1	1	3000	3000
Participación Ciudadana	1	1	3000	3000
Talento Humano	1	1	3000	3000
Junta Cantonal	1	2	3000	6000
Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia	1	2	3000	6000
Bomberos	1	2	3000	6000
Biblioteca Municipal	1	2	3000	6000
Total			96000	156000

Tabla 2.27 Capacidad requerida actual y a 5 años para transferencia de archivos

$$Capacidad_{VoIP} = AB_{codec} \times \frac{\text{longitud de payload} + \text{longitud encapsulamiento}}{\text{longitud de payload}}$$

Ecuación 2.10 Cálculo de Capacidad de VoIP^[66]

Se considera un entorno LAN por lo tanto se calcula en base a la trama Ethernet, se debe añadir además las cabeceras de las capas sobre las cuáles se va encapsulando, como se muestra en la figura 2.24.

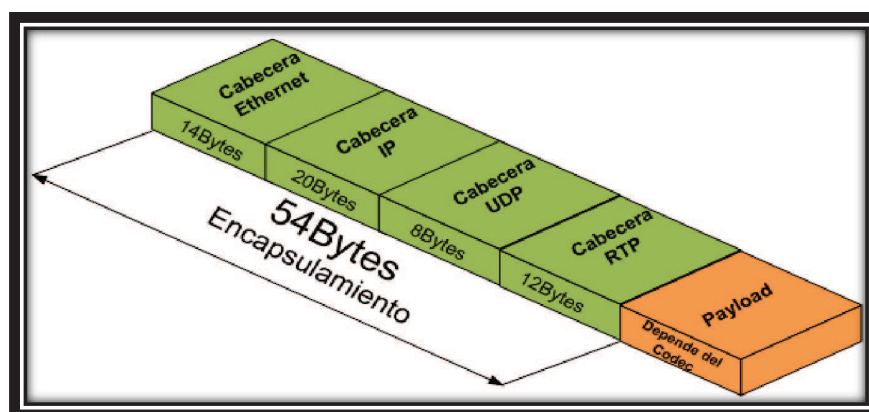


Figura 2.24 Trama Ethernet

Los parámetros principales del códec G.711 que se usarán para el cálculo de la capacidad de transmisión, se detallan en la tabla 2.28.

Códec	Bit Rate [Kbps]	Tamaño Muestra [Kbyte]	MOS	Payload Voz [Bytes]	Payload Voz [ms]	PPS
G.711	64	80	4,1	160	20	50

Tabla 2.28 Características del códec G.711^[67]

Aplicando los datos en la ecuación 2.10 se tiene.

$$Capacidad_{VoIP \times Usuario} = 64 \text{ Kbps} \times \frac{160 \text{ bytes} + 54 \text{ bytes}}{160 \text{ bytes}}$$

$$Capacidad_{VoIP \times Usuario} = 85,6 \text{ Kbps}$$

Este valor representa la transmisión en un solo sentido; y como la comunicación se realiza en los dos sentidos se debe duplicar este valor así:

$$Capacidad_{VoIP \times Usuario} = 85,6 \text{ Kbps} \times 2 = 171,2 \text{ Kbps}$$

En la tabla 2.29 se presentan los valores estimados del tráfico total generado por el servicio de telefonía IP, considerando el porcentaje de uso de usuarios actuales y proyectados a 5 años.

Departamento	Extensiones actuales (% Uso)	Extensiones futuras (% Uso)	Capacidad requerida actual [Kbps]	Capacidad requerida a 5 años [Kbps]
Dirección Administrativa y Financiera	1	2	171,2	342,4
Tesorería y Recaudación	1	2	171,2	342,4
Contabilidad y Presupuesto	2	3	342,4	513,6
Patronato Municipal	1	1	171,2	171,2
Concejo Municipal	7	7	1198,4	1198,4
Comunicación RR.PP	2	2	342,4	342,4
Informática	1	2	171,2	342,4
Alcaldía	1	1	171,2	171,2
Secretaría General	2	3	342,4	513,6
Asesoría Jurídica	1	2	171,2	342,4
Comisaría Municipal	1	1	171,2	171,2
Rentas	1	1	171,2	171,2
Departamento De Medio Ambiente	2	3	342,4	513,6
Departamento de Obras Públicas	1	2	171,2	342,4
Planificación Urbana y Rural	1	2	171,2	342,4
Avalúos y Catastros	1	2	171,2	342,4
Dirección Agua Potable y Alcantarillado	1	1	171,2	171,2
Auditoría Interna	1	1	171,2	171,2
Participación Ciudadana	1	1	171,2	171,2
Talento Humano	1	1	171,2	171,2
Junta Cantonal	1	2	171,2	342,4
Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia	1	2	171,2	342,4
Bomberos	1	2	171,2	342,4
Biblioteca Municipal	1	1	171,2	171,2
		Total	5820,8	8046,4

Tabla 2.29 Capacidad requerida actual y a 5 años para el servicio de telefonía IP

2.8.7 VIDEO VIGILANCIA IP

Para que la aplicación de video pueda ser transmitida, se debe considerar algunos aspectos como: el tamaño de la imagen, el número de imágenes que se puedan transmitir por segundo, el factor de compresión, etc.

Para calcular el tráfico generado por el nuevo servicio de video vigilancia IP a instalarse se utiliza la ecuación 2.11.

$$Capacidad_{video} = \frac{width \times height \times colorbitdepth \times fps}{factor\ de\ compresión}$$

Ecuación 2.11 Capacidad requerida por cámara IP ^[66]

Dónde:

- ✓ width×height=Tamaño de la Imagen en pixeles.
- ✓ colorbitdepth=Profundidad del color utilizado por las imágenes.
- ✓ fps=Cantidad de cuadros por segundo.
- ✓ Factor de compresión= Factor de compresión de imágenes de video (Depende del Estándar).

En el literal 1.9.3 en el que se hace referencia a los códecs de video, podemos determinar el uso del códec H.264 ya que es una mejora a los códec anteriores en cuanto a una excelente calidad de video y capacidades de almacenamiento reducido.

Una de las especificaciones de este códec y que se utilizará para los cálculos es que utiliza un factor de compresión que va desde 70:1 para imágenes con mucho movimiento a 200:1 para imágenes estáticas, para el cálculo se empleará un valor promedio de 130:1, considerando que se captará imágenes variables con movimiento y estáticas.

Se considera además que la municipalidad requiere de cámaras IP con una resolución aceptable de las imágenes de 640 x 480 pixeles y 15 cuadros por segundo, una profundidad del color de las imágenes de 24 bits, ya que un valor menor produce baja calidad en el video y un valor mayor un aumento de tamaño

innecesario, con estos datos se calcula la capacidad requerida por una cámara IP mediante la ecuación 2.11.

$$Capacidad_{video} = \frac{640 \times 480 \times 24 \times 15}{130}$$

$$Capacidad_{video} = 850,707 \text{ Kbps}$$

Las cámaras IP captan video y audio, para obtener el tráfico total se debe sumar a este valor la velocidad de transmisión de audio y según el códec G.711 es de 64 Kbps.

$$Capacidad_{cámaraIP} = 850,707 \text{ Kbps} + 64 \text{ Kbps} = 914,707 \text{ Kbps}$$

En la municipalidad se determinó que se ubicarán 27 cámaras IP por lo que el tráfico generado total es de:

$$Capacidad_{TOTALcámarasIP} = 914,707 \text{ Kbps} \times 27 = 24697,089 \text{ Kbps}$$

2.8.8 VIDEOCONFERENCIA

La velocidad de transmisión en la videoconferencia es crítica, se debe considerar una capacidad de emisión y recepción de modo que los paquetes lleguen a su destino sin problemas.

Es necesario determinar el tipo de códec que se va a utilizar para realizar las transmisiones de video, por lo que en base a los códecs existentes en el mercado detallados en el literal 1.9.3, podemos determinar el uso del códec H.264 ya que es una mejora a los códec anteriores en cuanto a una excelente calidad de video y capacidades de almacenamiento reducido.

Las capacidades requeridas por este códec se detallan en la tabla 2.30.

Capacidad [Kbps]	Resolución de Alto Perfil	Resolución de Referencia
256	4SIF (704 x 480)	4SIF (704 x 480)
384	4SIF (704 x 480)	4SIF (704 x 480)
512	720p (1280 x 720)	4SIF (704 x 480)
768	720p (1280 x 720)	4SIF (704 x 480)
1024	1080p (1920 x 1080)	720p (1280 x 720)
1472	1080p (1920 x 1080)	720p (1280 x 720)
1920	1080p (1920 x 1080)	1080p (1920 x 1080)

Tabla 2.30 Capacidad requerida para transmisiones de Videoconferencia ⁴⁷

El servicio de videoconferencia será utilizado esporádicamente, por lo que su uso no afectará en forma continua el desempeño de la red. Considerando las mejores condiciones para la transmisión de audio y video descritos en la tabla 2.30 se toma como velocidad de transmisión de esta aplicación aproximada de 2 Mbps; para el cálculo se estimará una velocidad de 2 Mbps por punto para lograr una videoconferencia de gran calidad y gran desempeño sin saturar el uso de la red.

En la municipalidad se contará con dos puntos para llevar a cabo este servicio, por lo que la capacidad necesaria se calcula con la ecuación 2.12:

$$Capacidad_{videoconferencia} = 2 \text{ Mbps} \times 2 = 4 \text{ Mbps}$$

Ecuación 2.12 Capacidad requerida para videoconferencia

2.8.9 RESUMEN DE LA CANTIDAD DE CAPACIDADES REQUERIDAS PARA LOS SERVICIOS Y APLICACIONES DENTRO DEL MSPH

En la tabla 2.31 se presenta un resumen de las aplicaciones y servicios que se implementarán en el Municipio de San Pedro de Huaca, además se detalla la capacidad total requerida actual y proyectada a 5 años.

⁴⁷ <http://www.wrplatinum.com/Downloads/11977.aspx>

Aplicación	Capacidad Requerida Actual [Kbps]	Capacidad Requerida a 5 años [Kbps]
Correo Electrónico	177,60	288,60
Acceso a Internet	2176,72	3549,00
Base De Datos (SIG-AME)	771,04	1349,32
Impresión De Red	20,44	31,11
Transferencia de Archivos	96000,00	156000,00
Telefonía IP	5820,80	8046,4
Videoconferencia	4000,00	4000,00
Video Vigilancia	24697,089	24697,089
TOTAL	133663,69	197961,52

Tabla 2.31 Capacidad total requerida actual y con proyección a 5 años

Lo que nos permite concluir que la red LAN Multiservicios deberá soportar una capacidad actual mínima de 133663,69 Kbps y una capacidad con proyección a 5 años de 197961,52 Kbps.

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA RED

3.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo propone el diseño de la Red de Infraestructura Multiservicios para el Gobierno Municipal Descentralizado de “San Pedro de Huaca” y sus Dependencias, en base al análisis del estado actual y requerimientos planteados tales como usuarios a servir, capacidad necesaria para las diferentes aplicaciones, entre otras, se procede a realizar el diseño tomando en cuenta características de calidad de servicio y seguridad en red, además se establece un sistema de comunicación confiable, funcional, que permita la escalabilidad en la red y que sea de fácil administración.

Se realiza el diseño del cableado estructurado tanto del edificio principal como del edificio secundario brindando una solución eficiente y de acuerdo a normas y estándares establecidos internacionalmente.

Se dimensiona el enlace entre el edificio principal y secundario y se los integra en un solo sistema de red de comunicaciones.

Se diseña además la solución de red inalámbrica en el parque principal, con la finalidad de brindar servicio de Internet a los ciudadanos del cantón, para esto se considerará varios factores como concurrencia de usuarios, velocidad, interferencias, etc. Que determinarán la mejor ubicación y configuración de los puntos de acceso inalámbrico.

Se proponen políticas de seguridad para lograr confiabilidad en la red, integridad y confidencialidad de la información que circula a través de la misma. Además se plantearán políticas de administración de la red diseñada que garanticen un buen desempeño de ésta.

3.2 MODELO DE RED^[4]

Se opta por un modelo jerárquico pues presenta muchos beneficios ya que permite un fácil diseño, implementación, mantenimiento y administración de la red.

El modelo jerárquico se caracteriza por ser escalable (facilita el crecimiento de la red), de simple implementación, administración y gestión (estructura comprensible) y capacidad de redundancia. Además permite la rápida resolución de los problemas, esto gracias a que se logra el aislamiento de fallas de manera que evita que el equipo defectuoso afecte al rendimiento de toda la red, limitando el daño al correspondiente segmento lo que implica su fácil detección.

El modelo jerárquico está constituido por tres niveles de acuerdo a la funcionalidad que proporciona a la red, pero sobre todo a la velocidad de transmisión que cada uno posee, las capas del modelo son: capa de acceso, capa de distribución y capa de *core* o núcleo. En la figura 3.1 se ilustra la estructura del modelo jerárquico.

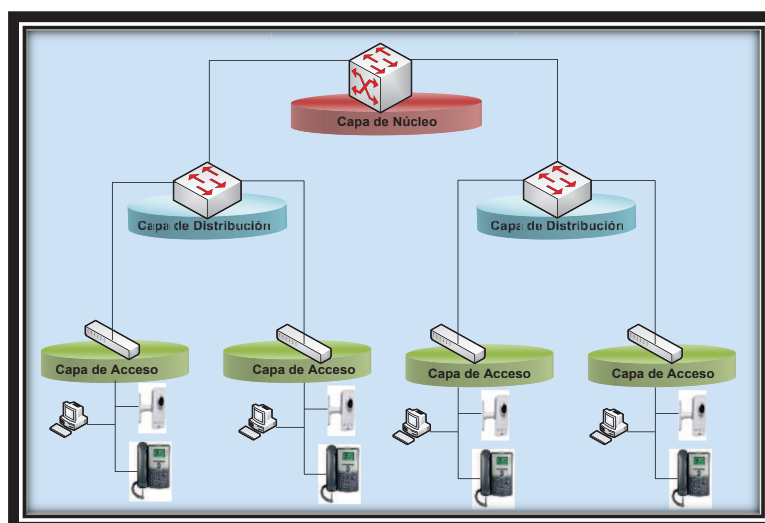


Figura 3.1 Estructura del Modelo Jerárquico

3.2.1 CAPA DE ACCESO

Constituye el punto al cual se conectan todos los usuarios finales de red como: estaciones de trabajo, impresoras, puntos de acceso inalámbrico, cámaras IP, teléfonos IP, etc. En esta capa se realiza la conmutación Ethernet (*switching*) y la

segmentación de los dominios de colisión, el flujo de datos que circula por este nivel es desviado a la siguiente capa que es la de distribución.

El propósito principal de esta capa es aportar un medio de conexión para los dispositivos de red y controlar que dispositivos pueden comunicarse en la red.

Las principales características que deben poseer los equipos de red ubicados en esta capa son⁴⁸:

- ✓ Conectividad a 10/100/1000 Ethernet.
- ✓ PoE.
- ✓ VLAN.
- ✓ Calidad de Servicio (QoS).

3.2.2 CAPA DE DISTRIBUCIÓN

Constituye el punto de interconexión entre la capa de acceso y la capa de *core*, se implementan políticas de acceso y seguridad en la red como: ruteo, listas de acceso, filtrado de paquetes, cola de espera, ruteo entre VLANs, entre otras.

Entre otras funciones determina qué paquetes deben llegar al *Core*, y cuál es la manera más rápida de responder a los requerimientos de red, por ejemplo, peticiones que se realizan a un servidor.

Se colocará dos *switches* de distribución en el edificio principal y uno en el edificio secundario, facilitando la escalabilidad en la red.

Las principales características que deben poseer los equipos de red ubicados en esta capa son⁶²:

- ✓ Enlaces Redundantes.
- ✓ Conexiones a 1G o 10G.
- ✓ Capacidad de Enrutamiento (*Switches* L2 y L3).
- ✓ Calidad de Servicio (QoS).

⁴⁸ <http://www.redesymas.org/2011/05/disenio-de-redes-modelo-jerarquico.html>

- ✓ Capacidad de *switching* altas, al igual que altas tasas de reenvío.

3.2.3 CAPA DE CORE O NÚCLEO

Es básicamente el núcleo de toda la red, su única función es conmutar tráfico tan rápido como sea posible, se encarga de llevar grandes cantidades de tráfico de manera confiable y veloz. La tolerancia a fallas es un factor muy importante en esta capa pues afecta a todos los usuarios de la red.

Este *switch* se conecta a todos los *switches* de distribución, a la granja de servidores, al *router* de conexión y a la central telefónica.

Las principales características que debe poseer este equipo ubicado en esta capa son⁴⁹:

- ✓ Conexiones a 1G o 10G.
- ✓ Calidad de Servicio (QoS).
- ✓ Capacidad de *switching* altas, al igual que altas tasas de reenvío.
- ✓ Enlaces redundantes.

3.3 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE RED^[4]

El diseño de la red LAN multiservicios deberá tener la capacidad de manejar aplicaciones de gran velocidad y alta carga de procesamiento como son: transmisión de datos, telefonía IP, videoconferencia, video vigilancia IP, etc.

En base a los datos descritos en la tabla 2.31 referente al tráfico que cursará por la red, se observa que la velocidad del enlace supera los 100 Mbps, razón por la cual se ha seleccionado la tecnología Gigabit-Ethernet.

El estándar Gigabit-Ethernet se lo escoge además por las siguientes razones⁵⁰:

- ✓ Ofrece mayores velocidades de transmisión, con capacidades de 1000 Mbps.

⁴⁹ <http://www.redesymas.org/2011/05/disenio-de-redes-modelo-jerarquico.html>

⁵⁰ <http://www.caracteristicasdered6i.blogspot.com/2010/03/arquitectura-gigabit-ethernet.html>

- ✓ Escalabilidad: con la posibilidad de aumentar la velocidad de transmisión, con el uso de enlaces agregados y *switches*.
- ✓ Calidad de Servicio: esta característica permite configurar el tráfico de red y optimizarlo para datos críticos.
- ✓ Integración hacia atrás: Gigabit-Ethernet emplea los mismos esquemas de transmisión y formatos de trama que FastEthernet y Ethernet.
- ✓ Soporte para nuevas aplicaciones y nuevos tipos de datos.
- ✓ Bajo costo de administración y mantenimiento.

3.3.1 GIGABIT ETHERNET

Se empleará esta tecnología para la parte del cableado horizontal que comprende la conexión entre las estaciones de trabajo y los *switches* de acceso. Se ha tomado esta tecnología debido a que permite manejar gran cantidad de aplicaciones de tiempo real, que exigen una alta velocidad de transmisión como: Videoconferencia, video vigilancia IP, VoIP, etc.

Esta tecnología además será utilizada para la parte del cableado vertical que comprende la conexión entre los *switches* de acceso a los *switches* de distribución y entre los *switches* de distribución y el *switch* de *core* o núcleo, debido a que estos enlaces requieren altas velocidades de transmisión evitando así los cuellos de botella.

3.4 TOPOLOGÍA DE RED

La topología de red seleccionada es la tipo estrella extendida debido a las ventajas que proporciona como: escalabilidad, confiabilidad, fácil diseño e instalación y fácil administración, además es más tolerante ya que si una computadora se desconecta o si se rompe el cable únicamente esa computadora se ve afectada y el resto de la red mantiene su comunicación normal. Con esta topología resulta más sencilla la detección y prevención de daños y conflictos pues se maneja un esquema centralizado.

3.5 DISEÑO DE LA RED PASIVA^{[9][68]}

Las consideraciones del diseño de la red pasiva incluyen desde el tipo de cable a usar y toda la estructura del sistema de cableado, algunos de los aspectos a tomar son:

- ✓ Se buscará una solución completa de conectividad y el diseño se basará en estándares que admitan tecnologías actuales y futuras, el cumplimiento de estos estándares garantizan el rendimiento y confiabilidad del proyecto a largo plazo.
- ✓ Planificar el diseño tomando en cuenta el crecimiento futuro
- ✓ Los medios de transmisión a utilizar serán cable UTP de categoría 6 y cable UTP categoría 6A.
- ✓ El punto de red instalado será empleado tanto para la transmisión de datos como de voz.
- ✓ Se utilizarán normas para definir el sistema de cableado estructurado, se usará la norma ANSI/EIA/TIA-568-C que define estándares que permiten el diseño e implementación de sistemas de cableado estructurado para edificios comerciales. Para la administración del sistema de cableado estructurado se tomarán las especificaciones provistas por el estándar ANSI/EIA/TIA-606-A: "Administración para la Infraestructura de Telecomunicaciones de Edificios Comerciales". Otra norma a considerar es la ANSI/EIA/TIA-607-A que permite una correcta instalación de sistemas de puesta a tierra de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales. Y finalmente se tomará la Norma de Enrutamiento y Espacios de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales establecida en el estándar ANSI/EIA/TIA-569-A.
- ✓ El sistema de cableado estructurado tiene seis subsistemas que son: Cableado Horizontal, Cableado Vertical, Área de Trabajo, Cuarto de Telecomunicaciones, Cuarto de Equipos y Acometida de entrada de servicios.

3.5.1 SUBSISTEMAS DEL CABLEADO ESTRUCTURADO

3.5.1.1 Cableado Horizontal

El estándar ANSI/EIA/TIA-568-C.1 define que el cableado horizontal se instalará en una topología estrella, es decir la terminación se hará en cada cuarto de telecomunicaciones ubicado en cada piso.

En la figura 1.6 se ilustran las distancias máximas permitidas en el cableado horizontal.

El medio de transmisión a utilizar es el cable sin blindaje UTP de 100 ohm de 4 pares 22 AWG categoría 6. El estándar de cable es compatible con versiones anteriores puede ser utilizado para Ethernet, FastEthernet y Gigabit Ethernet, alcanza frecuencias de hasta 250 MHz en cada par y una velocidad de 1 Gbps. El cable UTP categoría 6 es el mínimo recomendable para soportar aplicaciones que demandan de altas velocidades de transmisión como VoIP, videoconferencia y video vigilancia IP.

3.5.1.1.1 Salida de Comunicaciones

Se utilizarán *faceplates* simples o dobles dependiendo de las salidas de comunicaciones en cada área de trabajo. Los *faceplates* deben cumplir con las siguientes características:

- ✓ La placa albergará conectores modulares de tipo RJ-45 (*jack*).
- ✓ La placa constará de una ranura para insertar la etiqueta de identificación correspondiente a cada punto de red.
- ✓ La placa deberá tener una inclinación para evitar que cualquier doblamiento del cable UTP sobrepase el radio de curvatura mínimo de 4 veces el diámetro externo del cable.
- ✓ El conector de la placa soportará los esquemas T568A y T568B.

En la tabla 3.1 se determina la cantidad de *faceplates* simples y dobles que se requerirán en todas las áreas de trabajo de la municipalidad.

		Área de Trabajo	Faceplate Doble	Faceplate Simple	
Principal	PB	Dirección Administrativa y Financiera	2	2	
		Tesorería y Recaudación	2	2	
		Contabilidad y Presupuesto	4	2	
		Patronato, Servicio Social	0	4	
		Concejo Municipal	4	2	
		Comunicación RR.PP	2	2	
		Informática	3	2	
		Cámaras IP	0	8	
	1	Alcaldía	1	0	
		Sala de Sesiones	4	0	
		Secretaría General	2	2	
		Talento Humano	1	2	
		Asesoría Jurídica	2	2	
		Comisaría Municipal	1	2	
		Rentas	1	0	
		Departamento De Desarrollo Social, Económico y Ambiental	4	2	
	2	Cámaras IP	0	7	
		Departamento de Obras Públicas	3	2	
		Planificación Urbana y Rural	0	6	
		Avalúos y Catastros	3	2	
		Dir. Agua Potable y Alcantarillado	2	2	
		Auditoría Interna	1	2	
		Participación Ciudadana	1	2	
		Cámaras IP	0	5	
	Secundario		Puntos para la Interconexión	1	0
			Junta Cantonal	3	2
			Consejo Cantonal	3	3
			Bomberos	3	2
1		Cámaras IP	0	5	
		Biblioteca Municipal	9	2	
		Cámaras IP	0	2	
		Puntos para Interconexión	1	0	
TOTAL			63	78	

Tabla 3.1 Cantidad de *faceplates* simples y dobles requeridos

Cabe mencionar que en la cantidad de los *faceplates* se ha considerado tanto los puntos de red actuales como futuros, para en caso de requerir la instalación de un nuevo punto de red únicamente pasar el cable y llegar al *faceplate* disponible.

3.5.1.1.2 Longitud de los cables⁵¹

Para el cálculo se ha utilizado el método de aproximación, donde se sigue una serie de pasos que llevarán a determinar la cantidad de rollos de cable necesarios para cubrir el sistema de cableado horizontal:

1. Ubicación de las salidas de comunicación (Anexo A).
2. Determinar la ruta del cable en el plano arquitectónico (Anexo A).
3. Establecer el área a servir para cada *IDF (Punto de distribución Secundario)* y *MDF (Punto de Distribución Principal)* del sistema de cableado estructurado.
4. Medir la distancia más lejana, (*Lmax*).
5. Medir la distancia más cercana, (*Lmin*).
6. Sumar las distancias y dividir las para dos, (Longitud media).
7. Añadir 10% de holgura, (Longitud media con holgura de 10%).
8. Añadir la holgura de terminación de 2,5 metros, (Longitud media con holgura de 2.5 metros).
9. El número de corridas será calculado al dividir la longitud estándar del rollo de cable (305 metros) para el resultado de la suma de los literales 6, 7 y 8, aproximar al inmediato inferior.
10. Para determinar el número de rollos necesarios se divide el número de salidas para el número de corridas por rollo, aproximar al inmediato superior.

Los pasos antes descritos por el método, se traducen en las siguientes fórmulas⁵³:

- ✓ Longitud media: $L_{med} = \frac{L_{max} + L_{min}}{2}$
- ✓ Longitud media con holgura de 10%: $L_{med10\%} = L_{med} \times 1.1$
- ✓ Longitud media final con holgura de 2,5 metros: $L_{medf} = L_{med10\%} + 2,5 m$
- ✓ Número de corridas: $\#corridas = \frac{L_{rollo}}{L_{medf}}$
- ✓ Número de rollos: $\#rollos = \frac{\#puntos\ de\ red}{\#corridas}$

⁵¹ Fuente: Ing. Fernando Flores. Folleto de Cableado Estructurado

Los cálculos serán realizados por cada piso de cada edificio, considerando los puntos de red actuales, de manera que a medida que se requiera la instalación de un nuevo punto de red, se adquiera la cantidad de cable necesario.

En el edificio principal se contemplará tres cuartos de telecomunicaciones ubicados en la planta baja, primer piso y segundo piso respectivamente, en el edificio secundario se contemplará un solo cuarto de telecomunicaciones ubicado en el primer piso para servir a todos los usuarios del mismo, es así que para los cálculos de los rollos de cable esto será el punto de partida para determinar las distancias mínimas y máximas a los diferentes puntos de red.

✓ **Ejemplo de cálculo - Planta Baja – Edificio Principal**

$$L_{max} = 55,44 \text{ metros}$$

$$L_{min} = 2,93 \text{ metros}$$

$$L_{med} = \frac{55,94 + 2,93}{2} = 29,18 \text{ metros}$$

$$L_{med10\%} = 29,18 \times 1.1 = 32,10 \text{ metros}$$

$$L_{medf} = 32,10 \text{ m} + 2,5 \text{ m} = 34,60 \text{ metros}$$

$$\#corridas = \frac{305 \text{ m}}{34,60\text{m}} = 8,815 \approx 8$$

$$\#rollos = \frac{36}{8} = 5,5 \approx 6 \text{ rollos}$$

En la tabla 3.2 se presenta los resultados de cálculo de la cantidad de rollos de cable necesarios para el cableado horizontal en el MSPH.

Se concluye que para cubrir el cableado horizontal actual de todas las instalaciones del Municipio se requiere 16 rollos de cable UTP categoría 6.

Edificio	Piso	Distancia Máxima (m)	Distancia Mínima (m)	Puntos de Red	Cantidad de Rollos
Principal	PB	55,44	2,93	36	6
	1	35,9	10,55	32	4
	2	42,79	2,5	25	3
Secundario	PB	27,32	3,5	33	3
	1				
Total					16

Tabla 3.2 Cantidad de rollos de cable UTP categoría 6

3.5.1.1.3 Enrutamiento

El cable será llevado por conductos apropiados y canaletas, se empleará canaletas decorativas que serán instaladas en los 2 edificios de la municipalidad. Para manejar un enrutamiento adecuado según la norma ANSI/EIA/TIA-569-A, se debe tomar en cuenta la ubicación de los puntos de red (datos, voz y video), la cercanía de los puntos de comunicación a los *rack's*, las facilidades de acceso y la separación física con fuentes de interferencia electromagnética.

Para el enrutado del cable UTP categoría 6 dentro de las oficinas de la municipalidad se utilizará canaletas de diferentes medidas, para lo que se considerará la cantidad de cables en cada caso; el análisis realizado indica que no se requiere de escalerillas ni bandejas, pues las dimensiones de las canaletas a emplear abastecen satisfactoriamente las necesidades en la instalación.

Considerando las salidas de comunicación en cada uno de los pisos se emplearán 4 tipos de canaletas⁵²:

- ✓ Canaleta (20x12) mm, la cual permite llevar 3 cables en su interior.
- ✓ Canaleta (32x12) mm, la cual permite llevar 5 cables en su interior.
- ✓ Canaleta (40x25) mm, la cual permite llevar 13 cables en su interior.
- ✓ Canaleta (60x40) mm, la cual permite llevar 30 cables en su interior.

⁵² <http://www.schneider-electric.cl/documents/pdf/dexson/brodexson.pdf>

El cálculo del número de canaletas a usar se realizará por cada piso de los dos edificios, considerando las distancias a cada departamento. ^[17]

Para la salida de comunicaciones se empleará las canaletas (20x12) mm las cuales llevan en su interior 3 cables, permitiendo llegar con facilidad ya sea a salidas dobles o simples. Se consideró un promedio de una canaleta y media por cada salida de comunicaciones, cabe destacar que para este cálculo también se ha considerado las salidas para las cámaras IP. Se emplea la ecuación 3.1 para el cálculo del número de canaletas.

$$\text{Número de canaletas}_{(20 \times 12)} = \frac{1.5 \text{ canaletas}}{\text{salida de comunicaciones}} \times \text{número de salidas.}$$

Ecuación 3.1 Cálculo de número de canaletas para salidas de comunicaciones

- ✓ Ejemplo de cálculo del número de canaletas para la salida de comunicaciones en la planta baja.

$$\text{Número de canaletas}_{(20 \times 12)} = \frac{1.5 \text{ canaletas}}{\text{salida de comunicaciones}} \times 36 \text{ salidas}$$

$$\text{Número de canaletas}_{(20 \times 12)} = 54 \text{ canaletas}$$

En la tabla 3.3 se presenta el resultado del número de canaletas 20x12 necesarias para las salidas de comunicaciones en el MSPH.

Edificio	Piso	Promedio Canaleta	Salidas de Comunicaciones	Canaletas (20x12)
Principal	PB	1,5	36	54
	1	1,5	32	48
	2	1,5	25	38
Secundario	PB	1,5	18	27
	1	1,5	15	23
Total				190

Tabla 3.3 Cálculo de canaletas (20x12) para las salidas de comunicaciones en el MSPH

En las instalaciones de la municipalidad no se cuenta con cielo falso, por lo que se utilizará las canaletas (32x12) mm, (40x25) mm y (60x40) mm según sea el caso

para enrutar el cable por la parte superior o techo y luego emplear la canaleta (20x12) mm para llegar a cada salida de comunicaciones. Se emplea la ecuación 3.2 para su cálculo.

$$\text{Número de canaletas}_{(x \times y)} = \frac{\text{Distancia Total}}{\text{longitud de canaleta}(2 \text{ metros})}$$

Ecuación 3.2 Cálculo de número de canaletas

- ✓ Ejemplo de cálculo: Para llevar el cable hacia los departamentos de Contabilidad, Dirección Financiera y Recaudaciones se empleará la canaleta (60x40), que permitirá llevar todos los cables desde el cuarto de telecomunicaciones. Se emplea la ecuación 3.2

$$\text{Número de canaletas}_{(60 \times 40)} = \frac{19,32 \text{ m}}{\text{longitud de canaleta}(2 \text{ metros})}$$

$$\text{Número de canaletas}_{(60 \times 40)} = 9,66 \approx 10 \text{ canaletas}$$

En la tabla 3.4 se presentan los resultados del cálculo del número de canaletas (60x40), que se requiere para llegar a las diferentes áreas de la municipalidad.

Edificio	Departamentos	Distancia (m)	Canaletas (60x40)
Principal	Contabilidad, Dirección Financiera y Recaudaciones	19,32	10
	Concejo Municipal, Informática, Comunicación RR.PP y Patronato	42,93	22
	Sala de Sesiones, Alcaldía, Secretaría General y Talento Humano	19,16	10
	Comisaría Municipal, Rentas, Asesoría Jurídica y Desarrollo Social Económico y Ambiental	20,48	11
	Obras Públicas, Planificación Urbana y Rural, Participación Ciudadana y Auditoría Interna	21,68	11
	Avalúos y Catastros y Agua Potable	38,58	20
Secundario	Junta Cantonal, Concejo Cantonal y Bomberos	18,6	10
	Biblioteca	39,43	20
		Total	114

Tabla 3.4 Cálculo de canaletas (60x40) requeridas en el MSPH

En la tabla 3.5 se presentan los resultados del cálculo del número de canaletas (32x12) que se requieren para llegar a los diferentes departamentos en el MSPH.

Edificio	Departamentos	Distancia (m)	Canaletas (32x12)
Principal	Patronato, Servicio Social y Protección De Derechos	10,51	6
	Concejo Municipal	19,52	10
	Alcaldía	9,12	5
	Secretaría de OO.PP y Punto de cámara IP	4,17	3
	Avalúos y Catastros y Agua Potable	12,57	7
Secundario	Junta Cantonal De Protección De Derechos de Niñas, Niños y Adolescentes	6,52	4
		Total	35

Tabla 3.5 Cálculo de canaletas (32x12) requeridas en el MSPH

En la tabla 3.6 se presentan los resultados del cálculo del número de canaletas (40x25) que se requieren para llegar a los diferentes departamentos en el MSPH.

Edificio	Departamentos	Distancia (m)	Canaletas (40x25)
Principal	Dirección Administrativa y Financiera	10,88	6
	Tesorería y Recaudación	8,95	5
	Contabilidad y Presupuesto	10,43	6
	Comunicación RR.PP	10,26	6
	Informática	9,09	5
	Secretaría General/Talento Humano	9,49	5
	Sala de sesiones del Concejo	10,69	6
	Asesoría Jurídica	13,94	7
	Comisaría Municipal/Rentas	12,05	7
	Departamento De Desarrollo Social, Económico y Ambiental	19,94	10
Secundario	Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia	13,83	7
	Bomberos	16,01	9
		Total	79

Tabla 3.6 Cálculo de canaletas (40x25) requeridas en el MSPH

Los puntos de red considerados para interconexión de los edificios serán colocados en la parte superior de la pared en el cuarto de telecomunicaciones, por lo que para su conexión ya está contemplado el uso de canaleta (20x12) mm.

En el Anexo A se puede observar la distribución de las diferentes canaletas empleadas para el enrutamiento del cableado horizontal.

3.5.1.2 Cableado Vertical

En la figura 3.2 se ilustra la conexión del cableado vertical.

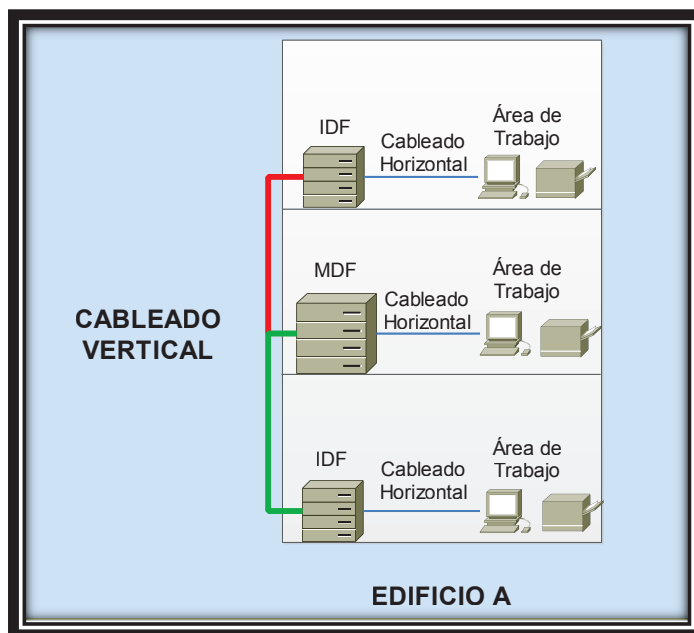


Figura 3.2 Cableado Vertical

Los tipos de cables aprobados y las distancias máximas se muestran en la tabla 3.7.

Cable	Distancia	Aplicación
Cable multipar UTP de 100 Ohmios	800 m	Voz
Cable STP de 150 Ohmios	700 m	Datos
Cable de fibra óptica de 62.5/125um	2000 m	Datos
Cable de fibra óptica monomodo	3000 m	Datos

Tabla 3.7 Cables aprobados y distancias máximas

El medio de transmisión a emplear en esta parte del cableado será cable UTP de cuatro pares categoría 6A, puesto que las características de tráfico y la cantidad de

usuarios no exigen que se coloque fibra óptica; además este tipo de medio de transmisión cuenta con parámetros de transmisión de datos y aplicaciones digitales de velocidades de transmisión mejoradas.

El cable se compone de pares trenzados apantallados sin puesta a tierra, permitiendo alcanzar velocidades de hasta 10 Gbps garantizada, gracias a su interoperabilidad no quedará cautivo de una única solución y en el futuro se podrá usar en la red componentes de otras marcas y fabricantes.

Según las recomendaciones de la norma ANSI/EIA/TIA 568C.1 el cableado vertical deberá cumplir con las siguientes características:

- ✓ El cableado vertical deberá seguir la topología estrella convencional.
- ✓ La distancia máxima permitida entre los equipos de telecomunicaciones y el MDF (Punto de Distribución Principal), es de 30 metros y los puentes de interconexión o cables de parcheo no excederán los 20 metros.
- ✓ No existirá más de dos niveles de interconexiones en el cableado vertical para limitar la degradación de la señal.

3.5.1.2.1 Enrutamiento

Para la conexión entre los cuartos de telecomunicaciones con el cuarto de equipos en el Edificio Principal se instalará tubería conduit de 1", la cual alberga 4 cables UTP de 8,4mm, correspondiente al cable UTP cat. 6a, esta tubería permitirá enrutar el cable de cobre categoría 6A brindando todos los servicios de red y telefonía en todo el edificio.

Se empleará un rollo de cable UTP categoría 6A, puesto que la longitud del cableado vertical no supera los 305 metros.

3.5.1.3 Área de Trabajo

En cada salida de comunicaciones se ha considerado un cable categoría 6 con conector RJ-45 para conectar desde la salida de comunicaciones hacia el teléfono IP y otro cable categoría 6 con conector RJ-45 para conectar desde el teléfono IP hasta

el computador, esto en los casos en que los usuarios tengan a su disposición su respectivo teléfono IP, caso contrario la conexión será directa desde la salida de comunicaciones al computador; en el caso de las impresoras de igual manera se maneja la conexión directa.

La cantidad de *patch cords* que se requiere para los puntos de datos y video es de 2 por cada punto actual, considerando la conexión cruzada desde el *patch panel* al *switch* de acceso, por lo que se requiere 252 *patch cords* de 2 metros de longitud, para este cálculo se consideran únicamente los puntos de datos y cámaras IP actuales ya que para puntos futuros se irá adquiriendo el *patch cord* según las necesidades; además no se considera los puntos de voz ya que el cable de conexión para estos viene incluido en los equipos de telefonía.

En el Anexo A se puede observar la distribución de las salidas de comunicaciones de los puntos de voz, video y datos en las diferentes instalaciones del MSPH.

En la figura 3.3 se ilustran la forma de conexión en el área de trabajo.

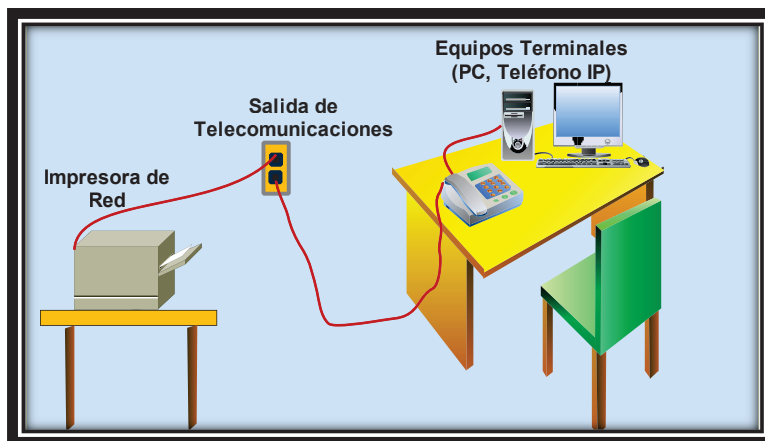


Figura 3.3 Forma de conexión en el Área de Trabajo

3.5.1.4 Cuarto de Telecomunicaciones

Debe cumplir las siguientes características:

- ✓ Debe ser capaz de albergar equipo de telecomunicaciones, terminaciones de cable y cableado de interconexión asociado.

- ✓ Espacio exclusivo para dedicarse a funciones de telecomunicación.
- ✓ Mínimo se debe tener un cuarto de telecomunicaciones por piso, si la distancia supera los 90 metros se requiere uno adicional.
- ✓ Debe disponer de iluminación, tomacorrientes y HVAC⁵³.
- ✓ El cuarto de telecomunicaciones no debe ser compartido con instalaciones eléctricas que no sean de telecomunicaciones.
- ✓ Los cuartos de telecomunicaciones cumplirán con la norma EIA/TIA-569 A se manejarán gabinetes cerrados de pared para la instalación de los componentes de cableado como *patch panels*, organizadores, *patch cords*, *switches* y la electrónica necesaria.

La distribución de los cuartos de telecomunicaciones en las instalaciones del MSPH se detalla a continuación:

Edificio Principal

En el edificio principal se contemplará un cuarto de telecomunicaciones por cada piso excepto en el primer piso que es donde se ubicará el cuarto de equipos.

✓ **Planta Baja**

En esta planta se ubicará un cuarto de telecomunicaciones en un área reservada junto al departamento de Contabilidad, constará de un gabinete secundario cerrado y de pared que servirá a todos los usuarios de la red de este piso, este albergará los siguientes dispositivos: *switch* de acceso, *patch panel*, organizador de cable y regleta de conexión.

✓ **Segundo Piso**

En esta planta se ubicará un cuarto de telecomunicaciones en un área reservada junto a la Dirección de Obras Públicas, constará de un gabinete secundario cerrado y de pared que servirá a todos los usuarios de la red de este piso, este albergará los

⁵³ HVAC: *Heating, Ventilating and Air Conditioning* (calefacción, ventilación y aire acondicionado)

siguientes dispositivos: *switch* de acceso, *patch panel*, organizador de cable y regleta de conexión.

Edificio Secundario

En este edificio se contemplará un solo cuarto de telecomunicaciones que servirá a los dos pisos del mismo, esto debido a que la infraestructura actual y la cantidad de usuarios no requieren que se maneje un cuarto por piso.

El cuarto de telecomunicaciones se ubicará en un área reservada junto a la Biblioteca, constará de un gabinete secundario cerrado y de pared que servirá a todos los usuarios de la red de este edificio, este albergará los siguientes dispositivos: *switch* de acceso, *patch panel*, organizador de cable y regleta de conexión.

3.5.1.4.1 Consideraciones Adicionales⁵⁴

Según la norma EIA/TIA/569A se debe tomar en cuentas las siguientes consideraciones a la hora de instalar un cuarto de telecomunicaciones:

- ✓ El gabinete de pared requiere por lo menos 76,2 cm (30 pulgadas) de espacio libre delante de la puerta para que ésta se pueda abrir con facilidad.
- ✓ El cuarto de telecomunicaciones debe mantener un control de ambiente continuo y constante (24 horas por día, 365 días al año).
- ✓ La temperatura recomendada es de 10° a 35° C \pm 5°C, manteniendo una humedad relativa de 85%.
- ✓ Se debe proporcionar protección contra el fuego, con materiales retardantes a la flama.
- ✓ Contar con una buena planeación, diseño e instalación de sistemas de aterrizaje de telecomunicaciones, como lo indica la norma EIA/TIA 607.
- ✓ Colocar dispositivos de iluminación a 2.6 metros del piso.

⁵⁴ Fuente: Ing. Pablo Hidalgo, Folleto de Cableado Estructurado

- ✓ Mantener una adecuada distribución de energía con base a las necesidades de alimentación.
- ✓ Mantener una buena seguridad, el gabinete cerrado, debe ser bajo llave o crear mecanismos de acceso electrónicos controlados al cuarto de telecomunicaciones.

3.5.1.4.2 *Dimensionamiento de los gabinetes cerrados de pared*

Para el dimensionamiento de los gabinetes se debe tener presente la cantidad de puntos de red a los cuales se abastecerá, además se debe considerar todos los dispositivos que se colocarán dentro del mismo. Las medidas estándar de cada uno de los elementos a utilizar son: Los *switches* de 24 puertos representan 1 UR, los *patch panels* de 24 puertos RJ45 representan 1 UR, los organizadores horizontales de cable representan 2 UR, las regletas de conexión o energía representan 1 UR, la barra de cobre para la puesta a tierra representa 1 UR, un ventilador representa 1 UR y además se ha contemplado una medida de holgura de 4 UR.

En la tabla 3.8 se presenta el dimensionamiento de los gabinetes cerrados de pared que se colocarán en los cuartos de telecomunicaciones de la planta baja y segundo piso del Edificio Principal de la municipalidad.

En la tabla 3.9 se presenta el dimensionamiento del gabinete cerrado de pared que se colocarán en el cuarto de telecomunicaciones del primer piso del Edificio Secundario de la municipalidad, el cual servirá a todos los usuarios de red del mismo.

Cabe recalcar que en el dimensionamiento de estos gabinetes ya se ha considerado el crecimiento de la red en 5 años, como se ha venido estimando desde cálculos anteriores, dejando además el espacio suficiente para el ingreso de nuevos equipos activos. La ubicación física de los cuartos de telecomunicaciones se ilustra en el ANEXO A.

Ubicación	Elemento	Cantidad	Medida (UR)
PB	<i>switch</i> de acceso de 24 puertos	2	2
	<i>switch</i> de distribución	1	1
	organizador horizontal	2	4
	<i>patch panel</i> de 24 puertos	2	2
	Ventilador	1	1
	regleta de conexión	1	1
	Barra de cobre (toma a tierra)	1	1
	Holgura		4
TOTAL			16
MEDIDA COMERCIAL			18
2	<i>switch</i> de acceso de 24 puertos	2	2
	organizador horizontal	2	4
	<i>patch panel</i> de 24 puertos	2	2
	Ventilador	1	1
	regleta de conexión	1	1
	Barra de cobre (toma a tierra)	1	1
	Holgura		4
TOTAL			15
MEDIDA COMERCIAL			15

Tabla 3.8 Dimensionamiento de los gabinetes cerrados de pared del Edificio Principal

Ubicación	Elemento	Cantidad	Medida (UR)
1	<i>switch</i> de acceso de 24 puertos	2	2
	<i>switch</i> de distribución	1	1
	organizador horizontal	2	4
	<i>patch panel</i> de 24 puertos	2	2
	Ventilador	1	1
	regleta de conexión	1	1
	Barra de cobre (toma a tierra)	1	1
	Holgura		4
TOTAL			16
MEDIDA COMERCIAL			18

Tabla 3.9 Dimensionamiento del gabinete cerrado de pared del Edificio Secundario

3.5.1.5 Cuarto de Equipos⁵⁵

De acuerdo a las especificaciones de la norma ANSI/EIA/TIA 569 A, el cuarto de equipos presentará las siguientes características.

- ✓ Deberá ser un área segura, con una correcta iluminación y con protecciones para el equipo personal.
- ✓ Deberá incluir un sistema de puesta a tierra, que contará con una barra de puesta a tierra la cual se conectará mediante cable 6 AWG (mínimo) al sistema de puesta a tierra de telecomunicaciones (ANSI/EIA/TIA 607).
- ✓ Las condiciones ambientales serán:
 - Temperatura: Entre 18°C y 27°C.
 - Humedad: Entre 30% y 55%.
- ✓ Puertas y Pintura Piro-Retardante.
- ✓ Una altura mínima de 2.44 metros sin obstrucciones.
- ✓ Debe ser diseñado con un mínimo de 14 m².
- ✓ El cuarto debe estar provisto de luz, energía y HVAC.
- ✓ Deberá contar con un sistema de extinción de incendios.
- ✓ El cuarto de equipos deberá equiparse con un sistema de climatización correcto.
- ✓ El cuarto de equipos deberá mantener un sistema de seguridad donde solo podrá acceder personal autorizado.
- ✓ El cuarto de equipos alojará al *rack* principal de equipos activos.
- ✓ El cuarto de equipos estará ubicado en el primer piso del Edificio Principal de la municipalidad, la ubicación física se hace referencia en el ANEXO A.

3.5.1.5.1 Dimensionamiento de los gabinetes cerrados de piso

Tomando en cuenta que cada unidad de *rack* representa 1,75 pulgadas se realiza a continuación el dimensionamiento del *rack* principal que por seguridad se ha considerado el uso de un gabinete cerrado de piso.

⁵⁵ Fuente: Ing. Fernando Flores, Folleto de Cableado Estructurado

En la tabla 3.10 se presenta el dimensionamiento del gabinete cerrado de piso que se colocará en el cuarto de equipos del primer piso del Edificio Principal de la municipalidad, para el diseño se ha considerado los *switches* de acceso de la planta correspondiente, el *switch* de distribución que soportará el tráfico generado por el primer y segundo piso, el *switch* de core que soportará el tráfico de toda la red y el *router* que permitirá la salida a Internet.

Ubicación	Elemento	Cantidad	Medida (UR)
1	<i>switch</i> de acceso de 24 puertos	2	2
	<i>switch</i> de distribución	1	1
	<i>switch</i> de core o núcleo	1	1
	<i>router</i>	1	1
	organizador horizontal	3	6
	<i>patch panel</i> de 24 puertos	2	2
	Ventilador	1	1
	regleta de conexión	1	1
	Barra de cobre (toma a tierra)	1	1
	Holgura		4
TOTAL			20
MEDIDA COMERCIAL			24

Tabla 3.10 Dimensionamiento del gabinete cerrado de piso del Edificio Principal

Para alojar a los servidores de igual manera se emplearán gabinetes cerrados de piso pero de uso específico para servidores, por lo que sus medidas tanto de ancho como de profundidad deberán variar dependiendo de qué equipos se implementarán para manejar los diferentes servicios de red que se requieren en la municipalidad.

3.5.1.6 Acometida de Entrada de Servicios⁵⁶

Esta área se ubicará en el cuarto de equipos del primer piso del Edificio Principal, a este punto llegan las líneas telefónicas e Internet, las cuales van por un pozo y pasan por el tablero de distribución directamente al *rack* principal.

⁵⁶ Fuente: Ing. Fernando Flores, Folleto de Cableado Estructurado

3.5.2 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Se instalará una barra principal de puesta a tierra (TMGB) por cada edificio de la municipalidad, la primera se colocará en la acometida de entrada de servicios, lugar que también se considera el cuarto de equipos en el Edificio Principal y la segunda se colocará en el cuarto de telecomunicaciones del Edificio Secundario, éstas barras brindarán servicio al equipo de telecomunicaciones localizado en cada espacio.

Se instalará una barra de puesta a tierra (TGB) en cada uno de los cuartos de telecomunicaciones de la planta baja y segundo piso del Edificio Principal. Se recomienda que las TMGB y la TGB sean barras de cobre perforadas para los conectores a utilizar, además que estén platinadas para reducir la resistencia al contacto. Estas barras se conectarán al panel principal de telecomunicaciones o a su cubierta metálica.

Para interconectar todas las TGBs con la TMGB se empleará un conductor de unión vertical (TBB), este se originará en la TMGB y se extenderá por la distribución vertical de telecomunicaciones del edificio, conectando de esta manera a todas las TGBs de los cuartos de telecomunicaciones. Los conductores de unión deberán ser de cobre y aislados con una medida mínima de 6 AWG y máxima de 3 AWG. En la figura 3.4 se ilustra la distribución del sistema de puesta a tierra en los dos edificios de la municipalidad.

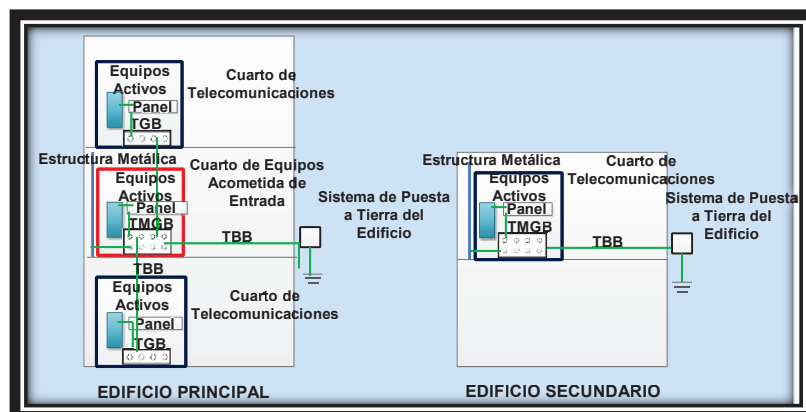


Figura 3.4 Distribución del sistema de puesta a tierra

3.5.3 ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO

El sistema de cableado estructurado diseñado contempla su instalación en los dos edificios de la municipalidad, razón por la cual el estándar TIA/EIA-606 A define como una clase 3 a la red cableada del MSPH.

La definición de la clase y su administración permiten una mejor práctica y escalabilidad, permitiendo el crecimiento de la red sin requerir grandes cambios en el etiquetado o identificación actual.

Se presentará las especificaciones para el etiquetado de los puntos de red siguiendo la recomendación del estándar, la misma que se define así:



Tipo de Servicio

Identificación del piso

Identificación del *patch panel*

Identificación del cuarto

Puerto en el panel

Esta definición consta de tres partes: la primera consiste en una letra que identifica el tipo de servicio de red así:

- ✓ Letra D: corresponde al punto de datos que simultáneamente se usará con el servicio de telefonía IP.
- ✓ Letra I: corresponde al punto de red donde se conectarán las impresoras de red.
- ✓ Letra C: corresponde a un punto de red al cuál se conectarán las cámaras IP.
- ✓ Letra L: corresponde a un punto de red al cuál se conectará el servicio de videoconferencia.

La segunda, una identificación de los Cuartos de Telecomunicaciones/ Cuarto de Equipos que comprende:

- ✓ Identificación del piso: Piso en donde el cuarto de telecomunicaciones o el cuarto de equipos este ubicado, de manera que el número 0 corresponde a la planta baja, 1 al primer piso y 2 al segundo piso, en el ejemplo: Piso 2.
- ✓ Identificación del cuarto: Letra que identifique al espacio de telecomunicaciones dentro del piso, en el ejemplo: cuarto de telecomunicaciones B.

Y la tercera parte corresponde a una Identificación horizontal que comprende:

- ✓ Identificación del *patch panel*: una o dos letras que identifiquen el panel, en el ejemplo *patch panel A*.
- ✓ Puerto en el *patch panel*: Número que identifica al punto de red, puerto en el *patch panel*, en el ejemplo puerto 22.

En el Anexo A se presentan los planos del MSPH con las ubicaciones y las respectivas etiquetas de todos los puntos de red.

3.6 DISEÑO DE LA RED ACTIVA

El diseño de la red activa contempla todo lo referente a la parte de datos (estaciones de trabajo, servidores, equipos activos de red), la parte de video (videoconferencia y video vigilancia IP) y la parte de voz (VoIP).

Cada uno de los equipos a adquirir requiere sus propias características, considerando sus prestaciones de red y la cantidad de usuarios. El diseño puede ir desde los más simple a lo más complejo, dependiendo de los servicios y aplicaciones que se implementarán en la red.

3.6.1 ESTACIONES DE TRABAJO

Se conoce como estaciones de trabajo a las computadoras que se encuentran dentro de una red de ordenadores, las mismas que interactúan directamente con los usuarios de la red y hacen uso de todos los recursos informáticos proporcionados por ésta.

A diferencia de una computadora aislada, una estación de trabajo posee una tarjeta de red y se conecta físicamente a través de medios guiados (cables) o no guiados (inalámbrico) a la red de una compañía.

Las estaciones de trabajo que actualmente posee el Municipio de Huaca se mantendrán, pues son equipos que se encuentran en buen estado y correcto funcionamiento, se cuenta con equipos de escritorio y portátiles que funcionan con sistemas operativos *Windows XP* y *7*, con las respectivas aplicaciones que maneja cada usuario.

Las estaciones de trabajo que serán requeridas a futuro deberán cumplir las siguientes especificaciones técnicas:

- ✓ Procesador: Intel@Core i7 3^{ra} Generación.
- ✓ Sistema Operativo: *Windows 8 Pro 64* ó *Windows 7 Professional 64*.
- ✓ Memoria RAM: 4 GB, 8 GB 1600 MHz DDR3.
- ✓ Almacenamiento: Disco Duro de 500 GB, 1 TB (7200 rpm).
- ✓ Ethernet: Gigabit integrado 10M/100M/1000M.

Haciendo referencia al literal 2.5.3, específicamente a las tablas 2.4 y 2.5, en el que usando la herramienta Zenmap se determina la cantidad de estaciones conectadas a la red, se obtiene como resultado que el número de computadores en el edificio principal es de 45 y en el edificio secundario es de 14, dando un total de 59 estaciones de trabajo en el MSPH en la actualidad, este valor no contempla usuarios que aún no poseen de una estación, por lo que el número de estaciones requeridas en la actualidad es de 63 y a futuro 125, tomando como referencia los usuarios de red calculados en la Tabla 2.16.

3.6.2 SERVIDORES^[69]

Los servicios y aplicaciones siguen un criterio basado en la especialización, la compatibilidad, las prestaciones y se engloban en unidades de servicios. Nos basaremos en las unidades de servicios (US) para así obtener las especificaciones

básicas por el conjunto de servicios que se brindarán en el MSPH y diseñar los equipos que las soporten.

3.6.2.1 US de Directorio

Esta unidad de servicio abarca todos los servicios básicos de directorio como son:

3.6.2.1.1 Servicio de Directorio Activo

Este servicio permite la administración centralizada de los recursos de red asignados a cada usuario, permisos y políticas de acceso. El directorio activo es una forma de manejar todos los elementos de una red como: ordenadores, grupos, usuarios, dominios, políticas de seguridad y cualquier tipo de objetos definidos para el usuario.

Cada usuario de la red se autenticará mediante el uso de una cuenta creada en este directorio activo, de esta manera se controlará el inicio de sesión de cada usuario en la red, así como los recursos compartidos entre ellos.

Para este proyecto se utilizará un directorio activo creado en Linux, se selecciona la plataforma Zentyal⁵⁷ por las siguientes razones:

- ✓ Con esta herramienta las empresas son capaces de mejorar la fiabilidad y la seguridad de su infraestructura de red y reducir sus inversiones y costes operativos.
- ✓ Zentyal es una plataforma de red unificada capaz de gestionar toda la infraestructura de red según la necesidad: gestión de redes integral, servidor de oficina, de correo electrónico, de comunicaciones, trabajo en grupo, copias de seguridad
- ✓ Zentyal trabaja de forma similar al Directorio Activo de *Microsoft*, permitiendo la unificación de la red.
- ✓ Zentyal dispone de un *framework* abierto para el desarrollo de nuevas soluciones.

⁵⁷ Zentyal: Es una plataforma unificada de red que funciona sobre la distribución Ubuntu, es la alternativa de código abierto a los productos de *Microsoft* para infraestructura TIC. Permite administrar los servicios de una red de comunicación de forma sencilla y a través de una única plataforma.

- ✓ Zentyal posee una interfaz de administración intuitiva para el usuario, lo que facilita administrar todos los servicios de una red informática, a diferencia de usar un Linux a base de línea de comandos, esta plataforma realiza cualquier configuración a través de su interfaz web.
- ✓ Zentyal ofrece una infraestructura de red unificada, de manera que se utilizará esta misma plataforma para los servicios de DNS, DHCP, Correo Electrónico, FTP y *Proxy* y *Firewall*.

El módulo de Directorio Activo de Zentyal se basa en la tecnología *SAMBA*, la cual comprende un conjunto de utilidades de código abierto y funciona como un servidor de dominios, entre las principales funciones tenemos ^[70]:

- ✓ Compartir datos Linux con ordenadores *Windows* (incluyendo cuentas de usuarios).
- ✓ Compartir unidades de discos *Windows* con ordenadores Linux.
- ✓ Compartir impresoras Linux con máquinas *Windows*.
- ✓ Compartir impresoras *Windows* con máquinas Linux.

3.6.2.1.2 Servicio de DNS (*Domain Name System*)

Este servicio permite la traducción de los nombres de los *host* a direcciones IP y viceversa, para el objetivo el servidor de DNS mantiene una base de datos en la cual se almacenan todas las direcciones IP y todos los nombres de los *hosts* pertenecientes al dominio del MSPH.

Cabe mencionar que no existe un servidor DNS único, sino que cada servidor almacena las IP's correspondientes a su dominio; los servidores están dispuestos jerárquicamente de forma que cuando nuestro servidor más inmediato no puede atender una petición, éste le traslada al DNS superior.

Para el desarrollo de este proyecto se instalará un servidor DNS a través de la plataforma Zentyal, que como se explicó anteriormente el objetivo es mantener una infraestructura de red unificada y de fácil administración.

3.6.2.1.3 Servicio de DHCP (*Dinamic Host Control Protocol*)

Este servicio simplifica la administración de la configuración IP de los equipos de nuestra red.

El protocolo de configuración dinámica del *host* permite la configuración IP automática de los equipos sin necesidad de hacerlo manualmente. Este servicio se instalará a través de la plataforma Zentyal, de esta manera el servidor DHCP responderá a las peticiones de los clientes, proporcionando los parámetros necesarios para auto configurarse tales como: dirección IP, máscara de subred, puerta de enlace, servidores DNS y otros parámetros más de manera opcional.

3.6.2.1.4 Servicio de Impresión

Dentro de un sistema informático y en sí dentro del MSPH es muy frecuente la necesidad de imprimir documentos, antiguamente a cada computador se conectaba una impresora, en la actualidad se han sofisticado los sistemas para compartir y optimizar el uso de impresoras, mediante la implementación de servidores de impresión.

El servidor de impresión permite que los ordenadores de una red local hagan uso de las impresoras de la red puesto que centraliza las tareas de impresión y las colas de impresión. Se propone la implementación de este servicio en la plataforma Zentyal.

3.6.2.2 US de Proxy y Firewall

Para el mejoramiento de la seguridad y del rendimiento de la red municipal se implementará un servidor *proxy* que actuará como intermediario entre los equipos de la red de área local e Internet, este servidor será implementado en la plataforma Zentyal, que utiliza *SQUID* muy confiable, robusto y versátil, el cuál brinda los siguientes beneficios: acceso transparente a Internet, mayor velocidad en la navegación, debido a que las páginas que ya hayan sido visitadas se almacenan en caché del servidor, junto a *Dansguardian* que posibilidad de un control absoluto de

los accesos a Internet, por fecha, hora, lugar, e incluso por persona y capacidad de un control de páginas prohibidas.

Un *firewall* en Zentyal no necesita de ningún *software* a parte del núcleo del sistema operativo, ya que toda la configuración estará basada en reglas implementadas a través de *iptables*, que viene a ser un *framework* disponible en el núcleo de Linux. La configuración de estas reglas se centrará específicamente en proteger la información de ataques externos y en impedir el acceso no autorizado a información valiosa de nuestra red.

3.6.2.3 US de Gestión de Datos

Esta unidad de servicio tiene como objetivo gestionar los datos generados por los procesos y aplicativos municipales y almacenarlos de manera eficaz, dentro de esta US tenemos los siguientes servicios:

3.6.2.3.1 Servicio de repositorio y transferencia de archivos

Este servicio nos permite básicamente compartir y alojar archivos de cualquier tipo en un espacio virtual, permitiendo que todos los usuarios de la red municipal puedan acceder a su descarga.

Este servidor concentrará gran cantidad de información manejada por la Institución, los usuarios podrán manipular la información dependiendo de los permisos que se les haya asignado.

Dicho servicio será levantado en la plataforma Zentyal, destacándose por la sencillez en su configuración.

3.6.2.3.2 Servicio de Base de datos

Este servicio está orientado al manejo de una Base de Datos corporativa, que soporte toda la información generada por los aplicativos municipales. Como se mencionó en el capítulo anterior, la Institución usa bases de datos relacionales bajo la plataforma SQL Server 2005 a la cual se conecta el Sistema SIG-AME, el servidor

que actualmente almacena esta base de datos se encuentra obsoleto, por lo que se propondrá la migración de estos datos a un nuevo servidor, con capacidades acordes para atender de manera eficiente las peticiones de los clientes.

3.6.2.4 US de Correo Electrónico

Esta unidad de servicio abarca exclusivamente el sistema de correo electrónico, la municipalidad se encontrará en la capacidad de intercambiar correos por medio de los protocolos POP3, IMAP y SMTP. Los usuarios podrán acceder a sus correos electrónicos, ya sea desde su cliente de correo instalado en su desktop o bien desde el navegador Web de su elección.

El servicio de correo electrónico se instalará en la plataforma Zentyal , la misma que utiliza *Postfix* como MTA (*Agent*) para el envío y recepción de correos y *Dovecot* para la recepción de correos IMAP y POP3.

La administración de esta herramienta es amigable, ya que presenta una interfaz muy intuitiva y sencilla, basta guiarse de los asistentes para realizar cualquier configuración.

El objetivo de mantener una US dedicada solo para el correo electrónico, se debe a que este servicio es crítico, puesto que consume gran cantidad de recursos especialmente de memoria, espacio en disco y procesador, además debe brindar disponibilidad las 24 horas de día, para que los funcionarios municipales accedan a él en cualquier momento.

3.6.2.5 US WEB

Albergará la página web, a través de la cual la comunidad podrá acceder a información de relevancia publicada por el MSPH y a servicios online tales como: trámites municipales, consulta de planillas de agua potable, consultas de pagos de predio municipal, etc.

Para proveer este servicio, se instalará un servidor web apache sobre un sistema operativo Linux. Apache es un servidor web altamente configurable y de diseño

modular, soporta gran cantidad de lenguajes de programación y se usa para servir tanto páginas web estáticas como dinámicas.

3.6.2.6 US de Administración y Gestión de Red

Esta US está destinada a proveer un servicio de administración y gestión centralizada de la red municipal. Se instalará una aplicación para la gestión de red basada en el protocolo SNMP en la plataforma Linux, con este protocolo la gestión de red se vuelve más eficiente, puesto que permite observar el comportamiento de la red y de sus componentes detectando problemas y mejorando su funcionamiento.

El objetivo de la administración y gestión de red es garantizar un nivel de servicio en los sistemas del MSPH el máximo tiempo posible, minimizando la pérdida que ocasionaría una parada o mal funcionamiento del sistema.

Los elementos que son objetos de control en la red de comunicación son: servidores, *switches*, *routers*, *access points*, etc.

3.6.3 CARACTERÍSTICAS IMPUESTAS POR LOS SERVIDORES^[71]

Los requerimientos impuestos por los servicios descritos anteriormente serán enumerados con el objetivo de plantear las especificaciones mínimas que se debería cumplir para la correcta elección de los equipos.

3.6.3.1 US de Directorio

Para la definición de las características impuestas por los servidores se hace referencia la Tabla 3.11, obtenida de la documentación de Zentyal, en la cual se especifica los requerimientos mínimos de *hardware* requeridos dependiendo del módulo que se instale y de cuantos usuarios utilizan los servicios.

Módulo de Zentyal	Usuarios	CPU	Memoria	Disco	Tarjeta de red
Puerta de acceso	<100	P4 o equivalente	2G	80 GB	2 ó más
	100 ó más	Xeon Dual core 2,8 GHz o equivalente	4G	160 GB	2 ó más
UTM	<100	P4 o equivalente	1G	80 GB	1
	100 ó más	Xeon Dual core 2,8 GHz o equivalente	2G	160 GB	1
Infraestructura	<100	P4 o equivalente	1G	80 GB	1
	100 ó más	Xeon Dual core 2,8 GHz o equivalente	1G	160 GB	1
Oficina	<100	P4 o equivalente	1G	250 GB	1
	100 ó más	Xeon Dual core 2,8 GHz o equivalente	2G	500 GB	1
Comunicaciones	<100	Xeon Dual core o equivalente	4G	250 GB	1
	100 ó más	Xeon Dual core 2,8 GHz o equivalente	8G	500 GB	1

Tabla 3.11 Requerimientos mínimos de *hardware* para Zentyal⁵⁸

Para levantar los servicios especificados en esta unidad de servicio, se requiere instalar los siguientes módulos de Zentyal:

- ✓ *Zentyal Infrastructure*: Gestiona la infraestructura de la red local con los servicios básicos: DHCP, DNS, NTP, servidor HTTP, etc.
- ✓ *Zentyal Office*: Zentyal actúa como servidor de recursos compartidos de la red local: ficheros, impresoras, calendarios, contactos, perfiles de usuarios y grupos, etc.

⁵⁸ <http://doc.zentyal.org/2.0/es/installation.html>

Considerando este aspecto y que la cantidad de usuarios a servir en nuestra red supera los 100 usuarios, se describe a continuación los requisitos mínimos a cumplir con esta unidad de servicio.

- ✓ Sistema Operativo Linux.
- ✓ Procesador de 2.8 GHz.
- ✓ Memoria RAM de 2 GB.
- ✓ Espacio mínimo en disco de 500 GB.
- ✓ Interfaz de red a 1 Gbps.

En cuanto a la interfaz de red, en base a los resultados obtenidos en la tabla 2.31 en donde se indica que la capacidad del enlace supera los 100 Mbps, se requiere de una interfaz de red dimensionada a 1 Gbps.

3.6.3.2 US de Proxy y Firewall

Para este servicio se requiere instalar el siguiente módulo de Zentyal:

- ✓ *Zentyal Gateway*: Actúa como la puerta de enlace de la red local ofreciendo un acceso a Internet seguro y controlado.

En base a la Tabla 3.11 y considerando que la cantidad de usuarios a servir en nuestra red supera los 100 usuarios, se describe a continuación los requisitos mínimos a cumplir con esta unidad de servicio.

- ✓ Sistema Operativo Linux
- ✓ Procesador de 2.8 GHz
- ✓ Memoria RAM de 4 GB
- ✓ Espacio mínimo en disco 160 GB
- ✓ Dos Interfaces de red a 1 Gbps

Al usar Zentyal como puerta de enlace o cortafuegos se necesita al menos dos tarjetas de red, y debido a que el enlace supera los 100 Mbps se requiere de dos interfaces de red dimensionadas a 1 Gbps.

3.6.3.3 US de gestión de datos

Se describe a continuación los requisitos mínimos a cumplir con esta unidad de servicio.

- ✓ Sistema Operativo Linux.
- ✓ Gestor de Base de Datos MySQL para la migración.
- ✓ Procesador de 2.8 GHz.
- ✓ Memoria RAM de 4 GB.
- ✓ Espacio mínimo en disco 500 GB, para almacenar la información de la Base de Datos y la información a ser compartida.
- ✓ En base a los resultados detallados en la tabla 2.31 en la que las capacidades para los servicios de base de datos y transferencia de archivos superan los 100 Mbps. se requiere de una interfaz de red a 1 Gbps.
- ✓ Alta disponibilidad.

3.6.3.4 US de Correo Electrónico

Para este servicio se requiere instalar el siguiente módulo de Zentyal:

- ✓ *Zentyal Unified Communications*: Zentyal se convierte en el centro de comunicaciones de la empresa, incluyendo correo, mensajería instantánea y Voz IP.

En base a la Tabla 3.11 y considerando que la cantidad de usuarios a servir en nuestra red supera los 100 usuarios, se describe a continuación los requisitos mínimos a cumplir con esta unidad de servicio.

- ✓ Sistema Operativo Linux.
- ✓ Procesador de 2.8 GHz.
- ✓ Memoria RAM de 8 GB.
- ✓ Espacio mínimo en disco de 500 GB, de este tamaño se asigna 2 GB de capacidad de correo por usuario.

- ✓ Disco duro de 250 GB adicional, para implementar tecnología RAID 1 y así replicar y respaldar la información, y poder brindar disponibilidad de este servicio en caso de presentarse alguna anomalía.
- ✓ Interfaz de red a 1 Gbps.

En cuanto a la interfaz de red, en base a los resultados obtenidos en la tabla 2.31 en donde se indica que la capacidad del enlace supera los 100 Mbps, se requiere de una interfaz de red dimensionada a 1 Gbps.

3.6.3.5 US WEB

Un servidor web levantado en Apache no impone muchas exigencias al *hardware* por lo que este servidor puede funcionar perfectamente con las siguientes características mínimas.

- ✓ Sistema Operativo Linux.
- ✓ Procesador de 2.8 GHz.
- ✓ Memoria RAM de 2 GB.
- ✓ Espacio mínimo en disco 80 GB.
- ✓ Interfaz de red a 1 Gbps.

3.6.3.6 US de Administración y Gestión de Red

Los requisitos de *hardware* para este servicio son muy variables, dependen en gran medida del número de servicios o dispositivos a gestionar, para una infraestructura que no supere los 50 equipos los requerimientos de *hardware* son los siguientes:

- ✓ Sistema Operativo Linux.
- ✓ Aplicativos para la Gestión de Red.
- ✓ Procesador mínimo QuadCore de 2.66 GHz o más.
- ✓ Memoria RAM de 4 GB.
- ✓ Espacio mínimo en disco 160 GB.
- ✓ Interfaz de red a 1 Gbps.

3.6.4 EQUIPOS ACTIVOS DE RED

Los equipos activos de red tales como: *switches* de acceso, *switches* de distribución, *switch* de *core* y *router*, serán considerados en este numeral, mientras que los equipos relacionados con telefonía IP, red inalámbrica, videoconferencia y video vigilancia IP serán analizados posteriormente.

Tomando en cuenta las características de red que se han dimensionado, el diseño de la misma debe soportar aplicaciones y servicios en tiempo real, deberá brindar calidad de servicio (QoS), disponibilidad de los servicios en todo instante y en todo momento, por lo que se ha visto en la necesidad de adquirir equipos que posean características que ofrezcan disponibilidad, confiabilidad y seguridad dentro de la red LAN. En base a las funciones descritas en el numeral 3.2, que cada uno de los niveles del modelo de red jerárquico desempeñará, se presenta las características de los dispositivos activos de red.

3.6.4.1 Switches de Acceso

Su función principal es permitir el flujo de tráfico generado por los usuarios que demandan el acceso a los servicios de red. Según las necesidades actuales y futuras de la municipalidad, la red requiere de ocho *switches* de acceso, distribuidos de la manera que se indica en la tabla 3.12, cabe mencionar que los puertos que se indican como ocupados hacen referencia a la demanda de puntos de red actuales, dejando puertos disponibles y holgura en el *rack* para el posible crecimiento considerado a 5 años.

Edificio	Piso	Cantidad de <i>Switches</i> de Acceso (24 Puertos)	No. Puertos Ocupados	No. Puertos Disponibles
Principal	PB	2	36	12
	1	2	32	16
	2	2	25	23
Secundario	PB-1	2	33	15

Tabla 3.12 *Switches* de acceso requeridos para la red del MSPH

Entre las características principales que deben poseer estos dispositivos se detallan las siguientes ^[1]:

- ✓ 24 puertos 10/100/1000 Mbps con conector RJ45.
- ✓ Los puertos deben ser *full dúplex* con capacidad de transmitir y recibir simultáneamente información y ofrecer auto-sensado y auto-negociación con el fin de determinar automáticamente la velocidad de conexión con el resto de dispositivos.
- ✓ Dos puertos *uplink* a 10 Gbps con conector RJ45, para la conexión con el *switch* de distribución y así mantener enlaces redundantes. No se necesita un *switch* con puertos de fibra óptica, ya que el diseño escogido no lo requiere, además el número de usuarios no justifica una conexión con fibra óptica.
- ✓ Conmutación a nivel de capa dos.
- ✓ Tiempo de latencia menor a 5 μ s, esto debido a que los servicios dentro de la Institución deben permanecer disponibles de manera continua, garantizando así que los funcionarios realicen sus actividades laborales correctamente.
- ✓ Velocidad de *Backplane* mínima de:

$$[(24 \times 1000 \text{ Mbps}) + (2 \times 10 \text{ Gbps})] \times 2 = 88 \text{ Gbps}$$

El cálculo se realiza a través de los siguientes criterios, el *switch* maneja 24 puertos a 1000 Mbps, 2 puertos a 10 Gbps y el factor 2 corresponde al canal *fullduplex*.

- ✓ Se implementará VLAN's por lo que se requiere que el *switch* permita el manejo, configuración y administración de las mismas, mediante el protocolo IEEE 802.1Q, de esta manera se evita el tráfico innecesario de *broadcast* y se brinda calidad de servicio.
- ✓ Priorización de tráfico (IEEE 802.1p), garantizando así calidad de servicio (QoS) en la transferencia de información.
- ✓ Se requiere protocolos de seguridad (IEEE 802.1x), que permitan la autenticación de los dispositivos conectados a la red.
- ✓ Manejo de listas de control de acceso (ACL) de nivel 2.
- ✓ Soporte *Spanning Tree Protocol* (IEEE 802.1d), de esta manera se provee a la red una topología redundante, libre de lazos y tramas duplicadas.
- ✓ Soporte de paquetes de telefonía IP.
- ✓ Enrutamiento IP versión 6.

- ✓ Soporte de alimentación *Power over Ethernet* (IEEE 802.3af), permitiendo que los dispositivos de red sean energizados a través del *patch cord*.
- ✓ Manejo de protocolos de gestión y administración remota tales como: SNMP v1, SNMP v2, SNMP v3, RMON y Telnet, además permitir administración vía consola CLI y Web.
- ✓ Los dispositivos adquiridos deben ofrecer una garantía mínima de 1 año.

3.6.4.2 Switches de Distribución

Estos dispositivos son el punto intermedio entre la capa de *core* y de acceso, proporcionan conectividad basados en una determinada política, ya que es aquí donde se establece cómo y cuándo los paquetes pueden acceder a los servicios de red.

Este *switch* será el encargado de la administración de VLAN's, del manejo de subredes, de la segmentación de la red y del control y filtrado de paquetes mediante el uso de listas de control de acceso (ACL's), entre otras.

Para el presente diseño, en la tabla 3.13 se detalla la cantidad de *switches* y los puertos necesarios en estos dispositivos.

Edificio	Piso	Cantidad de Switches de Distribución	Puertos <i>Uplink</i> 10 Gbps	Puertos Adicionales 10/100/1000 Mbps
Principal	PB	1	3	8
	1	1	5	8
	2			
Secundario	PB	1	2	8
	1			

Tabla 3.13 *Switches* de distribución requeridos para la red del MSPH

Entre las características principales que deben poseer estos dispositivos se detallan las siguientes ^[1]:

- ✓ 8 puertos 10/100/1000 Mbps con conector RJ45 para dispositivos adicionales.

- ✓ Puertos de *uplink* a 10 Gbps con conector RJ45, para la conexión con los *switches* de acceso y el *switch* de núcleo, en la tabla 3.13 se describe la cantidad de puertos *uplink* necesarios por cada *switch*.
- ✓ Los puertos deben ser *full dúplex* con capacidad de transmitir y recibir simultáneamente información y ofrecer auto-sensado y auto-negociación con el fin de determinar automáticamente la velocidad de conexión con el resto de dispositivos.
- ✓ Conmutación a nivel de capa 2 y 3.
- ✓ Velocidad de *Backplane* mínima de:
 - Switch 1*: $[(8 \times 1000 \text{ Mbps}) + (3 \times 10 \text{ Gbps})] \times 2 = 76 \text{ Gbps}$
 - Switch 2*: $[(8 \times 1000 \text{ Mbps}) + (5 \times 10 \text{ Gbps})] \times 2 = 116 \text{ Gbps}$
 - Switch 3*: $[(8 \times 1000 \text{ Mbps}) + (2 \times 10 \text{ Gbps})] \times 2 = 56 \text{ Gbps}$
- ✓ Se implementará VLAN's por lo que se requiere que el *switch* permita el manejo, configuración y administración de las mismas, mediante el protocolo IEEE 802.1Q, de esta manera se evita el tráfico innecesario de *broadcast* y se brinda calidad de servicio.
- ✓ Priorización de tráfico (IEEE 802.1p) de nivel 2, 3 y 4, garantizando así calidad de servicio (QoS) en la transferencia de información.
- ✓ Se requiere protocolos de seguridad (IEEE 802.1x), que permitan la autenticación de los dispositivos conectados a la red.
- ✓ Manejo de listas de control de acceso (ACL) de nivel 2, 3 y 4.
- ✓ Soporte *Spanning Tree Protocol* (IEEE 802.1d), de esta manera se provee a la red una topología redundante, libre de lazos y tramas duplicadas.
- ✓ Soporte de paquetes de telefonía IP.
- ✓ Enrutamiento IP versión 6.
- ✓ Manejo de protocolos de gestión y administración remota tales como: SNMP v1, SNMP v2, SNMP v3, RMON y Telnet, además permitir administración vía consola CLI y Web.
- ✓ Soporte de alimentación *Power over Ethernet* (IEEE 802.3af), permitiendo que los dispositivos de red sean energizados a través del *patch cord*.
- ✓ Los dispositivos adquiridos deben ofrecer una garantía mínima de 1 año.

3.6.4.3 Switches de Core o Núcleo

Este dispositivo será el encargado de desviar el tráfico lo más rápido posible hacia los servicios apropiados, dichos servicios pueden ser *email*, acceso a Internet, telefonía IP y videoconferencia, por tal motivo requiere una capacidad alta y sobre todo debe ser capaz de brindar disponibilidad.

Dentro del diseño se ha considerado la utilización de un *switch* de *core* que será ubicado en el primer piso, en el área designada como el cuarto de equipos. Considerando que este dispositivo manejará una gran cantidad de información ya que es el punto por el que atraviesa todo el tráfico de la red, debe cumplir con características adecuadas como ^[1]:

- ✓ 12 puertos 10/100/1000 Mbps con conector RJ45, para la conexión con los servidores, la central telefónica IP y el *router*.
- ✓ Dos Puertos *uplink* a 10 Gbps con conector RJ45, para la conexión con los *switches* de distribución.
- ✓ Los puertos deben ser *full dúplex* con capacidad de transmitir y recibir simultáneamente información y ofrecer auto-sensado y auto-negociación con el fin de determinar automáticamente la velocidad de conexión con el resto de dispositivos.
- ✓ Conmutación a nivel de capa 2 y 3.
- ✓ Velocidad de *Backplane* mínima de:

$$\text{SwitchCore: } [(12 \times 1000 \text{ Mbps}) + (2 \times 10 \text{ Gbps})] \times 2 = 64 \text{ Gbps}$$
- ✓ Se implementará VLAN's por lo que se requiere que el *switch* permita el manejo, configuración y administración de las mismas, mediante el protocolo IEEE 802.1Q, de esta manera se evita el tráfico innecesario de *broadcast* y se brinda calidad de servicio.
- ✓ Priorización de tráfico (IEEE 802.1p) de nivel 2, 3 y 4, garantizando así calidad de servicio (QoS) en la transferencia de información.
- ✓ Se requiere protocolos de seguridad (IEEE 802.1x), que permitan la autenticación de los dispositivos conectados a la red.

- ✓ Manejo de listas de control de acceso (ACL) de nivel 2, 3 y 4.
- ✓ Soporte *Spanning Tree Protocol* (IEEE 802.1d), de esta manera se provee a la red una topología redundante, libre de lazos y tramas duplicadas.
- ✓ Soporte de paquetes de telefonía IP.
- ✓ Manejo, priorización y clasificación de tráfico de VoIP.
- ✓ Enrutamiento IP versión 6.
- ✓ Seguridad RADIUS, cliente SSH.
- ✓ Manejo de protocolos de gestión y administración remota tales como: SNMP v1, SNMP v2, SNMP v3, RMON y Telnet, además permitir administración vía consola CLI y Web.
- ✓ Soporte de alimentación *Power over Ethernet* (IEEE 802.3af), permitiendo que los dispositivos de red sean energizados a través del *patch cord*.
- ✓ Con el fin de brindar alta disponibilidad, se requiere un *switch* que maneje doble fuente de poder, de tal manera que en caso de fallar la fuente se continúe con los servicios que presta la red.
- ✓ El dispositivo adquirido debe ofrecer una garantía mínima de 1 año.

3.6.4.4 Router

Para lograr la conexión entre las VLAN's creadas dentro de la red del MSPH, se requiere de un *router*, dispositivo que además permitirá la conexión con otras redes LAN y con un ISP o Proveedor de servicios de Internet.

Para el presente diseño se requiere de un *router*, el cual se colocará en el primer piso, en el área asignada como el cuarto de equipos, este equipo será encargado principalmente de realizar el enrutamiento necesario entre redes o subredes.

Las características mínimas que debe presentar el *router* son las siguientes ^[1]:

- ✓ Cuatro puertos 10/100/1000 Gbps con conector RJ45, para la conexión con el *switch* de *core* y dispositivos adicionales.
- ✓ Los puertos deben ser *full dúplex* con capacidad de transmitir y recibir simultáneamente información y ofrecer auto-sensado y auto-negociación con

el fin de determinar automáticamente la velocidad de conexión con el resto de dispositivos.

- ✓ Velocidad de *Backplane* mínima de:

$$\text{Router: } [(4 \times 1000 \text{ Mbps})] \times 2 = 8 \text{ Gbps}$$

- ✓ Priorización de tráfico (IEEE 802.1p), garantizando así calidad de servicio (QoS) en la transferencia de información.
- ✓ Manejo de listas de control de acceso (ACL), para brindar un nivel de seguridad a la red.
- ✓ Soporte enrutamiento estático y protocolos de enrutamiento: RIP v2, OSPF, BGP, EIGRP.
- ✓ En caso de que en un futuro se requiera conexiones WAN con sucursales, se plantea que el equipo posea por lo mínimo dos interfaces seriales.
- ✓ Soporte de paquetes de telefonía IP.
- ✓ Manejo de protocolos de gestión y administración remota tales como: SNMP v1, SNMP v2, SNMP v3, RMON y Telnet, además permitir administración vía consola CLI y Web.
- ✓ Enrutamiento IP versión 6.
- ✓ Soporte de VLAN's, protocolo IEEE 802.1Q.
- ✓ Soporte Virtual Private Network (VPN).
- ✓ Soporte de protocolos de enlaces WAN como: MPLS y ATM.
- ✓ Soporte de alimentación *Power over Ethernet* (IEEE 802.3af), permitiendo que el dispositivo sea energizado a través del *patch cord*.
- ✓ El dispositivo adquirido debe ofrece una garantía mínima de 1 año.

3.6.5 TELEFONÍA IP ^[72]

3.6.5.1 Dimensionamiento del sistema de Telefonía IP

El dimensionamiento de la capacidad de este servicio no es puntual, depende de muchos factores aleatorios como el tráfico, el uso, la concurrencia, el tamaño de las solicitudes y respuestas, entre otras, por este motivo se realiza un cálculo

aproximado de los requerimientos necesarios para poner en marcha el servicio de telefonía IP.

3.6.5.1.1 Dimensionamiento de la Capacidad Requerida

En el literal 2.8.5 se realizó el cálculo de la velocidad de transmisión necesaria para brindar un servicio adecuado del transporte de voz sobre IP. Considerando el códec adecuado, el porcentaje de uso y concurrencia de los usuarios y la trama Ethernet sobre la cual se trasportarán los paquetes de voz en el entorno LAN se determinó que la capacidad requerida actual para el sistema de telefonía IP es de 5820,8 Kbps y la capacidad requerida a 5 años es de 8046,4 Kbps.

3.6.5.1.2 Dimensionamiento del Número de Troncales

De la misma manera en el literal 2.7.2, empleando la tabla Erlang B y GoS de 1% se determinó que el número de troncales necesarias para satisfacer el sistema telefónico actual es de 7 líneas troncales, y para soportar el sistema telefónico proyectado a 5 años es de 10 líneas troncales.

3.6.5.1.3 Plan de Numeración Telefónica

El plan de numeración consiste en la asignación del número de extensión a cada dispositivo terminal dentro del sistema de telefonía IP, esto permitirá mantener una administración óptima y confiable de los números de identificación a distribuir en dicho sistema.

Se considera adecuado manejar un número de cuatro dígitos, de los cuales los dos dígitos de la izquierda identificarán al departamento (ID) dentro del MSPH y los dígitos restantes de la derecha irán asignándose de manera ascendente a cada dispositivo.

El plan de numeración a utilizar dentro de la municipalidad y sus dependencias se detalla en la tabla 3.14.

Edificio	Departamento	Extensiones Actuales	Extensiones Futuro	ID	Rango de Extensiones
Principal	Dirección Administrativa y Financiera	2	4	11	1101-1104
	Tesorería y Recaudación	2	4	12	1201-1204
	Contabilidad y Presupuesto	4	8	13	1301-1308
	Patronato, Servicio Social y Protección De Derechos	1	2	14	1401-1402
	Concejo Municipal	7	7	15	1501-1507
	Comunicación RR.PP	2	4	16	1601-1604
	Informática	3	6	17	1701-1706
	Alcaldía	1	2	18	1801-1802
	Secretaría General	2	4	19	1901-1904
	Asesoría Jurídica	2	4	20	2001-2004
	Comisaría Municipal	1	2	21	2101-2102
	Rentas	1	2	22	2201-2202
	Departamento De Desarrollo Social, Económico y Ambiental	4	8	23	2301-2308
	Departamento de Obras Públicas	3	6	24	2401-2406
	Planificación Urbana y Rural	2	4	25	2501-2504
	Avalúos y Catastros	3	6	26	2601-2606
	Dirección Agua Potable y Alcantarillado	2	4	27	2701-2704
	Auditoría Interna	1	2	28	2801-2802
	Participación Ciudadana	1	2	29	2901-2902
	Talento Humano	1	2	30	3001-3002
Secundario	Junta Cantonal De Protección De Derechos De Niñas, Niños y Adolescentes	3	6	31	3101-3106
	Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia	3	6	32	3201-3206
	Bomberos	1	2	33	3301-3302
	Biblioteca Municipal	1	2	34	3401-3402

Tabla 3.14 Asignación de extensiones en la red telefónica del MSPH

3.6.5.2 Especificaciones de los Equipos para la Red de Voz

El sistema de telefonía IP se compone de dos elementos básicos: los teléfonos IP y el servidor de llamadas.

3.6.5.2.1 Características básicas de los Teléfonos IP

Estos equipos se consideran los terminales de voz, existen teléfonos IP dedicados (*hardware*) y otra alternativa programas para emularlos (*softphones*) que requerirán de una tarjeta de sonido instalada en un computador.

Los parámetros básicos que deben considerarse a la hora de seleccionar un teléfono IP son los siguientes:

- ✓ Dos puertos Ethernet 10/100/1000 Mbps (RJ45).
- ✓ Soporte del protocolo SIP, se ha escogido este protocolo por sus prestaciones, simplicidad y gran penetración en el mercado.
- ✓ Soporte del códec G711, se ha escogido este códec ya que es uno de los más utilizados por la mayoría de plataformas.
- ✓ Alimentación PoE (*Power Over Ethernet*).
- ✓ Contar con servicios finales como: llamada en espera, transferencia de llamada, buzón de voz, entre otros.

3.6.5.2.2 Características básicas del Servidor de Llamadas

Este servidor nos permitirá gestionar y administrar el sistema telefónico mediante el manejo de direcciones IP, el servidor de llamadas dependerá de la cantidad de llamadas simultáneas más no de la cantidad de extensiones a crearse; debido a que el presente proyecto se basa en un diseño en *software* libre se plantea el manejo de Elastix para la implementación del sistema de telefonía IP. Este servidor corre sobre una plataforma Linux por lo cual no consume gran cantidad de recursos, el dimensionamiento de la memoria RAM y del procesador se realizará en base al número de solicitudes que atenderá el servidor.

En la tabla 3.15 se muestra las recomendaciones para el dimensionamiento del servidor, dadas por los desarrolladores de Asterisk.

Servicio	Número de Canales	Recomendación Mínima
Servidor de Prueba	Menos de 5 canales	400 MHz / 256 MB RAM
Small Office	De 5 a 10 canales	1 GHz x86/ 512 MB RAM
Sistemas Pequeños	De 10 a 25 canales	3 GHz x86/ 1 GB RAM
Sistemas Medianos a Grandes	Más de 25 canales	Varios servidores en arquitectura distribuida

Tabla 3.15 Recomendaciones para el dimensionamiento del servidor^[2]

En base a estas recomendaciones y en referencia a que se determinó que la cantidad de líneas troncales necesarias son: 7 para el sistema actual y 10 para la proyección a 5 años, se selecciona las características mínimas de Sistemas Pequeños para el dimensionamiento del servidor a implementar.

Las características físicas mínimas que debe cumplir el servidor de llamadas se detallan a continuación:

- ✓ Procesador 3 GHz x86.
- ✓ Memoria RAM de 1GB.
- ✓ Disco duro de 250 GB.
- ✓ Puertos de conexión PCI con el servidor.
- ✓ Interfaces FXS y FXO intercambiables en caso de que sufran algún daño.
- ✓ Un puerto GigabitEthernet a 1000 Mbps para conectarse con el *switch* de core.

Las características en cuanto al *software* son las siguientes:

- ✓ El servidor de llamadas se instalará sobre una plataforma Linux, distribución Centos.
- ✓ Soporte del Protocolo SIP.
- ✓ Soporte de Códec G711.
- ✓ Protocolo de Administración SNMP.

- ✓ Capacidad mínima para 98 usuarios.
- ✓ Servicios Adicionales como: IVR (*Interactive Voice Response*), correo de voz, directorio telefónico, transferencia de llamada, llamada en espera y conferencia.

El esquema de red del sistema de telefonía IP que se manejará en la red del Municipio del Cantón Huaca se ilustra en la figura 3.5.

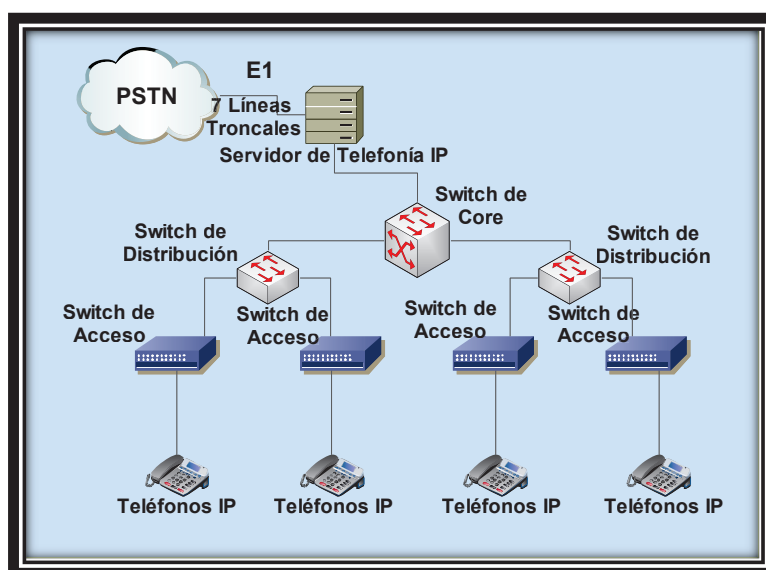


Figura 3.5 Esquema de red del sistema de Telefonía IP

3.6.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE VIDEOCONFERENCIA ^[73] ^[74]

Como se mencionó en el literal 2.7.3.1 el MSPH contará con un sistema de videoconferencia que se manejará en la Sala de Sesiones, desde ahí el Alcalde y concejales podrán realizar reuniones con las dependencias que se encuentran en el edificio secundario, para el objetivo se colocará un punto de red adicional para este servicio en el Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia.

Para garantizar un ambiente adecuado en el que se desarrollará la videoconferencia se describe a continuación algunos requisitos a cumplir:

- ✓ El nivel de iluminación es un factor muy importante, ya que se debe garantizar un nivel de iluminación homogéneo, evitando sombras en los rostros de los

conferencistas, las luces frías de tubos fluorescentes son ideales para el objetivo.

- ✓ La sala de videoconferencia debe estar adecuada con alfombras, tapetes, cuadros de pared y cortinas reduciendo así el eco.
- ✓ Para absorber el ruido no deseado se recomienda tener cielo falso y piso alfombrado.
- ✓ Se recomienda colores neutros en las paredes tales como: gris, azul y madera con barniz mate, con el objetivo de evitar reflejo de la luz.
- ✓ Los asistentes deben contar con un mobiliario cómodo y dispuesto en forma de U para mantener un acceso parejo a la cámara durante la videoconferencia.

3.6.6.1 Requerimientos de estándares para el sistema de videoconferencia

Los protocolos de comunicación en auge son H.323 y SIP, se recomienda que el sistema de videoconferencia soporte los dos protocolos, garantizando así una completa interoperabilidad con otros sistemas de videoconferencia.

El códec de audio a utilizar es G.711, puesto que es uno de los más utilizados por la mayoría de plataformas.

Entre los códecs de video disponibles para el manejo de un sistema de videoconferencia se tienen: H.261, H.263 y H.264, de los cuales para el presente diseño se ha escogido el códec H.264 puesto que posee una buena tasa de compresión, calidad de video adaptable con múltiples usos, además sus codificadores y decodificadores son rápidos y eficientes. Este códec se caracteriza porque comprime los archivos de vídeo digital ocupando sólo la mitad del espacio que el estándar MPEG-2, logrando excelente vídeo de alta definición sin sacrificar velocidad ni rendimiento, además entrega vídeo de alta calidad a tasas muy bajas de transmisión de datos.

3.6.6.2 Capacidad requerida para el servicio de Videoconferencia

La velocidad de transmisión para este servicio se determinó en el literal 2.8.7, y corresponde a 4 Mbps, considerando que la municipalidad manejará dos puntos de red para la videoconferencia.

En la tabla 3.16 se ilustra el tamaño y la velocidad de transmisión recomendadas para el sistema de videoconferencia, justificando de esta manera la capacidad determinada anteriormente.

Tamaño de Cuadro (pixel)	Velocidad de Transmisión (Kbps)	
	30 cuadros por seg.	60 cuadros por seg.
1920x1080	512	832
1024x768	512	1024

Tabla 3.16 Velocidad de transmisión recomendada para Videoconferencia ^[73]

3.6.6.3 Equipos necesarios para el servicio de Videoconferencia

3.6.6.3.1 Servidor de Videoconferencia

El sistema de videoconferencia se levantará en una plataforma Linux, mediante el uso de la aplicación *OpenMeetings*^[75] la cuál proporciona un servicio de videoconferencia multipunto avanzado.

Openmeetings puede ser instalado sobre un sistema operativo basado en una distribución GNU/Linux como Ubuntu o Centos, descargando el paquete desde un repositorio como un RPM.

Entre los requerimientos mínimos de *hardware* se describen:

- ✓ Procesador de 2 GHz o superior.
- ✓ Memoria RAM de 512 GB.
- ✓ Disco duro mayor a 80 GB.
- ✓ Tarjeta de sonido *fulldúplex*, compatible con sistema operativo Linux.
- ✓ Controlador VGA gráfico, compatible con Linux y con resolución de 1024x768.

- ✓ Tarjeta de video, compatible con Linux.
- ✓ Tarjeta de Red (LAN), interfaz de 10/100/1000 Mbps compatible con Linux.

3.6.6.3.2 Equipos Complementarios

Dentro de los equipos complementarios se considera el uso de cámaras especializadas y micrófonos. Las características mínimas de estos dispositivos para llevar una videoconferencia de calidad son:

- ✓ Una cámara que realice toma panorámica, que posea zoom y que realice seguimiento de voz del conferencista.
- ✓ Micrófono omnidireccional, que realice supresión de ruido, cancelación de eco, y posea botón silenciador.
- ✓ Monitor de mínimo 32 pulgadas.
- ✓ Parlante de mesa omnidireccional.

3.6.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA IP^[27]

En la actualidad la tecnología permite la conexión de cámaras de video a las redes informáticas basadas en el protocolo TCP/IP. El audio y el video transmitido desde cualquier cámara IP pueden visualizarse desde cualquier dispositivo conectado a la red a través de la Intranet o desde Internet, mediante accesos permitidos a través de usuarios y contraseñas.

El Municipio del Cantón San Pedro de Huaca contará con un sistema de vigilancia usando cámaras IP, mejorando la seguridad en la Institución. La cantidad y distribución de las cámaras IP que se instalarán en los diferentes pisos de las dos instalaciones de la municipalidad se muestra en la tabla 2.20 haciendo referencia al literal 2.8.6.

3.6.7.1 Capacidad requerida para el Sistema de Video Vigilancia IP

En el literal 2.8.6 se determinó la velocidad transmisión que requiere el servicio de video vigilancia IP, dando un total de 24697,089 Kbps, el cálculo se realizó considerando varios aspectos como: tamaño de la imagen, el número de imágenes

que se puedan transmitir por segundo, el factor de compresión, los códec de audio y video seleccionados y la cantidad de cámaras IP a instalar dentro de las instalaciones de la municipalidad.

3.6.7.2 Equipos necesarios para el Servicio de Video Vigilancia IP

3.6.7.2.1 Cámaras IP

Las cámaras IP a instalar dentro del MSPH deben presentar las siguientes características básicas:

- ✓ Resolución de 640 x 480 pixeles.
- ✓ Interfaz Ethernet 10/100/1000 Mbps.
- ✓ Compresión MPEG-4.
- ✓ Soporte protocolos TCP/IP, ARP, ICMP, HTTP, TELNET, SNMP y DHCP.
- ✓ Rendimiento de 15 fps.
- ✓ Compresión de audio G.711.
- ✓ Protección mediante *password*.
- ✓ Soportar alimentación PoE (*Power Over Ethernet*).

3.6.7.2.2 Servidor de Video Vigilancia IP

Este servidor se encargará de almacenar toda la información transmitida por las cámaras IP, para cumplir con este objetivo se utilizará el *software* proporcionado por defecto por las cámaras y por ende el sistema compatible con el mismo. En cuanto a *hardware* se recomienda como mínimo un disco duro de 500 GB, puesto que su función es almacenar el video de las cámaras durante los 30 días del mes las 24 horas del día.

3.6.7.3 Ubicación de las cámaras IP

Las cámaras IP se localizarán en puntos estratégicos, permitiendo controlar los accesos a las áreas y oficinas que requieran de mayor seguridad, la distribución de los puntos de red para las cámaras IP dentro de las instalaciones del MSPH se muestran en los planos correspondientes al Anexo A.

3.7 DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA^[13] [14]

En la actualidad el desarrollo de las redes inalámbricas ha experimentado un gran crecimiento, principalmente por la existencia de una gran gama de equipos de red basados en los estándares IEEE 802.11 y a sus precios bajos, a la fácil integración con las redes cableadas y a que las bandas de frecuencias en las que operan estos dispositivos están libres al pago de impuestos.

El propósito del diseño de la red inalámbrica es el de brindar servicio de Internet a los visitantes del parque principal “Simón Bolívar” del Cantón San Pedro de Huaca, debido a que este lugar es considerado un sitio turístico del cantón. En vista de que la red inalámbrica es de carácter gratuito y libre, es importante optimizar los recursos, por lo que se considera necesario focalizar la cobertura inalámbrica al área principal donde se encuentran los potenciales usuarios de la red.

Con el fin de seguir un proceso organizado en el diseño y planeación de la red inalámbrica se plantea una serie de pasos y factores a considerar:

- ✓ Número de usuarios a servir.
- ✓ Servicios brindados por la red inalámbrica.
- ✓ Velocidad de Transmisión.
- ✓ Materiales de construcción.
- ✓ Área de Cobertura.
- ✓ Pruebas de Campo (*Site Survey*).
- ✓ Número de *access points*⁵⁹.
- ✓ Elección del canal.
- ✓ Ubicación de los *access points*.
- ✓ Alimentación eléctrica de los equipos.
- ✓ Conexión de la red inalámbrica con la red cableada.
- ✓ Planeación y administración de las direcciones IP.

⁵⁹ *Access Point*: Punto de Acceso Inalámbrico, dispositivo encargado de determinar en base a su configuración qué dispositivos están autorizados a acceder a la red y cuáles no, así mismo permite interconectar redes.

- ✓ Identificadores de red SSID.
- ✓ Seguridad.
- ✓ Administración.
- ✓ Requerimientos de Equipos Inalámbricos.

3.7.1 NÚMERO DE USUARIOS A SERVIR

El número de usuarios a servir es variable, considerando que es un lugar abierto; por tal motivo se ha realizado un estudio visual para estimar la cantidad de visitantes que concurren al parque principal del cantón. El estudio de la concurrencia de usuarios al parque principal se lo realizó considerando un día ordinario (de lunes a viernes) y un fin de semana (sábado o domingo) a horas distintas, en un periodo de 7:00 am a 7:00 pm, obteniendo así un valor promedio, tal como se muestra en la tabla 3.17.

Horas	Cantidad de Usuarios	
	Día Ordinario (miércoles)	Fin de Semana (domingo)
7:00	8	9
8:00	10	25
9:00	22	32
10:00	26	39
11:00	38	73
12:00	37	65
13:00	30	62
14:00	40	69
15:00	45	58
16:00	52	56
17:00	45	48
18:00	36	42
19:00	24	47
Promedio	31,77	48,08
Promedio Total		40

Tabla 3.17 Estudio de concurrencia de usuarios al parque principal

Se determina que la cantidad de usuarios a servir con la red inalámbrica es 40, se obtiene un valor promedio, considerando que no todas las personas que acuden al parque poseen un dispositivo móvil con el cual conectarse.

3.7.2 SERVICIOS BRINDADOS POR LA RED INALÁMBRICA

La red inalámbrica brindará conexión a Internet, éste será el único servicio al que las personas que visiten el parque principal del cantón tendrán acceso.

3.7.3 VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN

La velocidad de transmisión que requiere el servicio de Internet por usuario se determinó en el literal 2.8.2 mediante la ecuación 2.6, siendo este valor 47,32 Kbps.

Para el cálculo de la capacidad total requerida en la red inalámbrica se emplea la ecuación 3.3.

El número de usuarios de la red inalámbrica depende de la concentración de los usuarios potenciales en el parque principal; sin embargo el diseño debe tomar el caso más crítico, cuando todos los usuarios se encuentran conectados, lo que vendría a representar un porcentaje de simultaneidad del 100%.

$$\begin{aligned} \text{Capacidad}_{Internet_inalámbrico-Total} \\ = \text{Capacidad}_{Internet \times usuario} \times \text{Número de Usuarios} \\ \times \% \text{ de simultaneidad} \end{aligned}$$

Ecuación 3.3 Capacidad de acceso a Internet para la Red Inalámbrica

$$\text{Capacidad}_{Internet_inalámbrico-Total} = 47,32 \text{ Kbps} \times 40 \times 1$$

$$\text{Capacidad}_{Internet_inalámbrico-Total} = 1892,8 \text{ Kbps}$$

Se plantea que se realice una contratación de un segundo enlace para el acceso a Internet, fuera del enlace contratado para la red del MSPH, con el objetivo de que los recursos de Internet de la red interna no se vean afectados. La capacidad requerida se ilustra en la tabla 3.18.

Nombre	Servicio Externo (Red Inalámbrica)	Total
Capacidad de Acceso a Internet Red Inalámbrica	1892,8	2 Mbps

Tabla 3.18 Capacidad de acceso a Internet para la red inalámbrica

La velocidad de transmisión depende del estándar IEEE que se seleccione para el diseño, en la tabla 3.19 se ilustra un resumen de las principales características de estos estándares.

Parámetro	Estándares IEEE - Red Inalámbrica			
	801.11b	802.11 ^a	802.11g	802.11n
Frecuencia de Operación	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz- 5 GHz
Modulación	DSSS	OFDM	OFDM	OFDM
Velocidad de Transmisión	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	6.5 a 600 Mbps
Ancho de Banda por Canal	22 MHz 3 canales utilizables	20 MHz 6 canales utilizables	22 MHz 3 canales utilizables	40 MHz 2.4 GHz: 2 canales utilizables. 5 GHz: 13 canales utilizables.
Usuarios Simultáneos	32	64	50	Mayor cantidad de usuarios simultáneos

Tabla 3.19 Características principales de los estándares IEEE de Red Inalámbrica ^[13]

Considerando la cantidad de usuarios a servir en la red inalámbrica y la capacidad requerida, se selecciona el estándar IEEE 802.11g para el presente diseño.

3.7.4 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Las ondas de radiofrecuencia (RF) que se propagan por el aire, son susceptibles de sufrir varios fenómenos como: interferencia, atenuación y distorsión; lo que dificulta la operación de una red inalámbrica.

La presencia de cualquier obstáculo en el camino, puede provocar que las señales de radiofrecuencia de desvanezcan o se bloqueen. La inspección del lugar permitirá

identificar los elementos que afecten de forma negativa a la señal, en la tabla 3.20 se describen los materiales nocivos a considerar para realizar una correcta instalación de la red, cuando ésta sea implementada.

Obstáculo	Grado de Atenuación	Ejemplo
Espacio Abierto	Ninguno	Cafetería, patio, parque.
Madera	Bajo	Paredes interiores, particiones de oficina, puerta, suelos.
Yeso	Bajo	Paredes interiores.
Materiales Sintéticos	Bajo	Particiones de oficina.
Bloque de hormigón	Bajo	Paredes internas y externas.
Asbesto	Bajo	Techos.
Cristal	Bajo	Ventanas.
Malla de alambre en cristal	Medio	Puertas, particiones.
Cristal metálico tintado	Bajo	Ventanas tintadas.
Cuerpo Humano	Medio	Grupos grandes de gente.
Agua	Medio	Madera húmeda, acuario.
Ladrillos	Medio	Paredes interiores y exteriores.
Mármol	Medio	Paredes interiores y exteriores, suelo
Papel	Alto	Rollo o apilamiento de papel almacenado
Hormigón	Alto	Suelos, paredes exteriores, pilares de soporte.
Cristal antibalas	Alto	Zonas de seguridad.
Materiales plateados	Muy alto	Espejos.
Metal	Muy alto	Mesas, particiones de oficina, hormigón reforzado, ascensores, etc.

Tabla 3.20 Grado de atenuación generado por obstáculos comunes ^[76]

La atenuación de la señal producida por algunos objetos comunes en el trayecto de la misma, se describen en la tabla 3.21.

Las redes inalámbricas pueden encontrarse afectadas por un fenómeno denominado interferencia, el cual influye negativamente en el rendimiento de las mismas, esto debido a que existen tecnologías que operan en el mismo espectro de frecuencia, las que comúnmente se encuentran son: Bluetooth, hornos microondas, teléfonos inalámbricos (2,4 GHz) y otras redes inalámbricas.

Objeto	Atenuación de la señal a través del objeto
Pared recubierta	3 dB
Pared de vidrio con marco de metal	6 dB
Bloque de pared	4 dB
Ventana de oficina	3 dB
Puerta de metal	6 dB
Puerta de metal en pared de ladrillo	12 dB
Cuerpo humano	3 dB

Tabla 3.21 Atenuación de la señal a través de objetos comunes ^[77]

Otro de los fenómenos por los que se puede ver afectada la red inalámbrica es la distorsión, que implica la alteración no deseada de la señal enviada por el canal de comunicación. Las alteraciones pueden ser en amplitud, frecuencia o fase y se producen por tres factores:

- ✓ Distancia entre el emisor y receptor.
- ✓ Entorno en el que se mueve la señal.
- ✓ Número de dispositivos por los que tiene que pasar la señal.

3.7.5 ÁREA DE COBERTURA

La red inalámbrica a diseñarse debe brindar cobertura al parque principal “Simón Bolívar” del Cantón San Pedro de Huaca, considerado un lugar turístico.

Características del área:

- ✓ Largo: 122,36 m.
- ✓ Ancho: 36,45 m.

En la figura 3.6 se observa un plano del área donde se instalará la red inalámbrica.

3.7.6 PRUEBAS DE CAMPO

Es recomendable realizar pruebas de campo, ya que éstas permiten tener una idea de qué redes afectan el lugar donde se planea implementar una red inalámbrica.

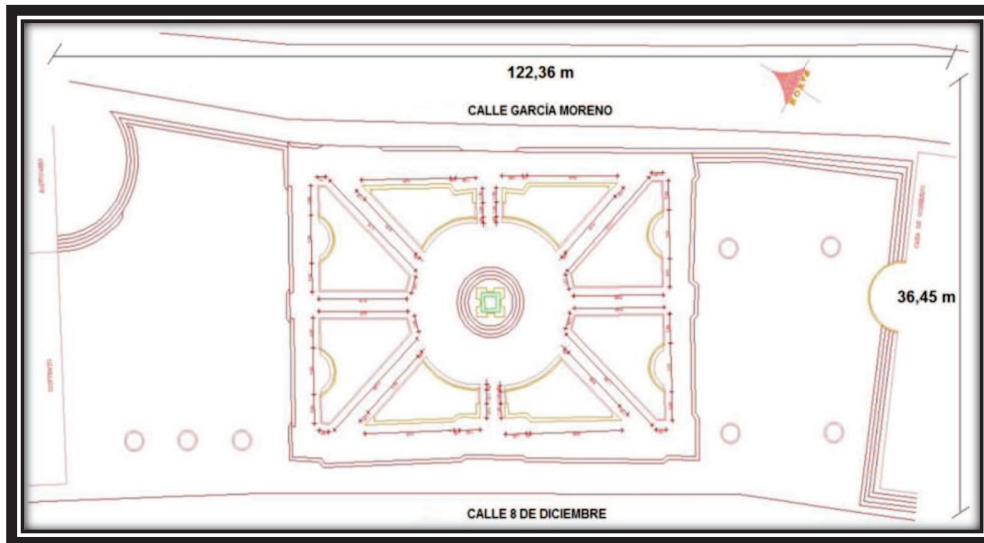


Figura 3.6 Plano del parque principal del Cantón San Pedro de Huaca

Para el presente diseño se realizó un *site survey* pasivo, con el uso de la herramienta *TamoGraphSiteSurvey*, instalado en un equipo portátil con sistema operativo *Windows 7* de 64 bits y tarjeta inalámbrica *broadcom 802.11 b/g/n BCMWCL664*.

El objetivo de este análisis es el de proveer la suficiente información para determinar el número, el canal de operación y ubicación de los *access points*. El proceso para realizar el *site survey* pasivo consiste en:

- ✓ Contar con un plano del área a la que se desea cubrir con la red inalámbrica.
- ✓ Instalar el *software* necesario en un equipo portátil.
- ✓ Caminar recorriendo el área, realizando la captura de las señales en diferentes puntos.
- ✓ De este proceso se obtienen los nombres de las redes SSID, nivel de señal, canal en el que operan, seguridad que manejan, la dirección MAC y las áreas que cubren.

A continuación se presenta la relación señal a interferencia obtenida de una de las señales (Ver figura 3.7) encontradas en el análisis, las pruebas de campo de las señales restantes se pueden observar en el Anexo B, debido a la cantidad de información generada.

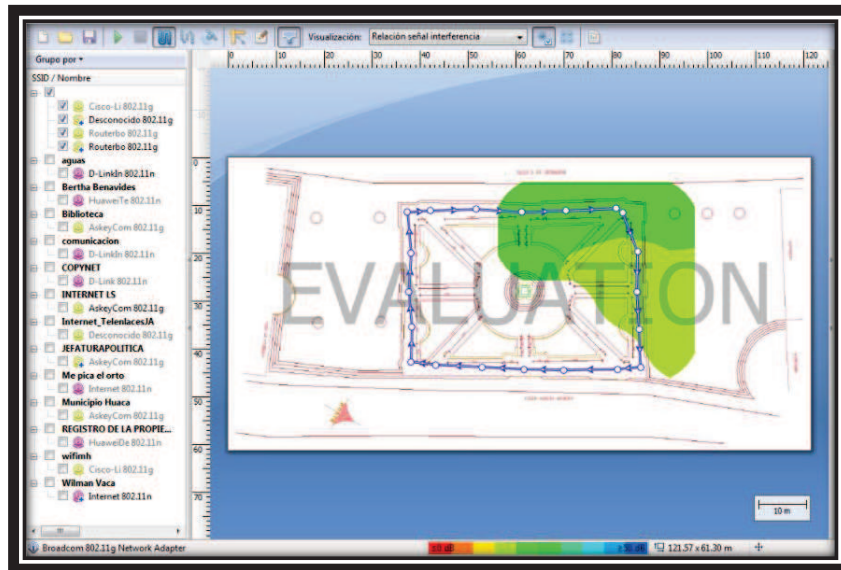


Figura 3.7 Relación señal a interferencia en el primer *Access Point* detectado

Mediante el análisis de los resultados obtenidos en el *site survey* pasivo, se detectan cuatro señales cerca del área a cubrir con la red inalámbrica, las cuales podrían afectar el funcionamiento de la misma.

Las señales encontradas y sus características principales de interés para el diseño se ilustran en la tabla 3.22.

SSID	Nivel de Señal (dB)	Estándar IEEE	Canal	Seguridad	Tasa (Mbps)
S/N	-74	802.11g	4	Ninguno	18
Aguas	-90	802.11n	1	WPA	150
INTERNET LS	-84	802.11g	11	WPA	54
Wilman Vaca	-88	802.11n	1	WPA	135

Tabla 3.22 Principales características de las señales detectadas en el parque principal

3.7.7 NÚMERO DE ACCESS POINT

Debido a que la cobertura que ofrece el estándar IEEE 802.11g es de 100 a 300 metros en exteriores y la cantidad de usuarios simultáneos es 50, se utilizarán 2 *access point* para cubrir el área especificada, considerando además que en la práctica se debe tomar la mitad de estas capacidades, las mismas que son teóricas,

brindando de esta manera una conexión de calidad, ya que al usar los dos puntos de acceso la cantidad de usuarios a asociarse con los dispositivos se dividirá.

De esta manera el número máximo de usuarios a conectarse en cada *access point* será de 20.

3.7.8 ELECCIÓN DEL CANAL

En base a los resultados obtenidos en el *site survey* pasivo, se aprecia que el canal más congestionado es el 11 seguido del canal 1; se seleccionan los canales 6 y 1 para configurar los dispositivos, puesto que el canal 6 se encuentra libre de interferencia y el canal 1 corresponde a señales con niveles de interferencia no significativos.

3.7.9 UBICACIÓN DE LOS ACCESS POINT

La información obtenida en el *site survey* pasivo permite determinar la ubicación de los *access point*, pues las gráficas y los resultados de los parámetros arrojados por la herramienta de análisis proporcionan las áreas de interferencia y las áreas que deben ser cubiertas sin provocar pérdida de la señal de la red inalámbrica a ser instalada.

Para la ubicación de los puntos de acceso inalámbricos se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ El área cubierta por un *access point* será de 150 metros; en condiciones ideales el estándar ofrece hasta 300 metros de cobertura en exteriores, por lo que se toma la mitad de esta capacidad.
- ✓ El número máximo de usuarios a conectarse en cada *access point* será de 20; el estándar recomienda 50 usuarios en condiciones ideales, por lo que se toma un valor menor a esta capacidad.
- ✓ El porcentaje de solapamiento mínimo entre las celdas de los *access points* deberá ser del 15% por procedimientos de *roaming* y para garantizar la conectividad al moverse de una celda a otra en este proceso.

La figura 3.8 muestra la ubicación de los puntos de acceso y las áreas de cobertura en el parque principal del Cantón San Pedro de Huaca.

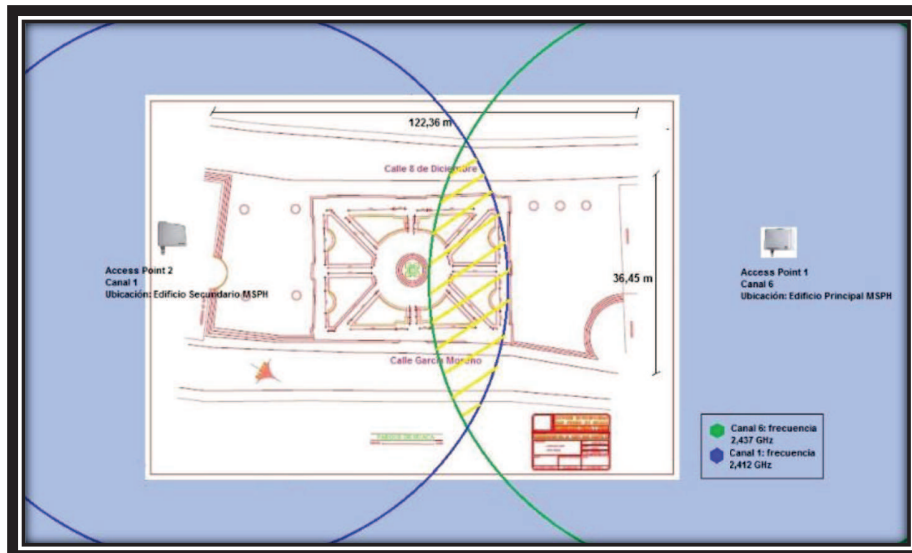


Figura 3.8 Cobertura de la red inalámbrica y ubicación de los *Access Point*

El *access point* 1 estará ubicado en la terraza del edificio principal del MSPH y el *access point* 2 estará ubicado en la terraza del edificio secundario del MSPH.

3.7.10 ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DE LOS EQUIPOS

Al tratarse del diseño de una red inalámbrica en exteriores, se considera el uso de dispositivos que soporten POE⁶⁰, de esta manera la alimentación a los dispositivos se realiza a través del mismo cable de red.

3.7.11 CONEXIÓN DE LA RED INALÁMBRICA CON LA RED CABLEADA

Uno de los *access points* se conectará directamente al módem o *router* provisto por el ISP, el cual brindará el acceso contratado para dicho servicio, independiente del acceso contratado para la red del MSPH; dicho equipo se ubicará en el Edificio Principal del MSPH, el otro *access point* se conectará en modo de repetidor, con la finalidad de ampliar la capacidad y albergar más usuarios dentro de la red inalámbrica.

⁶⁰PoE: *Power over Ethernet*, la alimentación al dispositivo se realiza por el mismo cable de red con el que se conecta a la LAN.

3.7.12 PLANEACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LAS DIRECCIONES IP

Por las características que presentan los usuarios, es decir son usuarios que no se encuentran permanentemente conectados a la red inalámbrica, se manejará direccionamiento dinámico, que permitirá obtener los parámetros de configuración de red de forma automática.

3.7.13 IDENTIFICADORES DE RED SSID

Con la finalidad de evitar la vulnerabilidad de la red, las mejores prácticas de seguridad recomiendan cambiar los nombres por defecto con los que vienen configurados los dispositivos, no usar nombres de la Institución, direcciones y ninguna información que revele la ubicación de la red inalámbrica. Los puntos de acceso serán configurados con el mismo SSID, se usará un nombre que no se relacione con la red del MSPH, de esta manera se empleará la nomenclatura: *OMEGA*.

3.7.14 SEGURIDAD

Debido a que los usuarios de la red inalámbrica tendrán acceso gratuito a Internet, no se manejará ningún tipo de autenticación. Esta red inalámbrica se encuentra fuera de la red del MSPH, posee un enlace completamente independiente, por lo que los recursos de la red cableada no se encuentran expuestos.

3.7.15 ADMINISTRACIÓN

La administración de redes inalámbricas se puede realizar empleando una gran variedad de herramientas, las cuales permiten el monitoreo y mantenimiento de las mismas. Para el objetivo se utilizarán puntos de acceso inalámbricos que soporte protocolos de administración remota como: SNMP, SSH⁶¹, Telnet⁶² y HTTP.

⁶¹ SSH: *Secure Shell* es un protocolo que facilita las comunicaciones seguras entre dos sistemas usando una arquitectura cliente/servidor y que permite a los usuarios conectarse a un host remotamente

⁶² Telnet: *Telecommunication Network* es un protocolo de red que permite manejar remotamente otros hosts.

3.7.16 REQUERIMIENTOS DE LOS EQUIPOS INALÁMBRICOS

3.7.16.1 Access Point

Los *access points* deben poseer las siguientes especificaciones:

- ✓ Equipos destinados para ambientes de exteriores, los mismos que tendrán protección adicional para la resistencia a condiciones ambientales variantes.
- ✓ Equipos con conectores para antenas externas, sin antenas integradas.
- ✓ Antenas externas x 2.
- ✓ Estándar IEEE 802.11g.
- ✓ Interfaz Ethernet 10/100/1000 Mbps, puerto de consola RJ45.
- ✓ Velocidad de Transferencia de datos: 54 Mbps.
- ✓ Frecuencia de operación: 2,4 GHz.
- ✓ Modulación: OFDM.
- ✓ Soporte de alimentación *Power over Ethernet* (IEEE 802.3af), permitiendo que el dispositivo sea energizado a través del *patch cord*.
- ✓ Control de acceso al medio: CSMA/CA.
- ✓ Servidor DHCP, que permita asignar dinámicamente las direcciones IP.
- ✓ Manejo de protocolos de gestión y administración remota tales como: SNMP v1, SNMP v2, SNMP v3, RMON y Telnet, además permitir administración vía Web.
- ✓ Garantía mínima del equipo de un año.

3.7.16.2 Antenas

Las antenas a emplearse son omnidireccionales y deben tener las siguientes características técnicas:

- ✓ Rango de Frecuencia: 2,4 GHz.
- ✓ Ganancia: 5,2 dBi.
- ✓ Polarización: Vertical.

3.8 ENLACE ENTRE EL EDIFICIO PRINCIPAL Y SECUNDARIO DEL MSPH^{[73] [78]}

Una de las principales aplicaciones de las redes inalámbricas es la interconexión de edificios cercanos, a través de un enlace punto a punto, esta configuración permite ahorrar costos en comparación con el tendido de cables o al alquiler de fibra óptica.

Para la interconexión entre el edificio principal y el edificio secundario del MSPH se empleará un enlace punto a punto, el cual garantizará la comunicación y la compartición de recursos de red entre las dos dependencias. El transmisor se ubicará en el edificio principal, mientras que el receptor se instalará en el edificio secundario.

3.8.1 CÁLCULO DEL RADIO ENLACE^[79]

En la tabla 3.23 se detallan los datos necesarios para realizar los cálculos del enlace punto a punto.

Datos	Valor
Frecuencia de operación (f) [GHz]	5,8
Distancia del enlace (D) [Km]	0,2
Distancia desde el transmisor al objeto más interferente (d1) [Km]	0,07764
Distancia desde el receptor al objeto más interferente (d2) [Km]	0,12236
Altura del Edificio Principal + la altura de la antena transmisora (h1) [m]	13,5
Altura del Edificio Secundario + la altura de la antena receptora (h2) [m]	9,5
Altura edificación más interferente (hc) [m]	7
Pin [dBm]	20
Factor de modificación del radio terrestre (k)	4/3
Radio de la Tierra (r) [Km]	6378

Tabla 3.23 Datos para el cálculo del Radio Enlace

3.8.1.1 Cálculo de la primera zona de Fresnel

Para la realización del cálculo correspondiente a la primera zona de fresnel se consideró como mayor obstáculo la Iglesia “Virgen Purita”, la misma que se encuentra junto al parque principal; no presentándose mayores obstáculos en la trayectoria por donde pasará el radioenlace.

Para el cálculo mencionado se empleará la ecuación 3.4.

$$\text{PrimeraZonadeFresnel}(F1) = 17,32 \sqrt{\frac{d1 \times d2}{f \times D}}$$

Ecuación 3.4 Fórmula para el cálculo de la primera Zona de Fresnel^[79]

$$\text{PrimeraZonadeFresnel}(F1) = 17,32 \sqrt{\frac{0,07764 \times 0,12236}{5,8 \times 0,2}}$$

$$\text{PrimeraZonadeFresnel}(F1) = 1,5674 \text{ m}$$

3.8.1.2 Cálculo de la Zona de Despeje

Lo ideal es que la primera zona de fresnel no esté obstruida, pero normalmente es suficiente despejar el 60% del radio de la misma para tener un enlace satisfactorio.

La ecuación 3.5 muestra la relación matemática empleada para calcular la altura o zona de despeje.

$$\text{Altura de despeje}(h_{\text{despeje}}) = h1 + \frac{d1}{D} (h2 - h1) - \left(hc + \frac{d1 \times d2}{2ka} \times 1000 \right)$$

Ecuación 3.5 Fórmula para el cálculo de la altura o zona de despeje^[79]

$$\text{Altura de despeje}(h_{\text{despeje}}) = 13,5 + \frac{0,07764}{0,2} (9,5 - 13,5) - \left(7 + \frac{0,07764 \times 0,12236}{2^{(4/3)}6378} \times 1000 \right)$$

$$\text{Altura de despeje}(h_{\text{despeje}}) = 4,9469 \text{ m}$$

3.8.1.3 Cálculo del porcentaje de despeje

Se realiza el cálculo del porcentaje de despeje, utilizando la ecuación 3.6.

$$\text{Porcentaje de despeje}(\%_{\text{des}}) = \left(1 + \frac{h_{\text{despeje}} - F1}{F1} \right) \times 100$$

Ecuación 3.6 Fórmula para el cálculo del porcentaje de despeje^[79]

$$\text{Porcentaje de despeje}(\%_{\text{des}}) = \left(1 + \frac{4,9469 - 1,5674}{1,5674} \right) \times 100$$

$$\text{Porcentaje de despeje}(\%_{des}) = 315,611 \%$$

El porcentaje de despeje cumple con lo especificado, se determina un valor mayor al 60 % mínimo requerido, por lo que se concluye que la primera zona de fresnel se encuentra libre de obstrucción.

3.8.1.4 Atenuación por espacio libre

Se refiere a la atenuación que sufre la señal al propagarse por el espacio, sin la presencia de ningún obstáculo, desde que sale de la antena transmisora hasta la antena receptora. La señal al viajar por el aire pierde fuerza debido a la expansión que experimenta dentro de una superficie esférica.

Para el cálculo de la atenuación por espacio libre se emplea la ecuación 3.7

$$\text{Atenuación por espacio libre } (A_0) = 32,45 + 20 \log f + 20 \log D$$

Ecuación 3.7 Fórmula para el cálculo de la atenuación por espacio libre ^[79]

Donde:

- ✓ f: frecuencia de operación [MHz].
- ✓ D: distancia entre el transmisor y receptor [Km].

$$\text{Atenuación por espacio libre } (A_0) = 32,45 + 20 \log 5800 + 20 \log 0,2$$

$$\text{Atenuación por espacio libre } (A_0) = 93,739 \text{ dB}$$

3.8.1.5 Potencia en recepción

Es necesario calcular la potencia recibida en el equipo de acuerdo a los parámetros en base a los cuales se diseñó el radioenlace. Partiendo de la siguiente ecuación.

$$\text{Potencia en recepción } (P_r) = P_t + G_t + G_r - L_s - A_0 - L_{ad}$$

Ecuación 3.8 Fórmula para el cálculo de la potencia en recepción ^[79]

Donde:

- ✓ P_t : Potencia de Transmisión [dBm].

- ✓ G_t : Ganancia de la antena transmisora [dBi].
- ✓ G_r : Ganancia de la antena receptora [dBi].
- ✓ L_s : Pérdidas por sombras [dB].
- ✓ A_0 : Atenuación por espacio libre [dB].
- ✓ L_{ad} : Pérdidas en cables y conectores [dB], generalmente 0,3 [dB].

Para el caso del diseño se tomará como valor mínimo de las ganancias 16 dBi.

$$Potencia\ en\ recepción(P_r) = 20 + 16 + 16 - 0 - 93.739 - 0,3$$

$$Potencia\ en\ recepción(P_r) = -42,039\ dBm$$

De esta forma, la potencia mínima que podría recibirse en el receptor será de -42,039dBm.

3.8.1.6 Margen de Desvanecimiento

Se entiende al margen de desvanecimiento como una medida de la confiabilidad del enlace, para realizar este cálculo se considera la potencia de umbral, que se refiere a la potencia recibida por el receptor asegurando una tasa de error BER de 10^{-3} a 10^{-6} , este dato es proporcionado por el equipo.

La ecuación 3.9 es utilizada para el cálculo del margen de desvanecimiento.

$$Margen\ de\ Desvanecimiento\ (MD) = P_r - U_{rx}$$

Ecuación 3.9 Fórmula para el cálculo del margen de desvanecimiento ^[79]

Donde:

- ✓ P_r : Potencia en recepción [dBm].
- ✓ U_{rx} : Umbral del receptor [dBm].

$$Margen\ de\ Desvanecimiento(MD) = -42,039 - (-92)$$

$$Margen\ de\ Desvanecimiento(MD) = 49,961\ dBm$$

3.8.1.7 Confiabilidad del enlace

Se refiere a la capacidad que posee el enlace de no fallar en un determinado periodo de tiempo, mide el porcentaje de disponibilidad del radioenlace.

Para determinar la confiabilidad del enlace se emplea la ecuación 3.10.

$$\text{Confiabilidad del enlace (CE \%)} = \left(1 - a \times b \times 2,5 \times 10^{-6} \times f \times d^3 \times 10^{\frac{MD}{10}} \right) \times 100$$

Ecuación 3.10 Fórmula para el cálculo de la confiabilidad del enlace ^[79]

Donde:

- ✓ a: Factor Geográfico, 1 para terreno promedio con rugosidad moderada.
- ✓ b: Factor climático, $\frac{1}{4}$ para región interior con temperatura moderada.
- ✓ f: Frecuencia de operación [GHz].
- ✓ d: Distancia entre el transmisor y receptor [millas].
- ✓ MD: Margen de desvanecimiento [dBm].

Confiabilidad del enlace(CE %)

$$= \left(1 - 1 \times \frac{1}{4} \times 2,5 \times 10^{-6} \times 5,8 \times (0,124)^3 \times 10^{\frac{49,961}{10}} \right) \times 100$$

$$\text{Confiabilidad del enlace(CE \%)} = 99,9315 \%$$

El resultado obtenido indica que se tiene un enlace con una confiabilidad alta del 99,9315 %.

3.8.1.8 Indisponibilidad de un enlace

Lo contrario a la confiabilidad, se refiere al tiempo que el enlace no estará disponible en un periodo de un año, se emplea la ecuación 3.11 para el cálculo del mismo.

$$\text{Indisponibilidad del enlace (IE)} = 1 - \text{CE}$$

Ecuación 3.11 Fórmula para el cálculo de la indisponibilidad de un enlace ^[79]

$$\text{Indisponibilidad del enlace(IE)} = 1 - 0,999669$$

$$\text{Indisponibilidad del enlace(IE)} = 0,00068497$$

Para traducir este valor a minutos/año se emplea la siguiente relación:

$$\text{Indisponibilidad del enlace } (IE_{\text{min/año}}) = 0,00033026 \times \frac{525600 \text{ min}}{1 \text{ año}}$$

Ecuación 3.12 Indisponibilidad del enlace en min/año ^[79]

$$\text{Indisponibilidad del enlace } (IE_{\text{min/año}}) = 360,021 \text{ min/año}$$

3.8.2 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE LOS EQUIPOS A EMPLEARSE EN EL RADIOENLACE

Se puede concluir que bajo los cálculos realizados anteriormente, el sistema opera de forma óptima, de esta manera los equipos deben cumplir con los requerimientos mínimos determinados y considerados en la tabla 3.24.

Parámetros	Valor
Estándar	IEEE 802.11n
Certificaciones	FCC <i>Federal Communications Commission</i> Parts 15.274
Frecuencia de operación	5.8 GHz
Método de acceso a medio	TDMA
Potencia mínima de transmisión	20 dBm
Potencia mínima del receptor	- 42.039 dBm
Ganancia de transmisión	16 dBi
Sensibilidad del receptor	-92 dBm
Ganancia de recepción	16 dBi
Antena	Integrada, doble polaridad + puerto externo RP-SMA
Ancho de banda del canal	Configurable 20 - 40 MHz
Interfaz	10/100/1000 Mbps, conector RJ45
Opciones de Alimentación	POE, 802.af
Rango <i>Outdoor</i>	200 metros
Seguridad	IEEE 802.11i, encriptación AES, autenticación 802.11x, WPA
Protocolos	802.1 Q, 802.1p, Diffserv
Administración	HTTP., telnet, SNMP v2, v3

Tabla 3.24 Parámetros mínimos de los equipos a utilizarse para el radio enlace

3.9 DISEÑO LÓGICO DE LA RED

El diseño lógico de la red comprende la creación del plan de direccionamiento IP para todos los usuarios de la red del MSPH y la definición de VLANs de acuerdo al tipo de servicio y departamento.

3.9.1 DISEÑO DE VLANS

Gran cantidad de información es enviada a todos los terminales que pertenecen a la red, produciéndose tráfico innecesario y en algunas ocasiones el colapso de la misma. La creación de VLANs surge como solución a estos problemas, ya que permiten la segmentación de la red dependiendo de las funciones que se desempeñen dentro de la organización.

Este diseño implica que a determinados grupos de usuarios se les otorgará permisos para utilizar ciertos recursos de red o permisos para compartir recursos entre ellos, de esta manera se provee un nivel seguridad en el intercambio de información que se realiza dentro de la Institución.

Dentro de la municipalidad existen departamentos que se interrelacionan dependiendo de las actividades que realizan, tomando en cuenta este punto y en base a la distribución organizacional que maneja la Institución (Ver figura 2.2) se realiza la planeación de las siguientes VLANs, que se ilustran en la tabla 3.25.

Se ha creado una VLAN dedicada para los servidores con el objetivo de que exista una mayor seguridad en estos equipos, los cuales son más vulnerables a cualquier intento de ataque.

La configuración de VLANs se manejará a nivel de puertos, de manera que en un mismo *switch* se puedan tener diferentes VLANs, independientemente de la ubicación física de los usuarios dentro de las instalaciones de la municipalidad.

Considerando las características de la red integrada de voz y datos, en la que se define el manejo del mismo puerto de red para brindar acceso a los dos servicios, es decir que por el mismo puerto del *switch* cursará el tráfico generado por el servicio de

voz y datos, se utilizará el concepto de puerto híbrido el cual permite el paso de una VLAN sin marcar y una o varias VLANs marcadas, donde la VLAN sin marcar se empleará para el tráfico de datos hacia el computador y la VLAN marcada para el tráfico generado por la telefonía IP.

VLAN ID	Nombre	Número de Usuarios	Departamentos
2	Nivel_Apoyo	28	Dirección Administrativa y Financiera. Tesorería y Recaudación. Contabilidad y Presupuesto. Talento Humano. Rentas. Secretaría General. Comunicación RR.PP.
3	Nivel_Ejecutivo	9	Alcaldía. Concejo Municipal.
4	Nivel_Operativo	30	Obras Públicas. Planificación Urbana y Rural. Avalúos y Catastros. Agua potable y alcantarillado. Comisaría Municipal. Departamento De Desarrollo Social, Económico y Ambiental.
5	Nivel_Asesor	22	Participación Ciudadana. Asesoría Jurídica. Auditoría Interna. Patronato, Servicio Social y Protección de derechos. Junta Cantonal De Protección De Derechos De Niñas, Niños y Adolescentes. Concejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia.
6	Nivel_Informática	6	Informática.
7	Nivel_Servicios	31	Biblioteca Municipal. Bomberos. Sala de Sesiones.
8	Nivel_Servidores	10	US de Directorio. US de Proxy y Firewall. US de Gestión de Datos. US de Correo Electrónico. US WEB. US de Administración y Gestión de Red. Servidor de Telefonía IP. Servidor de Videoconferencia. Servidor de Video vigilancia IP.
9	Nivel_VoIP	98	Usuarios con extensión telefónica.
10	Nivel_VigilanciaIP	27	Cámaras IP
11	Nivel_Videoconferencia	2	Usuario de Videoconferencia
12	Nivel_Impresoras	23	Impresoras de Red

Tabla 3.25 Definición de VLANs y número de usuarios respectivos

3.9.2 PLANEACIÓN DEL DIRECCIONAMIENTO IP^[5]

El direccionamiento IP de la red se realiza en base al esquema VLSM, con el objetivo de crear subredes y optimizar el uso de las direcciones IP. Considerando la cantidad de usuarios dentro de la red y el número de VLANs se ha escogido la dirección privada 172.16.0.0 con máscara de subred 255.255.0.0.

Cabe mencionar que el número de usuarios considerados en cada VLAN, hacen referencia a la cantidad de usuarios proyectados a 5 años, por lo que el direccionamiento se realiza en función de la tasa de crecimiento calculada en el literal 2.6.

La asignación de las subredes a cada VLAN y los rangos para el direccionamiento IP de cada subred se ilustra en la tabla 3.26.

Subred	No. de Usuarios	Dirección de Subred/ Máscara de Subred	Rango de Direcciones IP	Dirección de Broadcast
Nivel_VoIP	98	172.16.0.0/25	172.16.0.1-172.16.0.126	172.16.0.127
Nivel_Servicios	31	172.16.0.128/26	172.16.0.129-172.16.0.190	172.16.0.191
Nivel_Operativo	30	172.16.0.192/26	172.16.0.193-172.16.0.254	172.16.0.255
Nivel_Apoyo	28	172.16.1.0/26	172.16.1.1-172.16.1.62	172.16.1.63
Nivel_VigilancialIP	27	172.16.1.64/26	172.16.1.65-172.16.1.126	172.16.1.127
Nivel_Impresoras	23	172.16.1.128/26	172.16.1.129-172.16.1.190	172.16.1.191
Nivel_Asesor	22	172.16.1.192/26	172.16.1.193-172.16.1.254	172.16.1.255
Nivel_Servidores	10	172.16.2.0/27	172.16.2.1-172.16.2.30	172.16.2.31
Nivel_Ejecutivo	9	172.16.2.32/27	172.16.2.33-172.16.2.62	172.16.2.63
Nivel_Informática	6	172.16.2.64/28	172.16.2.65-172.16.2.78	172.16.2.79
Nivel_Videoconferencia	2	172.16.2.80/29	172.16.2.81-172.16.2.86	172.16.2.87
Radioenlace	2	172.16.2.88/30	172.16.2.89-172.16.2.90	172.16.2.91

Tabla 3.26 Planeación del Direccionamiento IP para el MSPH

La asignación de direcciones IP a las estaciones de trabajo se realiza utilizando un direccionamiento dinámico, donde el servidor DHCP, será el encargado de la distribución de direcciones IP dentro del rango que se maneje en cada VLAN; mientras que por razones de seguridad y administración, para el grupo de servidores, impresoras, cámaras IP, teléfonos IP y equipos de videoconferencia se empleará direccionamiento estático.

En la tabla 3.27 se presenta las direcciones IP que se asignan a cada uno de los de servidores.

Servidor	Dirección IP/ Máscara de Subred
US de Directorio	172.16.2.1/27
US de Proxy y Firewall	172.16.2.2/27
US de Gestión de Datos	172.16.2.3/27
US de Correo Electrónico	172.16.2.4/27
US WEB	172.16.2.5/27
US de Administración y Gestión de Red	172.16.2.6/27
Telefonía IP	172.16.2.7/27
Videoconferencia	172.16.2.8/27
Video Vigilancia IP	172.16.2.9/27

Tabla 3.27 Direccionamiento IP de los servidores

3.10 DIAGRAMA DE LA RED DE INFRAESTRUCTURA MULTISERVICIOS PARA EL MSPH

En la figura 3.9 se presenta la topología propuesta para el MSPH, en dicha topología se puede observar la disposición de todos los componentes que conforman la red.

3.11 ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DE LA RED^[35]

Se habla de la administración y gestión de la red ya que los términos hacen referencia a conceptos distintos, la administración está orientada a la parte gerencial, es decir al proceso de planificar la ejecución, realización y finalización de actividades de forma exitosa; mientras que la gestión está relacionada con la parte operativa, es decir con la integración de *hardware* y *software* para el monitoreo de los recursos de red.

3.11.1 ADMINISTRACIÓN DE LA RED

Es importante conocer las actividades que conllevan a incrementar el rendimiento de la red, para la cual se han planteado las siguientes normas básicas de administración:

- ✓ Mantener una correcta documentación del cableado estructurado, manejo de planos de puntos de red y etiquetado de los mismos en área de trabajo y cuartos de telecomunicaciones.
- ✓ Crear manuales de instalación de *software* y aplicativos que se empleen dentro de la municipalidad.
- ✓ Manejo de inventarios tanto de *hardware* como de *software*.
- ✓ Llevar una documentación completa de la red, en la que conste información referente a direccionamiento IP de servidores, estaciones de trabajo y demás dispositivos de red; los grupos y usuarios que pertenezcan a las VLAN's, nombres de usuarios del directorio activo y correo electrónico, etc.
- ✓ Llevar un control y un manejo de reportes de las fallas en los sistemas y equipos, documentar las pruebas y evaluaciones de diagnósticos de red.

3.11.2 GESTIÓN DE RED

La gestión de red viene a ser un servicio que permite el monitoreo y mantenimiento de las redes a través del uso de *software* especializado que asiste al administrador de la red.

En cuanto a la herramienta de gestión de red se emplea *software* libre, existe gran variedad en el mercado que permite tener un menor tiempo de respuesta en caso de presentarse inconvenientes en la red, con la finalidad de mantenerla operable y disponible.

La gestión de red se realizará en base al protocolo SNMP. SNMP es un protocolo que se encuentra implementado en cualquier dispositivo de red como: *switches*, *routers*, servidores, etc, permitiendo ser gestionados a través de las herramientas adecuadas.

3.11.2.1 Herramientas de Gestión de Red

Para la selección de las herramientas de gestión a usar dentro de la red de la municipalidad se considera dos aspectos fundamentales de monitoreo: monitoreo de la capacidad de transmisión o utilización del enlace y monitoreo de la disponibilidad de los equipos activos.

Considerando estos puntos se plantea el uso de las siguientes herramientas de gestión de red:

- ✓ **MRTG:** *Multi Router Traffic Grapher* es una herramienta de código abierto que usa el protocolo SNMP, supervisa la carga de tráfico que pasa por las interfaces de red y genera un reporte con la información y gráficas de la evaluación del tráfico a lo largo del tiempo.
- ✓ **Nagios:** Es un sistema de código abierto que supervisa el funcionamiento y disponibilidad de equipos (*hardware*) y servicios (*software*), de manera que alerte cuando el comportamiento de los mismos no sea el correcto. La monitorización del *hardware* permite obtener información de recursos como: carga del procesador, uso de los discos, estado de la memoria, estado de los puertos, etc; además permite la monitorización de servicios de red como: SNMP, POP3, HTTP, SMTP. Esta herramienta es independiente del sistema operativo que posea el dispositivo a ser monitoreado.

3.11.2.2 Características Técnicas del Servidor de Gestión de Red

Las características mínimas que debe poseer el servidor que soportará estas herramientas son las siguientes, mismas que fueron determinadas en el literal 3.6.3.6:

- ✓ Procesador mínimo QuadCore de 2.66 GHz o más.
- ✓ Memoria RAM de 4GB.
- ✓ Disco Duro de 160 GB.

3.12 SEGURIDAD DE LA RED

La seguridad informática es una función en la que se deben evaluar y administrar los riesgos, basándose en políticas y estándares que cubran las necesidades del Municipio de San Pedro de Huaca en materia de seguridad.

La base para que una organización opere de manera confiable empieza con la definición de políticas y estándares, para el presente proyecto se estructurarán seis políticas generales de seguridad para los usuarios de la red.

3.12.1 POLÍTICAS GENERALES DE SEGURIDAD EN LA RED^{[80][81]}

3.12.1.1 Política de Ética

El propósito de la política de ética del Municipio de San Pedro de Huaca es establecer una cultura de apertura, confianza e integridad en las prácticas organizacionales. La ética es el resultado del esfuerzo como equipo, involucrando la participación y el apoyo de todos los funcionarios de la municipalidad.

- ✓ La utilización no autorizada de información, en cualquiera de sus expresiones, información operacional, privada, financiera, código fuente de programa, y la información técnica esencial en el funcionamiento de la municipalidad está completamente prohibida.

- ✓ Todo el personal que trabaja en el MSPH deberá obligatoriamente firmar un Acuerdo de Confidencialidad, estos incluyen personal de planta, pasantes, y personal externo (Ver ANEXO C).

3.12.1.2 Política de Responsabilidad de la Información

El propósito de esta política es administrar adecuadamente la Seguridad de la Información en el MSPH y establecer un marco gerencial para iniciar y controlar su implementación y establecer las funciones y responsabilidades.

✓ Definición y responsabilidades del Oficial de Seguridad

El Oficial de Seguridad tiene a su cargo la definición y el mantenimiento de las Políticas de Seguridad de la Información y el asesoramiento a todo el personal del MSPH para su implementación.

- Deberá implementar un plan para concientizar a la administración acerca de la importancia de dar seguridad según la criticidad de la información manejada en cada servicio.
- Deberá llevar a cabo el mantenimiento, aprobación, actualización, distribución y monitoreo de las Políticas de Seguridad de la Información en base a los requerimientos futuros presentados por nuevos servicios.

✓ Definición y responsabilidades de los Administradores de los Servicios

Se considera a las personas encargadas de llevar la administración de las aplicaciones, servidores, bases de datos y equipos de trabajo al interior del MSPH.

- Deberán implementar las medidas de seguridad a fin de garantizar la seguridad de su servicio, en base a las recomendaciones del Oficial de Seguridad.
- Deberán controlar la correcta aplicación y control de accesos autorizados a los diferentes sistemas a su cargo.

✓ **Definición y responsabilidades del Usuario final**

Se considera a todo el personal del MSPH de manera directa o indirecta y/o terceros que hacen uso de las aplicaciones y la información, con el objetivo de poder cumplir con sus correspondientes funciones.

- Deberá cumplir con todas las medidas de seguridad definidas en las Políticas de Seguridad de la Información.
- Deberá informar oportunamente acerca de cualquier amenaza o riesgo que pueda exponer o vulnerar los sistemas informáticos.

3.12.1.3 Política de Seguridad Física

La presente política pretende mantener una adecuada administración y protección física de los equipos, soporte de procesamiento, transmisión y conservación de la información que posee el MSPH.

✓ **Control de Accesos**

- Será responsabilidad del Oficial de Seguridad identificar áreas de acceso restringido para agentes externos a la municipalidad y del personal de la Institución, notificar de posibles accesos no autorizados.

✓ **Gestión de Activos**

▪ **Asignación de Equipos**

- En el caso de un equipo informático, Desarrollo Tecnológico lo entregará con una configuración base, que incluyen:
 - a) Sistema operativo actualizado.
 - b) *Software* ofimático básico.
 - c) *Software* de seguridad informática.
 - d) Servicios de comunicaciones y de red.

- La asignación del equipo se formaliza con un Acta Entrega - Recepción, en la que constan las firmas del funcionario que recibe el equipo y del Jefe de Informática.
- **Devolución de Equipos**
 - Si un usuario deja sus funciones o cambia de unidad de trabajo al interior del MSPH, previa notificación de Talento Humano, a través de un medio oficial al Jefe de Informática, todos los equipos tecnológicos asignados a dicho usuario son retirados e ingresados inmediatamente a Informática, quienes se encargan de obtener el respaldo de la información únicamente institucional, posterior a lo cual se realiza un proceso de formateo del equipo para su reasignación.
 - La devolución del equipo se formaliza con un Acta Entrega - Recepción, en la que deben constar las firmas del funcionario que entrega el equipo y del Jefe de Informática.

3.12.1.4 Política de Seguridad Lógica

Proteger la información institucional, normando el acceso a través de los sistemas informáticos, considerando: perfiles, permisos, cuentas, contraseñas y políticas de escritorio limpio.

✓ Creación de Usuarios

- El nombre de usuario será un identificador claro y único a nivel de la Institución. El nombre de usuario debe estar creado según el estándar definido:
 - Letra inicial del primer nombre.
 - Letra inicial del segundo nombre.
 - Apellido.
 - En caso que ya exista el nombre de usuario agregar secuencia de número.

- Ejemplo:
Usuario: Pablo Andrés Miño Robalino.
Cuenta de usuario: pamino (Si ya existe el usuario, se cambiaría a pamino1).

✓ **Gestión de Privilegios**

- Cada director o empleado del MSPH debe estar asociado a un rol/perfil en los sistemas informáticos de acuerdo a las actividades que realiza. Y cada aplicación debe gestionar el nivel de privilegios que tienen los usuarios dentro del sistema informático.
- El otorgamiento de roles y perfiles de usuario deberá ser definido de acuerdo al principio del mínimo privilegio.

✓ **Contraseñas de Usuarios**

- El manejo de contraseñas es de responsabilidad del usuario una vez que han sido entregadas, por lo que la pérdida o divulgación de las mismas es responsabilidad del funcionario, está prohibida la publicación escrita de las mismas a través de medios fácilmente identificables.
- Se debe aplicar el estándar de creación de contraseñas seguras para el acceso de usuarios finales a los diferentes sistemas, el que contendrá parámetros mínimos:
 - La contraseña debe tener una longitud mínima de ocho caracteres.
 - La contraseña debe ser una combinación de letras mayúsculas, minúsculas, números y caracteres especiales.
 - La contraseña no debe estar formada por nombres o palabras comunes.

3.12.1.5 Política de Seguridad en la Red de Infraestructura

Asegurar la integridad, confidencialidad y disponibilidad de la información en su transmisión y recepción tanto en una red interna como externa.

✓ **Protección contra *software* malicioso**

El Departamento de Informática y el Oficial de Seguridad deberán definir e implementar controles de detección y prevención contra *software* malicioso. Se desarrollarán procedimientos adecuados para concientizar a los usuarios en materia de seguridad y control de accesos a los sistemas.

Estos controles deberán considerar las siguientes acciones:

- Prohibir el uso de *software* no autorizado e ilegal al interior del MSPH.
- Instalar y actualizar periódicamente *software* de detección y reparación de virus, examinar computadoras y medios informáticos como medida precautoria y rutinaria.
- Verificar antes de su uso la presencia de virus en archivos de medios electrónicos de origen incierto, o en archivos recibidos a través de redes no confiables.

✓ **Resaldos**

- Los administradores de los servicios deberán respaldar el código, datos, base de datos, configuraciones antes de aplicar cualquier cambio. Cada respaldo deberá mantener la fecha efectiva de respaldo, el objeto por el cual se da el respaldo y la persona encargada del mismo.
- El proceso de respaldo en cintas o medios magnéticos deberá tener una periodicidad en la obtención de los mismos a fin de evitar que dicho medio pueda deteriorarse.
- Toda la información respaldada será clasificada y etiquetada. En su medio de almacenamiento debe incluir: nombre del archivo, versión, aplicación o sistema al que pertenece la información, fecha de respaldo, persona que hizo el respaldo y ubicación física para su almacenamiento.

✓ **Administración de Servidores**

- Los administradores son los responsables de establecer el manual de administración y configuración de sus servicios, y solicitar y documentar los permisos que son necesarios para el funcionamiento del servicio.
- Se debe establecer una línea base del comportamiento de los servidores y equipos de comunicación para su monitorización. Todos los servidores y equipos de comunicación deben estar monitoreados por el administrador de la red. Como mínimo deben monitorearse:
 - Disponibilidad del servicio que presta el servidor.
 - Disco.
 - Procesador.
 - Memoria.

✓ **Acceso Remoto**

- Los accesos remotos a sistemas informáticos de uso interno deben estar debidamente autorizados por el Administrador del Sistema y el Oficial de Seguridad.
- Para el acceso remoto a los servidores se debe utilizar protocolos seguros como SSH V2 para servidores Linux.
- Para administración remota a los usuarios de oficinas externas, deberá utilizarse un servicio de VPN Cliente para su acceso y resolución de problemas.

3.12.1.6 Política de Gestión de Servicios

Establecer los lineamientos necesarios que permitan el manejo eficiente de la gestión y soporte de los servicios de tecnología hacia el usuario final del MSPH.

El MSPH orientado a mejorar el soporte de los servicios tecnológicos, advierte la necesidad de crear un único punto de contacto hacia los servicios de TI, con ello se

implementa el Soporte Técnico que debe estar basado en las mejores prácticas de la gestión del servicio ITIL.

- ✓ El único punto de contacto entre el usuario y el departamento de Informática para reportar solicitudes e incidentes referentes a los servicios es mediante los medios de comunicación propuestos por el Área de Soporte Tecnológico. (Sistema de Tickets, telefónico).

✓ **Medios de Comunicación:**

Los medios por los que un usuario puede reportar sus solicitudes o incidentes son:

- Sistema de Tickets.
- Vía telefónica: 062973196.
- Comunicación oficial: memorando o acción de personal.

3.12.2 HERRAMIENTAS DE SEGURIDAD EN LA RED

Las herramientas de seguridad tienen como funcionalidad principal proveer autenticación y permisos de acceso a los usuarios de la red.

Para proveer de seguridad a la red se utilizarán las siguientes herramientas:

- ✓ En el literal 3.6.2.1 se plantea la solución de manejo de un Directorio Activo, el mismo que permitirá realizar tareas de autenticación y control de acceso.
- ✓ En el literal 3.6.2.2 se establece el manejo de *Proxy* y *Firewall*, los cuales permitirán un control de acceso, protección de ataques externos y accesos no autorizados a información valiosa de nuestra red.
- ✓ En el literal 3.9.1 se plantea la utilización de VLANs, que permitirán optimizar el tráfico de red según las necesidades de cada grupo de usuarios.

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO, PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo describe la implementación de un prototipo básico de red, que pretende demostrar la funcionalidad de la solución propuesta. Dicho prototipo busca poner en marcha los servicios de telefonía IP, datos, videoconferencia y video vigilancia IP, empleando componentes que permitan demostrar el correcto funcionamiento de cada uno de los servicios antes mencionados.

Se finaliza en una fase de pruebas y análisis de los resultados, con el fin de verificar la factibilidad de la implementación de la red a mayor escala, su alcance, administración y disponibilidad.

4.2 ARQUITECTURA DE LA RED

La arquitectura de la red hace referencia a la topología lógica y física que se empleará para el diseño del prototipo de red propuesto, la misma que se utilizará para la comunicación de los hosts dentro de la red multiservicios.

La topología física del prototipo de red a implementar se presenta en la figura 4.1.

4.3 DISEÑO LÓGICO DEL PROTOTIPO DE RED

El diseño del prototipo de red comprende la configuración de redes de área local virtuales (VLANs), para segmentar la red en varios grupos de dominios de *broadcast*.

La red del prototipo se segmentará en seis VLANs, con el fin de separar el tráfico por cada uno de los servicios a implementar.

El diseño de VLANs y el esquema de direccionamiento a utilizar se presentan en la tabla 4.1.

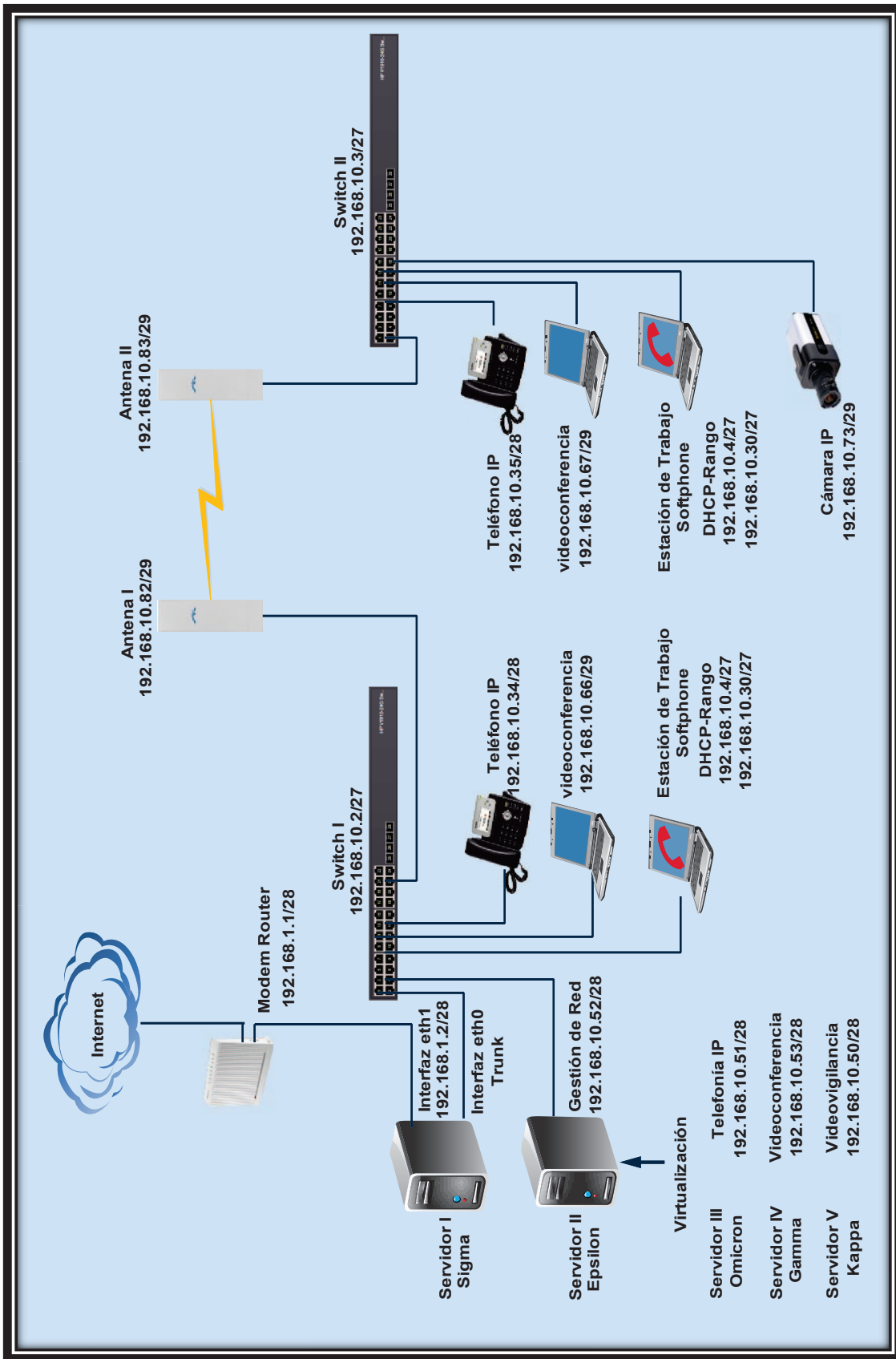


Figura 4.1 Topología física del prototipo de red

VLAN ID	Nombre	Dirección de Subred/Máscara	Broadcast	Rango de Direcciones IP
2	VLAN-Datos	192.168.10.0/27	192.168.10.31	192.168.10.1-192.168.10.30
3	VLAN-Telefonía IP	192.168.10.32/28	192.168.10.47	192.168.10.33-192.168.10.46
4	VLAN-Servidores	192.168.10.48/28	192.168.10.63	192.168.10.49-192.168.10.62
5	VLAN-Videoconferencia	192.168.10.64/29	192.168.10.71	192.168.10.65-192.168.10.70
6	VLAN-Cámaras IP	192.168.10.72/29	192.168.10.79	192.168.10.73-192.168.10.78
7	VLAN-Radioenlace	192.168.10.80/29	192.168.10.87	192.168.10.81-192.168.10.86

Tabla 4.1 VLANs y esquema de direccionamiento del prototipo de red

4.4 ELEMENTOS DE RED

Los elementos de la arquitectura de red para el prototipo son los siguientes:

4.4.1 CLIENTES O HOST DE RED

Estos dispositivos nos permitirán realizar las pruebas de conectividad dentro de la red y VLAN's creadas y las pruebas en cuanto al funcionamiento de cada uno de los servicios implementados.

Dentro de las VLANs de los servicios de telefonía IP, datos, videoconferencia y video vigilancia IP se tendrán los siguientes *host*:

- ✓ *VLAN-TelefoníaIP*: Para las pruebas del servicio de voz sobre IP se emplearán teléfonos IP de las siguientes características:
 - Marca: Yealink.
 - Modelo: SIP-T22P.
 - Especificaciones Técnicas^[82]:
 - SIP v1 (RFC2543), v2 (RFC3261).
 - Códec: G.711, G.722, G.723.1, G.726, G.729AB.
 - Asignación de IP: Estática/DHCP/PPPoE.

- VLAN (802.1 q), QoS.
- *Power over Ethernet* (IEEE 802.3af).

En la figura 4.2 se ilustra el teléfono IP Yealink a usar en el prototipo de red.



Figura 4.2 Teléfono IP Yealink^[82]

Además de los teléfonos IP se utilizarán *softphones* que de igual manera permitirán realizar las pruebas del servicio de telefonía IP, en el prototipo se empleará el siguiente:

- *Softphone*: X-Lite.
- Características^[83]:
 - Permite la conexión con centralitas basadas en Asterisk.
 - Soporte de protocolo SIP.
 - Soporte TCP con SIP.
 - Soporte TLS con SIP.
 - Plataforma Multisistema: Linux, *Windows* y Mac OS X.

En la figura 4.3 se ilustra el *softphone* X-Lite a usar en el prototipo de red.



Figura 4.3 Softphone X-Lite ^[83]

- ✓ *VLAN-Datos*: Para las pruebas del servicio de datos, que implica el manejo de los servicios básicos de una Intranet como son: Directorio Activo, DNS, DHCP, Correo Electrónico, Transferencia de Archivos, entre otros, se emplearán computadoras portátiles con las siguientes características básicas:
 - Sistema Operativo *Windows* 32/64 bits.
 - Memoria RAM de 2 GB.
 - Disco Duro 250 GB.
 - Procesador 1,3 GHz.
- ✓ *VLAN-Videoconferencia*: Para realizar las pruebas correspondientes al servicio de videoconferencia, se empleará dos computadoras portátiles que posean una cámara y micrófono integrados.
- ✓ *VLAN-Video vigilancia IP*: Para las pruebas correspondientes al servicio de video vigilancia IP se emplearán las siguientes cámaras IP, que además vienen con el *software* propietario necesario para su funcionamiento.
 - Marca: Brickcom.
 - Modelo: FB-100Ae-21.

- Especificaciones Técnicas^[84]:
 - Sensor de imagen de 1/4" 1 Mega-Pixel CMOS.
 - Compresión H.264 / MPEG4 / MJPEG.
 - Resolución máxima de imagen 1280 x 800: 30fps.
 - Puerto Ethernet 10/100 Mbps RJ-45.
 - Protocolos: TCP/IP, UDP, ICMP, DHCP, NTP, DNS, DDNS, SMTP, FTP, HTTP, Samba, PPPoE, UPnP, RTP, RTS.
 - DC 12V / PoE : 802.3af.

En la figura 4.4 se ilustra la cámara IP a usar en el prototipo de red.



Figura 4.4 Cámara IP Brickcom^[84]

4.4.2 SWITCHES

Este dispositivo de red permite la configuración de VLANs, con el fin de segmentar el dominio de *broadcast* de la red, priorizar el tráfico y brindar calidad de servicio.

Se emplearán dos *switches* que permitirán simular la red en cada edificio, los mismos poseen las siguientes características:

- ✓ Marca: HP.
- ✓ Modelo: V1910-24G (JE006A).
- ✓ Especificaciones Técnicas^[85]:
 - 24 puertos RJ-45 10/100/1000 de negociación automática (IEEE 802.3 tipo 10BASE-T, IEEE 802.3u tipo 100BASE-TX, IEEE 802.3ab tipo 1000BASE-T).

- 4 puertos SFP de 1000 Mbps.
- Velocidad: hasta 41.7 millones de pps.
- Latencia de 100 Mb: < 5 μ s; Latencia de 1000 Mb: < 5 μ s.
- Capacidad de Encaminamiento/conmutación: 56 Gbps.
- Tamaño de la Tabla de Enrutamiento: 24 entradas.

En la figura 4.5 se ilustra el *switch* a usar en el prototipo de red.



Figura 4.5 *Switch* HP V1910-24G^[85]

4.4.3 MÓDEM/ROUTER

Este dispositivo será el encargado de comunicar la red interna del prototipo con la Internet. Se empleará un dispositivo con las siguientes características:

- ✓ Marca: Huawei.
- ✓ Modelo: Hg520C.
- ✓ Especificaciones Técnicas^[86]:
 - Tecnologías xDSL asimétricas: ADSL, ADSL2, ADSL2+.
 - Estándares: 802.11g, 8011.11b.
 - Seguridad Inalámbrica: WPA1, WPA2, WEP 64/128 bits.
 - Enrutamiento: RIPv1, RIPv2, enrutamiento estático, DHCP Servidor/Cliente/Relay, DNS Relay, NAT.
 - Puertos Físicos: Un puerto RJ-11, Cuatro puertos LAN de auto-detección 10 Base T/100 Base TX RJ-45.

En la figura 4.6 se ilustra el *Módem/Router* a usar en el prototipo de red.



Figura 4.6 Módem/Router Wi-Fi Huawei Echolife Hg520C ^[86]

4.4.4 ANTENAS

El prototipo de red tiene además como objetivo la creación de un enlace punto a punto, a través del cual se simulará la conexión entre los dos edificios de la municipalidad, con el fin de lograr la comunicación y compartición de los servicios a implementar. Para lograr la conexión antes mencionada se emplearán dos antenas de las siguientes características:

- ✓ Marca: Ubiquiti.
- ✓ Modelo: NanoStation2.
- ✓ Especificaciones Técnicas^[87]:
 - CPU: Atheros 180 MHz MIPS.
 - Estándares: 802.11b, 802.11g.
 - Frecuencia: 2.4 GHz.
 - Velocidad de Transmisión: 54 Mbps.
 - Ganancia: 10 dBi x 2.
 - Polaridad: Horizontal/Vertical.
 - Puertos Físicos: Un puerto 10/100 Base TX RJ-45.
 - Alcance: 15 Km.

En la figura 4.7 se ilustra las antenas a usar en el prototipo de red.



Figura 4.7 Antena Ubiquiti NanoStation2 ^[87]

4.4.5 SERVIDORES

Para el prototipo de red, se levantarán los siguientes servidores: Directorio Activo, DNS, DHCP, *Proxy*, *Firewall*, Repositorio y Transferencia de Archivos, Correo Electrónico, Administración y Gestión de Red, Telefonía IP, videoconferencia y video vigilancia IP; los servicios de telefonía IP, Administración y Gestión de Red, videoconferencia y video vigilancia IP se levantarán virtualizados en un servidor, para el resto de servicios se empleará la plataforma Zentyal instalada en un servidor dedicado.

- ✓ Servidor de Virtualización.
 - Marca: Lenovo.
 - Modelo: 7483 ATS.
 - Especificaciones Técnicas:
 - Procesador: Intel Core 2 Duo E8400 / 3 GHz.
 - Memoria RAM: 4 GB.
 - Disco Duro: 160 GB.
 - Tarjeta de Red: Gigabit Ethernet, 10/100/1000 Mbps.

- ✓ Servidor dedicado a la Plataforma Zentyal.
 - Marca: Clon.
 - Especificaciones Técnicas:
 - Procesador: AMD Phenom x 6 1090T / 3.2 GHz.

- Memoria RAM: 8 GB.
- Disco Duro: 2 TB.
- Tarjeta de Red: Gigabit Ethernet x 2, 10/100/1000 Mbps.

4.5 CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS

Para la implementación del prototipo se requiere la configuración de los equipos antes mencionados, con el fin de realizar las pruebas necesarias de conectividad y la puesta en marcha de los servicios ofrecidos, a continuación se describe el proceso seguido para configurar cada uno de los equipos de conectividad, servidores y clientes de red.

4.5.1 EQUIPOS DE CONECTIVIDAD


4.5.1.1 Switches

La configuración de los *switches* tiene como objetivo realizar los siguientes puntos:

- ✓ Configuración básica de seguridad, para la administración del *switch*:
 - Usuario Administrador.
 - Clave de seguridad para acceder al dispositivo.
 - *Hostname*.
 - Asignación de dirección IP para la interfaz de administración.
- ✓ Configuración de redes de área local virtuales (VLAN's), las cuales han sido definidas previamente. Protocolo 802.1q (VLAN-*Trunking*).
- ✓ Configuración de puertos del *switch*.
- ✓ Asignación de puertos del *switch* a cada VLAN.
- ✓ Aplicación del protocolo 802.1p, para priorizar el tráfico y brindar calidad de servicio.

En las figuras 4.8 y 4.9 se ilustra un resumen de la distribución de puertos del *switch*, VLAN's creadas, tipo de puerto y prioridad asignada a los mismos, tanto del *Switch I* como del *Switch II* respectivamente.


Switch I



VLAN ID	Nombre	Puertos	Tipo de Puerto	Prioridad de Tráfico
2	VLAN-Datos	5,6,7,8,9,10	Access	2
3	VLAN-Telefonia IP	11,12,13,14	Hybrid	7
4	VLAN-Servidores	1,2,3,4	Access	2
5	VLAN-Videoconferencia	15,16	Access	4
6	VLAN-Cámaras IP	17,18	Access	4
7	VLAN-Radioenlace	19,20	Trunk	7
-	Zentyal	21	Trunk	7

Figura 4.8 Resumen de configuración *Switch I*

Switch II



VLAN ID	Nombre	Puertos	Tipo de Puerto	Prioridad de Tráfico
2	VLAN-Datos	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	Access	2
3	VLAN-Telefonia IP	13,14,15,16	Hybrid	7
5	VLAN-Videoconferencia	17,18	Access	4
6	VLAN-Cámaras IP	19,20	Access	4
7	VLAN-Radioenlace	21,22	Trunk	7

Figura 4.9 Resumen de configuración *Switch II*

La configuración de estos dispositivos se detalla en el Anexo D.

4.5.1.2 Módem/Router

Este dispositivo será el encargado de comunicar la red interna del prototipo con la Internet, los parámetros a configurarse en este dispositivo son:

- ✓ Configuración básica de seguridad, para la administración del módem/router:
 - Usuario Administrador.

- Clave de seguridad para acceder al dispositivo.
- Asignación de dirección IP para la interfaz de administración.
- ✓ Parámetros de enrutamiento para la comunicación entre la red interna y la Internet.

En el Anexo E se detalla la configuración de este dispositivo.

4.5.1.3 Antenas

Para la simulación del enlace punto a punto que se realizará entre los dos edificios de la municipalidad se han empleado dos antenas Ubiquiti, cuya descripción se mencionó en el literal 4.4.4, los parámetros considerados en la configuración de estos dispositivos son:

- ✓ Configuración básica de seguridad, para la administración de la antena:
 - Usuario Administrador.
 - Clave de seguridad para acceder al dispositivo.
 - *Hostname*.
- ✓ Configuración de parámetros de red de las antenas.
- ✓ Configuración de los parámetros para el enlace punto a punto.
 - Configuración de la Antena I como Punto de Acceso WDS⁶³.
 - Configuración de la Antena II como Estación WDS.
- ✓ Establecer el enlace entre el Punto de Acceso y la estación WDS.
- ✓ Configuración de seguridad inalámbrica del enlace.
- ✓ Calidad de servicio en el enlace.
- ✓ Ajuste de parámetros para mejorar el rendimiento del enlace.

En el Anexo F se presenta con detalle la configuración de cada una de las antenas.

⁶³WDS: Wireless Distribution System, es un sistema de distribución inalámbrico que permite la conexión entre puntos de acceso en una red inalámbrica IEEE 802.11.

4.5.2 SERVIDORES^{[88][71]}

La implementación de este prototipo pretende comprobar el funcionamiento de la Red de Infraestructura Multiservicios a través de la instalación de servidores que permitan la transmisión de voz, video y datos. Como objetivo del proyecto se empleará la plataforma Linux y se levantarán los servidores detallados a continuación:

- ✓ Servidor de Directorio Activo.
 - Uso de la plataforma Zentyal, basada en Ubuntu.
- ✓ Servidor DNS.
 - Uso de la plataforma Zentyal, basada en Ubuntu.
- ✓ Servidor DHCP.
 - Uso de la plataforma Zentyal, basada en Ubuntu.
- ✓ Servidor FTP.
 - Uso de la plataforma Zentyal, basada en Ubuntu.
- ✓ Servidor de Correo Electrónico.
 - Uso de la plataforma Zentyal, basada en Ubuntu.
- ✓ Servidor de Gestión y Administración de Red.
 - Uso de los programas MRTG y NAGIOS, instalados sobre CentOS.
- ✓ Servidor de Telefonía IP.
 - Uso de la plataforma Elastix, basada en CentOS.
- ✓ Servidor de Videoconferencia.
 - Uso del *software Openmeetings*, instalado sobre CentOS.
- ✓ Servidor de Cámaras IP.
 - Uso de *software* propietario, instalado sobre *Windows Professional 7*.

Zentyal se encuentra instalada en el servidor físico detallado en el literal 4.4.5, en este equipo se levantarán todos los servicios que correrán bajo dicha plataforma, mientras que el resto de servicios se encontrarán virtualizados en otro equipo, el cual poseerá CentOS como sistema operativo base.

En el Anexo G se detalla el proceso de instalación y configuración de cada uno de los servidores.

4.5.3 PROXY/FIREWALL^[71]

Los servicios de *Proxy* y *Firewall* serán levantados a nivel de *software* bajo la plataforma Zentyal, basada en Ubuntu. El objetivo de este servidor será el de proteger a la red de ataques externos y el de llevar un control en la navegación de los usuarios con el fin de mejorar el rendimiento y seguridad de la misma.

En el Anexo H, se presenta la configuración de estos servicios.

4.5.4 DISPOSITIVOS FINALES O CLIENTES DE RED

4.5.4.1 Estaciones de Trabajo

Se emplearán 2 estaciones de trabajo para las pruebas necesarias de conectividad, estos equipos irán conectados a los puertos de *switch* destinados a la VLAN de Datos. El sistema operativo que tendrán instalado será *Windows* o *Linux*.

Estos equipos finales recibirán los parámetros de red como dirección IP, máscara de subred, puerta de enlace y DNS correspondientes a la VLAN de datos, de manera automática, a través del servicio DHCP.

La tarjeta de red de las estaciones de trabajo deberá estar configurada como se muestra en la figura 4.10.

Se aplica el comando *ipconfig /all* para observar los parámetros recibidos en la tarjeta de red del cliente. Ver figura 4.11.

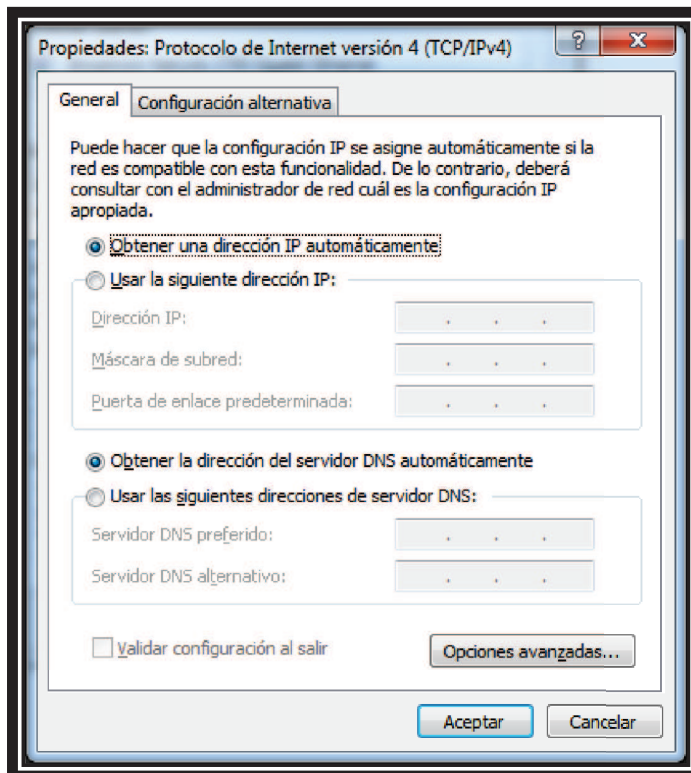


Figura 4.10 Configuración para un cliente de la VLAN-Datos

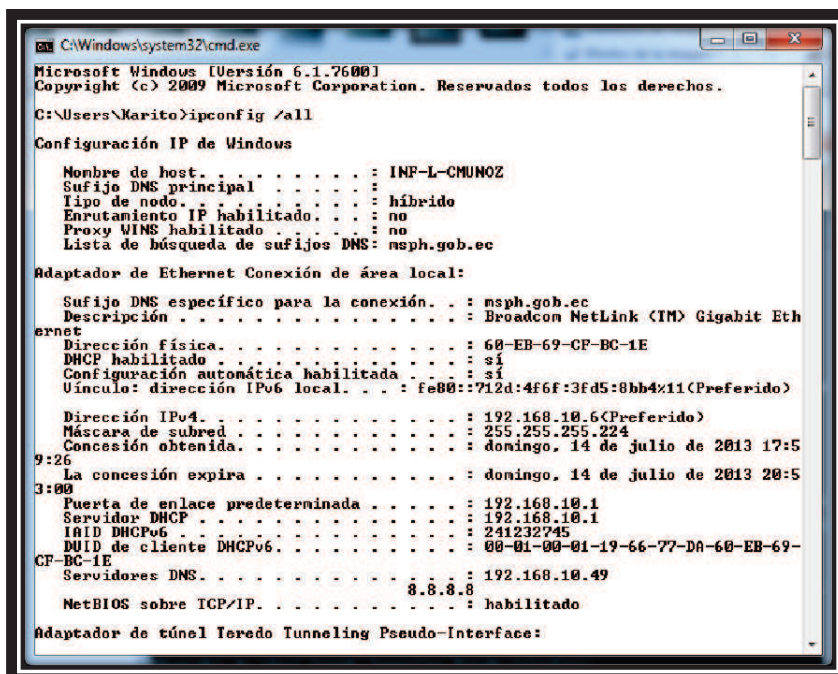


Figura 4.11 Comando *ipconfig/all* configuración equipo cliente

4.5.4.2 Teléfonos IP y Softphone

En el desarrollo del prototipo se emplearán dos teléfonos IP físicos y dos *softphone*, en el literal 4.4.1 se detallan las especificaciones de estos dispositivos. El direccionamiento empleado para estos equipos terminales será estático con el fin de llevar la administración de los mismos.

En el Anexo I se ilustra la configuración de estos clientes de red.

4.5.4.3 Cámara IP

Con la finalidad de realizar las pruebas en el servicio de video vigilancia IP se empleará una cámara Brickcom, la cual tendrá asignada una dirección IP estática y se conectará al puerto del *switch* destinado para este servicio. En el Anexo J se detalla la configuración de este dispositivo.

4.6 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SERVICIOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El escenario de pruebas del prototipo de red, consiste en la realización de las siguientes pruebas, con el fin de comprobar el funcionamiento de cada uno de los servicios implementados:

- ✓ Pruebas de Conectividad.
- ✓ Prueba de Salida a Internet.
- ✓ Pruebas del Servicio de Directorio Activo.
- ✓ Pruebas del Servicio DNS.
- ✓ Pruebas del Servicio DHCP.
- ✓ Pruebas del Servicio de Correo Electrónico.
- ✓ Pruebas del Servicio de FTP.
- ✓ Pruebas del Servicio de Telefonía IP.
- ✓ Pruebas del Servicio de Video vigilancia IP.
- ✓ Pruebas del Servicio de Videoconferencia.
- ✓ Pruebas del Servicio de Gestión de Red.

- ✓ Pruebas del Servicio de *Proxy y Firewall*.

4.6.1 PRUEBAS DE CONECTIVIDAD

Las pruebas de conectividad consisten en verificar la conexión de los equipos pertenecientes a las diferentes VLANs del prototipo.

Los equipos involucrados en estas pruebas son: *switches*, antenas, servidores y dispositivos finales en cada VLAN.

Para la realización de estas pruebas se ha empleado el comando *ping*, el cual se ejecutó desde Servidor Zentyal, a través de la utilización de la herramienta de diagnóstico de la misma plataforma, hacia los demás dispositivos.

En la interfaz web del servidor Zentyal, en la pestaña Red en la opción Herramientas, se dispone de la herramienta de diagnóstico *ping*, en la que únicamente se coloca la dirección IP de prueba y se da click sobre el botón *Ping*.

- ✓ Como ejemplo se realiza una prueba de conectividad hacia la VLAN de Datos (Ver figura 4.12).



Figura 4.12 Prueba de conectividad hacia la VLAN de Datos

- ✓ Se realizó la prueba de *ping* en las dos antenas, con el fin de verificar la conexión inalámbrica levantada con estos dispositivos.

- En la figura 4.13 se observa la prueba de conectividad realizada sobre la Antena I.



Figura 4.13 Prueba de conectividad hacia la VLAN Radioenlace (Antena I)

- En la figura 4.14 se observa la prueba de conectividad realizada sobre la Antena II.

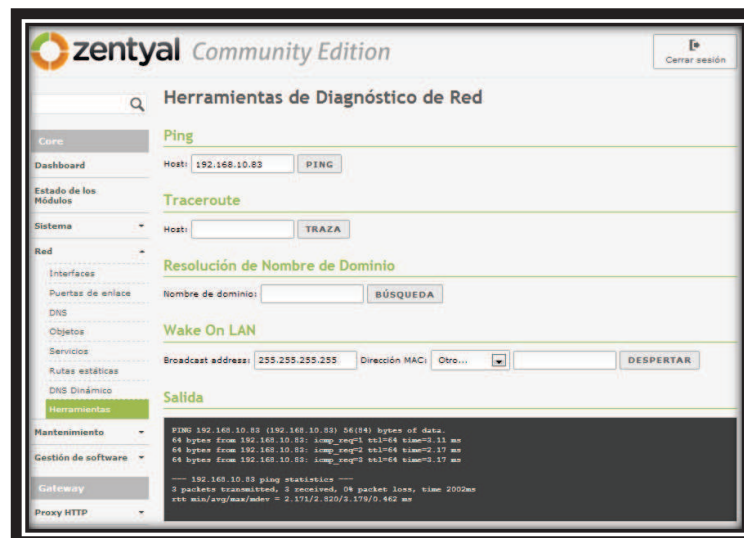


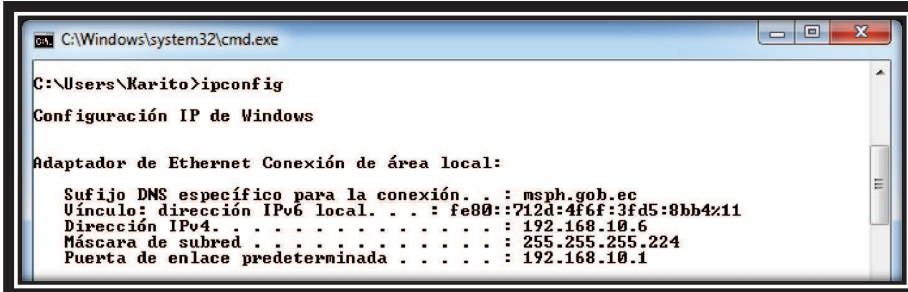
Figura 4.14 Prueba de conectividad hacia la VLAN Radioenlace (Antena II)

Con los resultados obtenidos se determina una conectividad exitosa, es decir el enrutamiento hacia los diferentes *host* pertenecientes al prototipo se realiza correctamente.

4.6.2 PRUEBA DE SALIDA A INTERNET

El objetivo de esta prueba es el de verificar la conectividad de la red interna hacia el servicio de Internet brindado por el ISP, en este caso por CNT.

La prueba se realiza desde un equipo perteneciente a la VLAN de Datos hacia el módem/router y hacia la Internet, para esto se utiliza el *command prompt* de Windows. A través de la herramienta *ifconfig* se consigue la dirección IP del equipo en la VLAN de Datos (figura 4.15) y con el comando *Ping* se envían los paquetes ICMP hacia el módem/router y hacia Internet (figura 4.16).



```

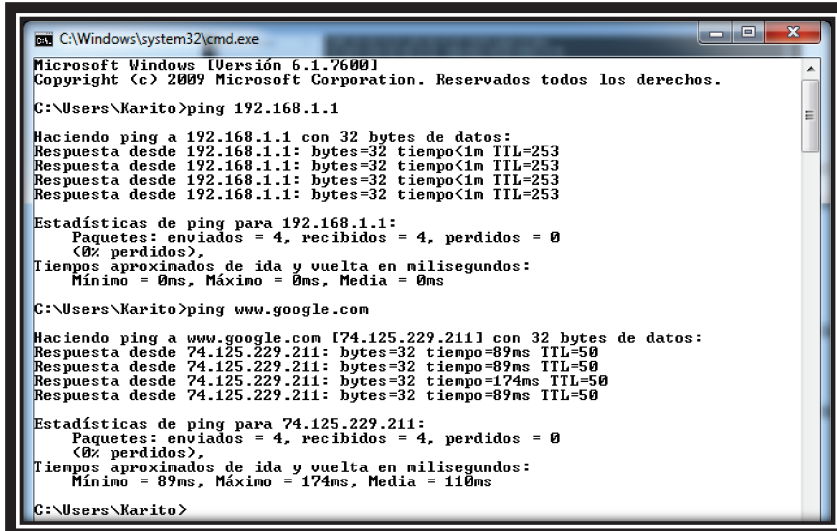
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\Karito>ipconfig

Configuración IP de Windows

Adaptador de Ethernet Conexión de área local:

    Sufijo DNS específico para la conexión. . . : msp.h.gob.ec
    Vínculo: dirección IPv6 local. . . . . : fe80::712d:4f6f:3fd5:8bb4%11
    Dirección IPv4. . . . . : 192.168.10.6
    Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.224
    Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 192.168.10.1
  
```

Figura 4.15 Comando *Ipconfig*, configuración tarjeta de red local en un equipo de la VLAN Datos



```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\Karito>ping 192.168.1.1

Haciendo ping a 192.168.1.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=253
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=253
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=253
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=253

Estadísticas de ping para 192.168.1.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

C:\Users\Karito>ping www.google.com

Haciendo ping a www.google.com [74.125.229.211] con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=89ms TTL=50
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=89ms TTL=50
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=174ms TTL=50
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=89ms TTL=50

Estadísticas de ping para 74.125.229.211:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 89ms, Máximo = 174ms, Media = 110ms

C:\Users\Karito>
  
```

Figura 4.16 Prueba de conectividad hacia módem/router y hacia Internet

Con los resultados obtenidos se determina que existe conectividad exitosa desde la red interna hacia la Internet.

4.6.3 PRUEBAS DEL SERVICIO DE DIRECTORIO ACTIVO

Para llevar a cabo las pruebas de funcionamiento de este servicio primero se debe integrar un equipo al dominio, como se indica en la figura 4.17:



Figura 4.17 Ingreso de un equipo al dominio

- ✓ En la figura 4.18 se ilustra el mensaje que se despliega indicando que el equipo ha sido ingresado correctamente al dominio, estos cambios se hacen efectivos una vez que el equipo haya sido reiniciado.

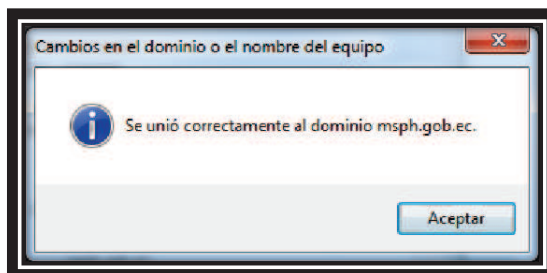


Figura 4.18 Unión exitosa al dominio msph.gob.ec

- ✓ De esta manera el usuario podrá ingresar al equipo haciendo uso de su cuenta predefinida (figura 4.19).

Cuenta de usuario: pamino

Contraseña: Prueba01

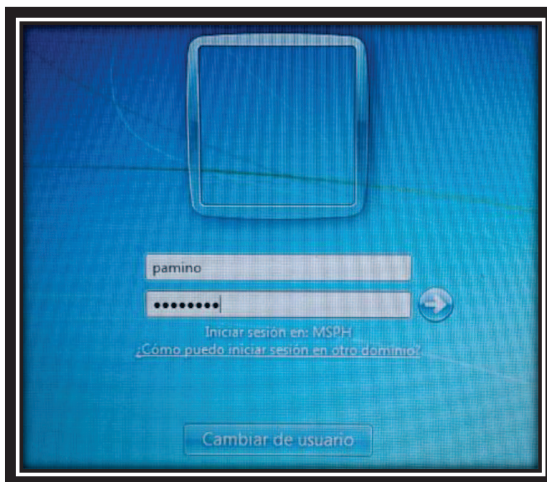


Figura 4.19 Inicio de sesión del usuario al dominio

- ✓ Para que el usuario pueda cambiar su contraseña, deberá hacer uso de la aplicación Rincón del Usuario, de manera que pueda modificar la contraseña que se estableció en el directorio por defecto.
 - Ingreso a la aplicación vía web, a través de la dirección <https://192.168.10.1:8888>.
 - Cambio de contraseña, se ingresa una nueva contraseña y se confirma la misma (figura 4.20).



Figura 4.20 Cambio de contraseña del usuario

- ✓ Zentyal además en su directorio activo, asigna al usuario un espacio en disco en el servidor, de un tamaño definido de 500 MB. En la figura 4.21 se ilustra el espacio en disco asignado en red.

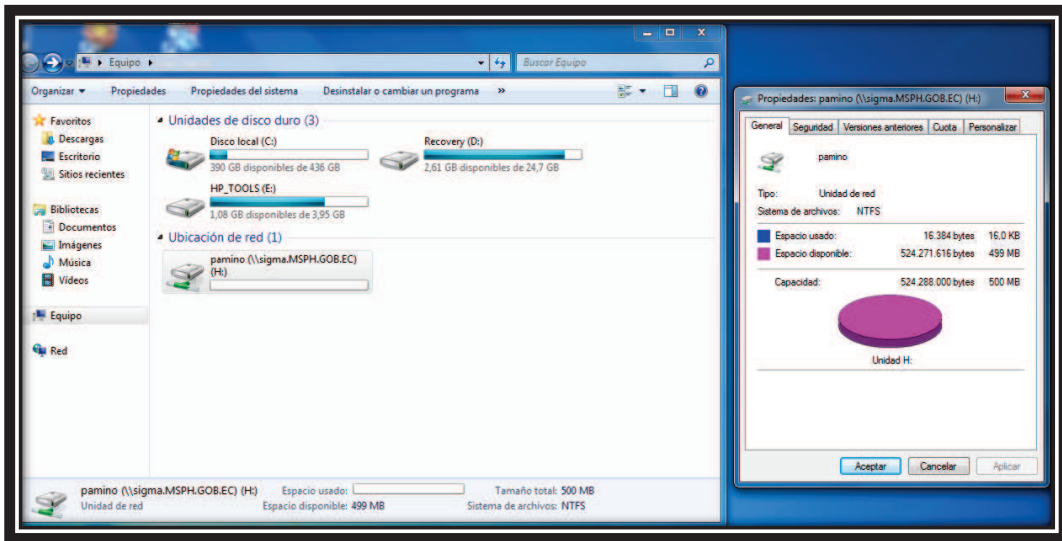


Figura 4.21 Espacio en disco asignado en el directorio activo al usuario

Una vez que el usuario se registra en el dominio e ingresa al equipo, se aplican ciertas restricciones de uso a algunos aplicativos del sistema, esto por seguridad a que se realicen cambios que afecten al mismo.

- ✓ En la figura 4.22 se observa la restricción para instalación de aplicaciones en el sistema.

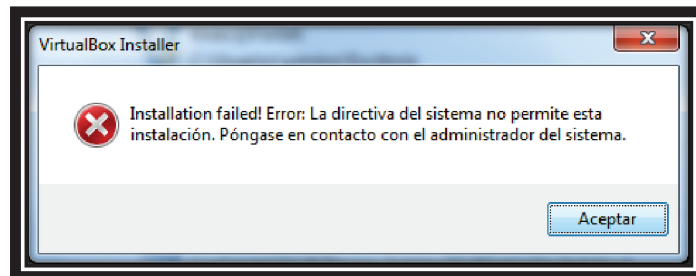


Figura 4.22 Restricción para la instalación de programas en el equipo

4.6.4 PRUEBAS DEL SERVICIO DE DNS

Las primeras pruebas de funcionamiento del servicio DNS consisten en la ejecución de los siguientes comandos:

- ✓ *dig* @192.168.10.49 mspg.gov.ec, a través de este comando se consulta los registros SOA⁶⁴ y NS⁶⁵ en el dominio. La ejecución del mismo se observa en la figura 4.23.

```

administrador_2013@sigma: ~
administrador_2013@sigma:~$ dig @192.168.10.49 mspg.gov.ec

<<>> DiG 9.8.1-P1 <<>> @192.168.10.49 mspg.gov.ec
; (1 server found)
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 48363
;; flags: qr aa rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 6, AUTHORITY: 1, ADDITIONAL: 6

;; QUESTION SECTION:
;mspg.gov.ec.                IN      A

;; ANSWER SECTION:
mspg.gov.ec.                900     IN      A       192.168.10.73
mspg.gov.ec.                900     IN      A       192.168.10.33
mspg.gov.ec.                900     IN      A       192.168.10.81
mspg.gov.ec.                900     IN      A       192.168.10.1
mspg.gov.ec.                900     IN      A       192.168.10.65
mspg.gov.ec.                900     IN      A       192.168.10.49

;; AUTHORITY SECTION:
mspg.gov.ec.                900     IN      NS      sigma.mspg.gov.ec.

;; ADDITIONAL SECTION:
sigma.mspg.gov.ec.          900     IN      A       192.168.10.1
sigma.mspg.gov.ec.          900     IN      A       192.168.10.65
sigma.mspg.gov.ec.          900     IN      A       192.168.10.49
sigma.mspg.gov.ec.          900     IN      A       192.168.10.73
sigma.mspg.gov.ec.          900     IN      A       192.168.10.33
sigma.mspg.gov.ec.          900     IN      A       192.168.10.81

;; Query time: 3 msec
;; SERVER: 192.168.10.49#53(192.168.10.49)
;; WHEN: Wed Sep 11 21:50:57 2013
;; MSG SIZE  rcvd: 241

```

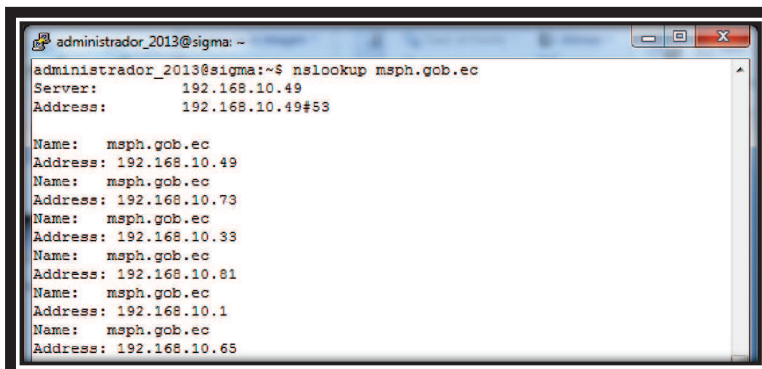
Figura 4.23 Ejecución del comando Dig, prueba resolución zona directa

Como se puede observar en el status se obtiene NO ERROR, lo que indica el correcto funcionamiento de la resolución de nombres en la zona directa.

- ✓ *Nslookup* mspg.gov.ec, a través de este comando se verifica la resolución de nombres de dominio y direcciones IP. El resultado de este comando se observa en la figura 4.24.

⁶⁴SOA: *Start of Authority*, define los parámetros globales para la zona de dominio.

⁶⁵NS: *Name Server*, es un servidor que aloja un servicio de red para proporcionar respuestas a las consultas en un servicio de directorio.



```

administrador_2013@sigma: ~
administrador_2013@sigma:~$ nslookup mspg.gob.ec
Server:      192.168.10.49
Address:     192.168.10.49#53

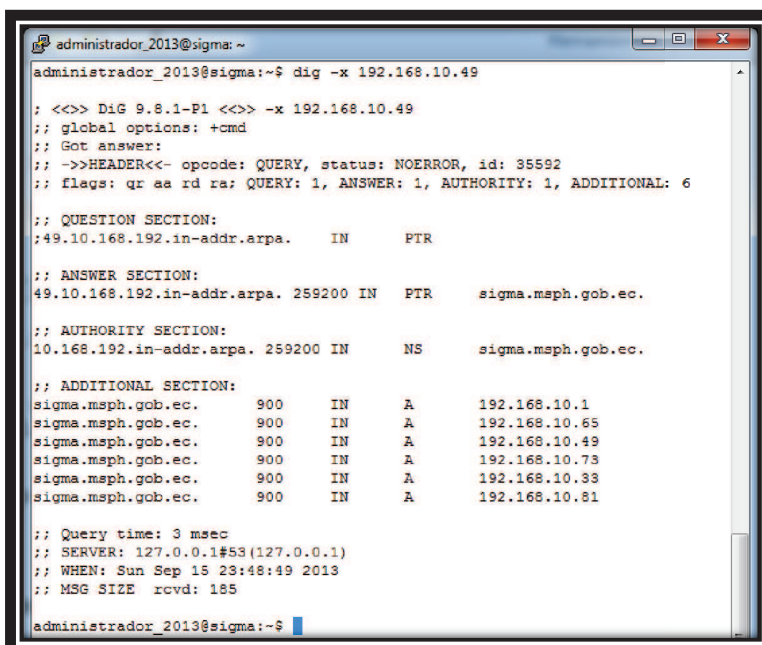
Name:   mspg.gob.ec
Address: 192.168.10.49
Name:   mspg.gob.ec
Address: 192.168.10.73
Name:   mspg.gob.ec
Address: 192.168.10.33
Name:   mspg.gob.ec
Address: 192.168.10.81
Name:   mspg.gob.ec
Address: 192.168.10.1
Name:   mspg.gob.ec
Address: 192.168.10.65

```

Figura 4.24 Ejecución del comando *nslookup*, prueba resolución zona directa

Como se observa en la figura 4.24 la resolución directa del dominio arroja varias direcciones IP, las mismas que corresponden al servidor Zentyal donde se tiene configurada varias VLANs, debido al enrutamiento realizado en dicho servidor.

- ✓ dig -x 192.168.10.49, en la figura 4.25 se observa la ejecución de dicho comando.



```

administrador_2013@sigma: ~
administrador_2013@sigma:~$ dig -x 192.168.10.49

;<<>> DiG 9.8.1-P1 <<>> -x 192.168.10.49
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 35592
;; flags: qr aa rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 1, AUTHORITY: 1, ADDITIONAL: 6

;; QUESTION SECTION:
;49.10.168.192.in-addr.arpa.      IN      PTR

;; ANSWER SECTION:
49.10.168.192.in-addr.arpa. 259200 IN      PTR      sigma.mspg.gob.ec.

;; AUTHORITY SECTION:
10.168.192.in-addr.arpa. 259200 IN      NS      sigma.mspg.gob.ec.

;; ADDITIONAL SECTION:
sigma.mspg.gob.ec.      900     IN      A       192.168.10.1
sigma.mspg.gob.ec.      900     IN      A       192.168.10.65
sigma.mspg.gob.ec.      900     IN      A       192.168.10.49
sigma.mspg.gob.ec.      900     IN      A       192.168.10.73
sigma.mspg.gob.ec.      900     IN      A       192.168.10.33
sigma.mspg.gob.ec.      900     IN      A       192.168.10.81

;; Query time: 3 msec
;; SERVER: 127.0.0.1#53(127.0.0.1)
;; WHEN: Sun Sep 15 23:48:49 2013
;; MSG SIZE rcvd: 185

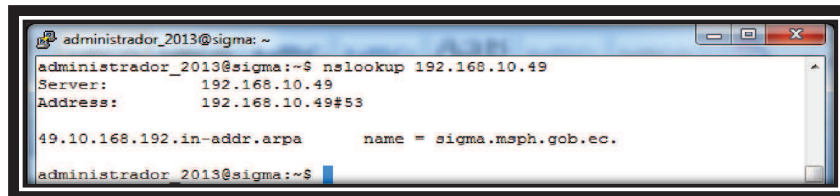
administrador_2013@sigma:~$

```

Figura 4.25 Ejecución del comando Dig, prueba resolución zona inversa

Como se puede observar en el status se obtiene NO ERROR, lo que indica el correcto funcionamiento de la resolución de nombres en la zona inversa.

- ✓ *nslookup* 192.168.10.49, en la figura 4.26 se observa la ejecución del comando.



```

administrador_2013@sigma: ~
administrador_2013@sigma:~$ nslookup 192.168.10.49
Server:      192.168.10.49
Address:     192.168.10.49#53

49.10.168.192.in-addr.arpa      name = sigma.msph.gob.ec.
administrador_2013@sigma:~$

```

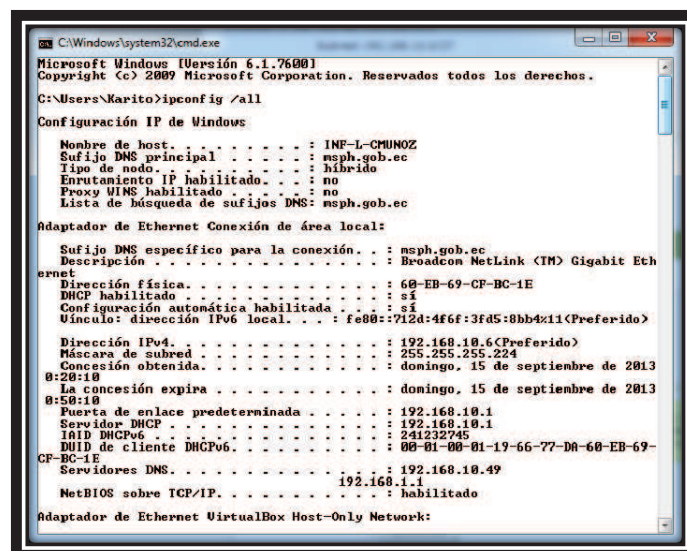
Figura 4.26 Ejecución del comando *nslookup*, prueba resolución zona inversa

Como se observa en la figura 4.26 la resolución inversa se ejecuta correctamente, arrojando como resultado el nombre del servidor DNS.

De esta manera se comprueba el correcto funcionamiento del servidor DNS, tanto en la zona directa como en la zona inversa.

4.6.5 PRUEBAS DEL SERVICIO DE DHCP

Para revisar el correcto funcionamiento del servidor DHCP, se ejecutó el comando *ipconfig /all* en el cliente de *Windows*, mediante el uso del *command prompt*, de esta manera se observan los parámetros enviados a través de este servicio. Ver figura 2.27.



```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\Karito>ipconfig /all

Configuración IP de Windows:

Nombre de host. . . . . : INE-L-CMUNOZ
Sufijo DNS principal . . . . : msph.gob.ec
Tipo de nodo. . . . . : híbrido
Enrutamiento IP habilitado. . . : no
Proxy WINS habilitado . . . . : no
Lista de búsqueda de sufijos DNS: msph.gob.ec

Adaptador de Ethernet Conexión de área local:

Sufijo DNS específico para la conexión. . : msph.gob.ec
Descripción . . . . . : Broadcom NetLink (TM) Gigabit Eth
ernet
Dirección física. . . . . : 60-EB-69-CF-BC-1E
DHCP habilitado . . . . . : sí
Configuración automática habilitada . . : sí
Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::712d:4f6f:3fd5:8bb4211<Preferido>

Dirección IPv4. . . . . : 192.168.10.6<Preferido>
Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.224
Concesión obtenida. . . . . : domingo, 15 de septiembre de 2013
0:20:10
La concesión expira . . . . . : domingo, 15 de septiembre de 2013
0:50:10
Puerta de enlace predeterminada . . . . : 192.168.10.1
Servidor DHCP . . . . . : 192.168.10.1
ID DHCPv6 . . . . . : 241232745
DUID de cliente DHCPv6 . . . . . : 00-01-00-01-19-66-77-DA-60-EB-69-
CF-BC-1E
Servidores DNS. . . . . : 192.168.10.49
NetBIOS sobre TCP/IP. . . . . : habilitado

Adaptador de Ethernet VirtualBox Host-Only Network:

```

Figura 4.27 Prueba de funcionamiento del cliente DHCP

4.6.6 PRUEBAS DEL SERVICIO DE CORREO ELECTRÓNICO

Cada usuario creado en el Directorio Activo dispone de una cuenta de correo electrónico, este servicio permite enviar y recibir correos entre los usuarios de la Intranet, con la funcionalidad de adjuntar archivos en el mensaje de envío.

En la figura 4.28 se observa la interfaz de una cuenta de correo electrónico de un usuario de red, se puede destacar los mensajes presentes en la bandeja de entrada y además se presentan las carpetas de borradores, enviados, papelera y *spam*.

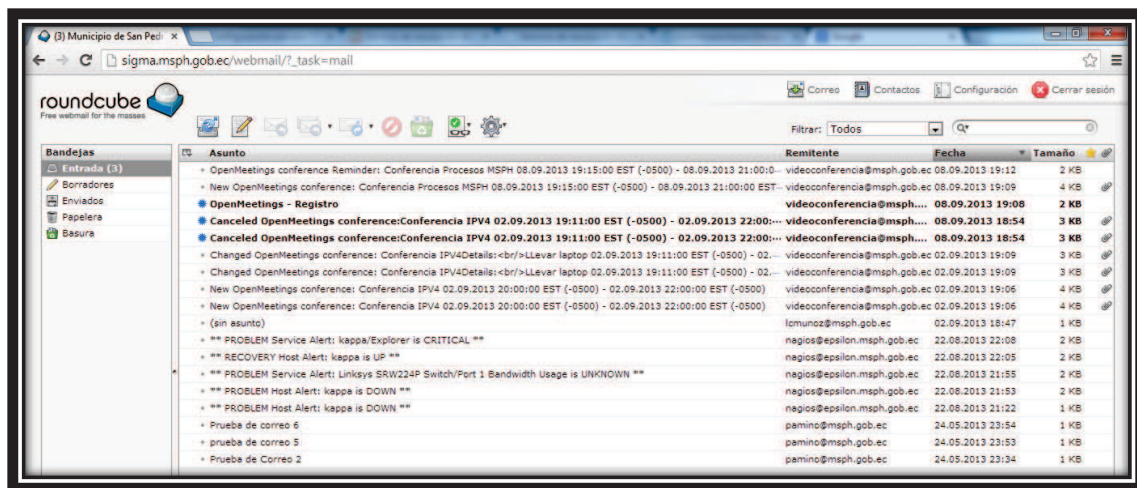


Figura 4.28 Interfaz de la cuenta de correo electrónico en Roundcube

Se realizó la prueba de envío de un correo electrónico hacia otra cuenta, en el correo se adjuntó un documento con el fin de probar esta funcionalidad, en la figura 4.29 se observa la creación del mensaje.

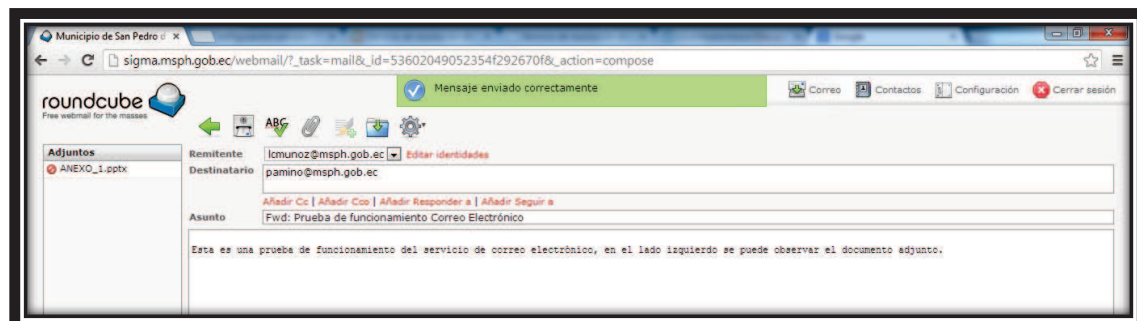


Figura 4.29 Prueba de envío de un correo electrónico

Una vez enviado el correo electrónico se despliega un mensaje en la parte superior indicando que el correo ha sido enviado correctamente.

4.6.7 PRUEBAS DEL SERVICIO DE FTP

El objetivo de creación de este servicio, es el de la compartición de información pública dentro de los usuarios de la Intranet, para lo cual se realiza la creación de carpetas por Departamentos, de manera que se coloque información que se requiera dar a conocer al resto de personal dentro del MSPH. Para acceder a este servicio se puede realizar por medio del navegador web, introduciendo la siguiente url: <ftp://sigma.msph.gob.ec>, como se observa en la figura 4.30.

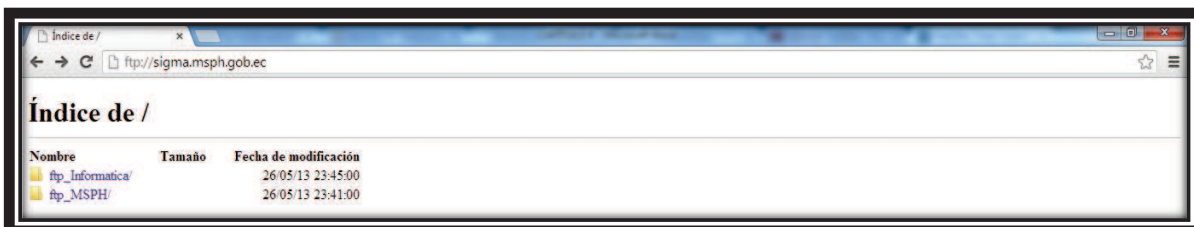


Figura 4.30 Acceso al servidor FTP, vía interfaz web

También se puede hacer uso de un cliente ftp como Filezilla, para acceder se ingresa la dirección IP de servidor: 192.168.10.49 y el puerto 21; además a través de este cliente no sólo se realiza descargas de la información, sino que permite subir información al servidor. En la figura 4.31 se observa una captura de este cliente FTP.

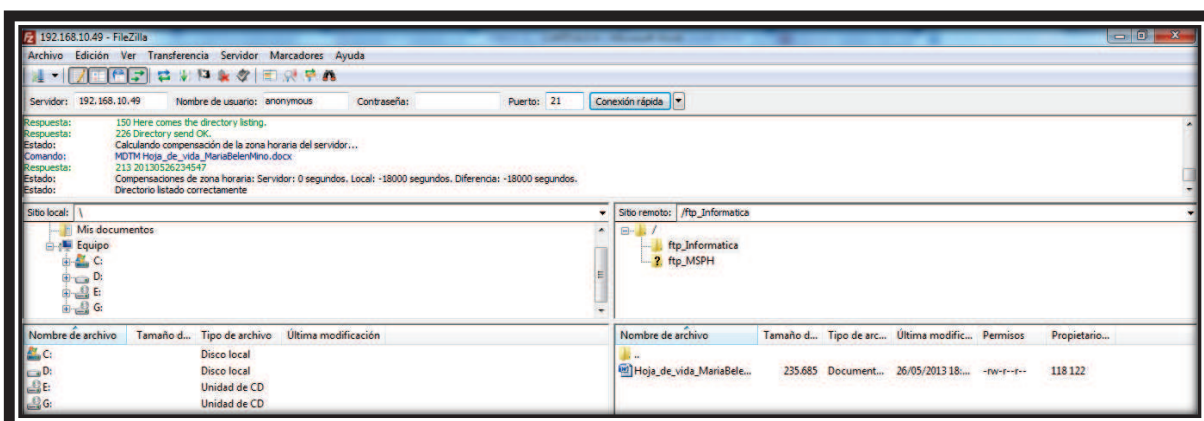


Figura 4.31 Acceso al servidor FTP, vía cliente FTP (Filezilla)

4.6.8 PRUEBAS DEL SERVICIO DE TELEFONÍA IP

Para realizar las pruebas de funcionamiento de la central telefónica, se procede a la ejecución de algunos comandos que nos permitirán obtener información sobre la configuración y el establecimiento en sí del canal de comunicación.

Elastix provee una interfaz web muy útil, a través del menú *PBX* en la pestaña *Tool*, se realizará la ejecución de comandos, los cuales proporcionarán la información necesaria para comprobar el correcto funcionamiento de la central telefónica IP.

En la figura 4.32 se observa el resultado obtenido con la ejecución del comando *sip show peer*, el cual indica el registro de las extensiones asignadas en la PBX.



Figura 4.32 Registro de extensiones SIP en la PBX

En la figura 4.33 se observa la ejecución del comando *sip show users*, el cual permite obtener información sobre los usuarios sip registrados como: la contraseña para la autenticación con la central y la extensión.

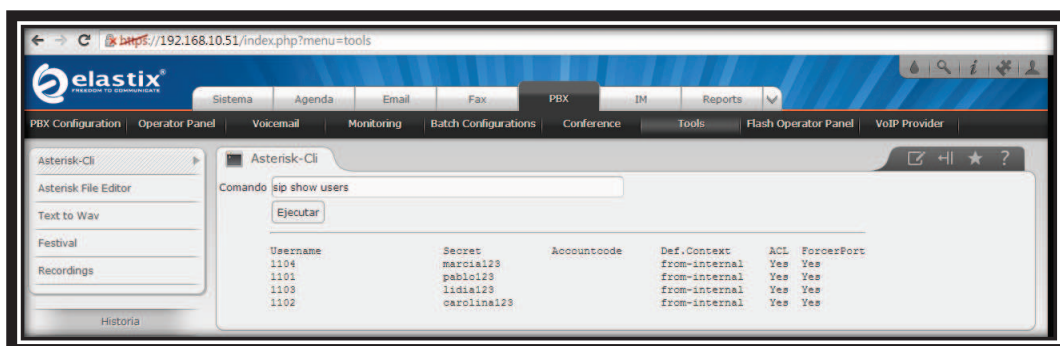


Figura 4.33 Usuarios SIP registrados en la PBX

En la figura 4.34 se observa el resultado de ejecución del comando `sip show channelstats`, el cual permite obtener información sobre los canales SIP establecidos en ese momento.

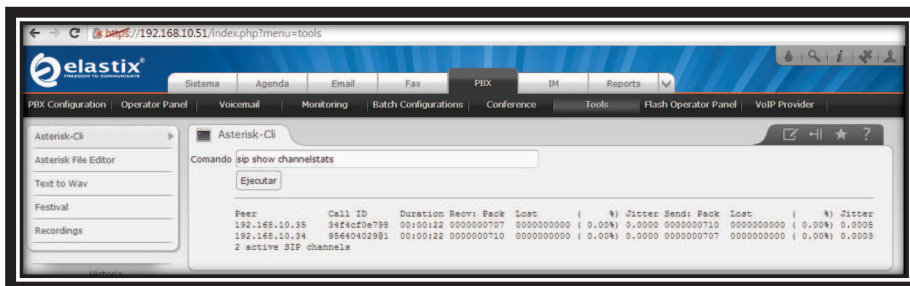


Figura 4.34 Canales SIP establecidos online

El establecimiento y el no establecimiento de llamadas puede ser revisado en el menú *Reports* en la pestaña *CDR Report*, en la figura 4.35 se observa la reporte presentado en esta opción, en la que se detallan parámetros como: fuente, destino, fecha, canal de origen, canal de destino, estado de la llamada y duración de la misma.

Fecha	Fuente	Grupo de Timbrado	Destino	Canal origen	Account Code	Canal destino	Estado	Duración
2013-09-16 00:28:29	1101		1102	SIP/1101-00000025		SIP/1102-00000026	ANSWERED	3s
2013-09-16 00:28:26	1101		1103	SIP/1101-00000023		SIP/1103-00000024	NO ANSWER	0s
2013-09-16 00:28:16	1101		1102	SIP/1101-00000021		SIP/1102-00000022	NO ANSWER	0s
2013-09-16 00:20:04	1101		1102	SIP/1101-0000001f		SIP/1102-00000020	ANSWERED	370s (6m 10s)
2013-09-16 00:18:21	1101		1103	SIP/1101-0000001d		SIP/1103-0000001e	ANSWERED	471s (7m 51s)
2013-09-16 00:18:08	1101		1102	SIP/1101-0000001b		SIP/1102-0000001c	ANSWERED	65s (1m 5s)
2013-09-16 00:17:02	1101		1102	SIP/1101-00000019		SIP/1102-0000001a	ANSWERED	16s
2013-09-16 00:15:32	1101		1102	SIP/1101-00000017		SIP/1102-00000018	ANSWERED	72s (1m 12s)
2013-09-16 00:14:02	1102		1103	SIP/1102-00000015		SIP/1103-00000016	ANSWERED	78s (1m 18s)
2013-09-16 00:13:19	1101		1102	SIP/1101-00000014		SIP/1102-00000015	ANSWERED	36s

Figura 4.35 CDR Report, registro detallado de llamadas

En el menú *PBX*, en la pestaña *Operator Panel* se puede observar de forma gráfica el establecimiento de una llamada, en el ejemplo, entre la extensión 1101 y 1102 (figura 4.36).

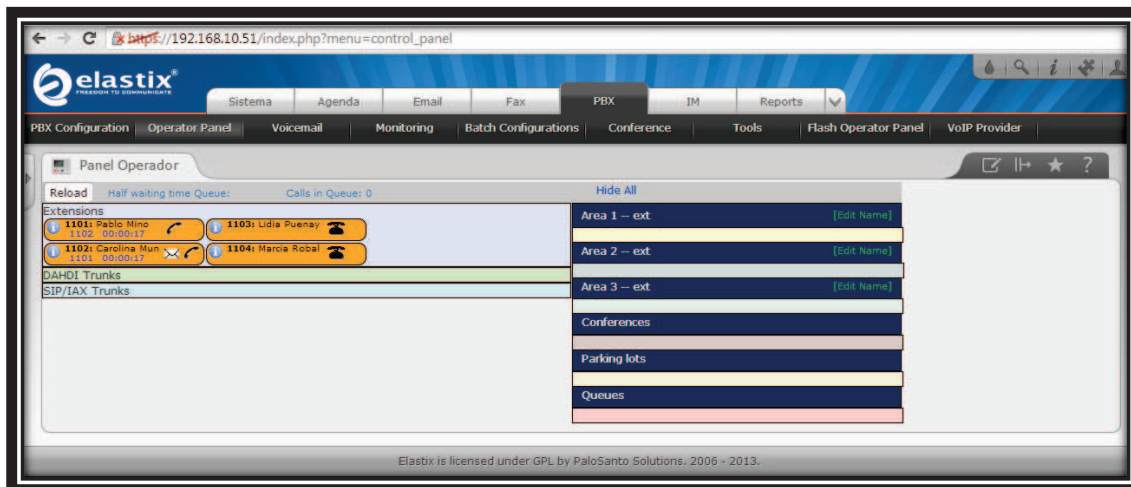


Figura 4.36 Establecimiento de una llamada, panel de operador

Una de las funcionalidades de la telefonía IP es el de prestar el servicio de buzón de voz, en la figura 4.37 se puede observar el buzón de voz de un usuario; en el Menú *PBX*, en la pestaña *Voicemail*, se muestran parámetros como: fecha, duración del mensaje, *caller ID*, extensión y el mensaje como tal en formato .wav, el cual puede ser escuchado o descargado.



Figura 4.37 Buzón de voz

Otra de las funcionalidades de la telefonía IP, es el servicio de conferencia, en el menú *PBX*, en la opción *Flash Operator Panel*, se puede observar el establecimiento de una conferencia entre 3 usuarios (figura 4.38).

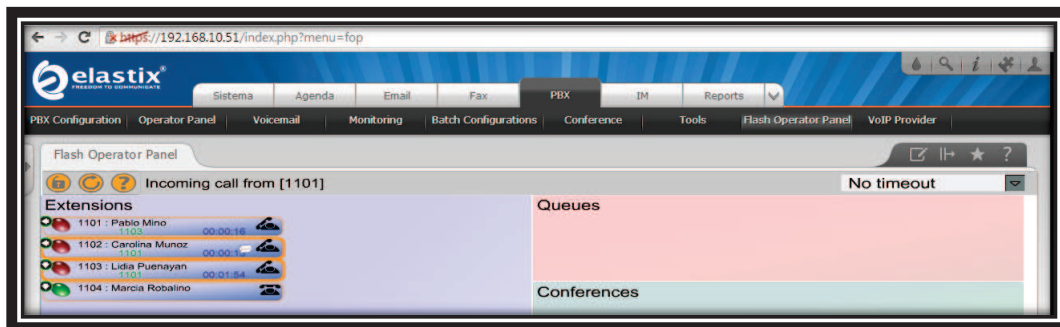


Figura 4.38 Establecimiento de una conferencia

En la figura 4.39 se observa la pantalla mostrada en un teléfono IP, al momento en el que se establece una conferencia.

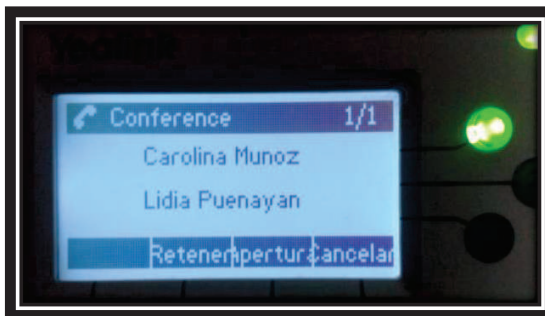


Figura 4.39 Establecimiento de una conferencia - teléfono IP

De esta manera se puede determinar el correcto funcionamiento de la central de telefonía IP, entre los usuarios de la red interna.

4.6.9 PRUEBAS DEL SERVICIO DE VIDEO VIGILANCIA IP

La configuración y funcionamiento de este servicio se determinó en el Anexo G, en esta sección se indicará cómo se realiza el monitoreo a través de la cámara IP y ciertas consideraciones en el servidor de video vigilancia IP.

Con la utilización del navegador *Internet Explorer*, se ingresa a la cámara IP con el fin de realizar un monitoreo en vivo, y con la opción de realizar ciertas configuraciones en cuanto a la presentación del video.

En la figura 4.40 se observa la pantalla principal en la que se obtiene video en vivo, en esta pantalla se puede aplicar las funciones del Panel de Control como: zoom,

cambio en la calidad del video, modificación en el volumen del micrófono y del parlante, toma de fotografía, etc.

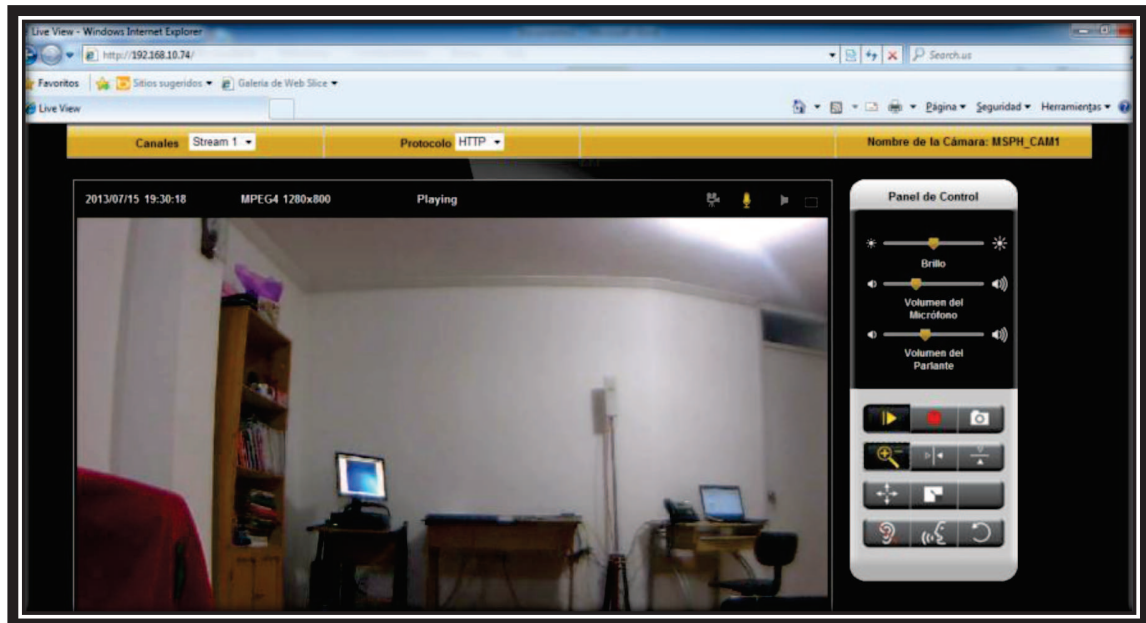


Figura 4.40 Pantalla principal de la cámara IP

A nivel del servidor se realizan pruebas utilizando el cliente exacqVision Web (cliente ligero).

- ✓ Ingresamos vía web digitando la dirección IP 192.168.10.50 y escogemos la opción *Advanced*.
- ✓ Procedemos a ingresar a nuestro servidor con el **usuario:** Admin **contraseña:** mspH.2013.

A través de esta herramienta tenemos dos funcionalidades:

- ✓ Ventana de visualización (figura 4.41).
En esta opción los usuarios pueden escoger varios formatos de la ventana de video, esto permite ver las cámaras en vivo, además de variar el tamaño y la calidad del video.

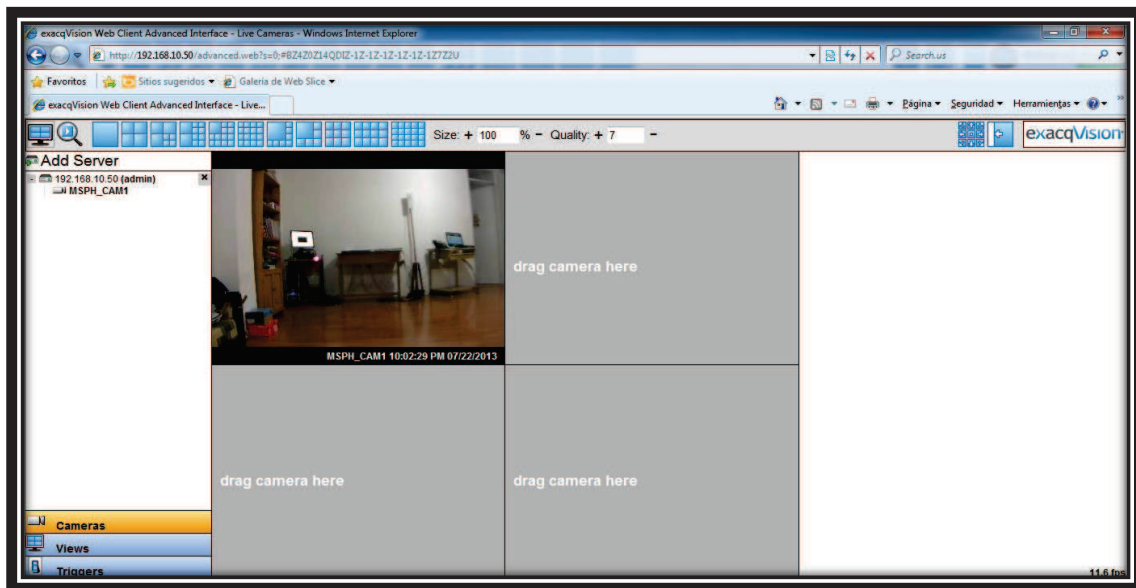


Figura 4.41 Funcionalidad ventana de visualización

- ✓ Ventana de búsqueda (figura 4.42).

Permite a los usuarios buscar grabaciones de audio y video por línea de tiempo, estableciendo rangos de búsqueda por fecha y hora.

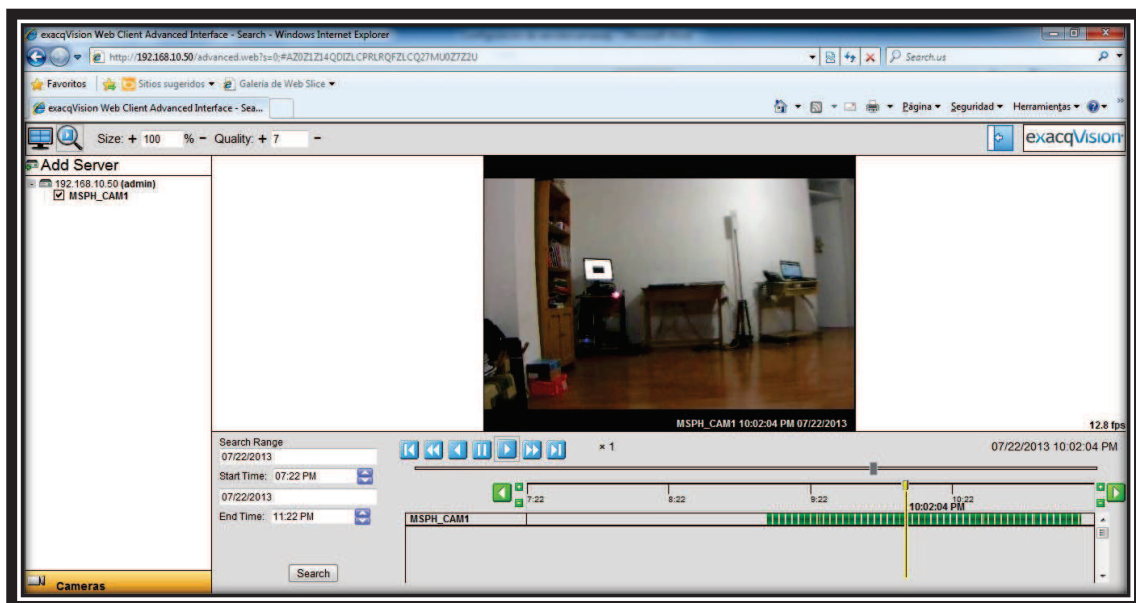


Figura 4.42 Funcionalidad ventana de búsqueda

De esta manera se puede comprobar el correcto funcionamiento del servicio de video vigilancia IP, permitiendo obtener información en vivo, así como también información almacenada en el servidor de grabaciones realizadas en fechas anteriores.

4.6.10 PRUEBAS DEL SERVICIO DE VIDEOCONFERENCIA

El servicio de videoconferencia basa su funcionamiento en la creación de salas con la participación de usuarios específicos, la videoconferencia se realizará a través del envío de una invitación, la misma será agendada y enviada al correo electrónico del usuario.

Para realizar la creación de la videoconferencia y de la respectiva invitación a ser agendada, se ingresa al servidor a través de un navegador web mediante la url <http://gamma.msph.gob.ec:5080/openmeetings/>.

En el menú *Administración* en la opción *Usuarios*, se procede a agregar los usuarios que participarán de la videoconferencia.

Una vez creados los usuarios se procede a la creación de la videoconferencia, en el menú *Inicio*, en la opción *Reuniones Programadas* se procede a ingresar los siguientes parámetros.

- ✓ Título: Tema acerca de la videoconferencia a llevarse a cabo, ej: Conferencia Procesos MSPH.
- ✓ Fecha de Inicio y Fin de la videoconferencia: Tiempo durante el cual estará habilitada la sala de videoconferencia.
- ✓ Recuerde: Recordatorio de la invitación a través de email.
- ✓ Tipo de sala: Se ha definido una videoconferencia con opción a integrar hasta 25 usuarios.
- ✓ Contraseña: Se define el uso de contraseña protegida para el ingreso a la videoconferencia.
- ✓ Asistentes: A través de ícono *Agregar* se añade los asistentes a la videoconferencia, en este caso se ha agregado a dos usuarios.
- ✓ Localización: Ubicación de dónde se llevará a cabo la videoconferencia.

- ✓ Comentario: Observaciones Adicionales.

En la figura 4.43 se observa la creación de una videoconferencia, con los parámetros antes detallados.

Figura 4.43 Creación de una videoconferencia

Una vez agendada la videoconferencia, el usuario puede revisar en la bandeja de entrada de su correo electrónico, la invitación a la misma, aparecerá un *link* a través del cual podrá ingresar a la sala de videoconferencia. En la figura 4.44 se observa el correo recibido por el usuario.



Figura 4.44 Invitación a la videoconferencia, recibida por el usuario

Al dar click sobre el *link* enviado en el correo electrónico, solicitará la contraseña protegida configurada para el ingreso a la videoconferencia. Una vez dentro de la sala, se solicita la configuración de los dispositivos de audio y video.

Los usuarios ya podrán hacer uso de la videoconferencia y de todas las herramientas que la misma ofrece, como: la pizarra, compartición de documentos, presentaciones, etc. Ver figura 4.45.

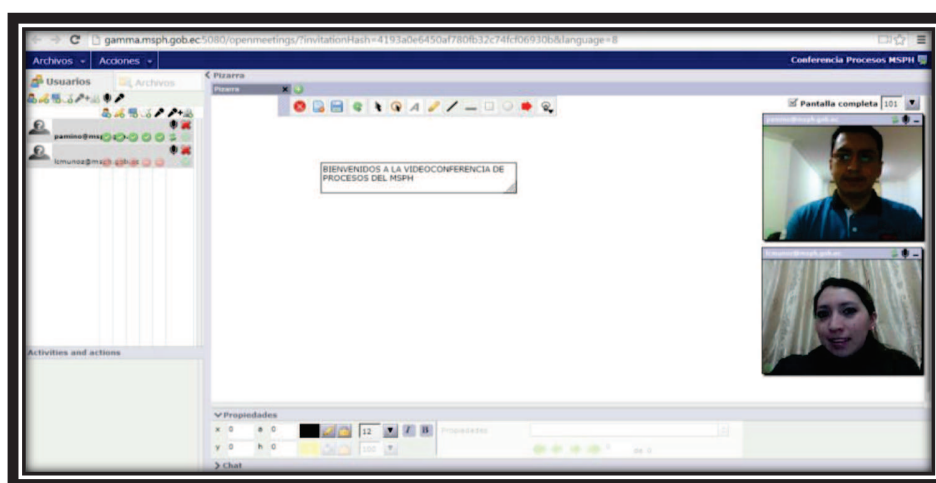


Figura 4.45 Establecimiento de la videoconferencia

De esta manera se realiza con éxito la prueba de funcionamiento del servicio de videoconferencia.

4.6.11 PRUEBAS DEL SERVICIO DE GESTIÓN DE RED

Como se mencionó en el literal 3.11.2.1 se ha considerado dos aspectos para realizar la gestión de red, los cuales serán gestionados a través de la utilización de dos herramientas, las pruebas de funcionamiento de las mismas se presentan a continuación:

4.6.11.1 Prueba de Funcionamiento de la Herramienta Nagios

Mediante la utilización de esta herramienta se monitorea la disponibilidad de equipos (*hardware*) y servicios (*software*), de manera que alerte cuando el comportamiento de los mismos no sea el correcto.

Para hacer uso de esta herramienta ingresamos a través de la interfaz web que ofrece la misma:

- ✓ <http://192.168.10.52/nagios/>.
- ✓ Usuario: nagiosadmin.
- ✓ Contraseña: msph.2013.

Para realizar las pruebas de monitoreo se dará de baja un *switch*, con el fin de verificar el estado del dispositivos en la aplicación y la notificación enviada vía correo electrónico al administrador de red.

En la figura 4.46 se presenta la pantalla principal de nagios, la cual muestra todos los dispositivos de comunicación y servidores que están siendo monitoreados en tiempo real, con status *UP* y de color verde.

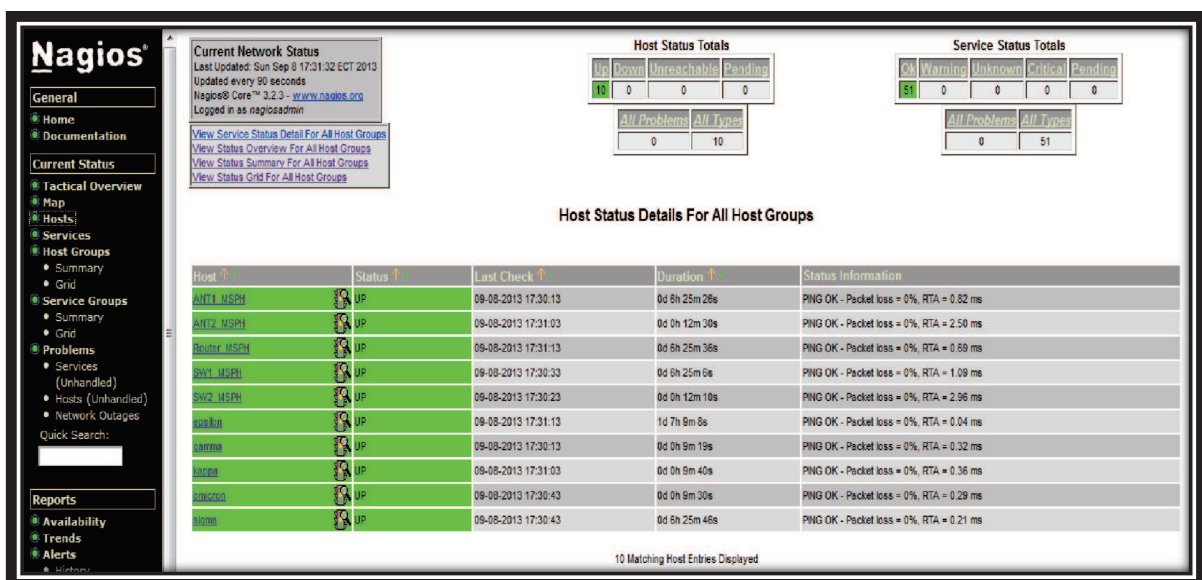


Figura 4.46 Monitoreo de dispositivos de comunicación y servidores

Se proceder a desconectar el *Switch* II (SW2_MSPH), con el fin de probar la funcionalidad de la herramienta, en la figura 4.47 se observa la pantalla principal de nagios, donde se muestra el *switch* SW2_MSPH con estado *DOWN* y de color rojo.

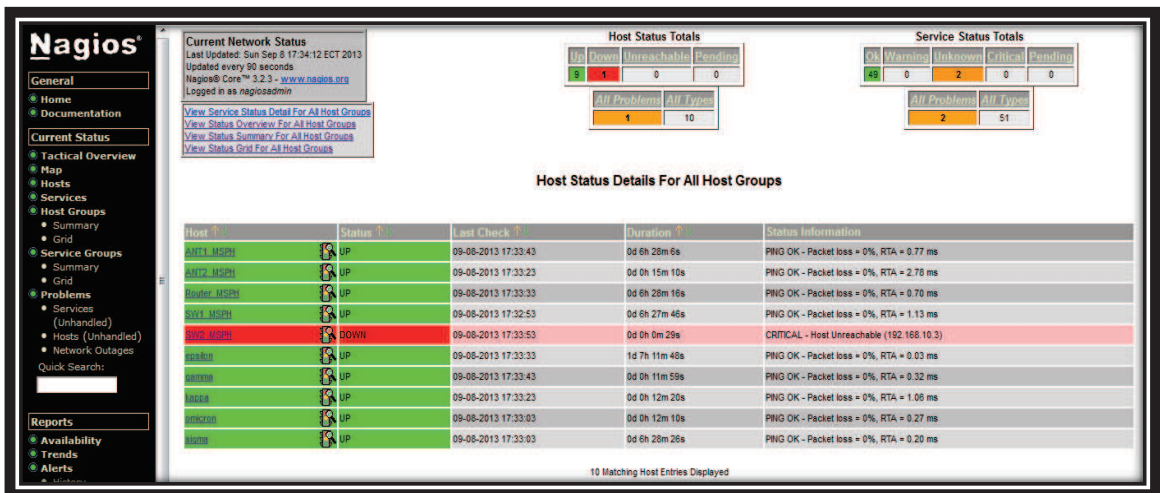


Figura 4.47 Estado del Switch II (SW2_MSPH) como Down

Las notificaciones *DOWN* / *UP* del equipo son enviadas al correo electrónico *gestion_red@msph.gob.ec*, tal como se muestra en la figura 4.48.



Figura 4.48 Notificación de alerta del dispositivo SW2_MSPH

Cuando el dispositivo es nuevamente activado, se envía una notificación a través de correo electrónico, indicando la recuperación del mismo y el estado como *UP*.

4.6.11.2 Prueba de Funcionamiento de la Herramienta MRTG

Esta herramienta a través del protocolo SNMP, supervisa la carga de tráfico que pasa por las interfaces de red, además genera gráficas de la evaluación del tráfico a lo largo del tiempo.

En la figura 4.49 se puede observar la pantalla general de la herramienta con el monitoreo de todas las interfaces de red, tanto de los servidores como de los equipos de conectividad.

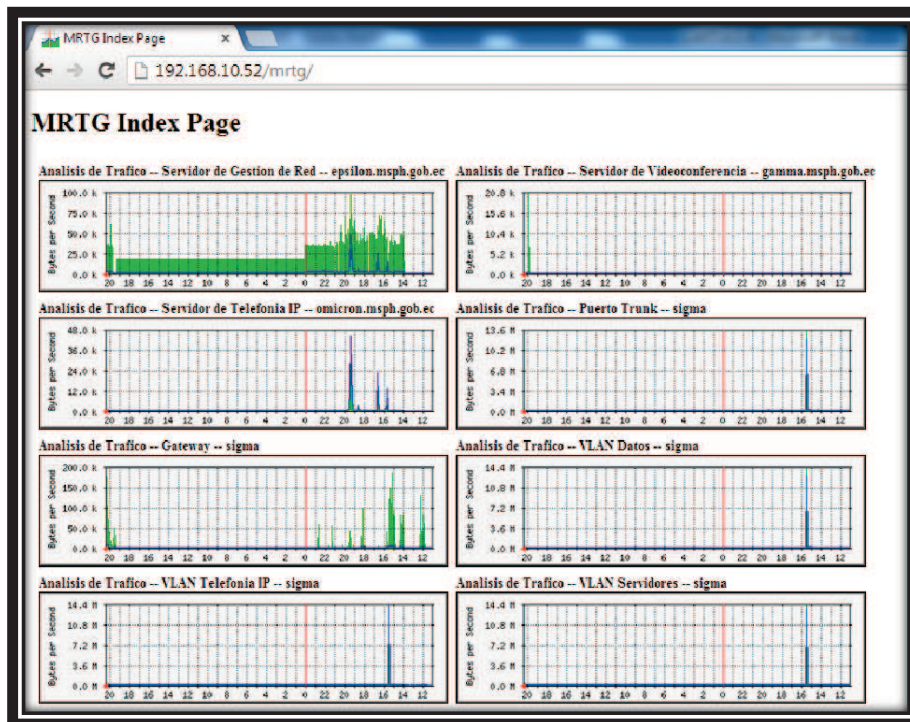


Figura 4.49 Pantalla de monitoreo de utilización del canal mediante MRTG

En la figura 4.50 se observa la gráfica y la información presentada por la interfaz de red del servidor de Video vigilancia IP, como ejemplo de funcionamiento de la herramienta.

4.6.12 PRUEBAS DEL SERVICIO DE PROXY Y FIREWALL

Las pruebas de funcionamiento del servicio de *Proxy* consiste en verificar la restricción que existe en el acceso a ciertas páginas en Internet, previamente en el servidor se bloqueó el acceso a redes sociales a los equipos dentro de la VLAN de Datos, en la figura 4.51 se observa el mensaje desplegado al tratar de acceder a la Red Social Facebook.

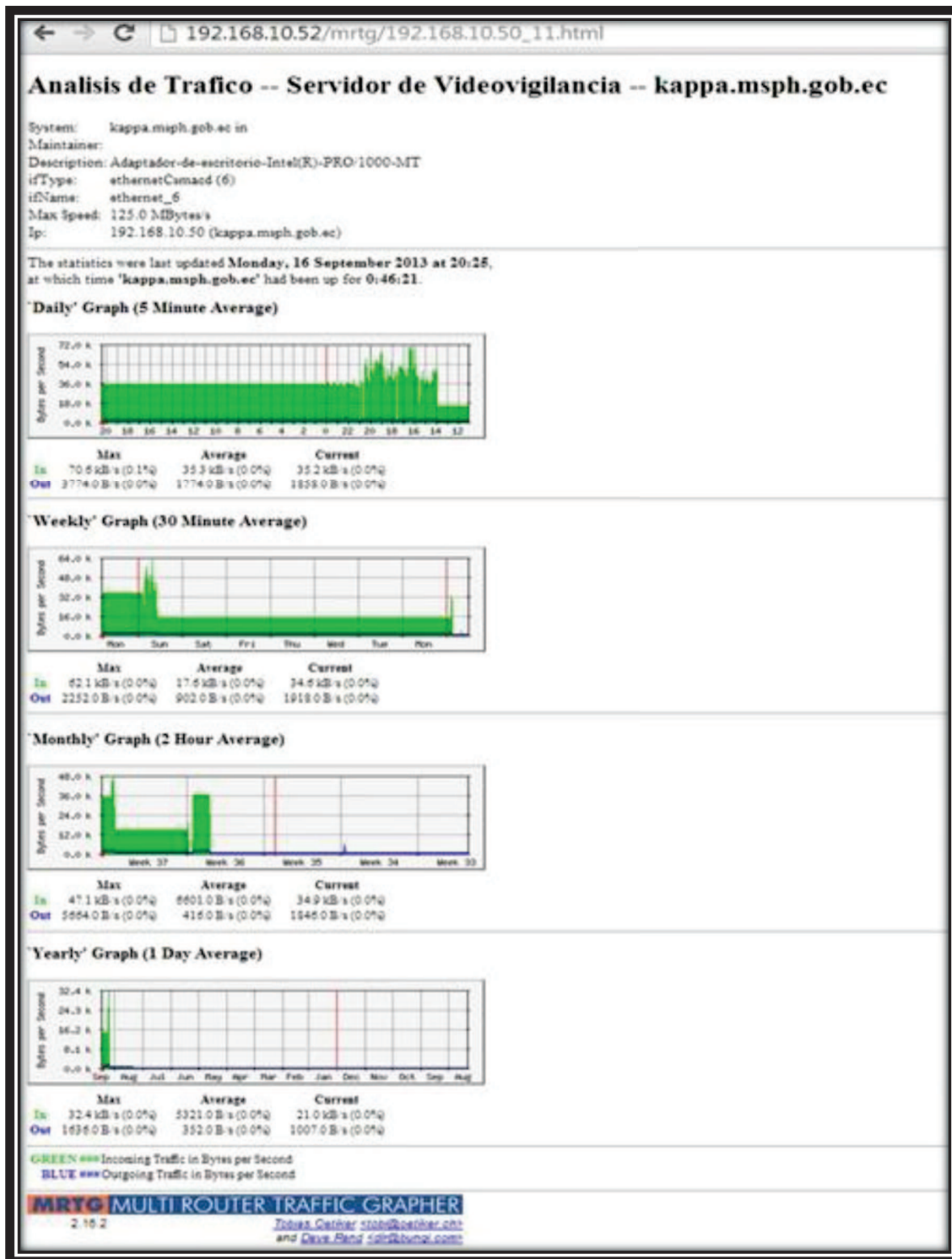


Figura 4.50 Monitoreo de la interfaz de red del servidor de video vigilancia IP



Figura 4.51 Restricción de acceso a redes sociales

Zentyal como servidor *proxy* posee además una base de datos interna, que bloquea el acceso a páginas con contenido calificado como inapropiado, en la figura 4.52 se observa el mensaje desplegado al tratar de acceder a alguna de estas páginas.

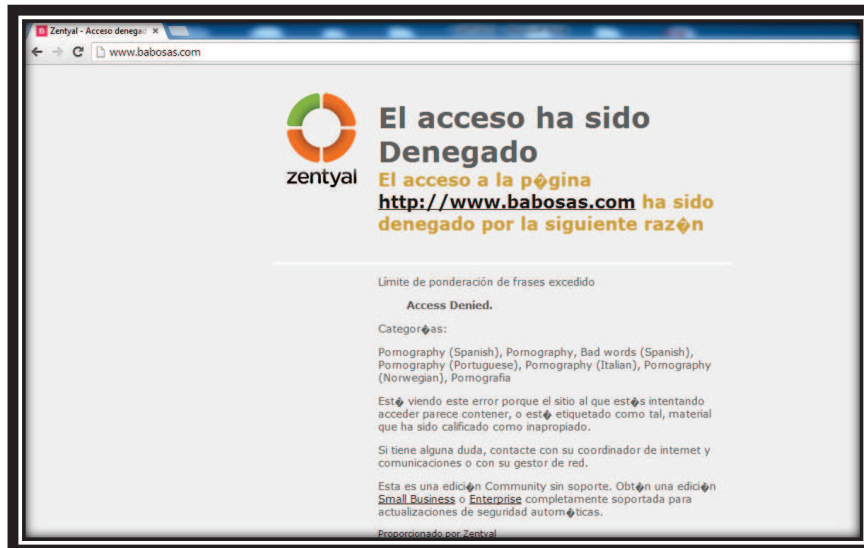


Figura 4.52 Restricción de acceso a páginas con contenido inapropiado

El correcto funcionamiento de las reglas configuradas en el *firewall* se comprueba con el desempeño adecuado del servidor *proxy*, por esta razón no se presentan capturas de pantalla con el funcionamiento del *firewall*.

4.7 PRUEBA DE SATURACIÓN DEL ENLACE

Con el fin de comprobar la capacidad de transmisión soportada por el enlace inalámbrico y la red del prototipo se realizaron pruebas de saturación, para el objetivo se puso en funcionamiento todos los servicios de manera simultánea es así que:

- ✓ Se establecieron dos llamadas, con el uso de los 2 teléfonos físicos y de los 2 *softphone*.
- ✓ Se llevó a cabo una videoconferencia entre dos estaciones, una de ellas ubicada en el lado que representa el edificio principal y la otra en el lado que simula el edificio secundario.
- ✓ Se realizó en el envío de correo electrónico, con un documento adjunto de 5 MB.
- ✓ Se activó la grabación de video a través de la cámara IP, con la configuración en la más alta resolución.
- ✓ Se realizó la copia de archivos de un tamaño aproximado de 500 MB, hacia el directorio que posee cada usuario en el servidor Zentyal.
- ✓ Se realizó la carga de archivos al servidor FTP, a través del cliente Filezilla, de un peso aproximado de 10 GB, tal como se indica en la figura 4.53.

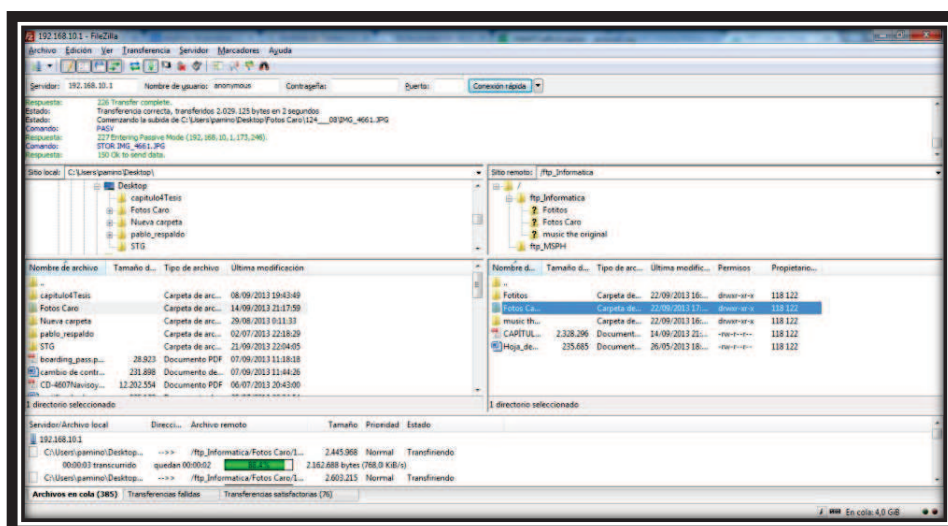


Figura 4.53 Carga de archivos al servidor FTP, 10 GB de información

- ✓ De igual manera se procede con la descarga de archivos de aproximadamente 10 GB de información, a través del navegador web. Ver figura 4.54.

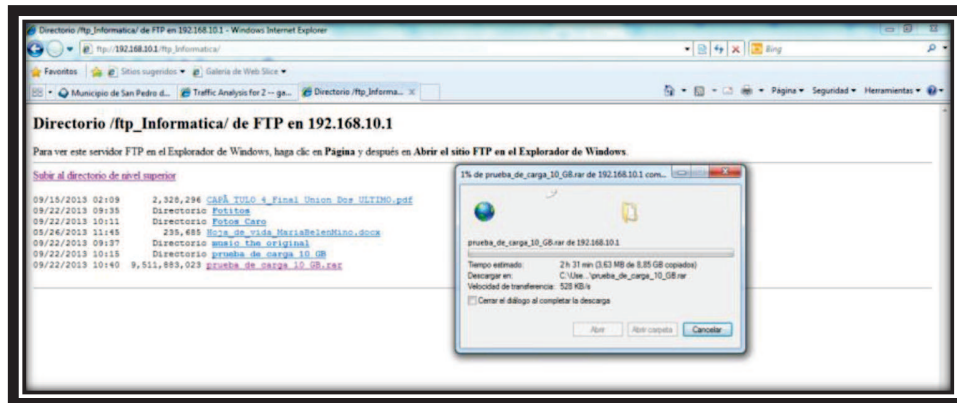


Figura 4.54 Descarga de archivos desde el servidor FTP, 10 GB de información

Como resultado se analiza las gráficas presentadas por la herramienta MRTG, en donde se observa el comportamiento del enlace, cuando se somete a estas prueba de saturación.

En la figura 4.55, se observa el comportamiento en el puerto *trunk* del servidor Zentyal, puerto por donde atraviesan todas las peticiones al servidor.

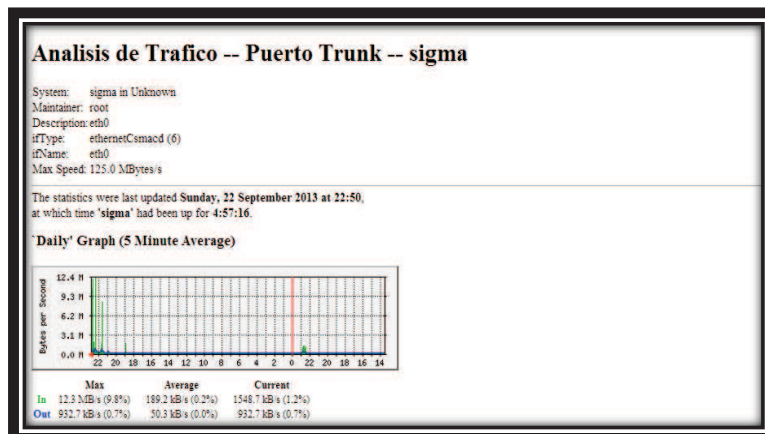


Figura 4.55 Análisis de tráfico, puerto *trunk* del servidor Zentyal

Se puede observar un valor pico de 12,3 Mbps y un porcentaje de 9,8%, con estos resultados no se vio afectada la red del prototipo.

En la figura 4.56, se observa el comportamiento de la interfaz inalámbrica de la antena I.

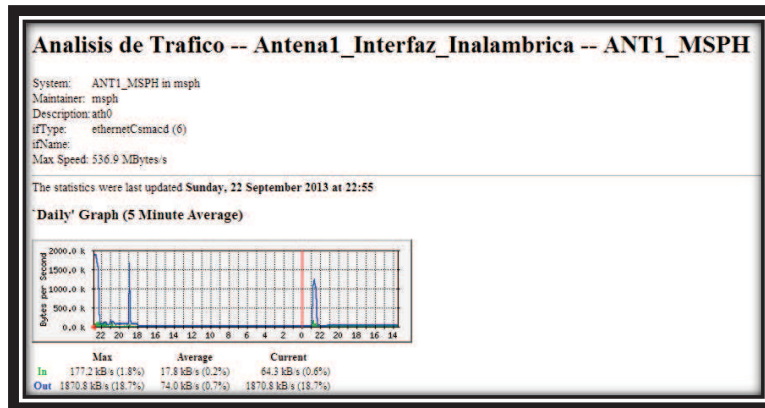


Figura 4.56 Análisis de tráfico, interfaz inalámbrica de la antena I

Se puede observar un valor pico de 1870,8 Kbps y un porcentaje de 18,7%, con estos resultados no se vio afectada la red del prototipo.

En la figura 4.57, se observa el comportamiento de la interfaz inalámbrica de la antena II.

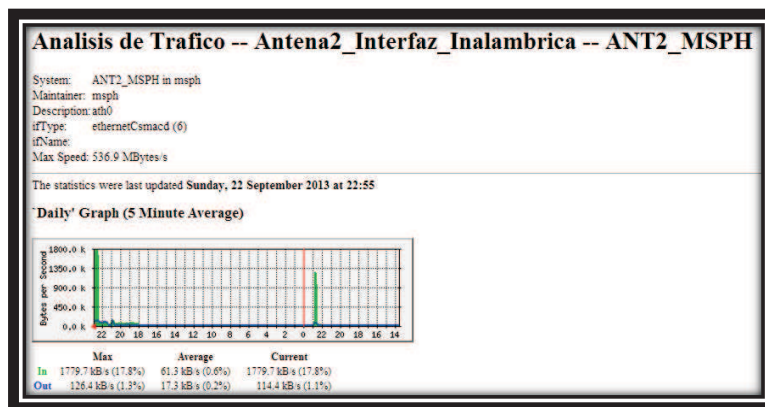


Figura 4.57 Análisis de tráfico, interfaz inalámbrica de la antena II

Se puede observar un valor pico de 1779,7 Kbps y un porcentaje de 17,8%, con estos resultados no se vio afectada la red del prototipo. Con el análisis de los resultados se puede concluir que el enlace inalámbrico y la red en sí del prototipo es robusta, ya que al realizarse estas pruebas de saturación, ninguno de los servicios se vio afectado, caso contrario las actividades se llevaron con normalidad.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1 INTRODUCCIÓN

El análisis económico de un proyecto constituye una técnica matemático-financiera, a través de la cual permite determinar los beneficios o las pérdidas que puede provocar el realizar alguna inversión o movimiento, uno de sus objetivos además es obtener resultados que ayuden a la toma de decisiones referente a actividades de inversión.

En el presente capítulo se realizará un análisis económico del proyecto, el cual permitirá determinar la rentabilidad y viabilidad del proyecto del Diseño de la Red de Infraestructura Multiservicios para el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De “San Pedro De Huaca” Y sus Dependencias; el análisis se conseguirá a través de la determinación de parámetros de inversión, tales como: Valor actual neto, tasa interna de retorno y relación Costo/beneficio. Además se determinará valores referenciales del costo del proyecto, fijando la robustez económica del mismo.

5.2 COSTO REFERENCIAL DEL PROYECTO

En esta sección se determina el costo referencial para la implementación del proyecto, su análisis se realizará en dos partes, una de ellas la red pasiva y la otra la red activa. Dentro de la red pasiva se contempla el costo de los elementos planteados en el diseño, costo de la instalación y costo de la certificación, se presenta dos alternativas; dentro de la red activa se contemplará el costo de los equipos planteados en el diseño, en este análisis se involucra equipos de conectividad, equipos de radioenlace, servidores, equipos terminales de telefonía IP y video vigilancia IP, etc., se presenta dos alterativas.

5.2.1 RED PASIVA

A continuación se presentan dos alternativas para la implementación del diseño propuesto de la red pasiva.

5.2.1.1 Alternativa I

Para esta alternativa se analiza la cotización enviada por la empresa FIBRARED, en ella se detalla los costos de los elementos requeridos para la instalación del cableado estructurado, el costo de la instalación y certificación de puntos de red y costo de mantenimiento.

En la tabla 5.1 se detalla un resumen de costos que se considera en esta alternativa, en el Anexo K se presenta la proforma enviada por la empresa mencionada anteriormente.

5.2.1.2 Alternativa II

Para esta alternativa se analiza la cotización enviada por la empresa ATIX SERVICES, en ella se detalla los costos de los elementos requeridos para la instalación del cableado estructurado en los que se contempla el uso de cable UTP 6 y 6a, accesorios de la marca Furukawa y gabinetes marca Beaucoup, el costo de la instalación y certificación de puntos de red y costo de mantenimiento.

En la tabla 5.2 se detalla un resumen de costos que se considera en esta alternativa, en el Anexo L se presenta la proforma enviada por la empresa mencionada anteriormente.

5.2.1.3 Elección de la mejor alternativa para la Red Pasiva

La elección de la mejor alternativa considera aspectos como fiabilidad del medio de transmisión de las distintas marcas, certificación de los puntos de red y mantenimiento de los mismos.

En base a estos criterios se considera que la mejor alternativa a ser instalada en la Municipalidad es la II, proporcionada por la empresa ATIX, que como tal tiene mayor costo pero las marcas ofertadas tienen garantía en el mercado, mientras que la proforma presentada por la empresa FIBRARED no detalla marcas en los elementos del cableado.

ELEMENTOS CABLEADO ESTRUCTURADO				
Detalle	Cant.	Und.	P. Unitario (USD)	P. Total (USD)
Faceplates y Accesorios				
<i>Faceplates Dobles</i>	63	U	0,93	58,59
<i>Faceplates Simples</i>	78	U	0,93	72,54
Caja de montaje en <i>faceplates</i> para superficie	141	U	1,55	218,55
<i>Jack RJ45 Categoría 6</i>	204	U	4,25	867,00
Cableado				
Rollos de cable categoría 6	16	Rollo	206,36	3.301,76
<i>Patch Core</i> Categoría 6 2m	252	U	3,89	980,28
Rollos de cable categoría 6 ^a	1	Rollo	360,70	360,70
Canaleta y Ductería				
Canaleta (20x12)mm - longitud 2 m	190	U	1,52	288,80
Canaleta (32x12)mm - longitud 2 m	35	U	2,39	83,65
Canaleta (40x25)mm - longitud 2 m	79	U	5,30	418,70
Canaleta (40x60)mm - longitud 2 m	114	U	10,20	1.162,80
Tubería Conduit de 1 " - longitud 3 m	3	U	9,50	28,50
Racks y Accesorios				
Gabinete cerrado de pared 18 U	2	U	184,84	369,68
Gabinete cerrado de pared 15 U	1	U	165,00	165,00
Gabinete cerrado de piso 24 U	1	U	623,03	623,03
Organizador horizontal de cable 2 U	9	U	12,71	114,39
<i>Patch Panel</i> de 24 puertos categoría 6	8	U	123,32	986,56
Ventilador	4	U	29,63	118,52
Regleta de conexión	4	U	30,95	123,80
Barra de cobre (Toma a Tierra)	4	U	22,00	88,00
COSTO TOTAL EN ELEMENTOS DE CABLEADO				10.430,85
INSTALACIÓN CABLEADO ESTRUCTURADO				
Puntos de Red a instalar actuales	63	U	65,00	4.095,00
Costo certificación de puntos	63	U	7,28	458,64
Costo Mantenimiento (Garantía)	63	U	9,25	582,75
Subtotal				15.567,24
IVA 12 %				1.868,07
COSTO TOTAL DEL CABLEADO ESTRUCTURADO				17.435,31

Tabla 5.1 Resumen de costos para cableado estructurado - Alternativa I

ELEMENTOS CABLEADO ESTRUCTURADO				
Detalle	Cant.	Und.	P. Unitario (USD)	P. Total (USD)
Faceplates y Accesorios				
<i>Faceplates Dobles</i>	63	U	1,50	94,50
<i>Faceplates Simples</i>	78	U	1,00	78,00
Caja de montaje en <i>faceplates</i> para superficie	141	U	1,15	162,15
<i>Jack RJ45 Categoría 6</i>	204	U	6,20	1.264,80
Cableado				
Rollos de cable categoría 6	16	Rollo	190,00	3.040,00
<i>Patch Core</i> Categoría 6 2m	252	U	8,50	2.142,00
Rollos de cable categoría 6A	1	Rollo	250,00	250,00
Canaleta y Ductería				
Canaleta (20x12)mm - longitud 2 m	190	U	30,15	5.728,50
Canaleta (32x12)mm - longitud 2 m	35	U	35,20	1.232,00
Canaleta (40x25)mm - longitud 2 m	79	U	40,15	3.171,85
Canaleta (40x60)mm - longitud 2 m	114	U	44,20	5.038,80
Tubería Conduit de 1 " - longitud 3 m	3	U	5,20	15,60
Racks y Accesorios				
Gabinete cerrado de pared 18 U	2	U	290,00	580,00
Gabinete cerrado de pared 15 U	1	U	220,00	220,00
Gabinete cerrado de piso 24 U	1	U	450,00	450,00
Organizador horizontal de cable 2 U	9	U	16,00	144,00
<i>Patch Panel</i> de 24 puertos categoría 6	8	U	55,00	440,00
Ventilador	4	U	38,00	152,00
Regleta de conexión	4	U	35,00	140,00
Barra de cobre (Toma a Tierra)	4	U	25,00	100,00
COSTO TOTAL EN ELEMENTOS DE CABLEADO				24.444,20
INSTALACIÓN CABLEADO ESTRUCTURADO				
Puntos de Red a instalar actuales	63	U	50,00	3.150,00
Costo certificación de puntos	63	U	10,00	630,00
Costo Mantenimiento (Garantía)	1	U	600,00	600,00
Subtotal				28.824,20
IVA 12 %				3.458,90
COSTO TOTAL DEL CABLEADO ESTRUCTURADO				32.283,10

Tabla 5.2 Resumen de costos para cableado estructurado- Alternativa II

5.2.2 RED ACTIVA

5.2.2.1 Equipos de Conectividad

A continuación se presentan dos alternativas para cada uno de los equipos de conectividad requeridos.

5.2.2.1.1 Alternativa I

Los equipos detallados en la tabla 5.3 fueron cotizados por la empresa FIBRARED (Anexo K).

Equipo	Marca/Modelo	Cantidad	Precio (USD)
Switch de Acceso	CISCO / WS-C2960S-24PD-L	8	13600,00
Switch de Distribución	CISCO / WS-C3560X-24P-E	3	10320,00
Switch de Core	CISCO/ WS-C3750G-16TD-E	1	4197,00
Router	CISCO / 3925E	1	12114,35
		Subtotal	40231,35
		IVA 12%	4827,762
		Total	45059,11

Tabla 5.3 Alternativa I - Equipos de Conectividad

Los equipos propuestos en esta alternativa son de la marca CISCO los cuales ofrecen una garantía *Smartnet*, que consiste en un soporte técnico las 24 horas de los 365 días del año, durante 3 años, en caso de presentarse una falla en los mismos. Esta garantía es un plus a favor de esta alternativa, ya que contar con este tipo de soporte da un nivel de seguridad en la adquisición del producto.

En el Anexo M se presentan las fichas técnicas (*Datasheets*), de los equipos planteados en esta propuesta.

5.2.2.1.2 Alternativa II

Los equipos detallados en la tabla 5.4 fueron cotizados por la empresa ATIX (Anexo L).

Equipo	Marca/Modelo	Cantidad	Precio (USD)
Switch de Acceso	HP / E5500-24G-POE Switch (JE092A)	8	19253,52
Switch de Distribución	HP / 2920-24G-POE Switch (J9727A)	3	7749,27
Switch de Core	HP / 5120-24G-POE Switch (JG236A)	1	2911,36
router	HP / 6604 Router (JC178B)	1	4119,56
		Subtotal	34033,71
		IVA 12%	4084,045
		Total	38117,76

Tabla 5.4 Alternativa II – Equipos de Conectividad

Los equipos propuestos en esta alternativa son de la marca HP, la garantía ofrecida es de un año, en la cual se brinda soporte, mantenimiento, reparación o cambio del equipo, frente a algún desperfecto.

En el Anexo N se presentan las fichas técnicas (*Datasheets*), de los equipos planteados en esta propuesta.

5.2.2.1.3 Elección de la mejor alternativa

Para la elección de la mejor alternativa se ha realizado una tabla comparativa, en la que se han tomado en cuenta aspectos como: velocidad de *backplane*, costo total, garantía del equipo y una característica particular de equipos cisco que es el MTBF⁶⁶. En la tabla 5.5 se ilustra un cuadro comparativo entre las dos alternativas presentadas para equipos de conectividad.

Considerando la garantía ofrecida por los equipos CISCO y el parámetro MTBF que permite conocer el tiempo de vida útil de los equipos sin que presenten alguna falla, se ha escogido a esta alternativa como la mejor opción, que además frente a la alternativa de HP, no presenta un monto exagerado en el costo total del equipo.

⁶⁶ MTBF: *Mean Time Between Failures*, es la media aritmética (promedio) del tiempo entre fallos de un sistema.

En cuanto a las velocidades de *backplane* ofrecidas por los equipos, se puede observar que son superiores a las calculadas en el capítulo III, esto debido a que en la fabricación de estos dispositivos se consideran velocidades superiores a las que se presenta en la realidad.

Capa	Marca/Modelo	Velocidad de Backplane	MTBF	Costo Total (USD)	Garantía
Acceso	CISCO / WS-C2960S-24PD-L	176 Gbps	237.016 horas	1904,00	3 años
	HP / E5500-24G-POE Switch (JE092A)	184 Gbps	N/A	2695,49	1 año
Distribución	CISCO / WS-C3560X-24P-E	160 Gbps	181370 horas	3852,80	3 años
	HP / 2920-24G-POE Switch (J9727A)	128 Gbps	N/A	2893,06	1 año
Core	CISCO/ WS-C3750G-16TD-E	64 Gbps	184.422 horas	4700,64	3 años
	HP / 5120-24G-POE Switch JG236A)	144 Gbps	N/A	3260,72	1 año
Router	CISCO / 3925E	16 Gbps	300.000 horas	13568,07	3 años
	HP / 6604 Router (JC178B)	100 Gbps	N/A	4613,91	1 año

Tabla 5.5 Comparativa equipos de conectividad

5.2.2.2 Access Points

A continuación se presentan dos alternativas para los *access points* requeridos.

5.2.2.2.1 Alternativa I

El equipo detallado en la tabla 5.6 fue cotizado por la empresa FIBRARED (Anexo K).

Equipo	Marca/Modelo	Cantidad	Precio (USD)
Access Point	Cisco / WAP200E Wireless-G POE Exterior	2	1003,92
Subtotal			1003,92
IVA 12%			120,47
Total			1124,39

Tabla 5.6 Alternativa I – Access Point

El equipo propuesto en esta alternativa es de la marca CISCO, en el Anexo O se presenta la ficha técnica (*Datasheet*) del equipo planteado en esta alternativa.

5.2.2.2.2 Alternativa II

El equipo detallado en la tabla 5.7 fue cotizado por la empresa ATIX (Anexo L).

Equipo	Marca/Modelo	Cantidad	Precio (USD)
Access Point	Dlink / AirPremier N Dual Band Exterior PoE Access Point DAP-3520	2	933,56
Subtotal			933,56
IVA 12%			112,03
Total			1045,59

Tabla 5.7 Alternativa II – Access Point

El equipo propuesto en esta alternativa es de la marca Dlink, en el Anexo P se presenta la ficha técnica (*Datasheet*) del equipo planteado en esta alternativa.

5.2.2.2.3 Elección de la mejor alternativa

La elección de la mejor alternativa se realiza en base a la comparativa realizada en la tabla 5.8.

Marca/Modelo	Tecnología	Velocidad de Transmisión	Frecuencia de Operación	Costo Total (USD)	Garantía
Cisco / WAP200E Wireless-G POE Exterior	IEEE802.11g IEEE802.11b	11b: 1, 2, 5.5, 11 Mbps, 11g: 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps	2,4 GHz	562,20	3 años
Dlink / AirPremier N Dual Band Exterior PoE Access Point DAP-3520	IEEE 802.a/b/g/n	11- 300 Mbps	2,4 - 5,8 GHz	522,79	1 año

Tabla 5.8 Comparativa Access Points

En base a la comparación presentada se selecciona la alternativa Dlink, ya que presenta una velocidad de transmisión superior, debido a que maneja tecnología 802.11n y a un costo inferior que el equipo de CISCO.

5.2.2.3 Equipos de Radioenlace

A continuación se presentan dos alternativas para los equipos de radioenlace requeridos.

5.2.2.3.1 Alternativa I

El equipo detallado en la tabla 5.9 fue cotizado por la empresa FIBRARED (Anexo K).

Equipo	Marca/Modelo	Cantidad	Precio(USD)
Antena	Ubiquiti / NanoStation NSM5	2	269,98
		Subtotal	269,98
		IVA 12%	32,40
		Total	302,38

Tabla 5.9 Alternativa I – Equipo Radioenlace

El equipo propuesto en esta alternativa es de la marca UBIQUITI, en el Anexo Q se presenta la ficha técnica (*Datasheet*) del equipo planteado en esta alternativa.

5.2.2.3.2 Alternativa II

El equipo detallado en la tabla 5.10 fue cotizado por la empresa ATIX (Anexo L).

Equipo	Marca/Modelo	Cantidad	Precio (USD)
Antena	MOTOROLA / CANOPY PTP-250	2	11193,52
		Subtotal	11193,52
		IVA 12%	1343,22
		Total	12536,74

Tabla 5.10 Alternativa II – Equipo Radioenlace

El equipo propuesto en esta alternativa es de la marca MOTOROLA, en el Anexo R se presenta la ficha técnica (*Datasheet*) del equipo planteado en esta alternativa.

5.2.2.3.3 Elección de la mejor alternativa

La elección de la mejor alternativa se realiza en base a la comparativa realizada en la tabla 5.11.

Marca/Modelo	Tecnología	Velocidad de Transmisión	Ganancia	Rango de Alcance	Costo Total (USD)	Garantía
Ubiquiti / NanoStation NSM5	802.11 a/n	54 - 600 Mbps	14.6 dBi 16.1dBi	15 Km	151,19	1 año
MOTOROLA / CANOPY PTP-250	802.11 n	Up 220 Mbps 20 MHz Channel – Up to 110 Mbps 40 MHz Channel – Up to 220 Mbps	17 dBi	8 Km	6268,37	1 año

Tabla 5.11 Comparativa equipos del radioenlace

En base a la comparación presentada se selecciona la alternativa Ubiquiti, debido a que el costo es considerablemente inferior al equipo Motorola, tomando en cuenta que las especificaciones técnicas no varían, presentan similares prestaciones y adicionalmente el rango de alcance es superior.

5.2.2.4 Servidores

A continuación se presentan dos alternativas para los servidores requeridos.

5.2.2.4.1 Alternativa I

El equipo detallado en la tabla 5.12 fue cotizado por la empresa FIBRARED (Anexo K).

Equipo	Marca/Modelo	Cantidad	Precio (USD)
Servidor	HP / 3y 4h Proliant DL360x	5	10884,95
		Subtotal	10884,95
		IVA 12%	1306,194
		Total	12191,14

Tabla 5.12 Alternativa I – Servidores

El equipo propuesto en esta alternativa es de la marca HP, en el Anexo S se presenta la ficha técnica (*Datasheet*) del equipo planteado en esta alternativa.

5.2.2.4.2 Alternativa II

El equipo detallado en la tabla 5.13 fue cotizado por la empresa ATIX (Anexo K).

Equipo	Marca/Modelo	Cantidad	Precio (USD)
Servidor	Dell / PowerEdge R415	5	9451,75
		Subtotal	9451,75
		IVA 12%	1134,21
		Total	10585,96

Tabla 5.13 Alternativa II – Servidores

El equipo propuesto en esta alternativa es de la marca DELL, en el Anexo T se presenta la ficha técnica (*Datasheet*) del equipo planteado en esta alternativa.

5.2.2.4.3 Elección de la mejor alternativa

La elección de la mejor alternativa se realiza en base a la comparativa realizada en la tabla 5.14.

Marca/Modelo	Procesador	Memoria RAM	Disco Duro	Bahías SAS	Fuente	Garantía	Costo Total (USD)
HP / 3y 4h Proliant DL360x	Intel Xeon (3.46 GHz/6-core)	16 GB	800 GB SAS	8	460 W redundantes	3 años	2438,23
Dell / PowerEdge R415	Procesadores AMD Opteron™ serie 4100	8 GB por ranura (8 ranuras)	2 TB SAS	8	480 W redundantes	3 años	2117,2

Tabla 5.14 Comparativa Servidores

Las características ofrecidas es estas dos alternativas son robustas y cumplen con las necesidades mínimas de los servicios y aplicaciones a instalarse, se opta por la alternativa DELL ya que ofrece un costo inferior, además que la capacidad de almacenamiento es superior.

5.2.2.5 Teléfonos IP

A continuación se presentan dos alternativas para los teléfonos IP requeridos.

5.2.2.5.1 Alternativa I

El equipo detallado en la tabla 5.15 fue cotizado por la empresa FIBRARED (Anexo K).

Equipo	Marca/Modelo	Cantidad	Precio (USD)
Teléfono IP	Yealink / SIP T-22P	53	6765,45
		Subtotal	6765,45
		IVA 12%	811,85
		Total	7577,30

Tabla 5.15 Alternativa I – Teléfono IP Yealink

El equipo propuesto en esta alternativa es de la marca Yealink, en el Anexo U se presenta la ficha técnica (*Datasheet*) del equipo planteado en esta alternativa.

5.2.2.5.2 Alternativa II

El equipo detallado en la tabla 5.16 fue cotizado por la empresa ATIX (Anexo L).

Equipo	Marca/Modelo	Cantidad	Precio (USD)
Teléfono IP	Polycom / SoundPoint IP 321/331	53	7453,39
		Subtotal	7453,39
		IVA 12%	894,41
		Total	8347,80

Tabla 5.16 Alternativa II – Teléfono IP Polycom

El equipo propuesto en esta alternativa es de la marca Polycom, en el Anexo V se presenta la ficha técnica (*Datasheet*) del equipo planteado en esta alternativa.

5.2.2.5.3 Elección de la mejor alternativa

La elección de la mejor alternativa se realiza en base a la comparativa realizada en la tabla 5.17.

Marca/Modelo	Códecs Soportados	Protocolo	Número de Líneas	Costo Total (USD)	Garantía
Yealink / SIP T-22P	G.711-G.722- G.723- G.726- G.729	SIP (RFC 3261)	3 líneas	142,97	1 año
Polycom / SoundPoint IP 321/331	G.711 - G.729	SIP (RFC 3261)	2 líneas	157,51	1 año

Tabla 5.17 Comparativa Teléfonos IP

Considerando los códecs soportados, la cantidad de líneas y el precio inferior se selecciona la alternativa Yealink, además de que cumple con las necesidades básicas del equipo de telefonía requerido.

5.2.2.6 Cámaras IP

A continuación se presentan dos alternativas para las cámaras IP requeridas.

5.2.2.6.1 Alternativa I

El equipo detallado en la tabla 5.18 fue cotizado por la empresa FIBRARED (Anexo K).

Equipo	Marca/Modelo	Cantidad	Precio (USD)
Cámara IP	Brickcom / FB-100Ae-21	27	11631,60
		Subtotal	11631,60
		IVA 12%	1395,792
		Total	13027,39

Tabla 5.18 Alternativa I – Cámara IP

El equipo propuesto en esta alternativa es de la marca Brickcom, en el Anexo W se presenta la ficha técnica (*Datasheet*) del equipo planteado en esta alternativa.

5.2.2.6.2 Alternativa II

El equipo detallado en la tabla 5.19 fue cotizado por la empresa ATIX (Anexo L).

Equipo	Marca/Modelo	Cantidad	Precio (USD)
Cámara IP	Axis / Q1755/-E	27	52681,70
		Subtotal	52681,70
		IVA 12%	6321,80
		Total	59003,50

Tabla 5.19 Alternativa II – Cámara IP

El equipo propuesto en esta alternativa es de la marca AXIS, en el Anexo X se presenta la ficha técnica (*Datasheet*) del equipo planteado en esta alternativa.

5.2.2.6.3 Elección de la mejor alternativa

La elección de la mejor alternativa se realiza en base a la comparativa realizada en la tabla 5.20.

Marca/Modelo	Códec de Audio	Formato de Compresión	Resolución (píxeles)	Costo Total (USD)	Garantía
Brickcom / FB-100Ae-21	G.711	H.264, MPEG-4, MJPEG	16:10 1280x800	482,50	1 año
Axis / Q1755/-E	G.711 G.726	H.264 (MPEG-4 Parte 10/AVC) Motion JPEG	HDTV 1080i 1920x1080, HDTV 720p 1280x720	2185,31	3 años

Tabla 5.20 Comparativa Cámaras IP

El precio en las cámaras IP Axis es notablemente superior, debido a que las características que presenta son superiores en cuanto a resolución y en cuanto a las funcionalidades que se especifican en su ficha técnica; la cámara Brickcom cumple con las necesidades básicas, especificadas en el capítulo III, y su costo es inferior, por lo que se selecciona la alternativa I.

5.2.2.7 Tarjeta Analógica para conexión a la PSTN

A continuación se presentan dos costos presentados para la tarjeta analógica.

Equipo	Costo (USD)
Tarjeta Digium TDM800P (Anexo K)	316,23
Tarjeta Digium TDM800P (Anexo L)	300,14

Tabla 5.21 Costos de la tarjeta de conexión a la PSTN

Las tarjetas para la conexión a la PSTN son las mismas, con la diferencia de costos presentados en las proformas, en base a estos costos se selecciona la alternativa I, la tarjeta cotizada en la empresa ATIX.

5.2.2.8 Licenciamiento de Software

El costo de la licencia de *Windows 7* se presenta en la tabla 5.22, el mismo que fue cotizado por Licencias Online (Anexo Y).

Equipo	Marca/Modelo	Cantidad	Precio (USD)
Licenciamiento Software	Microsoft Windows Professional 7	1	299,99
		Subtotal	299,99
		IVA 12%	35,99
		Total	335,98

Tabla 5.22 Costo Licenciamiento de Software – Windows 7

5.2.3 COSTO REFERENCIAL TOTAL DEL PROYECTO

En la tabla 5.23 se presenta el costo referencial total para la implementación de este proyecto, en base a las alternativas seleccionadas anteriormente.

Descripción	Costo Total (USD)
Cableado Estructurado (Alternativa II)	32283,10
Equipos de Conectividad (Alternativa I)	45059,11
Access Points (Alternativa II)	1045,59
Equipos Radioenlace (Alternativa I)	302,38
Teléfonos IP (Alternativa I)	7577,3
Cámaras IP (Alternativa I)	13027,39
Servidores (Alternativa II)	10585,96
Tarjeta de conexión a la PSTN (Alternativa II)	300,14
Licenciamiento de software	299,99
TOTAL	110480,96

Tabla 5.23 Costo Referencial Total de Proyecto

5.2.4 COSTO DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y ADMINISTRACIÓN DE LA RED

Para determinar los costos de operación, mantenimiento y administración de la red, se ha considerado que para llevar a cabo dicha actividad se requiere de 3 técnicos en el área de informática y del supervisor o director de dicha área, además en estos costos se incluye el costo en cuanto a la energía eléctrica requerida para tener operativos los equipos que constituyen la red. En la tabla 5.24 se presenta un aproximado de los costos mencionados.

Detalle	Número	Costo Mensual (USD)	Costo Anual (USD)
Ingeniero en Redes	3	1200	43200
Director	1	2200	26400
Energía Eléctrica	1	1000	12000
TOTAL			81600

Tabla 5.24 Costos de Operación, Mantenimiento y Administración de la Red

5.3 INGRESOS POR AHORRO DE COSTOS ^[91]

Entre las ventajas que se tienen en la implementación de este proyecto tenemos la consideración de la utilización de *software* libre en la mayoría de servicios y aplicaciones que lo permitan, esto incurre en un ahorro en cuanto a la adquisición de *software* licenciado, además al instalar una red de infraestructura multiservicios a este nivel proporciona un impacto de productividad en el negocio, lo que se conoce como ahorro en tiempos muertos. A continuación se describen los dos ingresos por ahorro de costos:

5.3.1 INGRESO POR AHORRO EN EL USO SOFTWARE LIBRE

La implementación de la mayoría de servicios bajo la plataforma Linux, nos permite obtener un ahorro en cuanto a la compra de *software* licenciado, lo que vendría a considerarse como un beneficio o ingreso para la Institución. En la tabla 5.25 se presenta el ahorro para la municipalidad al no tener que adquirir *software* licenciado y equipos propietarios.

Concepto	Marca	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)	Renovación Anual Licencias (USD)
<i>Windows Server 2008</i>	<i>Microsoft</i>	1	899,00	899,00	899,00
Telefonía Propietaria (Central +Teléfonos IP + Licencia)	CISCO	1	37708,50	37708,50	10000,00
Correo Electrónico Propietario	<i>Microsoft Exchange</i>	1	45815,00	45815,00	45815,00
Equipo de Videoconferencia	CISCO	1	21002,33	21002,33	N / A
Plataforma de Gestión de Red Propietaria	CA Nimsoft Monitor	1	39000,00	39000,00	39000,00
<i>Proxy y Firewall</i>	CISCO	1	18063,6	18063,63	N / A
TOTAL AHORRO				162488,46	95714,00

Tabla 5.25 Ingresos por ahorro en el uso de *Software* Libre

5.3.2 INGRESO POR AHORRO EN TIEMPOS MUERTOS

La implementación de una Red de Infraestructura Multiservicios mejora y agiliza los procesos dentro de la Institución, lo que implica que los usuarios ahorren tiempo alrededor de 2 a 3 horas por semana por cada usuario, si esto se multiplica por 52 semanas, por el valor por hora de trabajo y por el número de empleados, esto se traduce en un impacto de productividad en el negocio.

Se considera que la hora de trabajo promedio de un empleado del Municipio del Cantón Huaca tiene un valor de 5 dólares (Valor obtenido del salario promedio = 800\$). De tal manera para el primer año el ahorro mínimo estaría dado por:

$$2 \frac{\text{hora}}{\text{semana}} \times 52 \frac{\text{semana}}{\text{año}} \times 5 \frac{\text{dólares}}{\text{hora . usuario}} \times 63 \text{ usuarios} = 32760 \frac{\text{dólares}}{\text{año}}$$

Mientras que el ahorro para los 5 años proyectado esta dado por:

$$2 \frac{\text{hora}}{\text{semana}} \times 52 \frac{\text{semana}}{\text{año}} \times 5 \frac{\text{dólares}}{\text{hora . usuario}} \times 125 \text{ usuarios} = 65000 \frac{\text{dólares}}{\text{año}}$$

En la tabla 5.26 se presenta el ahorro anual por tiempos muertos, que implica la implementación de los servicios y aplicaciones bajo *software* libre.

Año	Ahorro en Tiempos Muertos (USD)
1	37760
2	65000
3	65000
4	65000
5	65000
Total	297760

Tabla 5.26 Ingresos por ahorro de tiempos muertos

5.3.3 INGRESO TOTAL POR AHORRO

En la tabla 5.27 se presenta un resumen de los ingresos anuales obtenidos por los ahorros antes mencionados.

Año	Ahorro por uso de Software Libre (USD)	Ahorro en Tiempos Muertos (USD)	Ahorro Total Anual (USD)
1	162488,46	37760	200248,46
2	95714,00	65000	160714
3	95714,00	65000	160714
4	95714,00	65000	160714
5	95714,00	65000	160714

Tabla 5.27 Ingreso total anual por ahorros

5.3.4 INGRESOS Y EGRESOS

Considerando como ingresos, a los ingresos por ahorro de costos y como egresos a la inversión necesaria para la implementación del proyecto y costos de operación y mantenimiento de la red, en la tabla 5.28 se presenta los valores de ingresos y egresos anuales generados por el proyecto.

Año	Ingresos (USD)	Egresos (USD)
1	200248,46	192080,96
2	160714,0	81600,00
3	160714,0	81600,00
4	160714,0	81600,00
5	160714,0	81600,00

Tabla 5.28 Ingresos y egresos anuales del proyecto

5.4 EVALUACIÓN Y VIABILIDAD DEL PROYECTO^[89]

En la planificación de todo proyecto es necesario realizar un análisis económico para conocer la rentabilidad y factibilidad del mismo. A través de este análisis se podrá conocer los costos de inversión y mediante la relación Costo/beneficio determinar que tan atractiva es la ejecución del proyecto.

Para evaluar la viabilidad del proyecto, usaremos los indicadores más utilizados que son: Valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR), y la relación Costo/Beneficio. Estos indicadores nos permitirán obtener una medida de la rentabilidad que podemos obtener con este proyecto.

5.4.1 VALOR ACTUAL NETO^[92]

El Valor Actual Neto es un criterio financiero utilizado por las empresas para determinar la rentabilidad de una inversión o de un proyecto, viene a ser la diferencia entre el valor actual de los ingresos esperados de una inversión y el valor actual de los egresos que la misma ocasione. El VAN mide la cantidad total que se pretende aumentará una inversión en el valor presente de sus flujos de efectivo y costo inicial, se busca una inversión que arroje un VAN positivo, lo que sugiere será rentable.

De manera que:

- ✓ VAN > 0; el proyecto se acepta.
- ✓ VAN = 0; el proyecto es indiferente.
- ✓ VAN < 0; el proyecto se rechaza.

Este método considera el valor del dinero en el tiempo, motivo por el cual los ingresos futuros esperados y los egresos deben ser actualizados a la fecha de inicio del proyecto. La tasa de interés debe ser fijada por la persona que evalúa el proyecto conjuntamente con el inversor, en este caso se fijará una tasa de rentabilidad del 8.17% ^[90] según fuentes del Banco Central del Ecuador.

Para el cálculo de estos indicadores es necesario conocer el flujo de caja efectivo a través de tiempo, considerando que la inversión se realizará con recursos propios de la municipalidad. En la tabla 5.29 se presenta el flujo de caja efectivo para los 5 años de proyección del proyecto.

El cálculo del VAN se lo realiza mediante el uso de la siguiente expresión (ecuación 5.1):

$$VAN = \sum_{t=1}^t \left[\frac{FC}{(1+i)^t} \right] - I_0$$

Ecuación 5.1 Fórmula de cálculo del VAN ^[91]

Donde:

FC = Flujo de Caja

i = Tasa de rentabilidad de la empresa

t = Tiempo de vida del proyecto igual a 5 años

lo = Inversión inicial

$$VAN = \sum_{t=1}^5 \left[\frac{79114,00}{(1 + 0,0817)^t} \right] - 8167,50$$

$$VAN = 306301,49$$

El VAN obtenido es positivo ($VAN > 0$), lo que indica que el proyecto es rentable, además el resultado manifiesta que el proyecto está generando más efectivo del que necesita para reembolsar el capital invertido por la municipalidad.

FLUJO DE CAJA EFECTIVO					
Año	1	2	3	4	5
Ingresos	200248,46	160714,0	160714,0	160714,0	160714,0
Egresos	192080,96	81600,00	81600,00	81600,00	81600,00
Utilidad antes de Participación	8167,50	79114,00	79114,00	79114,00	79114,00
Participación utilidades (0%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidad antes de Impuestos	8167,50	79114,00	79114,00	79114,00	79114,00
Impuesto (12%) (Ya considerado en cálculos anteriores)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidad Neta	8167,50	79114,00	79114,00	79114,00	79114,00
Flujo Neto Efectivo	8167,50	79114,00	79114,00	79114,00	79114,00

Tabla 5.29 Flujo de Caja Efectivo del Proyecto

5.4.2 TASA INTERNA DE RETORNO^[92]

La tasa interna de retorno (TIR) de una inversión, se define como la tasa de interés con la cual el valor actual neto (VAN) es igual a cero. Es la máxima tasa que es posible pagar por el financiamiento de un proyecto.

Es utilizada para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto, para lo cual la TIR se compara con una tasa de corte, si la TIR es mayor que la tasa de corte, se acepta la inversión, es así que a mayor TIR mayor rentabilidad.

Para calcular la TIR se emplea la siguiente expresión (ecuación 5.2):

$$0 = \sum_{t=1}^t \left[\frac{FC}{(1 + TIR)^t} \right] - I_0$$

Ecuación 5.2 Fórmula de cálculo de la TIR [91]¹

Donde:

FC = Flujo de Caja

t = Tiempo de vida del proyecto igual a 5 años

Io = Inversión inicial

$$0 = \sum_{t=1}^5 \left[\frac{79114,00}{(1 + TIR)^5} \right] - 8167,5$$

$$TIR = 9,68\%$$

El valor de la tasa interna de retorno obtenida, es mayor respecto a la tasa de rentabilidad fijada por el Banco Central ($TIR = 9,68\% > 8,17\%$), lo que demuestra que el presente proyecto es viable y rentable para la Municipalidad.

5.4.3 RELACIÓN COSTO/BENEFICIO^[92]

Es un indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar a una empresa. Consiste en identificar los beneficios y los costos del proyecto con la reducción de éstos a un denominador común, generalmente en unidades monetarias. Si los beneficios exceden a los costos, el proyecto debe realizarse, caso contrario, se rechaza.

Para el cálculo se requiere traer a valor presente los costos (egresos) y los beneficios (ingresos), para lo cual haremos uso de la ecuación 5.3.

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n}$$

Ecuación 5.3 Cálculo del valor presente ^[91]

Donde:

VP = Valor Presente

VF = Valor Futuro

i = Tasa de rentabilidad de la empresa

n = Tiempo de vida del proyecto igual a 5 años

En la tabla 5.30 se presentan los ingresos y los egresos del proyecto en valor presente.

Año	Ingresos (USD)	Ingresos en Valor Presente	Egresos (USD)	Egresos en Valor Presente
1	200248,46	185123,84	192080,96	177573,22
2	160714,0	137353,60	81600,00	69739,12
3	160714,0	126979,38	81600,00	64471,78
4	160714,0	117388,72	81600,00	59602,27
5	160714,0	108522,44	81600,00	55100,55
Total		675367,98		426486,94

Tabla 5.30 Ingresos y egresos del proyecto en valor presente

$$\frac{B}{C} = \frac{675367,98}{426486,94}$$

$$\frac{B}{C} = 1,58$$

La relación Costo / Beneficio obtenida es mayor que 1, por lo que se considera que el proyecto es factible y muy atractivo para ser ejecutado.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

El Municipio del Cantón “San Pedro de Huaca” en la actualidad no cuenta con un sistema de cableado estructurado, como se presentó en el estudio realizado en el capítulo II, por lo que se propuso una solución de cableado estructurado apegado a normas actuales, se utilizó el estándar EIA/TIA 568C, el mismo que brinda una solución de alta disponibilidad, flexibilidad y escalabilidad, capaz de soportar cambios en un periodo de 5 años, sin verse en la necesidad de realizar modificaciones fuertes en el sistema.

La selección del tipo de cable UTP categoría 6 y 6a en el sistema de cableado estructurado diseñado, ofrece alta capacidad en la transmisión de información, ya que permitirá velocidades de transmisión desde 1 Gbps hasta 10 Gbps. De acuerdo a las velocidades de transmisión requeridas en los enlaces del cableado vertical, no se vio en la necesidad de instalar fibra óptica, se seleccionó el cable UTP de categoría 6a, el mismo que admite velocidades de hasta 10 Gbps, y será posible la transmisión de voz, video y datos sin ningún inconveniente.

La correcta identificación de los puntos de red en el cableado horizontal facilita la administración de la red, de manera que cuando se presenten problemas físicos, estos sean resueltos a la brevedad posible y las actividades laborales del usuario final no se vean afectadas.

Las instalaciones de la municipalidad son antiguas, de manera que a la hora de diseñar el sistema de cableado estructurado se trató de mejor manera adaptarse a las normas, sin embargo debido a su infraestructura es casi imposible cumplir al 100% con las mismas. Los cuartos de telecomunicaciones en cada piso han sido adaptados, con el fin de contar con ellos, en calidad de administración y seguridad de

la red. Las canaletas a usar son canaletas decorativas ya que no se está en la capacidad de la instalación de un cielo o suelo falso.

La administración de la red se facilita gracias al modelo jerárquico empleado en su diseño, ya que al separar la red en capas permite la rápida localización de los problemas que se presenten en la misma, este modelo además de una excelente administración, ofrece balanceo en la carga de procesamiento lo que garantiza buen rendimiento de la red, optimizando los servicios que cursan por la misma.

El parámetro Calidad de Servicio empleado, permite que las aplicaciones en tiempo real sean prioritarias frente a otras aplicaciones, de esta manera se ha garantizado disponibilidad y calidad en la red, esto se verá reflejado en la satisfacción del usuario final y por ende en la excelente y eficiente atención brindada a la comunidad.

El método de direccionamiento IP empleado es VLSM, este método ha permitido optimizar el uso de direcciones IP, de manera que no se ha desperdiciado segmentos de red sino más bien se ha realizado una planificación y distribución adecuada de las direcciones IP.

Los equipos de conectividad usados en la actualidad por la municipalidad, no son reutilizables ya que son equipos básicos que no garantizan el correcto funcionamiento de la red, además que no soportan los protocolos necesarios para brindar calidad de servicio, VLANs, autenticación, prioridad, etc. Con esto se realizó una renovación completa en cuanto a la adquisición de equipos de conectividad, de manera que soporten todos los servicios, aplicaciones y protocolos planteados en el diseño, brindando robustez en la red y evitando la generación de cuellos de botella.

El diseño del radioenlace entre los dos edificios de la municipalidad, garantiza la comunicación entre el Municipio y sus dependencias, permitiendo que el personal ubicado en el edificio secundario goce de los servicios ofrecidos en el edificio principal, y por ende el trabajo se realice de manera conjunta y sobre todo coordinada.

La solución de la red inalámbrica en el parque principal, impulsará un turismo apegado al avance tecnológico, de manera que los visitantes del pueblo y la comunidad en sí gozarán de una zona *wifi*.

El sistema de telefonía IP propuesto permitirá reducir costos en llamadas internas, ya que no será necesaria la salida a la PSTN para garantizar la comunicación entre el personal de la municipalidad.

El sistema de videoconferencia instalado bajo la plataforma de Linux se centra en el uso interno de la municipalidad con sus dependencias, ésta se llevará a cabo desde la sala de reuniones del edificio principal hacia el Concejo Cantonal ubicado en el edificio secundario, de manera que se lleven actividades conjuntas sin necesidad de trasladarse de sitio.

El sistema de video vigilancia IP garantizará la seguridad física dentro de las instalaciones de la municipalidad, las cámaras IP se han colocado en lugares estratégicos, por lo que tanto equipos de alto costo y el personal como tal se verá protegido con la implementación de este sistema.

El sistema de gestión de red propuesto permitirá llevar un control sobre la disponibilidad de equipos y la saturación de los enlaces, de manera que cuando se produzca algún incidente en algunos de estos aspectos, el administrador de la red reciba una alerta oportuna y pueda actuar de forma eficiente en la solución de problemas.

El servicio de *proxy* propuesto, permitirá llevar un control en el acceso a Internet, ya que en la actualidad las Instituciones Públicas se han visto afectadas por distracción que provocan las redes sociales en sus funcionarios, este servicio bloqueará el acceso a diferentes páginas web y redes sociales que ocasionan disminución en la eficiencia de los empleados. Dicho acceso será permitido en el área de comunicación social que se encarga del manejo de estas redes con el fin de mantener al tanto a la comunidad de noticias acerca de las obras realizadas por la municipalidad.

Las políticas de seguridad y administración propuestas pretenden mejorar los procesos de forma básica dentro de la municipalidad, de manera que ciertas actividades sean llevadas de una forma correcta y controlada, dichas políticas deberán ser difundidas con el fin de educar al usuario final sobre los procesos informáticos de los cuales es parte activa.

La implementación del prototipo a baja escala, nos permitió obtener una idea clara sobre el funcionamiento de una red multiservicios, además con las pruebas de saturación del enlace realizadas en el capítulo IV, se evidenció la capacidad de la red de soportar todos los servicios propuestos, concluyendo de esta manera que la instalación de esta solución a escala real es posible.

El uso de *software* libre en la mayoría de aplicaciones y servicios propuestos, brinda a la municipalidad un gran ahorro de costos, reflejándose en el ahorro de costos determinado en el capítulo V, con la diferencia en la adquisición de *software* y sistemas licenciados, además de que se obtienen iguales o mejores prestaciones

El cálculo de los indicadores financieros arrojó como resultado que el proyecto es viable y rentable, por lo que puede ser puesto en marcha por el Municipio del Cantón San Pedro de Huaca de inmediato. El cálculo del VAN y del TIR arrojaron valores ($VAN > 0$; $TIR > TRMA$) que afirmaron y confirmaron la decisión de que proyecto es atractivo para el MSPH.

Finalmente cabe mencionar que al tratarse de una Institución pública que presta servicios a la comunidad, el retorno de la inversión de este proyecto se ve reflejado en la satisfacción del usuario, en este caso en particular en la obras que realice la municipalidad para el cantón, como calles, alcantarrillado, zonas recreativas, etc.

6.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda impulsar de manera inmediata la implementación de este proyecto en el Municipio del Cantón San Pedro de Huaca, con el fin de que el personal de la

Institución mejore en la eficiencia de su trabajo y se refleje en la excelente atención al público.

Se recomienda acondicionar las áreas designadas como cuartos de telecomunicaciones y cuarto de equipos, estas áreas deben brindar las garantías necesarias para el correcto funcionamiento del sistema, esto implica una correcta iluminación, ventilación y control de acceso.

El personal del departamento informático será el encargado de la administración, operación y mantenimiento de la nueva red, por lo que deberán ser debidamente capacitados en el manejo de la misma, de manera que los tiempos de respuesta en la solución de problemas no sea considerable sino más bien oportuno y la disponibilidad no se vea afectada.

Se recomienda la contratación de personal en el departamento informático, ya que en la actualidad únicamente una persona es la encargada de la red, por lo que se propone la contratación de tres ingenieros en sistemas o en redes para que se dediquen a la administración de la red como tal, y de dos técnicos que se encarguen básicamente del soporte técnico a los usuarios finales, de esta manera de brindaría una atención de calidad al usuario interno frente a necesidades o requerimientos tecnológicos.

Se recomienda que el personal de informática mantenga una bitácora sobre el control de cambios que se realicen en la Institución, con el fin de mantener una administración adecuada de la red y de que los errores o incidentes más frecuentes sirvan de base para brindar soluciones de manera eficaz.

Se recomienda la difusión de las nuevas tecnologías dentro de la Institución, con el fin de que el personal conozca cómo la municipalidad está avanzando tecnológicamente, y haga el uso correcto de los servicios que se les ofrece.

Se recomienda capacitar a los usuarios finales con el manejo de las políticas de seguridad y administración, con el fin de educarlos en el uso correcto de los recursos tecnológicos que se le hayan asignado.

Con el fin de garantizar el tiempo de vida útil de los equipos tecnológicos que posee la municipalidad, se recomienda un mantenimiento anual tanto de *hardware* como de software de los siguientes equipos: estaciones de trabajo, impresoras de red, teléfonos IP, cámaras IP, servidores, equipos de conectividad (*switches*, *router*, *access point*, antenas).

Se recomienda la implementación de un sistema de tarificación de llamadas telefónicas, con el fin de llevar un control sobre el uso de telefonía por parte de los usuarios finales, además se recomienda establecer políticas en cuanto al tiempo de llamada permitido y el acceso otorgado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HIDALGO. Pablo, VINUEZA. Mónica, Redes LAN, Escuela Politécnica Nacional, 2010.
- [2] Redes de Comunicaciones.
- Disponible: http://wikitel.info/wiki/Redes_de_comunicaciones
- [3] La Familia Ethernet.
- Disponible: http://www.smc.com/html_includes/statics/catalogs/10GIGA_ESP_FIN_AL.pdf
- [4] Cisco Certified Network Associate, CCNA Exploration 4.0 Curriculum Módulo 1, 2012.
- [5] HIDALGO. Pablo, Redes TCP/IP, Escuela Politécnica Nacional, 2010.
- [6] Cisco Certified Network Associate, CCNA Exploration 4.0 Curriculum Módulo 3, 2012.
- [7] VLANs (Virtual LANs).
- Disponible: <http://issuu.com/miguelposada/docs/vlans?mode=window&pageNumber=1>
- [8] Proyectos, Curso Cableado Estructurado, Junio 2006.
- Disponible: http://www.uazuay.edu.ec/estudios/electronica/proyectos/cableado_estructurado.pdf
- [9] HIDALGO. Pablo, Sistemas De Cableado Estructurado, Escuela Politécnica Nacional, 2010.
- [10] Lineamientos Para la Elaboración de Proyectos de Cableado Estructurado en la Universidad Nacional.

Disponible:<http://www.dnic.unal.edu.co/docts/LINEAMIENTOS%20PARA%20PROYECTOS%20DE%20CABLEADO.pdf>

- [11] JOSKOWICZ. José, Cableado Estructurado, Universidad de la República de Montevideo, 2006.

Disponible:<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10009/1/Cableado%20Estructurado.pdf>

- [12] Norma TIA/EIA 568-B.

Disponible:<http://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/123456789/507/3/APENDICE-dianca%20tesis.pdf>

- [13] SINCHE. Soraya, Redes WLAN, Escuela Politécnica Nacional, 2010.

- [14] LUCIO. Christian, “Diseño de la LAN inalámbrica para el Edificio Matriz de la Superintendencia de Bancos y Seguros”, EPN, Quito-Ecuador, 2011.

- [15] FILIP. Andrea, VÁZQUEZ. Estefanía, Seguridad en redes WIFI, Universidad de Sevilla, 2010.

Disponible:<http://trajano.us.es/docencia/RedesYServiciosDeRadio/2010/Seguridad%20en%20redes%20Wifi%20Eduroam.pdf>

- [16] Redes LAN inalámbricas WLAN/WI-FI.

Disponible:<http://det.bi.ehu.es/redesLAN/attach?page=Apuntes%2FTema+1+-+WLAN.pdf>

- [17] PERUGACHI. Félix, “Reingeniería de la red LAN del Ilustre Municipio del Cantón Rumiñahui”, EPN, Quito-Ecuador, 2010.

- [18] Voz sobre Protocolo de Internet.

Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Voz_sobre_Protocolo_de_Internet

- [19] CORRALES. Juan, RENDÓN. Álvaro, Telefonía IP, Universidad del Cauca, 2011.

Disponible: <http://dtm.unicauca.edu.co/pregrado/conmutacion/transp/4.1-VoIP.pdf>

[20] Mean opinion score.

Disponible: http://en.wikipedia.org/wiki/Mean_opinion_score

[21] Speech Coding Standards.

Disponible: http://www.co-bw.com/MultiMedia_Articles/Speech_Coding_Standards_C3.pdf

[22] Protocolos de Voz sobre IP.

Disponible: [http://www.idris.com.ar/pdf/ART0002 - Protocolos en VoIP.pdf](http://www.idris.com.ar/pdf/ART0002_-_Protocolos_en_VoIP.pdf)

[23] Estudio de H.323 y SIP.

Disponible: [http://www.grc.upv.es/docencia/tdm/trabajos2007/Abel_H.323 vs SIP \(1\).pdf](http://www.grc.upv.es/docencia/tdm/trabajos2007/Abel_H.323_vs_SIP(1).pdf)

[24] Chacón. Antonio, La Videoconferencia, Universidad de Granada, 2003.

Disponible: <http://www.ugr.es/~sevimeco/revistaeticanet/Numero2/Articulos/La%20videoconferencia.pdf>

[25] Códecs Video.

Disponible: <http://www.digimad.es/h261-h263-h264-codecs-video.html>

[26] ANDOCILLA. Wilson, VALLEJO. Marco, "Integración de los servicios de voz sobre IP, aplicado a un caso de estudio", EPN, Quito-Ecuador, 2007.

[27] SOLANO. Diego, "Estudio y diseño de una red de voz y datos para la Unidad Educativa Municipal Quitumbe utilizando la tecnología Gigabit Ethernet para soportar servicios en tiempo real de VOIP, videoseguridad y videoconferencia", EPN, Quito-Ecuador, 2009.

[28] SNMP Protocol.

Disponible: <http://infotelecommil.webcindario.com/librostelecom/SNMP.pdf>

[29] Simple Network Management Protocol.

Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Simple_Network_Management_Protocol

[30] MILLÁN. Ramón, SNMPV3 (Simple network Management Protocol version 3)

Disponible: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/snmpv3.php>

[31] Gestión de Redes.

Disponible: <http://www.slideshare.net/vanessadelpilar/gestion-de-redes-2>

[32] Tutorial de NET-SNMP.

Disponible: http://www.personales.ulpgc.es/nramos.dit/?q=system/files/Tutorial_de_NET-SNMP.pdf

[33] Monitoreo y Administración de Redes.

Disponible: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2353/1/CD-0006.pdf>

[34] Infraestructura de Gestión de Red.

Disponible: http://lacnic.net/documentos/lacnicx/protocolos_gestion.pdf

[35] GUAMÁN. Danny, Administración y Gestión De Redes, Escuela Politécnica Nacional, 2011.

[36] GONZÁLEZ. Mery, “Diseño del sistema de mejoramiento de seguridad y administración de tráfico para el ISP (InternetServiceProvider) READYNET”, EPN, Quito-Ecuador, 2006.

[37] Seguridad en Unix y Redes.

Disponible: <http://es.tldp.org/Manuales-LuCAS/doc-unixsec/unixsec.pdf>

[38] Seguridad de la Red.

Disponible: http://es.wikibooks.org/wiki/Mejores_pr%C3%A1cticas_para_redes_de_datos/Seguridad_de_la_red%23Herramientas_recomendadas_para_fortalecer_la_seguridad.

[39] Ataques Informáticos.

Disponible: <http://ataquesinformaticos.blogspot.com/>

[40] Seguridad de la Información.

Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Seguridad_de_la_informaci%C3%B3n#Protocolos_de_Seguridad_de_la_Informaci.C3.B3n

[41] Firewall.

Disponible: <http://www.segu-info.com.ar/firewall/firewall.htm>

[42] Antivirus.

Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Antivirus>

[43] Políticas de Seguridad de la Información.

Disponible: <http://www.segu-info.com.ar/politicas/polseginf.htm>

[44] IDS Vs. IPS.

Disponible: http://www.cybsec.com/upload/ESPE_IDS_vs_IPS.pdf

[45] Definición de FSF.

Disponible: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/fsf.php>

[46] La definición de Software Libre.

Disponible: <http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html>

[47] ¿Qué es el software libre?

Disponible: http://www.macuarium.com/macuarium/actual/especiales/2002_12_07_opensource.shtml

[48] Plan estratégico para el desarrollo y uso de software libre en la Universidad De Murcia (proyecto SOFTLA)

Disponible: http://www.uv.es/linuv/migra-t/doc/Migracion_UdM.pdf

[49] Marco Metodológico.

Disponible: http://www.oocities.org/es/edvigepdv/tesis/capituloIII_TEG.htm

[50] Conceptos Generales de redes LAN y MAN.

Disponible: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/777/3/Capitulo1.pdf>

[51] Página Web Oficial del Gobierno Municipal del Cantón San Pedro de Huaca.

Disponible: http://www.huaca.gob.ec/index.php?option=com_phocamaps&view=map&id=1&Itemid=256

[52] Echolife HG520c User Guide.

Disponible: <http://www.arxvaldex.com/pb/files/EchoLife%20HG520c%20Home%20Gateway%20User%20Guide.pdf>

[53] Manual de Instalación: Módem HuaweiEchoLife HG520.

Disponible:

http://servicios.arnet.com.ar/arnetonline/pdfs/Huawei_WIFI_Manual.pdf

[54] Wireless-G Broadband Router Model WRT54GL User Guide.

Disponible: <http://www.palearnersonline.com/A1/lib/linsysSetup.pdf>

[55] Wireless 150 Router.

Disponible: ftp://ftp10.dlink.com/pdfs/products/DIR-600/DIR-600_ds.pdf

[56] Wireless-G Broadband Router Model WRT54G2 User Guide.

Disponible: http://belkashop.com.ua/products_files/WRT54G2_V10_EN.pdf

[57] TRENDnet.

Disponible: http://www.trendnet.com/langsp/products/proddetail.asp?prod=400_TE100-S8&cat=114

[58] D-link DES-1008D.

Disponible: http://www.pccomponentes.com/d_link_des_1008d_switch_8_puertos_10_100mbps.html

[59] CNetSwitch 8 puertos.

Disponible: <http://www.techmallcr.com/prodshow.php?prod=407>

[60] DATA SHEET 3ComOfficeConnect Hubs.

Disponible: http://www.mtmnet.com/PDF_FILES/3C16753_DataSheet.pdf

[61] Página Web Oficial de la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas.

Disponible: <http://www.ame.gov.ec/>

[62] Sistemas Legales del Ecuador.

Disponible: <http://www.sistemaslegales.ec/>

[63] CARRIÓN. Hugo, Apuntes de Telefonía, Escuela Politécnica Nacional, 2011.

[64] CAZCO. Eduardo, Formulación y Evaluación de Proyectos, Escuela Politécnica Nacional, 2011.

[65] Tabla de valores de Erlang B

Disponible: <http://www.sis.pitt.edu/~dtipper/erlang-table.pdf>

[66]CARRASCO. Soraya, “Reingeniería de una Red de Datos Corporativa para la Universidad de las Américas, sede Quito: Análisis, Lineamientos y Aplicación”, EPN, Quito-Ecuador, 2007.

[67]HIDALGO. Pablo, Redes WAN, Escuela Politécnica Nacional, 2011.

[68]FLORES. Fernando, Sistemas de Cableado Estructurado, Escuela Politécnica Nacional, 2010.

[69]SEGURA. Adrián, Diseño de una Infraestructura de Telecomunicaciones Municipal, Universidad Politécnica de Cataluña, 2009.

[70]Configuración de Samba.

Disponible: <http://www.informatica.us.es/~ramon/articulos/SeminarioSamba.pdf>

[71]PROGRAMA DE CERTIFICACIÓN LINUX-LPI, Administración de Red y Seguridades, Acierte EPN, 2012.

[72]ROMERO. Adriana, MUÑOZ. Cristian, “Diseño de una Red de Telefonía IP para la Ciudad Comercial EL RECREO”, EPN, Quito-Ecuador, 2012.

[73]VÁSCONEZ. Daniela, “Estudio y Diseño de la Red Integrada para brindar servicios de Voz, Datos y Videoconferencia para el H. Gobierno Provincial de Tungurahua”, EPN, Quito-Ecuador, 2012.

[74]QUICUANGO. Santiago, SAMANIEGO. Danilo, “Diseño de una red para Telefonía IP, Datos y Videoconferencia, utilizando Software Libre, para la interconexión de las dependencias del control Aeronáutico de la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) ubicadas en la ciudad de Quito”, EPN, Quito-Ecuador, 2009.

[75]OPENMEETINGS, Página Web Oficial.

Disponible: <http://openmeetings.apache.org/>

[76]Recomendaciones para ubicación y Configuración de un Router Inalámbrico.

Disponible:<http://www.movistar.es/rpmm/estaticos/residencial/fijo/banda-ancha-adsl/manuales/modem-router-inalambricos-adsl/recomendaciones-ubicacion.pdf>

[77] Modelos de Propagación para Interiores.

Disponible:http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/campos_v_da/capitulo4.pdf

[78] MEDIAVILLA. Diego, TALAVERA. Diana, “Estudio de la Migración del Sistema VHF Analógico a Digital de Petrocomercial Distrito Norte”, EPN, Quito-Ecuador, 2011.

[79] MOREJÓN. Ramiro, Sistemas de Comunicación Radiantes, Escuela Politécnica Nacional, 2010.

[80] Normas y Políticas de Seguridad Informática.

Disponible:<http://es.scribd.com/doc/2023909/manual-de-politicas-y-normas-de-seguridad-informatica>

[81] Manual de Políticas y Estándares de Seguridad Informática.

Disponible: http://www.intenalco.edu.co/MP_V01.pdf

[82] Dispositivos Yealink.

Disponible: http://www.yealink.com/product_info.aspx?ProductsCatelD=186&

[83] Softphone x-lite.

Disponible: <http://www.counterpath.com/x-lite.html>

[84] SCW Cámara IP Brickcom.

Disponible:<http://www.security-camera-warehouse.com/brickcom-fb-100ae-21.php>

[85] Switch HP 1910-24G (JE006A) – Especificaciones.

Disponible: <http://h10010.www1.hp.com/wwpc/ec/es/sm/WF06b/12883-12883-4172267-4172281-4172281-4218346-4177643.html?dnr=1>

[86]EchoLife HG520c Home Gateway.

Disponible:<http://www.arxvaldex.com/pb/files/EchoLife%20HG520c%20Home%20Gateway%20User%20Guide.pdf>

[87]UbiquitiNanoStation 2 Datasheet.

Disponible: <http://www.flyteccomputers.com/ext/Ubiquiti/NS2.pdf>

[88]PROGRAMA DE CERTIFICACIÓN LINUX-LPI, Administración Avanzada del Sistema Operativo, Acierte EPN, 2012.

[89]BACA URBINA, Gabriel, Evaluación de Proyectos, Editorial McGraw-Hill/Latinoamericana, 6ta Edición, 2010, México.

[90]Evolución del crédito y tasas de interés efectivas referenciales.

Disponible:<https://www.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/BoletinTasasInteres/ect201301.pdf>

[91]Apuntes cuaderno de Formulación y evaluación de proyectos Ing. Eduardo Cazco.2011.

[92]HURTADO. Roberth, “Diseño de la Red Inalámbrica Integrada de Voz y Datos con Calidad de Servicio y Seguridades de Red para Casa Matriz Del Banco Nacional De Fomento”, EPN, Quito-Ecuador, 2008.

ANEXOS

Los anexos correspondientes al presente proyecto se encuentran en el CD adjunto.