



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

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE INTRANET PARA
EMPRESAS PEQUEÑAS Y DE MEDIANO TAMAÑO (PYMES), QUE
PERMITA ENTREGAR SERVICIOS DE TRANSMISIÓN DE DATOS,
VOZ Y VIDEO DE ALTA VELOCIDAD/CALIDAD A TRAVÉS DE UN
EQUIPO DE CONMUTACIÓN ELECTRÓNICA QUE REALICE
CONVERSIÓN ELECTRO-ÓPTICA MEDIANTE EL USO DE SFP'S**

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

Jácome Sagñay Andrés Alejandro

andresjacomes@gmail.com

Paredes Campaña Patricio Raúl

licpato4943@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. Flores Cifuentes Willams Fernando

fernado.flores@epn.edu.ec

Quito, Diciembre 2014

DECLARACIÓN

Nosotros, Jácome Sagñay Andrés Alejandro, Paredes Campaña Patricio Raúl, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada 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.

Jácome Sagñay Andrés Alejandro

Paredes Campaña Patricio Raúl

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Andrés Alejandro Jácome Sagñay y Patricio Raúl Paredes Campaña, bajo mi supervisión.

Ing. Fernando Flores
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todas aquellas personas que han hecho fácil el camino para llegar hasta aquí, el apoyo moral verbal ha sido uno de los principales pedestales de esta culminación en mi vida, a ellos les agradezco de corazón.

A mi Madre Silvia, por ser el soporte principal de toda mi vida, es de enaltecer tremendo coraje y tesón que cada día me impulso a ser cada vez mejor en la vida y sin el cual no hubiera llegado hasta el punto donde estoy.

A mi Padre José Fabián, que con su estilo único de ver la vida, ese espíritu luchador me ayudo a nunca bajar los brazos en los momentos difíciles y saber que cada día es una nueva oportunidad de ser mejor.

A mis hermanos y amigos de los cuales siempre recibí el más sincero cariño, la única manera de pagarles será llegar a ser alguien de bien y apoyar a la sociedad.

Agradecer a Dios por darme la oportunidad de acceder a la educación, al amor a la alegría y la única forma de retribuir tanto, es aplicar mis conocimientos para el bien de la humanidad siendo una persona integral y un profesional ejemplar con valores aprendidos a lo largo de mi carrera estudiantil.

Andrés Jácome

AGRADECIMIENTO

Existen tantas personas a las que debo agradecer la consecución de este objetivo, que probablemente me llevaría una tesis similar en volumen para poder mencionarlas, sin embargo y de manera muy particular quiero dar las gracias a mi Dios a Quien llevo en mi alma y en mi corazón todos los días, Quien puso a mi lado a las personas correctas en el momento correcto, dándome una nueva vida y transformándome en una nueva persona, ahora entiendo que todo en esta vida tiene una razón de ser, un propósito, y sé que en el camino que me encuentre jamás estaré solo porque Él estará conmigo, guiándome y apoyándome como mi Padre y Creador.

Quiero agradecer a mi Madre, el ser más hermoso del mundo, alguien que ha sacrificado su vida entera por vernos a mi hermana y a mi salir adelante, y a quien quiero enorgullecer y honrar todo ese esfuerzo invertido, pues si algo tengo de bueno como persona es por ella y es a ella a quien va dedicado todo este esfuerzo.

A mi bella esposa, Shirley eres el obsequio más hermoso que Dios me pudo haber dado, soy feliz desde el mismo instante que te conocí, tú le has dado luz a mis días, y te has transformado en la bendición más dulce de mi vida, Te amo con todo mi corazón, gracias por no dejarme desmayar ante los obstáculos que se han presentado, gracias por caminar conmigo y transformarte en mi inspiración y levantarme con tu aliento y tu amor.

A todas aquellas personas que por cualquier motivo ya no están más en mi vida, pero sin embargo su presencia fue fundamental y motivante para alcanzar una nueva meta, en especial a mi abuelita Judith, la abue más tierna del mundo, donde quiera que estés quiero sepas que te extraño mucho y te doy las gracias por todo.

Patricio Paredes

DEDICATORIA

Este proyecto y toda mi carrera están dedicados a Dios, a mi familia a mi enamorada, a mis amigos, que con su apoyo incondicional me han ayudado a llegar a culminar mi carrera estudiantil. La única forma de agradecerles eternamente es siempre tener como meta la superación como profesional, como persona y que nunca olvidare las enseñanzas aprendidas de cada uno de ellos, esto lo hicieron ustedes, yo simplemente son un instrumento de Dios.

Andrés Jácome.

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mi Dios, mi familia y mis amigos, pues con su presencia han contribuido de una u otra forma en la realización del presente Proyecto, a ellos dedico este esfuerzo, tal vez sea una mínima retribución por su voluntad, apoyo y sacrificio, pero es la mejor manera que tengo para honrar el precioso obsequio de su presencia en mi vida.

Patricio Paredes

CONTENIDO

DECLARACIÓN	i
CERTIFICACIÓN	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	v
CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
RESUMEN	xxi
PRESENTACIÓN	xxii
CAPÍTULO 1 ESTUDIO DE REDES ÓPTICAS ACTIVAS	1
1.1 DEFINICIÓN, FUNCIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN CON FIBRA ÓPTICA	1
1.1.1 DEFINICIÓN DE FIBRA ÓPTICA	1
1.1.2 HISTORIA DE LA FIBRA ÒPTICA.....	1
1.1.3 FUNCIONAMIENTO DE LA FIBRA ÒPTICA.....	4
1.1.4 CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA	8
1.1.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA CON RESPECTO A OTROS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	12
1.1.6 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN CON FIBRA ÓPTICA	15
1.2 TÉCNICAS DE CONMUTACIÓN ÓPTICA	27
1.2.1 TÉCNICAS DE CONMUTACIÓN.....	27
1.2.2 TIPOS DE CONMUTACIÓN ÓPTICA.....	34
1.2.3 TIPOS DE CONMUTADORES ÓPTICOS	37
1.3 REDES ÓPTICAS ACTIVAS Y REDES ÓPTICAS PASIVAS.....	42
1.3.1 REDES ÓPTICAS ACTIVAS	42
1.3.2 REDES ÓPTICAS PASIVAS	43
CAPÍTULO 2 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS EN UNA PYMES Y DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE INTRANET	49

2.1	¿QUÉ ES UNA PYME?	49
2.2	ANÁLISIS DE LAS PYMES EN EL ECUADOR	50
2.2.1	DEFINICIÓN DE LAS PYME´S.....	50
2.2.2	IMPORTANCIA DE LAS PYMES.....	52
2.2.3	LA IMPORTANCIA DE LAS PYMES EN EL ÁMBITO MUNDIAL	53
2.2.4	EL DESARROLLO DE LAS PYMES EN EL ECUADOR	53
2.3	PYMES EN AMÉRICA LATINA CON ENFOQUE EN EL ECUADOR.....	57
2.4	MODELO DE PYME	58
2.4.1	LA EMPRESA HIPOTÉTICA	59
2.4.2	ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA HIPOTÉTICA	59
2.4.3	DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS DE LA RED	61
2.4.4	CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPARTAMENTOS.....	61
2.5	ANÁLISIS DE TRÁFICO DE LA EMPRESA HIPOTÉTICA.....	64
2.5.1	OPTIMIZACIÓN DEL ANCHO DE BANDA.....	64
2.5.2	TELEFONÍA IP	65
2.5.3	APLICACIONES FUTURAS	65
2.5.4	CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DE INTERNET.....	65
2.6	ESTIMACIÓN DEL ANCHO DE BANDA REQUERIDO PARA LA EMPRESA HIPOTÉTICA	66
2.6.1	GERENCIA GENERAL: TRÁFICO EXTERNO POR NAVEGACIÓN DE INTERNET.....	66
2.6.2	DEPARTAMENTOS DE INGENIERÍA: TRÁFICO EXTERNO POR NAVEGACIÓN DE INTERNET	67
2.6.3	DEPARTAMENTOS DE ADMINISTRACIÓN: TRÁFICO EXTERNO POR NAVEGACIÓN DE INTERNET	68
2.6.4	DEPARTAMENTOS DE VENTAS: TRÁFICO EXTERNO POR NAVEGACIÓN DE INTERNET	69
2.6.5	CENTRO DE DATOS: TRÁFICO EXTERNO POR NAVEGACIÓN DE INTERNET.....	70
2.7	TRÁFICO INTERNO PARA TRASMISIÓN DE DATOS.....	71
2.7.2	TRÁFICO GENERADO POR EL SERVIDOR DE BASE DE DATOS....	71

2.7.3	TRÁFICO GENERADO POR EL SERVIDOR DE CORREO ELECTRÓNICO Y TRANSMISIONES FTP	72
2.7.4	TRÁFICO GENERADO POR EL SERVIDOR SAMBA (COMPARTICIÓN DE ARCHIVOS).....	73
2.7.5	TRÁFICO GENERADO POR SERVIDOR DE STREAMING DE AUDIO Y VIDEO	77
2.7.6	TRÁFICO GENERADO POR SERVIDOR DE TELEFONÍA IP	78
2.8	TRÁFICO TOTAL DE LA RED.....	84
2.8.1	TRÁFICO INTERNO GENERADO:	84
2.8.2	TRÁFICO EXTERNO GENERADO:	84
2.8.3	ESTIMACIÓN DE TRÁFICO A 10 AÑOS	85
2.9	DISEÑO DE LA RED DE LA EMPRESA HIPOTÉTICA.....	86
2.9.1	REDES JERÁRQUICAS.....	87
2.9.2	VENTAJAS DE UTILIZAR UNA RED JERÁRQUICA	89
2.10	ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE LA NUEVA RED.....	92
2.10.1	CAPA 1 (CAPA FÍSICA)	92
2.10.2	CAPA 2 (CAPA ENLACE)	92
2.10.3	CAPA 3 (CAPA DE RED)	92
2.10.4	CAPA 4 (CAPA TRANSPORTE)	94
2.10.5	CAPA 5 (CAPA SESIÓN)	94
2.10.6	CAPA 6 Y CAPA 7 (CAPA PRESENTACIÓN Y CAPA APLICACIÓN)..	94
2.10.7	REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD DE RED	95
2.11	DISEÑO FINAL DE LA RED HIPOTÉTICA A SER IMPLEMENTADA.....	96
2.12	DISEÑO DEL PROTOTIPO DE INTRANET	97
2.12.1	REQUERIMIENTOS DE LOS EQUIPOS DE RED	98
2.12.2	REQUERIMIENTOS DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO	98
2.12.3	REQUERIMIENTOS DE LOS SERVIDORES	99
CAPÍTULO 3 ESTUDIO TÉCNICO DE LOS EQUIPOS A USAR EN EL PROTOTIPO		
.....		100
3.1	IMPORTANCIA DE LA TECNOLOGÍA EN UN EMPRESA	100

3.2	INFLUENCIA DEL INTERNET EN LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS (PYMES).....	100
3.3	APLICACIONES FACILITADORAS.....	102
3.3.1	CORREO ELECTRÓNICO	102
3.3.2	COMPARTICIÓN DE ARCHIVOS O CARPETAS	102
3.3.3	TELEFONÍA IP	103
3.3.4	TELECONFERENCIA.....	103
3.3.5	VIDEOCONFERENCIA	103
3.4	SISTEMAS DE INFORMACIÓN	103
3.5	ESTUDIO DE LOS COMPONENTES DE SOFTWARE Y APLICACIONES DISPONIBLES.....	104
3.5.1	SERVIDORES DNS.....	104
3.5.2	CORREO ELECTRÓNICO	106
3.5.3	SERVIDOR DE TELEFONÍA	109
3.5.4	COMPARTICIÓN DE ARCHIVOS	115
3.6	ESTUDIO DE LOS COMPONENTES DE HARDWARE Y EQUIPOS DISPONIBLES.....	115
3.7	SOFTWARE Y HARDWARE QUE SE UTILIZARÁ PARA EL DISEÑO E IMPEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO	122
3.7.1	SOFTWARE QUE SE UTILIZARÁ EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO.....	122
3.7.2	DISPOSITIVOS DE CONMUTACIÓN QUE SE UTILIZARÁ EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO.....	124
CAPÍTULO 4 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE INTRANET CON EQUIPOS ÓPTICOS.....		126
4.1	TOPOLOGÍA DE RED IMPLEMENTADA EN EL PROTOTIPO	126
4.1.1	LISTA DE HARDWARE UTILIZADO	128
4.1.2	LISTA DE SOFTWARE UTILIZADO.....	129
4.2	HARDWARE.....	131
4.2.1	SWITCH ÓPTICO (INTERFACES ÓPTICAS): TP LINK TL-SL5428... ..	131
4.2.2	SFP (SMALL FORM-FACTOR PLUGGABLE (SFP): TP LINK TL-SM311	

4.2.3	INTERFACES DE RED ÓPTICAS: MYRICOM MYRINET M3F-PCIXD-2 FIBER NETWORK ADAPTER PCI	143
4.2.4	PATCH CORDS SC-LC 3 PIES.....	146
4.2.5	SERVIDOR DE APLICACIONES: WINDOWS 7 ULTIMATE EDITION (VIRTUALIZA SERVICIOS)	148
4.3	IMPLEMENTACIÓN DE MÁQUINAS VIRTUALES.....	153
4.3.1	LISTA DE MÁQUINAS VIRTUALES IMPLEMENTADAS	153
4.3.2	MÁQUINA VIRTUAL PARA CORREO ELECTRÓNICO: ZIMBRA OPEN SOURCE 7.1: UBUNTU DESKTOP 10.4 LST	154
4.3.3	MÁQUINA VIRTUAL PARA EL SERVICIO DE TELEFONÍA IP: TRIBOX 2.8 - CENTOS 5.5.....	162
4.3.4	MÁQUINA VIRTUAL PARA EL SERVICIO DE VIDEOCONFERENCIA OPENMEETINGS.....	170
4.3.5	MÁQUINA VIRTUAL PARA COMPARTICIÓN DE ARCHIVOS: SAMBA: UBUNTU DESKTOP 10.4 LST	179
CAPÍTULO 5 PRUEBAS Y ANÁLISIS DE COSTO REFERENCIAL		182
5.1	PRUEBAS DE ANCHO DE BANDA EN LAS INTERFACES ÓPTICAS DEL SERVIDOR Y DE UN USUARIO DEL PROTOTIPO	182
5.2	PRUEBAS EN EL SERVICIO DE CORREO ELECTRÓNICO.....	185
5.2.1	CASO 1: TRANSMISIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO SIN ADJUNTO. 185	
5.2.2	CASO 2: TRANSMISIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO CON ADJUNTO < 10 MBYTES	186
5.3	PRUEBAS EN EL SERVICIO DE TELEFONÍA IP	187
5.4	PRUEBAS EN EL SERVICIO DE VIDEOCONFERENCIA	192
5.4.1	TRÁFICO GENERADO EN EL SERVIDOR	192
5.4.2	TRÁFICO GENERADO POR EL USUARIO 1 (PUERTO 28).....	194
5.4.3	TRÁFICO GENERADO POR EL USUARIO 2 (PUERTO 27).....	195
5.5	ANÁLISIS DE COSTOS REFERENCIAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO	197
CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		200
6.1.	CONCLUSIONES.....	200
6.2.	RECOMENDACIONES.....	201

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	202
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 1: DATASHEET SWITCH TP-LINK TL-SL5428	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 2: DETALLES DE LA INSTALACIÓN DE LA MÁQUINA VIRTUAL VMWARE SERVER 2.0	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 3: DETALLES DE LA INSTALACIÓN DE LA MÁQUINA VIRTUAL PARA CORREO ELECTRÓNICO ZIMBRA OPEN SOURCE 7.1	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 4: DETALLES DE LA INSTALACIÓN DEL SERVIDOR DE TELEFONÍA IP: TRIBOX 2.1	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 5: DETALLES DE LA INSTALACIÓN DEL SERVIDOR DE VIDEOCONFERENCIA OPENMEETINGS	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Fibra óptica	1
Figura 1.2 Ley de reflexión y refracción	5
Figura 1.3 Onda refractada, onda refractada en ángulo crítico, reflexión total interna.....	7
Figura 1.4 Partes básicas de la fibra óptica.....	8
Figura 1.5 Fibra multimodo.....	9
Figura 1.6 Fibra monomodo	9
Figura 1.7 Fibra multimodo de índice escalonado, fibra multimodo de índice gradual, fibra monomodo de índice escalonado.....	10
Figura 1. 8 Fibra óptica de estructura holgada	11
Figura 1. 9 Fibra óptica de estructura justada	12
Figura 1.10 Diodo Emisor de Luz, símbolo y esquema de polarización directa	16
Figura 1.11 Haces de Luz no coherente y coherente respectivamente.....	17
Figura 1.12 Niveles de atenuación y ventanas de trabajo de la fibra óptica.....	19
Figura 1.13 Dispersión Modal.....	21
Figura 1.14 Dispersión por modo de polarización	22
Figura 1.15 Diámetro del campo modal en una onda.....	23
Figura 1.16 Diodo PIN.....	25
Figura 1.17 Estructura interna de un diodo APD	26
Figura 1.18 Conmutación de circuitos	28
Figura 1.19 Conmutación de paquetes	29
Figura 1.20 Conmutación de mensajes	30
Figura 1.21 Conmutación de etiquetas.....	32
Figura 1.22 Matriz de conmutación	33
Figura 1.23 Conmutación de circuito óptica	34
Figura 1.24 Diagrama de un nodo OPS	35
Figura 1.25 Formación de ráfagas	36
Figura 1.26 Matriz de micro-espejos	38

Figura 1.27 Esquema de un conmutador óptico basado en espejos MEMS dinámicos	38
Figura 1.28 Redes ópticas activas	43
Figura 1.29 Redes ópticas pasivas	44
Figura 1.30 Elementos básicos de una red óptica pasiva	44
Figura 1.31 Arquitectura básica de una red APON	45
Figura 2.1 Clasificación de acuerdo al ingreso de una Empresa en Argentina	50
Figura 2.2 Desarrollo de las PyME's en el Ecuador	54
Figura 2.3 Tendencias del mercado principal de las PyME's	55
Figura 2.4 Aceptación de la tecnología en las PyME's.....	56
Figura 2.5 Objetivos de las políticas de implementación de PyME's.....	57
Figura 2.6 Organigrama de la empresa hipotética	59
Figura 2.7 Distribución típica general de la distribución de los retardos en una red .	73
Figura 2.8 Comparativa de los retardos que se experimentan con respecto a diferentes velocidades de una red local	75
Figura 2. 9 Retardo a diferentes velocidades y tamaños de archivos	76
Figura 2.10 Número de líneas necesarias para departamento de Gerencia General	80
Figura 2.11 Número de líneas necesarias para departamento de Ingeniería.....	81
Figura 2.12. Número de líneas necesarias para departamento de Administración ...	81
Figura 2.13 Número de líneas necesarias para departamento de Ventas	82
Figura 2.14 Número de líneas necesarias para departamento de Centro de Datos..	82
Figura 2.15. Número de líneas necesarias para Almacén de Despacho.....	83
Figura 2.16 Distribución jerárquica en una red	87
Figura 2.17 Diagrama esquemático de la red hipotética	90
Figura 2.18 Diseño final de la red hipotética a ser implementada.....	96
Figura 2.19 Diagrama de red del prototipo a implementar.	97
Figura 3.1 Porcentaje de empresas con conexión a Internet	102
Figura 4. 1 Diagrama del prototipo de red a implementar	127
Figura 4.2 Switch TP-Link TL-SL5428	131
Figura 4.3 Configuración de contraseña	134
Figura 4.4 Configuración de direcciones IP del Switch TL-SL5428.....	135

Figura 4. 5 Configuración vía Web	136
Figura 4.6 Pestaña Port Information.....	137
Figura 4.7 Ejemplo de configuración de puerto asociado al servidor de red	139
Figura 4.8 (SFP): TP LINK TL-SM311.....	139
Figura 4.9 Instalación de módulos SFP.....	141
Figura 4.10 Instalación de módulos SFP.....	142
Figura 4.11 Extracción de módulos SFP	142
Figura 4.12 Interfaz de red óptica M3F-PCIXD-2	143
Figura 4.13 Instalación en Host con unidad de puertos PCI tipo Torre	144
Figura 4.14 Instalación en Host con unidad de puertos PCI tipo montaje en rack. .	144
Figura 4.15 Detección de la tarjeta de red en host con sistema operativo Linux.....	145
Figura 4.16 Detección de la tarjeta de red en host con sistema operativo Windows	146
Figura 4.17 Uso de patch cord de fibra dentro de la red	148
Figura 4.18 Pantalla web de administración Zimbra de para ingreso de usuario y contraseña.....	154
Figura 4.19 Ejemplo de ingreso de usuario y contraseña en la pantalla de inicio Web de un cliente Zimbra.....	155
Figura 4 20 Interfaz de administración Zimbra	156
Figura 4.21 Pantalla de inicio del servidor Zimbra.....	156
Figura 4.22 Servicios instalados dentro del servidor Zimbra.....	157
Figura 4.23 Dominio instalado en el servidor Zimbra	157
Figura 4.24 Sección Direcciones.....	158
Figura 4.25 Administración de cuentas dentro del servidor de Zimbra.....	158
Figura 4.26 Ventana para el ingreso de datos de una nueva cuenta	159
Figura 4.27 Ventana para el ingreso de contraseña de la cuenta creada	159
Figura 4.28 Mensaje de creación de cuenta exitoso.	159
Figura 4.29 Pestaña de información general de configuración	160
Figura 4.30 Sección herramientas del servidor Zimbra.....	161
Figura 4.31 Pantalla de usuario vía web de Zimbra.	161
Figura 4.32 Ventana de usuario de correo Zimbra.....	162
Figura 4.33 Ventana web del servidor Trixbox	164

Figura 4.34 Cuadro de diálogo de autenticación para acceder al servidor.....	164
Figura 4. 35 Pantalla que muestra los parámetros y estadísticas del servidor Trixbox.	165
Figura 4.36 Ventana “Extensions” para configuración de nuevas extensiones	166
Figura 4.37 Opciones para agregar una extensión	167
Figura 4.38 Ventana de ingreso de datos para registro de usuario.....	168
Figura 4.39 Ingreso de la clave de usuario para el uso de su extensión.....	168
Figura 4.40 Visualización de las extensiones creadas	169
Figura 4.41 Distribución de clientes de telefonía IP y servidor Trixbox	169
Figura 4 42 Se presenta la configuración en el softphone	170
Figura 4.43 Ingreso a la máquina virtual de Openmeetings	171
Figura 4.44. Verificación de dirección IP del servidor de Openmeetings	172
Figura 4.45 Ingreso de usuario administrador	172
Figura 4.46 Pantalla de principal vía web del servidor de Openmeetings	173
Figura 4.47 Registro de usuario.	173
Figura 4.48 Ventana para el registro de un nuevo usuario.....	174
Figura 4.49 Función Grabación dentro de Openmeetings.....	175
Figura 4.50 Selección de Salas creadas	176
Figura 4.51 Prueba de las configuraciones de audio y video.	176
Figura 4.52 Selección de dispositivos para el uso en videoconferencia.....	177
Figura 4.53 Administración de usuario, cuentas, salas, etc.....	178
Figura 4.54 Página de inicio dentro del perfil de usuario de Openmeetings	178
Figura 4.55 Uso de GADMIN SAMBA para configuración.....	180
Figura 4.56 Configuración de Samba.....	180
Figura 4.57 Ingreso de usuario y contraseña para acceder al nuevo dominio	181
Figura 5.1 Pantalla de inicio de PRTG	182
Figura 5.2 Pantalla de inicio Wireshark	183
Figura 5.3 Pantalla de inicio BandWidth Meter.....	184
Figura 5.4 Tráfico Medido en la interfaz de servidor centralizado (BandWidth Meter)	186

Figura 5.5 Número de Paquetes generados en interfaz óptica de servidor centralizado.....	186
Figura 5.6 Ancho de Banda medido en interfaz óptica de servidor centralizado (PRTG).....	187
Figura 5.7 Ancho de Banda en interfaz óptica del servidor centralizado (PRTG)....	188
Figura 5.8 Ancho de Banda en interfaz óptica, servidor centralizado (Bandwitch Meter).....	188
Figura 5.9 Número de paquetes medidos en la interfaz óptica del servidor (Wireshark).....	189
Figura 5.10 Llamada realizada desde XLITE 3.0	190
Figura 5.11 Análisis de los protocolos generados en la interfaz del USUARIO 1. (Wireshark).....	190
Figura 5.12 Ancho de Banda en la interfaz óptica del USUARIO 1 (Bandwidth Meter)	191
Figura 5.13 Ancho de Banda generado en la interfaz óptica del USUARIO 1. (PRTG)	191
Figura 5.14 Tráfico generado en la interfaz óptica del servidor centralizado (PRTG)	192
Figura 5.15 Análisis de tráfico de la interfaz óptica del servidor (Wireshark)	193
Figura 5.16 Número de paquetes en interfaz óptica, servidor centralizado (Wireshark)	193
Figura 5.17 Ancho de banda medido en interfaz óptica de servidor centralizado (Bandwitch Meter)	194
Figura 5.18 Tráfico generado en el Puerto 28 del Switch óptico (USUARIO 1).....	194
Figura 5.19 Tráfico generado en el Puerto 28 del Switch óptico (USUARIO 2).....	195
Figura 5.20 Ancho de banda en la Interfaz óptica del Usuario 1 (PRTG).....	195
Figura 5.21 Ancho de banda medido en la interfaz óptica del servidor centralizado (Bandwitch Meter)	196

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Historia de la fibra óptica	4
Tabla 1.2 Índices de refracción de varios medios	6
Tabla 1.3 Comparación entre diferentes medios de transmisión.....	15
Tabla 1.4 Diferencias entre tecnología láser y LED.	17
Tabla 1.5 Comparación entre diodo PIN y diodo APD	27
Tabla 1.6 Comparación de los diferentes tipos de conmutadores ópticos	42
Tabla 1.7 Tabla comparativa de las diferentes tecnologías PON.....	48
Tabla 2.2 Distribución de equipamiento semiautomático de acuerdo al sector	55
Tabla 2.3 Porcentaje de utilización de maquinaria automática de acuerdo al sector	55
Tabla 2.4 Porcentaje de incorporación de ordenadores en las PyME's	56
Tabla 2.5 Participación de las PyME's en el total de la economía formal	56
Tabla 2.6 Número de máquinas por departamento.	63
Tabla 2.7 Ancho de banda requerido por departamento	71
Tabla 2.8 Valores típicos para servicios de correo electrónico y transferencia de archivos.....	72
Tabla 2.9 Tráfico total generado por los servicios de correo y FTP en todos los departamentos de la empresa hipotética.	73
Tabla 2.10 Distribución estimada de los retardos en las diferentes zonas de un sistema de información	74
Tabla 2.11 Retardos para diferentes tamaños de archivos en redes de velocidades desde 10Mbps hasta 1Gbps.....	75
Tabla 2.12 Retardos experimentados a diferentes velocidades	77
Tabla 2.13 Consideraciones para servicio de videoconferencia.....	78
Tabla 2.14 Consideraciones para servicio de videoconferencia.....	79
Tabla 2.15 Tasa de paquetes de datos de acuerdo al Códec utilizado	80
Tabla 2.16 Tráfico total interno generado.....	83
Tabla 2.17 Tráfico total interno generado.....	84

Tabla 2.18 Tráfico total externo.....	84
Tabla 2.19 Tráfico total generado por la empresa hipotética	85
Tabla 2.20 Cálculo del crecimiento de ancho de banda en 10 años	86
Tabla 2.21 Plan de direccionamiento IP para la red de la empresa hipotética	93
Tabla 2.22 Plan de direccionamiento IP para el prototipo de red propuesto	98
Tabla 2.23 Direccionamiento del servidor centralizado para prototipo de red propuesto	98
Tabla 3.2 Servidores DNS y sistemas operativos que los utilizan	105
Tabla 3.3 Comparación entre diferentes servidores DNS disponibles en el mercado.	105
Tabla 3.4 Comparación entre diferentes servidores de correo electrónico disponibles en el mercado.....	108
Tabla 3.5 Comparación de diferentes servidores de telefonía existentes en el mercado	114
Tabla 3.6 Aplicaciones que permiten la compartición de carpetas en los diferentes sistemas operativos.....	115
Tabla 3.7 Comparación entre posibles equipos de conmutación	121
Tabla 3.8. Software que se implementará en el prototipo	124
Tabla 3.9 Equipo características y justificación del equipo de conmutación que se usará para la implementación del prototipo.....	124
Tabla 3.10 Elementos adicionales de conmutación que permitirán llevar a cabo la implementación del prototipo.....	125
Tabla 4.1 Direccionamiento IP por departamento	126
Tabla 4.2 Direccionamiento IP para servicios implementados	127
Tabla 4.3 Hardware utilizado en la implementación del prototipo	129
Tabla 4.4 Software utilizado para la implementación del prototipo.....	130
Tabla 4.5 Tipos de puerto del Switch TL-SL5428.....	131
Tabla 4.6 Utilización de puertos en el Switch TL-SL5428	132
Tabla 4.7 Datos necesarios para configuración manual.....	135
Tabla 4.8 Parámetros de configuración por puerto	138
Tabla 4.9 Características principales de SFP TL-SM311	140

Tabla 4.10 Características de los patch cord de fibra a usar en el prototipo.....	147
Tabla 4.11 Características principales de hardware del equipo servidor	150
Tabla 4.12 Software sobre el cual se instalará los servidores.....	151
Tabla 4.13 Máquinas virtuales implementadas	153
Tabla 4.14 Resumen de cuentas creadas para el prototipo	162
Tabla 5.1 Pruebas realizadas en el Prototipo.....	185
Tabla 5.2 Tráfico Promedio de Correo Electrónico (CASO 1)	185
Tabla 5.3 Tráfico Promedio de Correo Electrónico (CASO 2)	187
Tabla 5.4 Ancho de Banda Promedio en la llamada realizada.	189
Tabla 5. 5 Tráfico promedio generado para el servicio de videoconferencia	196
Tabla 5.6 Resumen de tráfico medidos por servicio en el Prototipo de Red	197
Tabla 5.7 Costos de los Equipos de Red Utilizados.....	198
Tabla 5.8 Costos Referenciales del Servidor Centralizado	198
Tabla 5.9 Costos Referenciales de la PC usada como Usuario 1	198
Tabla 5.10 Costos Referenciales de la PC usada como Usuario 2.....	198
Tabla 5.11 Costos totales del proyecto	199

RESUMEN

Se inicia el presente proyecto de titulación realizando una breve introducción a la historia, evolución y actualidad de las tecnologías de red que usan medios de transmisión ópticos. Se las tecnologías y las topologías de red que usan medios de transmisión ópticos.

En el segundo capítulo se analizan los requerimientos a nivel de servicios, que demanda una red óptica para empresas de tamaño pequeño y mediano. También se determinarán el ancho de banda y requerimientos de velocidad. Finalmente basados en los requerimientos de una red de mediana escala se elaborará el diseño de un prototipo pequeño de intranet que cumpla con los requerimientos establecidos previamente.

En el tercer capítulo se analizan los equipos disponibles en el mercado que cumplen con los requisitos necesarios para el desarrollo del prototipo de red a implementar. También se realiza una comparación de los mismos, para finalmente escoger los que más se adapten a las necesidades del proyecto.

En el cuarto capítulo se desarrolla la implementación de la topología de red así como los servicios y aplicaciones previamente determinados para el prototipo, realizando la documentación de los procedimientos realizados tanto en el servidor, como en las estaciones de trabajo, equipos de red y medios de transmisión.

En el quinto capítulo se realizan las pruebas de funcionamiento (velocidad, ancho de banda y rendimiento) de los servicios. Se presenta los resultados obtenidos, para finalmente presentar el costo referencial del proyecto.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto tiene por objetivo el incorporar varios servicios como correo electrónico, videoconferencia, telefonía IP, etc, dentro de una intranet, usando un equipo de conmutación electrónica, dispositivos de conversión electro-ópticos, y basados en el diseño de una intranet para una PYMES.

El desarrollo y crecimiento de las empresas va de la mano con la inversión tecnológica que se realiza, pues permite el aprovechamiento de los recursos y la optimización de personal, por lo tanto la utilización de tecnologías de red permite obtener incremento en la producción, expansión en el mercado, generando más ingresos, y mejorando la calidad de vida de los empleados.

El uso de tecnologías en una empresa está ligado directamente a su producción, el actual auge de las tecnologías de comunicación ópticas, permite alcanzar mejores prestaciones en una red por lo que constituye importante entender tanto el funcionamiento, como las características de estas innovadoras soluciones de comunicaciones en redes.

El motivo que impulsó el desarrollo del presente Proyecto de Titulación fue la necesidad de validar la incorporación de estas tecnologías en una PYMES, analizar la factibilidad en el uso de las mismas tomando en consideración las limitaciones que un empresa tiene al ser considerada pequeña o mediana.

CAPÍTULO 1

ESTUDIO DE REDES ÓPTICAS ACTIVAS

1.1 DEFINICIÓN, FUNCIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN CON FIBRA ÓPTICA

1.1.1 DEFINICIÓN DE FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es un medio de transmisión de información, que utiliza pulsos lumínicos para el envío y recepción de mensajes o datos. Es un cilindro muy delgado de material transparente y recubierto por un revestimiento de material que permite que la luz viaje por todo el hilo casi sin pérdidas.

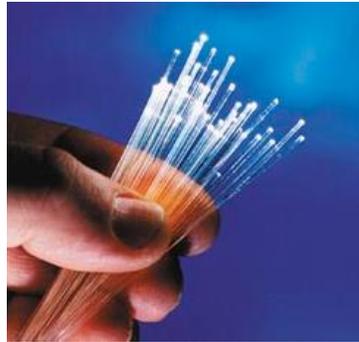


Figura 1.1 Fibra óptica ^[1]

1.1.2 HISTORIA DE LA FIBRA ÓPTICA

El hombre a través del transcurso del tiempo ha observado las ventajas que residen en el transporte de mensajes luminosos como una forma de envío de información, desde los antiguos griegos quienes utilizaban espejos para reflejar la luz y transmitir mensajes; hasta los últimos años, donde ha existido un gran auge en el uso de la tecnología por fibra óptica.

A continuación se presenta un resumen de los eventos más importantes que han transcurrido a lo largo de la historia que han permitido el desarrollo de la fibra óptica.

Año	Suceso
1609	Galileo construye un telescopio casero para la investigación de la teoría heliocéntrica ¹ .
1626	Willebrord Snel Van Royen elabora la ley de refracción, que permite calcular el cambio de dirección que experimenta una señal luminosa al atravesar de un medio transparente a otro diferente.
1790	Claude Chappe, construye un sistema simple de comunicaciones estableciendo un enlace telegráfico óptico entre París y Estrasburgo.
1860	Antonio Meucci realiza demostración pública de su invento el “teletrófono”, que permitía la conversión de señales de voz en señales eléctricas y viceversa, además de su transmisión a distancia.
1870	John Tyndall realiza la demostración de la propagación de luz a través de un cilindro transparente con agua.
1873	James Clerk Maxwell realiza estudio de la interacción entre los campos eléctrico y magnético.
1880	Alexander Graham Bell inventa el “fotófono” que a través de membranas espejadas podía convertir ondas sonoras en acústicas y viceversa, transmitiendo mensajes por el aire en un rayo de luz.
1952	Narinder Singh Kapany, apoyándose en los estudios de John Tyndall, realizó experimentos que condujeron a la invención de la fibra óptica.
1960	Theodore Harold Maiman, crea el primer láser utilizando un rubí bombeado por una lámpara de flash.
1966	Charles Kao y G.Hockham realizan estudios que constituyen la base para mejorar las pérdidas de las señales ópticas, proponen el uso de fibras de vidrio para la transmisión de mensajes telefónicos.

¹ **Teoría heliocéntrica:** sostiene que la Tierra y los demás planetas giran alrededor del sol.

Año	Suceso
1970	Maurer, Keck, Schultz y Zimar de la empresa Corning Glass, fabricaron la primera fibra óptica aplicando impurezas de titanio en sílice, Las pérdidas eran de 17 dB/km.
1971	C.A. Burrus desarrolla un nuevo dispositivo emisor de luz, el LED.
1973	La empresa Corning obtiene fibra óptica de SiO ₂ (dióxido de silicio) de alta pureza con atenuación 4 dB/km.
1975	Se observa que las fibras ópticas de SiO ₂ presentan mínima dispersión ² en torno a 1300 nanómetros,
1976	NTT (Nippon Telegraph and Telephone Corporation) y Fujikura obtienen Fibra Óptica con atenuación 0,47 dB/km en 1.300 nanómetros, muy próximo al límite debido a factores intrínsecos (Rayleigh ³).
1979	Se alcanzan atenuaciones 0,12 dB/km con fibras monomodo en 1550 nanómetros.
1980	1º Generación de sistemas de comunicaciones de fibra óptica; longitud de onda: 800 nm; ancho de banda: 45 Mb/s a 10 Km, sin uso de amplificadores.
1987	2º Generación de sistemas de comunicaciones de fibra óptica; longitud de onda: 1300 nm; ancho de banda: 1.7 Gb/s a 50 Km, sin uso de amplificadores.
1990	3º Generación de sistemas de comunicaciones de fibra óptica; longitud de onda: 1550 nm; ancho de banda: 2.5 Gb/s a 60-70 Km, sin uso de amplificadores.

² **Dispersión:** fenómeno de separación de las ondas de distinta frecuencia al atravesar un material.

³ **Principio de Rayleigh:** es la dispersión de la luz o cualquier otra radiación electromagnética por partículas mucho menores que la longitud de onda de los fotones dispersados.

Año	Suceso
1996	4º Generación de sistemas de comunicaciones de fibra óptica; uso de amplificadores ópticos dopados con Erbium (incrementa el espacio entre repetidores); multiplexores de división de longitud de onda (WDM, incrementa la tasa de bits).
2000 a época actual	5º Generación de sistemas de comunicaciones de fibra óptica, Investigaciones para: <ul style="list-style-type: none"> • Uso de otras ventanas de longitud de onda o las mismas pero con menor atenuación • Mejorar las Técnicas de Fabricación de la fibra óptica. Desarrollo de: <ul style="list-style-type: none"> Sistemas DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexer). Sistemas CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexer). <ul style="list-style-type: none"> • Redes totalmente ópticas. • Equipos ópticos de menor costo y mayor rendimiento. • Fibra óptica al escritorio.

Tabla 1.1 Historia de la fibra óptica

En la actualidad las fibras ópticas han ido variando en su utilización, así como también mejorando su capacidad de alcanzar mayores distancias con menor atenuación, al mejorar su proceso de fabricación, en esencia se debe disminuir las impurezas del material, con lo que se mejora dichos parámetros.

1.1.3 FUNCIONAMIENTO DE LA FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica basa su funcionamiento en diferentes principios y leyes que permiten transferir información a través de ella.

“La ley de reflexión es el cambio de dirección que experimenta una onda en la superficie de separación entre dos medios, de modo que regresa al medio inicial” [2].

en otras palabras cuando una onda choca contra una superficie ésta rebota experimentando un cambio en su dirección dependiendo del tipo de superficie con el que esta chocó.

Ley de refracción o ley de Snell, es el cambio de dirección que experimenta una señal luminosa al atravesar de un medio transparente a otro diferente, produciéndose únicamente si el haz incide de forma oblicua sobre la superficie que separa los medios; este fenómeno se basa en el cambio de velocidad de propagación que experimenta una onda al atravesar diferentes medios.

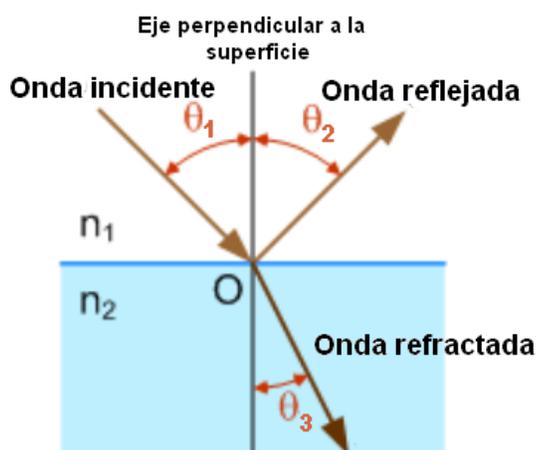


Figura 1. 2 Ley de reflexión y refracción [2]

En donde:

θ_1 (ángulo de incidencia) = θ_2 (ángulo de reflexión); el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, cuando la onda choca contra una superficie lisa, esto es una superficie con poca rugosidad.

$n_1 \sin \theta_1$ (ángulo de incidencia) = $n_2 \sin \theta_2$ (ángulo de refracción); fórmula para el cálculo del ángulo de refracción.

Siendo:

- θ_1 (Ángulo de incidencia), aquel formado por la dirección con el que una onda choca sobre una superficie, respecto a un eje vertical el cual es perpendicular a la superficie de incidencia.
- θ_2 (Ángulo de reflexión), aquel formado por la dirección con el que la onda es reflejada, respecto al mismo eje vertical.
- θ_3 (Ángulo de refracción), es el ángulo formado por la onda refractada y el eje vertical.
- n_1, n_2 (Índices de refracción), es un parámetro propio de cada medio que indica el comportamiento de la luz al atravesarlo, es la razón entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad que tiene la luz en ese medio.

Cada medio dispone de un índice de refracción diferente, a continuación se muestran ejemplos del índice de refracción de varios medios:

Medio	Índice de refracción
Vacío	1.0
Aire	1.0003
Agua	1.33
Alcohol etílico	1.36
Cuarzo fundido	1.46
Fibra de vidrio	1.5 - 1.9
Diamante	2.0 - 2.42
Silicio	3.4
Arseniuro de Galio	3.6

Tabla 1.2 Índices de refracción de varios medios ^[3]

Cuando una onda se desplaza por un medio con ángulo θ_1 de incidencia, respecto a la perpendicular a la superficie, y con un índice de refracción mayor que el índice de

refracción de otro medio, al cual se dirige, y se refleja hacia el medio en el que se desplazaba se produce un fenómeno conocido como reflexión total interna.

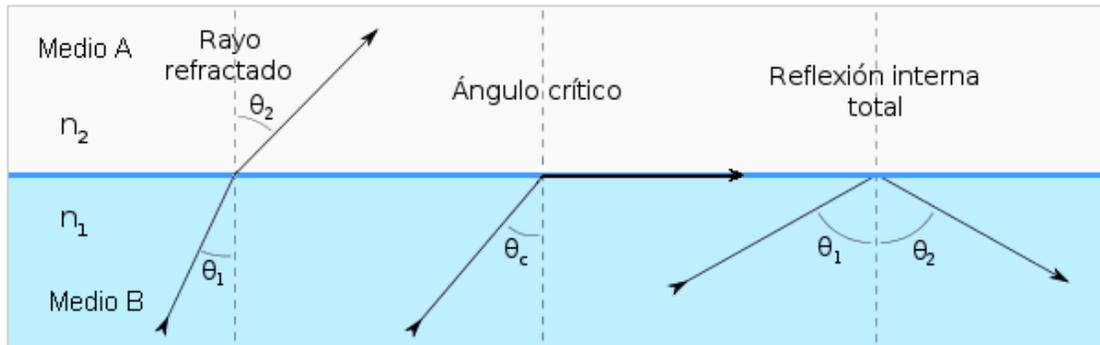


Figura 1.3 Onda refractada, onda refractada en ángulo crítico, reflexión total interna.

Cuando una onda se desplaza por un medio con un ángulo θ_c de incidencia, respecto a la perpendicular a la superficie, y se refleja produciendo una onda que sigue la superficie (90° respecto a la normal), el ángulo θ_c recibe el nombre de ángulo crítico, por lo que para que se produzca el fenómeno de reflexión total interna es necesario:

- Que el ángulo de incidencia sea mayor al ángulo crítico ($\theta_1 > \theta_c$).
- Que el índice de refracción por el que la onda se desplaza sea mayor del índice del medio al que se dirige ($n_1 > n_2$).

Estos principios permiten que la información en forma de ondas luminosas se propague a través de la fibra óptica, pues la fibra en esencia está constituida por dos cilindros coaxiales, cada uno con diferente índice de refracción, permitiendo que los haces luminosos se transporten mediante sucesivas reflexiones.

El cilindro interno toma el nombre de núcleo y su índice de refracción es mayor que el del cilindro externo que forma la segunda capa, dicha capa recibe el nombre de revestimiento, éste a su vez se encuentra protegido por una cubierta generalmente de material plástico.

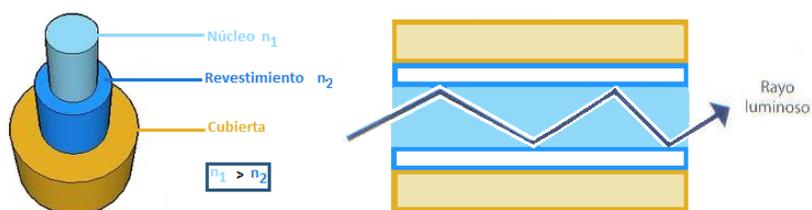


Figura 1.4 Partes básicas de la fibra óptica [4]

1.1.4 CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica puede clasificarse de acuerdo a diferentes parámetros, como la forma de propagación, la variación del índice de refracción en el núcleo y por la protección secundaria usada.

1.1.4.1 Por la forma de propagación

Por la forma de propagación la fibra puede diferenciarse de acuerdo al número de rayos de luz o modos⁴ que la atraviesan, pudiendo ser ésta de dos tipos: fibra monomodo, fibra multimodo.

1.1.4.1.1 Fibra multimodo

Cuando la fibra puede transmitir varios rayos de luz o modos, cada uno de los cuales sigue un camino diferente dentro de la fibra óptica, recibe el nombre de fibra multimodo,

Con fibra multimodo se utilizan generalmente fuentes de luz como la LED, y pueden ser usadas en distancias cortas como en una red LAN. Tienen diámetros de núcleo con rangos en el orden de 50 a 100 micras, y con diámetros en el revestimiento de aproximadamente 125 a 140 micras.

⁴ Los modos son formas de ondas admisibles, la palabra *modo* significa trayectoria.

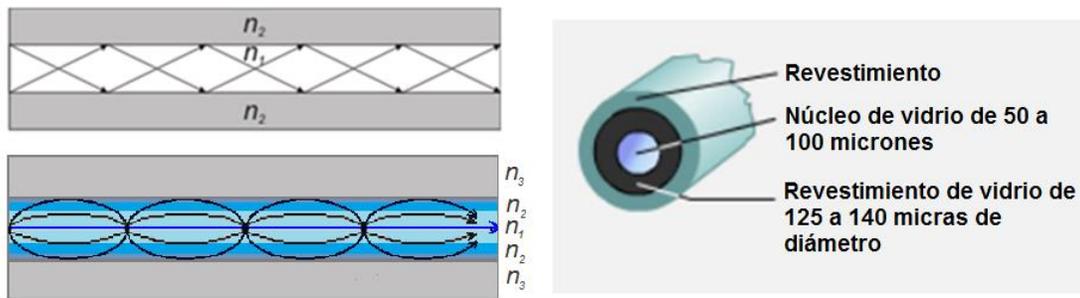


Figura 1.5 Fibra multimodo ^[5]

1.1.4.1.2 Fibra monomodo

Cuando la fibra puede transmitir un solo rayo de luz o un solo modo de propagación recibe el nombre de monomodo.

Con fibras monomodo se utilizan generalmente fuentes de luz como la láser. Son comúnmente usadas para el transporte de información a grandes distancias, sus núcleos tienen rangos entre 8.3 a 10 micras, y con diámetros en el revestimiento de aproximadamente 125 micras.

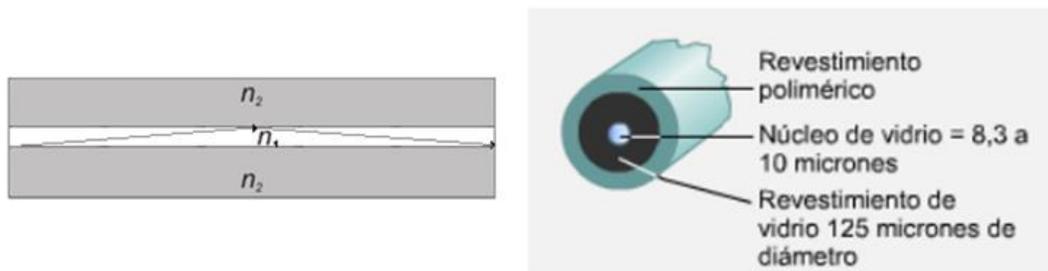


Figura 1.6 Fibra monomodo ^[5]

1.1.4.2 Por la variación del índice de refracción en el núcleo

De acuerdo al índice de refracción se tiene fibras ópticas de índice gradual o fibras ópticas de índice escalonado.

1.1.4.2.1 Fibras ópticas de índice gradual

Las fibras ópticas de índice gradual se caracterizan porque el índice de refracción del núcleo varía gradualmente desde el centro del núcleo hasta el límite con el revestimiento, siendo el índice de refracción del núcleo mayor, lo que permite que una onda al atravesar una fibra de índice gradual se refracte consecutivamente dentro de la misma.

1.1.4.2.2 Fibras ópticas de índice escalonado

Las fibras ópticas de índice escalonado se caracterizan porque el índice de refracción del núcleo y del revestimiento son constantes, siendo el índice de refracción del núcleo mayor que el índice de refracción del revestimiento.

Las fibras de índice escalonado pueden a su vez ser monomodo o multimodo, mientras que las fibras de índice gradual pueden ser únicamente multimodo.

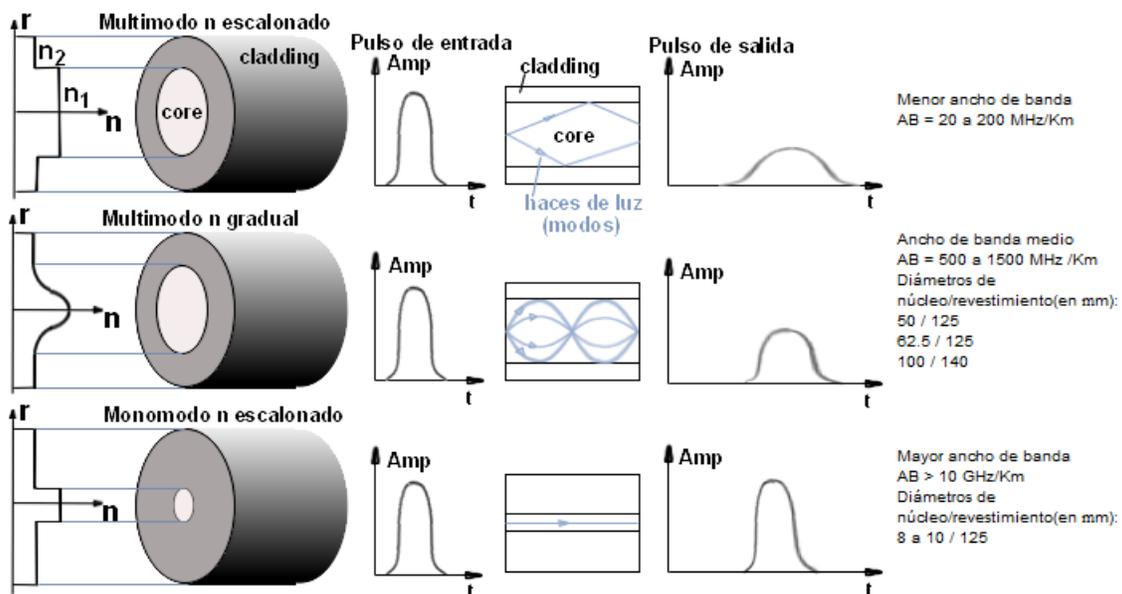


Figura 1.7 Fibra multimodo de índice escalonado, fibra multimodo de índice gradual, fibra monomodo de índice escalonado [6]

1.1.4.3 Por la protección secundaria

Este tipo de clasificación está basada en la estructura física y disposición de los hilos de fibra dentro de su cubierta y protección, en base a ello la fibra óptica puede clasificarse en: ajustada y holgada.

1.1.4.3.1 Fibra óptica de estructura holgada

En los cables de estructura holgada varios hilos de fibra óptica se encuentran agrupados dentro de un tubo, el cual permite su concentración holgada utilizando gel como relleno; varios tubos se encuentran rodeando un refuerzo central de relleno y a su vez se concentran dentro de una cubierta protectora que también se encuentra rellena de gel. El tubo holgado aísla la fibra de las fuerzas mecánicas exteriores que se ejerzan sobre el cable.

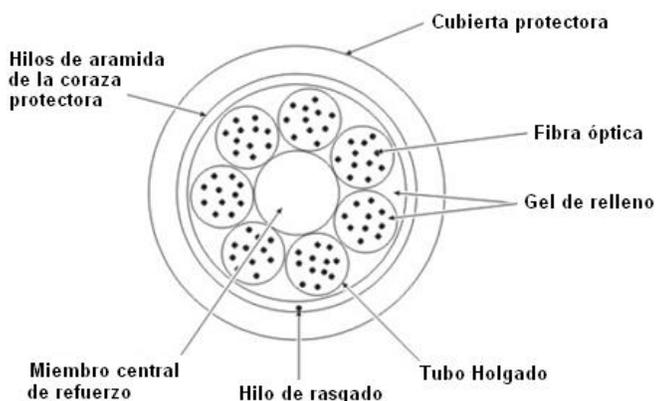


Figura 1. 8 Fibra óptica de estructura holgada ^[7]

1.1.4.3.2 Fibra óptica de estructura ajustada

Los cables de estructura ajustada contienen varias fibras con protección secundaria que rodean un refuerzo central, y todo ello cubierto de una protección exterior. La protección secundaria de la fibra consiste en una cubierta plástica de 900 μm de diámetro que rodea al recubrimiento de 250 μm de la fibra óptica.

La protección secundaria proporciona a cada fibra individual una protección adicional frente al entorno así como un soporte físico. Para algunas instalaciones esto puede reducir el coste de la instalación y disminuir el número de empalmes en un tendido de fibra. Debido al diseño ajustado del cable, es más sensible a las cargas de estiramiento o tracción.

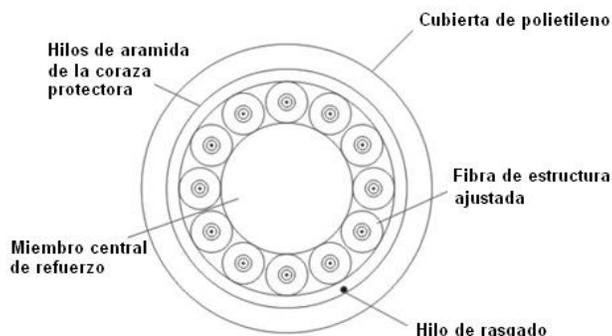


Figura 1. 9 Fibra óptica de estructura justada [7]

1.1.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA CON RESPECTO A OTROS MEDIOS DE TRANSMISIÓN

1.1.5.1 Ventajas de la fibra óptica

La fibra óptica dispone varias ventajas que la caracterizan de otros medios de transmisión, tales como su tamaño reducido, bajo peso, elevado ancho de banda, nivel de pérdidas mínimo, inmunidad al ruido, eliminación de cortos. Materiales de fabricación de bajo costo y abundantes.

1.1.5.1.1 Tamaño, peso, flexibilidad

Las fibras ópticas tienen diámetros muy pequeños, el diámetro de una fibra óptica es similar al de un cabello humano, pudiendo concentrarse un número muy grande de fibras en el diámetro correspondiente al de un cable coaxial RG-6 (8 mm); las fibras también presentan ventajas en la facilidad para la manipulación en instalaciones,

siendo ventajoso su uso en sistemas de ductos congestionados, cuartos de computadoras o el interior de aviones.

1.1.5.1.2 Aislamiento eléctrico

La fibra óptica ofrece una gran ventaja al presentar inmunidad al ruido e interferencia; y debido a que no transportan electricidad sino ondas luminosas, pueden ser empleadas cerca de líquidos y gases sin afectación alguna.

1.1.5.1.3 Seguridad

La información que viaja por una línea óptica es difícil de interceptar, sin que pase inadvertido, esto es debido a que la luz no es sensible a ningún fenómeno de tipo inductivo. Esto explica por qué cerca del 10% de la producción mundial de fibra se destina a instalaciones militares.

1.1.5.1.4 Baja pérdida de transmisión

La fibra óptica moderna tiene mejores características de pérdida que los cables convencionales. Además el valor de atenuación es independiente de la velocidad de transmisión de la señal, aunque dicha atenuación si es dependiente de sus parámetros físicos, siendo más importante la longitud de onda a la que se transmite. Dicha atenuación está determinada en lo que se denominan ventanas de transmisión y constituyen la longitud de onda central de la fuente luminosa que se usa para transmitir la información a lo largo de la fibra, estas son:

- Primera ventana: $\lambda = 850 \text{ nm}$
- Segunda ventana: $\lambda = 1310 \text{ nm}$
- Tercera ventana: $\lambda = 1550 \text{ nm}$
- Cuarta ventana: $\lambda = 1625 \text{ nm}$
- Quinta ventana: $\lambda = 1470 \text{ nm}$

1.1.5.1.5 Ancho de banda

La fibra óptica presenta un gran ancho de banda, lo que representa más información transmitida que sobre los conductores convencionales. Se manejan en el orden de los cientos de MHz hasta los cientos de GHz. En sistemas de transmisión que utilizan fibra óptica el ancho de banda usualmente se encuentra limitado por los dispositivos de conmutación que suelen realizar conversión óptico-eléctrica.

Además de las ventajas ya expuestas se tiene que la fibra óptica cuenta con un gran rango de temperatura de trabajo, inmunidad al ruido, riesgo de incendio nulo, reducción en costos de mantenimiento.

1.1.5.2 Desventajas de la fibra óptica

La desventaja principal de la fibra óptica es la dificultad técnica asociada con las conexiones fiables y baratas, y el desarrollo de una tecnología de circuitos ópticos que puede igualar las tasas de datos de los cables. La velocidad de estos circuitos, los cuales se controlan electrónicamente, normalmente es el factor limitante en la tasa de bits.

Los empalmes y acopladores producen pérdidas que son relevantes si no se tiene el suficiente cuidado con las delicadas uniones entre equipos y terminales. Lo que vuelve al proceso de mantenimiento un asunto crítico, por lo que se requiere el uso de equipos sofisticados para su empalme y mantenimiento (ODTR, medidor de potencia, fusionador).

Entre las implicaciones que conlleva la instalación de un enlace de fibra óptica, está el costo de dispositivos alternos tales como fuentes, detectores, multiplexores, entre otros, dado que implica un modo de transmisión diferente al de las líneas de cobre.

La fragilidad que representa la manipulación de cables de fibra óptica en una instalación, requiriendo para su aseguramiento de mecanismos adicionales.

1.1.5.3. Comparación de la fibra óptica con otros medios de transmisión

Medio	Costo	Velocidad [bps]	Atenuación	Interferencia	Seguridad
UTP	Bajo	1-100M	Alta	Alta	Baja
STP	Medio	1-150M	Alta	Media	Baja
Coaxial	Medio	1M-1G	Media	Media	Baja
Fibra	Alto	10M-2G	Baja	Ninguna	Alta
Radio	Medio	1-10M	Varía	Alta	Baja
Satélite	Alto	1M-10G	Varía	Alta	Media

Tabla 1.3 Comparación entre diferentes medios de transmisión ^[8]

1.1.6 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN CON FIBRA ÓPTICA

Un sistema de envío y recepción de información mediante el empleo de fibra óptica se compone en esencia de tres elementos básicos: Emisor o transmisor, medio guiado o medio de transmisión (fibra óptica) y el detector o receptor óptico.

1.1.6.1 Emisor o transmisor óptico

El emisor o transmisor óptico es el encargado de colocar en el medio de transmisión las señales lumínicas para su envío, pudiendo ser de dos tipos: los diodos emisores de luz (LED) o los diodos láser (LD).

1.1.6.1.1 Diodos emisores de luz (LED)

Los diodos emisores de luz o diodos LED por sus siglas en inglés (Light Emitting Diode) son dispositivos semiconductores unidireccionales, y se encuentran formados por la unión de un semiconductor tipo N y un semiconductor tipo P.

Un material semiconductor tipo N es un material (Germanio Ge o Silicio Si) dopado con elementos externos, generalmente suelen ser de valencia cinco, como el

Arsénico As y el Fósforo P, posee un electrón no ligado, a diferencia de los átomos que conforman la estructura original.

Mientras un material semiconductor tipo N en un material (Germanio Ge o Silicio Si) dopado con elementos externos, generalmente suelen ser de valencia tres, como el Aluminio Al, Indio In o Galio Ga; Aluminio, el Indio o el Galio, debido a que solo tiene tres electrones en su última capa de valencia tenderá a tomar electrones de los átomos próximos, generando más huecos que electrones.

Cuando el diodo es polarizado directamente excita los electrones, de manera que son capaces de atravesar la banda de energía que separa dichos semiconductores, si la energía es suficiente los electrones escapan del material en forma de fotones.

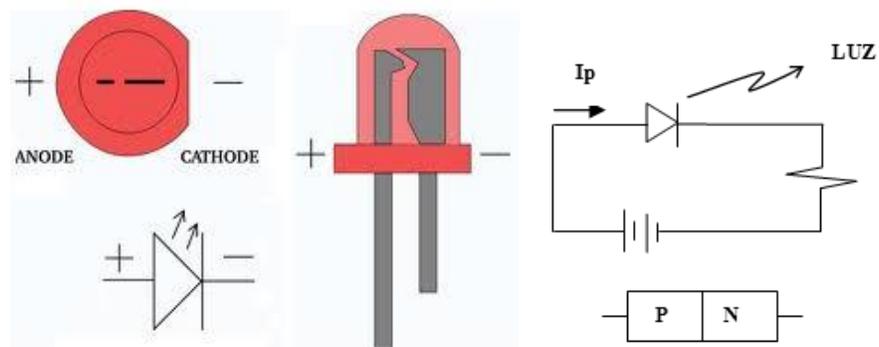


Figura 1.10 Diodo Emisor de Luz, símbolo y esquema de polarización directa ^[9]

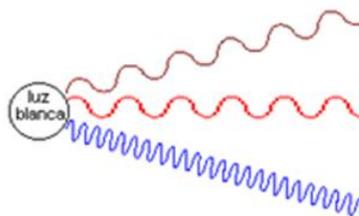
1.1.6.1.2 Diodo láser

El uso de amplificación de luz por emisión estimulada de radiación o láser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) por su parte, produce un haz de luz coherente, esto es que la luz emitida no sólo tiene la misma frecuencia (color), sino también la misma fase (está sincronizada); esto produce que los fotones ⁵ al

⁵ Un fotón es una partícula elemental, es decir, es la partícula más pequeña de la que está compuesta la luz.

pasar de un estado de alta energía a un estado de menor energía, estimulan a otros electrones para crear fotones similares.

Haz de Luz no coherente



Haz de luz coherente



Figura 1.11 Haces de Luz no coherente y coherente respectivamente ^[10]

Existen varias diferencias entre el uso de emisores de luz basados en tecnología láser y aquellos que utilizan LED's, entre las más importantes se tiene:

Láser	LED
Emisión unidireccional.	Emisión dispersa.
Potencia de salida mayor.	Menor potencia de salida, mayor tiempo de vida.
Emisión coherente de luz	Emisión incoherente
Construcción es más compleja	Más económico
Actúan como fuentes adecuadas en sistemas de telecomunicaciones	Se acoplan a fibras ópticas en distancias cortas de transmisión
Tiempos de respuesta más rápidos, en el orden de los 10ns.	Tiempos de respuesta menores, en el orden de los 0.1µs.

Tabla 1.4 Diferencias entre tecnología láser y LED.

1.1.6.2 Medio de transmisión o canal de transmisión

Constituye básicamente el medio de transporte, por el cual los datos o información son enviados, para el caso de análisis, la fibra óptica constituye el medio de transmisión. Entre las características de transmisión que tiene la fibra óptica se encuentran la atenuación, el ancho de banda, el diámetro de campo modal y la longitud de onda de corte; estas características permiten definir parámetros fundamentales para su funcionamiento y uso.

1.1.6.2.1 Atenuación

Significa la disminución de potencia de la señal óptica, y esta es inversamente proporcional a la longitud de la fibra. La atenuación puede ser expresada como:

$$A = \frac{1}{L} 10 \log \frac{P_1}{P_2} \left[\frac{\text{db}}{\text{Km}} \right]$$

Ecuación 1.1 Fórmula para el cálculo de la atenuación de la fibra óptica.

Siendo:

- P_1 , la potencia de la luz a la entrada de la fibra óptica.
- P_2 , la potencia de la luz a la salida de la fibra óptica.
- L , la longitud del tramo de fibra óptica.

Con el mejoramiento de las tecnologías de fabricación de fibra óptica se han disminuido los niveles de atenuación de las mismas, permitiendo obtener distancias cada vez mayores.

Los factores que pueden producir atenuación en la fibra óptica pueden ser internos o externos.

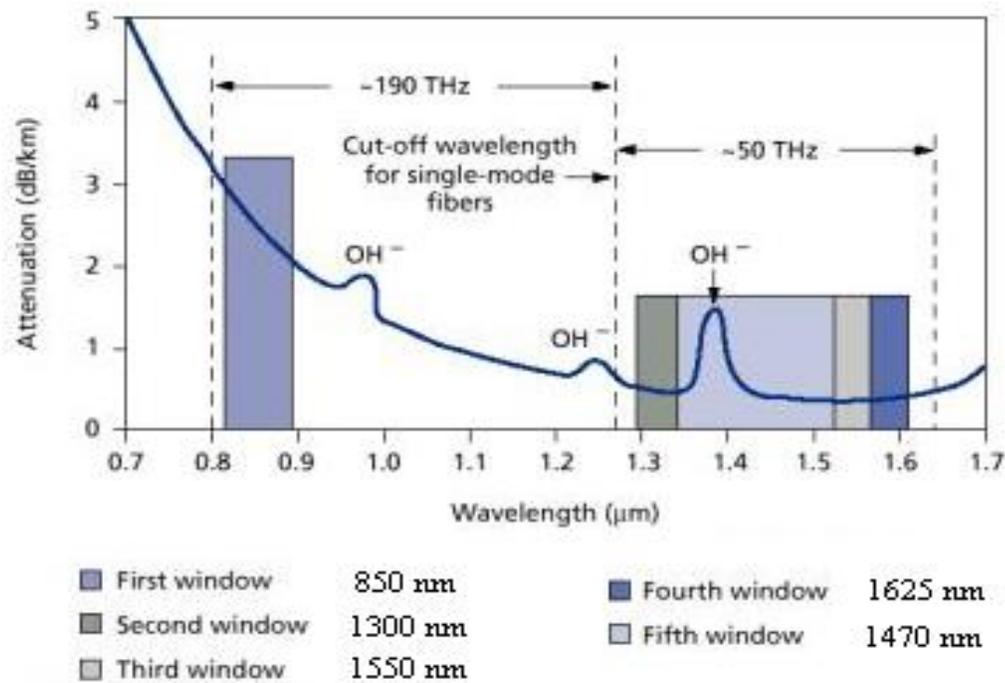


Figura 1.12 Niveles de atenuación y ventanas de trabajo de la fibra óptica^[11]

Las ventanas de transmisión son regiones del espectro donde las características de transmisión de las fibras se presentan más favorables y constituyen los valores de longitud de onda en los cuales se pueden transmitir información en la fibra con menor atenuación. Las ventanas de trabajo son: Primera ventana a 850 nm, segunda ventana a 1300 nm, tercera ventana a 1550 nm, cuarta ventana a 1625 nm y quinta ventana a 1470 nm,

La primera ventana se encuentra centrada alrededor de 850 nm. Los primeros sistemas de transmisión por fibra operaron en esta ventana, debido a la disponibilidad de fuentes y fotodiodos funcionando a estas longitudes de onda.

La segunda y tercera ventana son utilizadas para la transmisión de señales para ambientes WAN, es común el empleo de velocidades en el orden de los Giga bps y decenas de Giga bps.

La cuarta y quinta ventana es utilizada mediante el empleo de tecnologías como DWDM (Multiplexación por división de onda densa), con niveles de atenuación muy bajos (menores a 0.25 db/Km).

- **Factores Internos**

Son los factores que ocurren directamente en el interior de la fibra entre los cuales se puede tener:

Las pérdidas producidas por absorción del material de la fibra, debido a impurezas inevitables que se juntan en el proceso de fabricación, que absorben la luz y la convierten en calor. El vidrio ultra puro usado para fabricar las fibras ópticas es aproximadamente 99.9999% puro, aun así las pérdidas por absorción entre 1 y 1000 dB/Km son típicas. Es por eso que en los procesos de fabricación se trata de disminuir el nivel de impurezas presentes.

Las pérdidas por dispersión se manifiestan debido a las irregularidades submicroscópicas ocasionadas durante el proceso de fabricación y cuando un rayo de luz se está propagando choca contra estas impurezas y se dispersa y refleja.

- **Factores externos**

El principal factor externo que afecta a la atenuación, son las deformaciones mecánicas, siendo las más importantes las curvaturas, esto conduce a la pérdida de luz porque algunos rayos no sufren la reflexión total y se escapan del núcleo.

1.1.6.2.2 Ancho de banda

Determina la capacidad de transmisión de información, la capacidad viene limitada por una distorsión de la señal que resulta por ensanchamiento de los pulsos luminosos al transmitirse a lo largo de la fibra. Entre los principales factores que contribuyen dicho ensanchamiento son la dispersión intermodal o modal, la

dispersión intramodal por el material y por guía de onda, y dispersión por modo de polarización.

- **Dispersión intermodal o modal**

Es aquella causada por la diferencia en los tiempos de propagación de los rayos de luz que toman diferentes trayectorias por una fibra y tiene lugar solo en las fibras multimodo,

En una fibra de índice de escalón multimodo, un rayo de luz que se propaga por el eje de la fibra requiere de la menor cantidad de tiempo para viajar a lo largo de la fibra. Un rayo de luz que choca a la interface de núcleo/cubierta en el ángulo crítico sufrirá el número más alto de reflexiones internas y, en consecuencia, tomará la mayor cantidad de tiempo para viajar a lo largo de la fibra, alcanzando el extremo lejano de la fibra en tiempos diferentes produciendo una dispersión de la energía de la luz, con respecto al tiempo.

Se puede reducir usando fibras de índice gradual y casi se elimina usando fibras monomodo de índice de escalonado. Esta dispersión causa que un pulso de luz emitido se reciba en el receptor ensanchado.

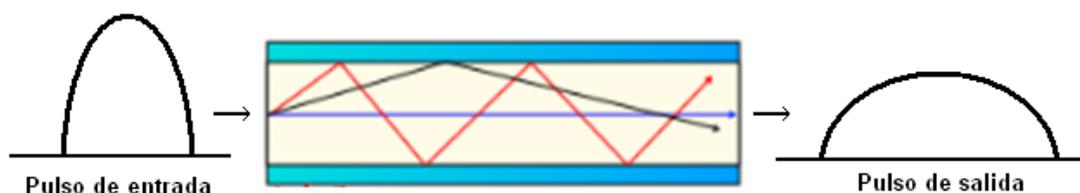


Figura 1.13 Dispersión Modal

- **Dispersión intramodal por el material**

En la dispersión intramodal del material tanto los transmisores que trabajan con láseres o LED's producen un rango de longitudes de onda (una banda de luz), en lugar de una sola longitud de onda. La fibra tiene diferentes índices refractivos para

diferentes longitudes de onda de aquí que cada longitud de onda viaje a diferente velocidad. Esto da como resultado que algunas longitudes de ondas lleguen antes que otros

- **Dispersión intramodal por guía de onda**

La dispersión intramodal por guía de onda es causada por la forma del perfil del índice de refracción del núcleo de la fibra. Sin embargo, esto puede ser controlado a través de un diseño cuidadoso.

- **Dispersión por modo de polarización**

La dispersión por modo de polarización (PMD) ocurre cuando diversos planos de la luz dentro de una fibra viajan a velocidades levemente diversas, haciéndola imposible transmitir datos confiablemente a las altas velocidades.

Cuando una fibra es perfectamente circular la constante de propagación entre las polarizaciones es la misma y por tanto también lo es la velocidad de propagación de cada polarización. Pero en el caso de una fibra que no es perfectamente circular la velocidad de propagación de cada polarización va a ser distinta produciéndose la dispersión por polarización del modo PMD.

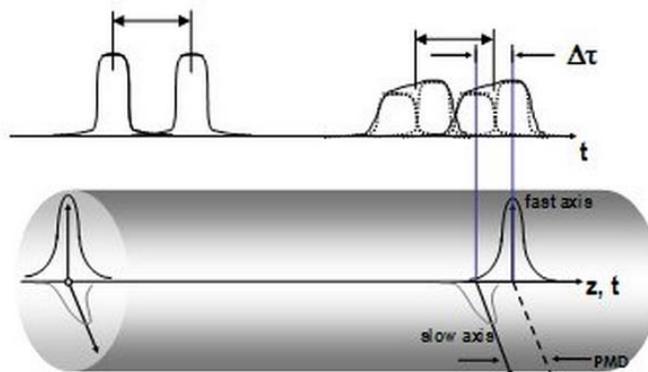


Figura 1.14 Dispersión por modo de polarización ^[12]

1.1.6.2.3 Diámetro de campo modal

Indica cómo se produce la distribución geométrica de la luz en el modo propagado, el diámetro del campo modal (MFD) caracteriza el tamaño del núcleo, la potencia acoplada y la habilidad para hacer uniones de bajas pérdidas y representa la distribución transversal de la potencia propagándose en la fibra, la cual tiene su mayor intensidad en el centro y decrece hacia el revestimiento.

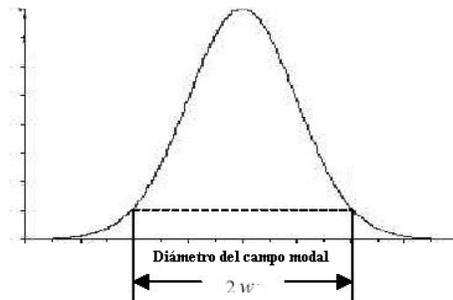


Figura 1. 15 Diámetro del campo modal en una onda ^[13]

Es de gran importancia en las características de la fibra monomodo, donde el 80% de la luz es transportado por el núcleo y el 20% a través del revestimiento. MFD es una especificación crítica de rendimiento para empalme y conectorización.

Cuando se empalman fibras monomodo, el diámetro del campo modal es usado en lugar del diámetro del núcleo. La fibra que se está empalmando no capturará toda la luz transmitida si se tienen núcleos con diferentes concentricidades, o núcleos de diferentes tamaños o núcleos que no sean circulares.

El radio de campo modal (MFR) es un concepto asociado al de diámetro de campo modal (MFD).

$$\text{Pérdidas}_{\text{MFR}} = -10 \log \frac{4}{\left(\frac{w_1}{w_2} + \frac{w_2}{w_1}\right)^2}$$

Ecuación 1. 2 Fórmula para el cálculo de pérdidas por desajuste del radio del campo modal.

Dónde:

w_1 , es el radio de campo modal de la fibra transmisora.

w_2 , es el radio de campo modal de la fibra receptora.

En tanto que para las fibras multimodo surge el concepto de apertura numérica, en donde sólo se guía la luz que entra en la fibra dentro de un determinado cono de aceptación, los rayos dentro del alma de la fibra óptica pueden incidir en varios ángulos pero la reflexión interna total se produce exclusivamente para aquellos que inciden con un ángulo mayor que el crítico, este fenómeno evita que los rayos abandonen la fibra antes de llegar al extremo de la misma.

1.1.6.2.4 Longitud de onda de corte

La longitud de onda de corte teórica es la longitud de onda más pequeña a la que puede propagarse un modo único en una fibra monomodo. Este parámetro puede calcularse a partir del perfil del índice de refracción de la fibra. A longitudes de onda inferiores a la longitud de onda de corte teórica, pueden propagarse varios modos y la fibra ya no es monomodo, sino multimodo.

1.1.6.3 Detector o receptor óptico

Es el encargado de recibir las señales luminosas del medio de transmisión, principalmente se utilizan dos tipos: diodo PIN, diodo APD.

1.1.6.3.1 Diodo PIN

Los diodos PIN están formados por materiales semiconductores tipo P y tipo N, disponen adicionalmente de una región intrínseca ubicada entre dichas zonas.

La región intrínseca es realmente una región P de alta resistividad, cuando el circuito está abierto, los electrones fluyen desde la región intrínseca hasta la región P para recombinarse con los huecos en exceso; así mismo, los huecos fluyen desde la

región intrínseca para recombinarse con los electrones de la región N. Cuando se le aplica una polarización inversa, se crea una zona desértica⁶ en la región intrínseca en la cual se forma un campo eléctrico. Donde, un fotón en la zona desértica con mayor energía o igual a la del material semiconductor, puede perder su energía y excitar a un electrón que se encuentra en la banda de valencia para que pase a la banda de conducción. Este proceso genera pares electrón – hueco que se les llama fotoportadores.

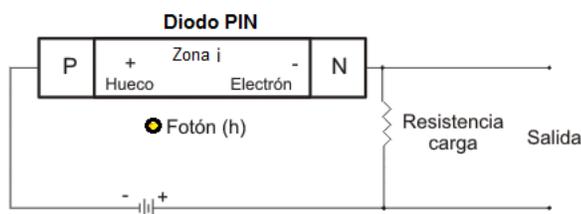


Figura 1.16 Diodo PIN ^[14]

La luz entra al diodo y es absorbida por el material intrínseco, el cual agrega la energía suficiente para lograr que los electrones se muevan y generen portadores de carga eléctrica que permitan que una corriente fluya a través de él.

Este tipo de diodos se utiliza en frecuencias de microondas, es decir, frecuencias que exceden de 1 GHz, puesto que incluso en estas frecuencias el diodo tiene una impedancia muy alta cuando está inversamente polarizado y muy baja cuando está polarizado en sentido directo. Además, las tensiones de ruptura están comprendidas en el margen de 100 a 1000 V.

En virtud de las características del diodo PIN se le puede utilizar como interruptor o como modulador de amplitud en frecuencias de microondas ya que para todos los propósitos se le puede presentar como un cortocircuito en sentido directo y como un circuito abierto en sentido inverso. También se le puede utilizar para conmutar corrientes muy intensas y tensiones muy grandes. Además son usados en sistemas

⁶ **Zona desértica:** Es una zona en la que las cargas positivas de la zona P se compensan con las cargas negativas de la zona N, dejando sin carga la zona desértica.

que permiten una fácil discriminación entre diferentes niveles de luz y en distancias cortas.

1.1.6.3.2 Fotodiodo de avalancha (APD)

Por su parte, los diodos APD (Avalanche Photo Detector), son utilizados cuando la señal es débil y la frecuencia muy elevada, La principal característica es que además de detectar la señal luminosa, también la amplifican mediante un proceso de multiplicación electrónica.

Los electrones generados por el impacto de un fotón se aceleran debido a una fuerte polarización, que puede variar entre 150 y 200 voltios, lo cual origina un fenómeno semejante a una avalancha de electrones. La ganancia en corriente en estos fotodiodos puede ser de 100 a 200, por lo que éstos pueden detectar señales mucho más débiles que un diodo PIN.

Cuando se aplican altos voltajes de polarización inversa, los portadores de carga libres se desplazan rápidamente, con mayor energía y liberan nuevos portadores secundarios, los cuales también son capaces de producir nuevos portadores. Este efecto se llama multiplicación por avalancha.

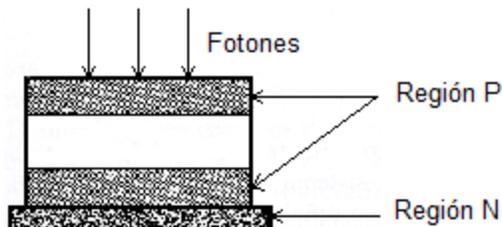


Figura 1.17 Estructura interna de un diodo APD ^[15]

Los fotodiodos APD son 10 veces más sensibles que los diodos PIN y requieren de menos amplificación adicional. Su desventaja radica en que los tiempos de transición son muy largos y su vida útil es muy corta.

A continuación se muestra un resumen de las principales características tanto de diodos PIN como de diodos APD:

	Diodo PIN	Diodo APD
Voltaje de polarización [V]	6,10,15	30, 40, 100, 200
Tiempo de vida útil	Mayor	Menor
Tiempo de respuesta	Tiempos de respuesta mayores por lo que su velocidad de respuesta es menor.	Tiempos de respuesta más pequeños, por lo que su velocidad de respuesta es mayor, permiten la transmisión de mayores tasas de información.
Temperatura	Menor temperatura	Se requiere disipar más calor
Ganancia	1 vez	100 veces

Tabla 1. 5 Comparación entre diodo PIN y diodo APD

1.2 TÉCNICAS DE CONMUTACIÓN ÓPTICA

1.2.1 TÉCNICAS DE CONMUTACIÓN

Conmutación es la forma que los diferentes dispositivos interactúan entre sí de modo que permiten crear un camino que permita transportar información, existen diferentes técnicas o tipos de conmutación, pudiendo ser: Conmutación de circuitos, conmutación de paquetes, conmutación de mensajes, conmutación de celdas, conmutación de etiquetas, conmutación electrónica, conmutación óptica.

1.2.1.1 Conmutación de circuitos

En la conmutación de circuitos se establece un camino o canal de comunicaciones, por el que fluye la información entre las dos estaciones terminales, el ancho de banda de dicho canal está siempre disponible para la comunicación.

La conmutación de circuitos implica tres fases: el establecimiento del circuito, la transferencia de datos y la desconexión del circuito.

En el establecimiento del circuito se fija el camino entre el origen y el destino, pudiendo este atravesar diversos dispositivos o redes, sin embargo estos resultan transparentes para las estaciones, las cuales perciben como si estuvieran conectadas directamente entre ellas; en esta fase también se reserva un ancho de banda hasta la finalización de la comunicación.

En la fase de transferencia de la información, las estaciones pueden o no enviar información, siempre teniendo el canal reservado para su comunicación.

En la etapa de desconexión o finalización de la conexión los recursos son liberados para que puedan ser utilizados por otra conexión.

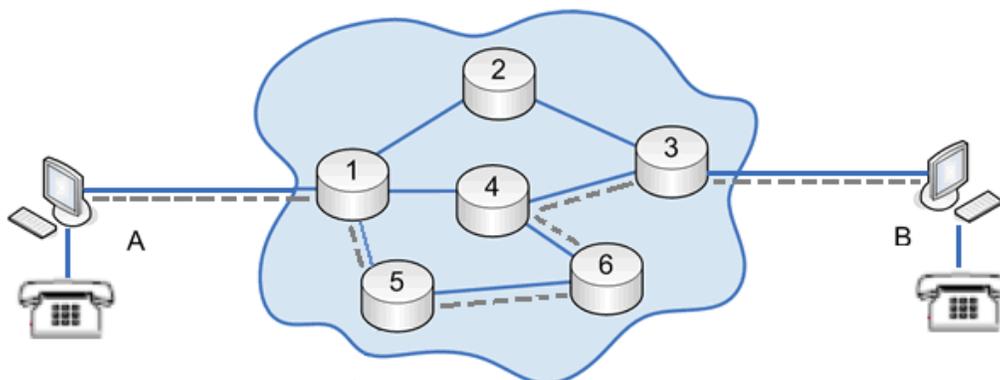


Figura 1.18 Conmutación de circuitos ^[16]

1.2.1.2 Conmutación de paquetes

En la conmutación de paquetes la información es fragmentada en partes más pequeñas, cada fragmento es conocido como paquete, cada uno de los cuales viajan indistintamente a través de la red hasta llegar a su destino final, por lo que cada paquete deberá contener información sobre el destino así como también número del

fragmento, para su reconstrucción en el equipo final. La conmutación de paquetes puede ser a su vez de modo datagrama o modo circuito virtual.

En la conmutación de paquetes modo datagrama cada paquete de un mismo flujo de información puede atravesar diferentes equipos en la red, pudiendo cada uno seguir diferente ruta, lo que a su vez podría hacer que cada paquete llegue en desorden al destino, es por eso necesario que se implementen mecanismos que permitan ordenar los paquetes en el equipo terminal.

En la conmutación de paquetes modo circuito virtual se establece un camino lógico para el flujo de información, por lo que se requiere que a su vez cada paquete lleve un mecanismo de identificación del circuito virtual al que pertenece. En este modo los paquetes son entregados en el mismo orden que fueron enviados.

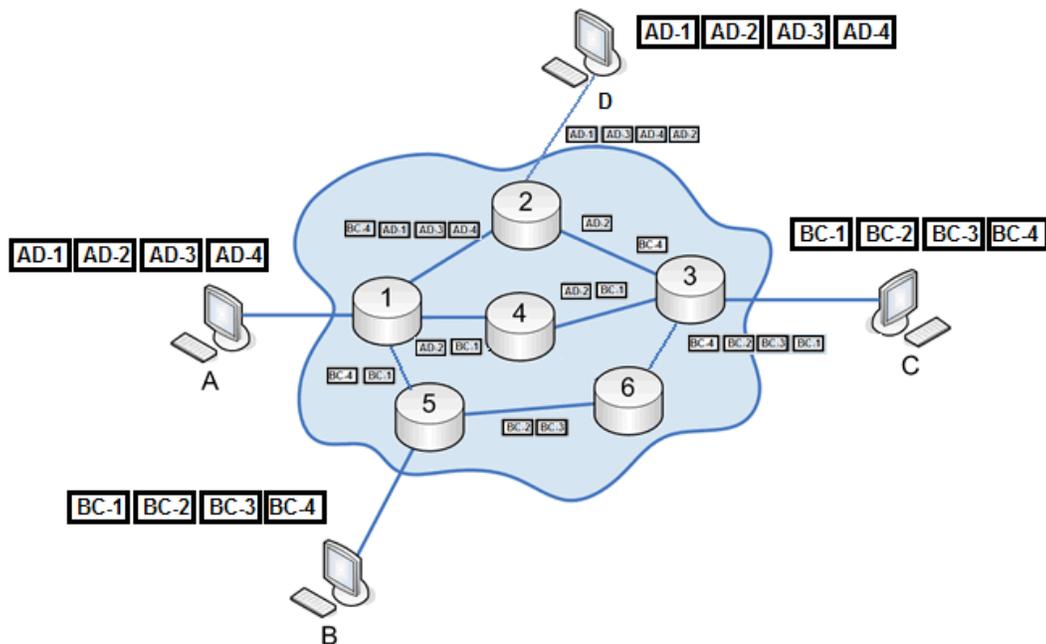


Figura 1.19 Conmutación de paquetes ^[16]

1.2.1.3 Conmutación de mensajes

En la conmutación de mensajes la información es enviada hacia un nodo intermedio, el cual encola los mensajes junto con información procedente de otros nodos, para luego proceder a enviarlo a otro nodo intermedio hasta alcanzar el destino final.

El mensaje deberá ser almacenado por completo y de forma temporal en el nodo intermedio antes de poder ser reenviado al siguiente, por lo que los nodos temporales deben tener una gran capacidad de almacenamiento.

La capacidad de guardar los mensajes en nodos intermedios hace de este método de conmutación mucho más eficiente que la conmutación de circuitos, pues la información es almacenada cuando la red se encuentra con altos niveles de uso permitiendo que esta sea enviada al disminuir los niveles de carga.

Una conmutación de mensajes puede guardar datos o cambiar su formato y frecuencia de bit, para a continuación regresar los datos a su forma original o a otra completamente distinta en el receptor, esto permite que los datos en la estación emisora puedan tener un formato completamente diferente de los recibidos por la estación receptora.

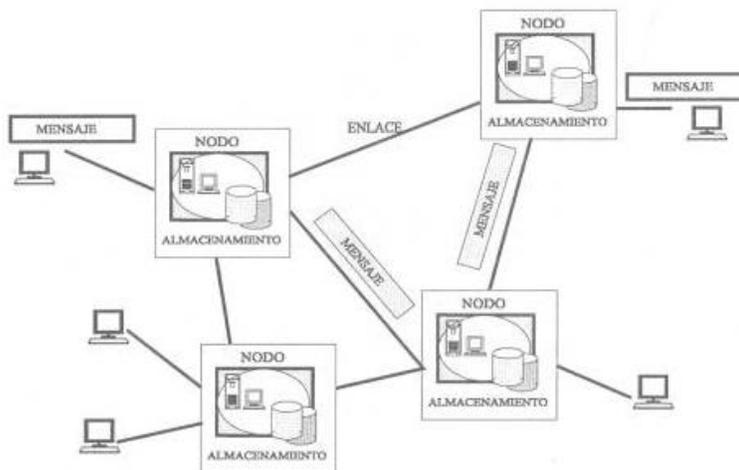


Figura 1.20 Conmutación de mensajes ^[17]

1.2.1.4 Conmutación de celdas

En la conmutación de celdas, la unidad mínima de datos conmutados es una “celda” de tamaño fijo, en lugar de un paquete de longitud variable. La tecnología basada en celdas permite que la conmutación sea realizada en hardware sin la complejidad y el consumo de tiempo de cálculo trama por trama. Esto hace que la conmutación por medio de celdas sea más rápida y barata. Entre las tecnologías más conocidas que utilizan conmutación de celdas se tiene:

Asynchronous Transfer Mode (ATM) es un método de transmisión de celdas de tamaño fijo (53 bytes) utilizada en redes de banda ancha. ATM puede transferir datos a tasas desde 25 Mbps hasta 622 Mbps y tiene el potencial de transferir datos a velocidades medidas en Giga bits por segundo. ATM ofrece un servicio orientado a conexión, en el cual no hay un desorden en la llegada de las celdas al destino.

Esto lo hace gracias a los caminos o rutas virtuales (VP) y los canales o circuitos virtuales (VC), los caminos virtuales (VP), son los caminos que siguen las celdas entre dos enrutadores ATM pero este camino puede tener varios circuitos virtuales (VC).

Switched Multimegabit Data Service (SMDS) usa conmutación de celdas y provee servicios tales como tarificación basada en uso y administración de red. El rango de las velocidades de transmisión va desde 1 Mbps hasta los 34 Mbps con una conectividad de muchos a muchos. SMDS es compatible con el estándar MAN IEEE 802.6 así como con B-ISDN (ISDN de Banda Ancha), pero los servicios de administración y facturación que SMDS proporciona, no están especificados en el estándar 802.6.

1.2.1.5 Conmutación de etiquetas

En la conmutación de etiquetas se agrega información que permite el procesamiento más rápido de la información, a través del uso de cabeceras de apenas 32bits. Por lo

que la búsqueda de etiquetas y el envío por etiquetas es más rápido que una búsqueda RIB (Base de información de Ruteo).

En este tipo de conmutación se tiene dos dispositivos básicos, el primero es un router ubicado en el borde de la red, el cual es el encargado de agregar las etiquetas a la información que no disponga de una, estos routers son conocidos con el nombre de enrutadores de etiqueta de borde (LER); el segundo es aquel que realiza la conmutación de etiquetas propiamente dicha y es conocido como enrutadores conmutadores de etiqueta (LSR), permitiendo llevar la información hacia otros LSR hasta alcanzar el destino final.

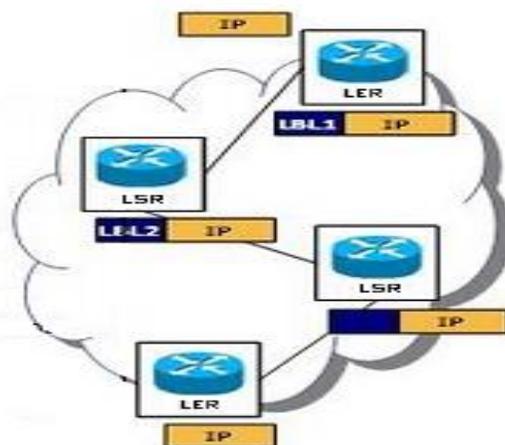


Figura 1.21 Conmutación de etiquetas ^[18]

1.2.1.6 Conmutación electrónica

La conmutación electrónica permite transferir información entre nodos en forma de señales eléctricas, este principio es utilizado por dispositivos de red como los Switch, en estos, la información de entrada es enviada a su salida correspondiente gracias a que este dispositivo puede aprender las direcciones físicas o MAC de los dispositivos involucrados, y gracias a que disponen de una matriz de conmutación o backplane permitiendo transferir los datos en forma de señales eléctricas desde el puerto de ingreso de la información hacia el puerto de salida del mismo.

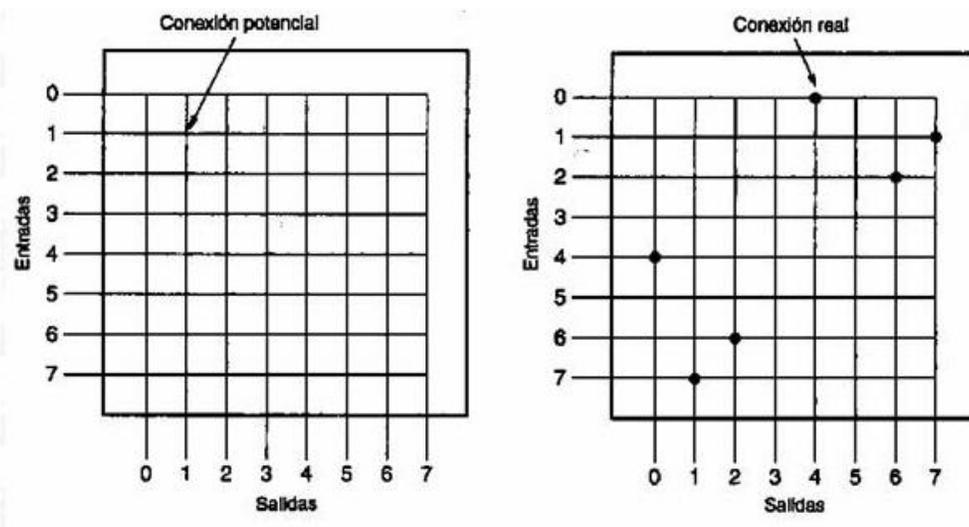


Figura 1.22 Matriz de conmutación ^[18]

1.2.1.7 Conmutación óptica

Las redes de fibra óptica basada en conmutación electrónica permiten obtener un gran ancho de banda y una mayor densidad de circuitos gracias al uso de WDM (Multiplexación por División de Onda), sin embargo la conversión electro-óptica que se lleva a cabo dentro de sus dispositivos de red (switches, routers, etc.) implica principalmente tiempo de retardo en la comunicación, el cual dependiendo de la capacidad y densidad de la red podría conllevar a formar cuellos de botella en la misma.

Debido a ello, se han desarrollado nuevas tecnologías de conmutación totalmente óptica las cuales permiten resolver el problema de latencia suscitada en aquellos dispositivos. Esta técnica implementa el enrutamiento y envío de paquetes directamente en la capa óptica sin conversiones óptica-electrónica-óptica (OEO).

Esta tecnología permite encaminar paquetes o ráfagas a través de la red independientemente de la tasa de bit, formato y longitud de paquetes aumentando así la flexibilidad y capacidad de procesamiento de los datos, permitiendo mejorar las prestaciones en una red.

1.2.2 TIPOS DE CONMUTACIÓN ÓPTICA

1.2.2.1 Conmutación de circuitos óptica (OCS)

En la conmutación de circuitos óptica se reserva un circuito desde el origen hasta el destino, este circuito es conocido como lightpath, y constituye el camino por donde los haces luminosos correspondientes a la información son transportados; a cada conexión entre nodos se le asigna una longitud de onda, pudiendo ser necesaria su conversión entre cada par de nodos mediante la utilización de matrices de conmutación OXC (Optical Cross Connect).

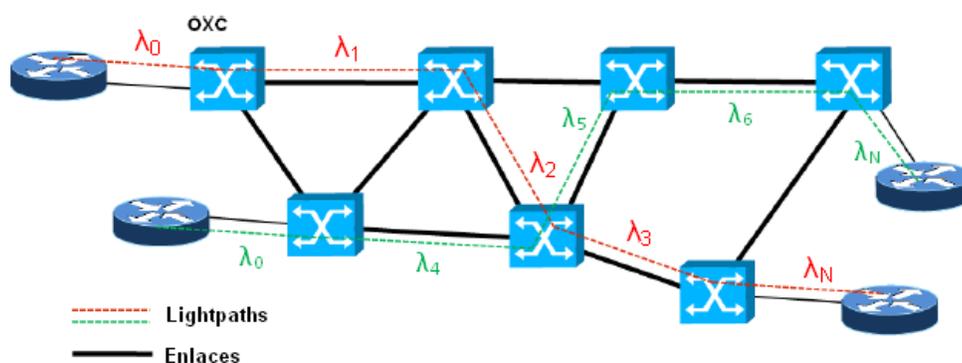


Figura 1.23 Conmutación de circuito óptica ^[19]

La asignación de una longitud de onda diferente entre cada par de nodos produce problemas de escalabilidad en la red; además se introducen tiempos de retardo en el establecimiento de la conexión para la negociación de los caminos ópticos y en las matrices de conmutación para la asignación de una longitud de onda.

En el caso de IP que es un protocolo no orientado a conexión por una red de conmutación de circuitos orientada a conexión, introduce la necesidad de agregar mecanismos para su envío, como el uso de SDH y ATM, los cuales generan tiempos de latencia debido al proceso de encapsulado y manejo de cabeceras; además el tamaño limitado de los paquetes hace que se establezca una conexión por cada paquete, volviéndolo ineficaz para su utilización con este protocolo.

1.2.2.2 Conmutación óptica de paquetes (OPS)

La tendencia actual en técnicas de conmutación se basa en el empleo de paquetes en lugar de la asignación de un circuito exclusivo para la transmisión; en la conmutación óptica de paquetes la información es enviada en forma de paquetes ópticos, siendo cada paquete formado por una cabecera donde se almacena la información del destino, y el payload que son los datos propiamente dichos.

Cuando un paquete óptico ingresa a un a un nodo este es dividido en su payload y su cabecera, debido a las limitaciones tecnológicas existentes, OPS realiza el proceso de lectura de la cabecera después de realizar un conversión óptica-eléctrica, introduciendo niveles de retardo y a su vez dando preponderancia a factores como la sincronización, mientras tanto el payload es almacenado en una memoria o buffer óptico que consiste en una fibra óptica de retardo, una vez determinada la dirección final del paquete después de la lectura de su cabecera y dependiendo de la información almacenada en las tablas de enrutamiento del nodo se realiza nuevamente la conversión eléctrica-óptica, asignando tanto a payload como a cabecera una longitud de onda para luego ser enviado al siguiente nodo.

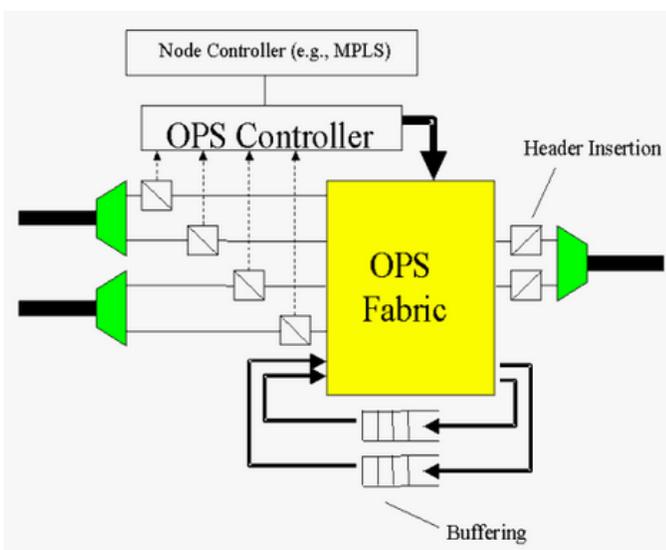


Figura 1.24 Diagrama de un nodo OPS [20]

Los problemas de este tipo de conmutación surgen cuando las cabeceras son trasladadas al dominio eléctrico para su procesamiento, pues aún existen limitantes tecnológicos para procesar señales luminosas; esto implica tiempo de retardo tanto para la conversión OEO de la cabecera como para el payload que se encuentra aguardando para su conmutación, haciendo a su vez, que la sincronización cabecera – payload sea un proceso crítico

1.2.2.3 Conmutación óptica de ráfagas (OBS)

En este tipo de conmutación, los paquetes son en un solo macro-paquete denominado ráfaga, para cada ráfaga se genera una sola cabecera, lo que permite reducir el tiempo de procesamiento que se genera al pasar del dominio óptico al dominio eléctrico o viceversa; la información de control o cabecera de la ráfaga es enviada con antelación (tiempo de offset), permitiendo que las ráfagas de datos no esperen en cada nodo a que se realice la configuración correspondiente, ni deban ser almacenadas o pasadas al dominio eléctrico, ya que el nodo en cuestión habrá sido configurado de manera previa a la llegada de dicha ráfaga. Esto implica que las ráfagas de datos son enviadas a su destino sin ningún retardo, únicamente se debe considerar el tiempo inicial que se debe esperar para que los nodos sean configurados y su tiempo de transmisión.

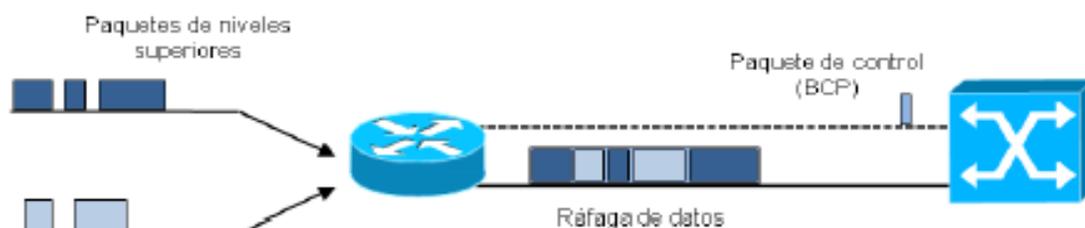


Figura 1.25 Formación de ráfagas ^[20]

En una red OBS, el nodo encargado de realizar una adaptación del tráfico de paquetes a un tráfico de ráfagas, recibe el nombre de nodo frontera y es el encargado de realizar el proceso de ensamblaje y desensamblaje de ráfagas; aquí los datos entrantes son colocados en distintas colas en función de diferentes criterios

como su destino o calidad de servicio (QoS), y su tamaño dependerá del criterio utilizado, entre los criterios más comunes para determinar el tamaño de la ráfaga están el tamaño y tiempo.

Cuando se ensambla una ráfaga basado en el tiempo, se garantiza un tiempo mínimo de espera para la llegada de datos a la entrada del nodo, esto se realiza mediante el establecimiento de un temporizador, cuando este temporizador se acaba, se genera una ráfaga con todos aquellos paquetes que han llegado al nodo durante este periodo. Este criterio presenta inconvenientes en situaciones de alta carga y también cuando la carga ofrecida es muy baja, ya que puede dar lugar a ráfagas demasiado grandes (situación de alta carga) o demasiado pequeñas (situaciones de baja carga) e incrementar la señalización en la red.

En cambio, cuando se ensambla una ráfaga basado en el tamaño, se garantiza una mínima o máxima longitud de la ráfaga. Esta estrategia presenta un inconveniente cuando los paquetes en el nodo frontera presentan tiempos altos de llegada, debido a ello se han desarrollado soluciones que engloban tanto el criterio de tiempo como el de tamaño.

1.2.3 TIPOS DE CONMUTADORES ÓPTICOS

La tecnología utilizada en los conmutadores permitirá definir el comportamiento tanto de la red, como del propio conmutador, esto es el tiempo de reconfiguración de la matriz, las pérdidas de inserción y la escalabilidad. A continuación se describirá algunas de las tecnologías usadas para implementar conmutadores ópticos mencionando sus ventajas y desventajas.

1.2.3.1 Sistemas micro-electro-mecánicos (MEMS)

Los Sistemas Micro-Electro-Mecánicos o MEMS son dispositivos con funcionalidades ópticas, eléctricas y mecánicas simultáneamente; su principio de funcionamiento

consiste en una matriz de micro-espejos que pueden activarse por medio de señales eléctricas.

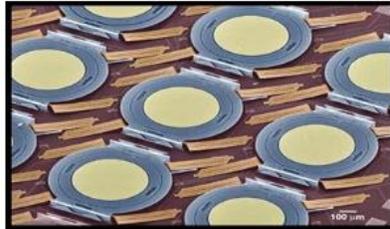


Figura 1.26 Matriz de micro-espejos ^[22]

La luz sale físicamente de la fibra óptica y entra en una matriz de pequeños espejos móviles, redirigiendo la señal hacia un puerto de salida; de este modo, controlando la posición de los espejos activos es posible enrutar las señales de las fibras de entrada hacia cada una de las fibras de salida. Este tipo de dispositivos aplicados a la conmutación óptica proporcionan una elevada escalabilidad, así como insensibilidad a la polarización e independencia de la longitud de onda usada. Dentro de los MEMS para conmutación óptica, se pueden distinguir, de acuerdo a su configuración entre dispositivos planos (2D) y espaciales (3D).

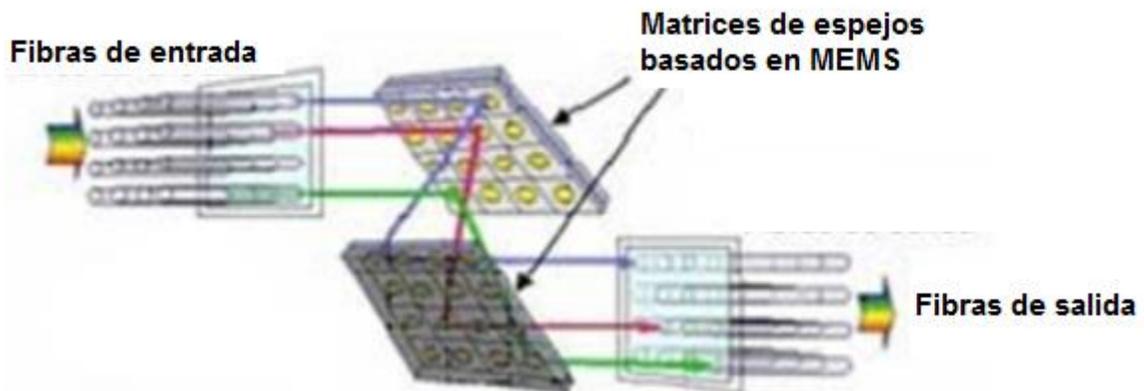


Figura 1.27 Esquema de un conmutador óptico basado en espejos MEMS dinámicos ^[23]

1.2.3.2 Conmutadores termo-ópticos

Los conmutadores termo-ópticos se basan en el efecto termo-óptico de las guías de onda o el fenómeno térmico de algunos materiales. Su principio de funcionamiento se basa en el uso de micro calefactores, los cuales introducen una variación de temperatura entre estructuras de guía de onda, lo que conduce a cambios en el índice de refracción, y por tanto a la conmutación de la trayectoria de la luz.

Tienen como ventaja una gran insensibilidad a la polarización de la luz y sus tiempos de conmutación son del orden de 1 milisegundo.

1.2.3.3 Conmutadores electro-ópticos

Estos conmutadores utilizan efectos electro-ópticos, que permiten mayores velocidades de conmutación. Existen varios tipos: conmutadores de Niobato de Litio (LiNbO₃), basados en SOA (Semiconductor Optical Amplifier), conmutadores de cristal líquido, conmutadores electro-holográficos.

1.2.3.3.1 Conmutadores electro-ópticos basados en Niobato de Litio

En este tipo de conmutación se utilizan guías de onda ópticas y acopladores direccionales que están implementados en substratos de Niobato de Litio (LiNbO₃); el LiNbO₃ posee un elevado coeficiente electro-óptico⁷. Se trata de un material con gran velocidad de conmutación, su tiempo de conmutación es del orden de 5 nanosegundos y tiene un fuerte aislamiento. Sin embargo, este material no está exento de problemas, como son sus elevadas pérdidas de inserción y una escalabilidad reducida.

⁷ **Coefficiente electro-óptico:** Parámetro físico que describe el cambio del índice de refracción al aplicarle una tensión eléctrica.

1.2.3.3.2 Conmutadores electro-ópticos basados en SOA (Semiconductor Optical Amplifier)

En esta tecnología, se utilizan amplificadores como puertas lógicas para implementar las funciones de conmutación, permitiendo el bloqueo (estado OFF) o transmisión (estado ON) de una señal óptica, mediante la variación de la corriente de inyección al amplificador SOA. Este funcionamiento permite una velocidad de conmutación en el orden de nanosegundos.

Como ventajas de los conmutadores basados en SOA, destacan sus reducidas pérdidas de inserción, al poderse compensar con la amplificación, tiempos de conmutación del orden de 100 picosegundos y una gran modularidad y escalabilidad. Sin embargo, tienen como inconveniente fundamental su elevado nivel de ruido.

1.2.3.3.3 Conmutadores electro-ópticos de cristal líquido

Los conmutadores de cristal líquido (LC) funcionan mediante el control de la polarización de la luz a través del efecto electro-óptico. Su coeficiente electro-óptico es muy superior al del Niobato de Litio, lo que hace de los conmutadores LC uno de los materiales electro-ópticos más eficientes.

Diversas empresas de tecnología fotónica (Chorum Technologies Inc. y Spectra-Switch Inc.) han desarrollado conmutadores de pequeña escala (1x2, 2x2 ó 1x8) basados en cristales líquidos que operan a altas velocidades de conmutación. Los tiempos de conmutación se sitúan en torno a 1-4 ms, siendo muy adecuados para aplicaciones de protección y restauración de red, así como test remoto de fibras.

Los conmutadores de cristal líquido se caracterizan por tener pérdidas de inserción reducidas (1 o 2 dB) y buena escalabilidad. Por contra, sus tiempos de conmutación son del orden de milisegundos o decenas de microsegundos, tienen mal aislamiento y son dependientes de la longitud de onda.

1.2.3.3.4 Conmutadores electro-ópticos electro-holográficos

Un conmutador electro-holográfico presenta una estructura consistente en una matriz de cristales. Las longitudes de onda que entran por la línea inferior se separan en diferentes columnas y cada una de ellas puede dirigirse hacia cualquier fibra de salida. Por su parte, cada cristal integra una red de difracción de Bragg holográfica que, cuando se le aplica una tensión, desvía una longitud de onda a un determinado puerto de salida. Adicionalmente, si la tensión aplicada se atenúa entonces disminuye la potencia óptica de la señal, mientras que si se elimina todas las longitudes de onda lo atraviesan. Este conmutador permite multidifusión y gestión dinámica de potencia. Además, las potencias residuales de los haces de cada canal acceden a un puerto de control que permite monitorizar las longitudes de onda.

Este método no bloqueante de enrutamiento de señales WDM integra además un balance de potencias adaptativo en el interior del conmutador para asegurar que las potencias de salida de todas las longitudes de onda se mantienen dentro de las tolerancias de la red WDM. Pero sin lugar a dudas, una de las grandes ventajas de esta tecnología es su velocidad de conmutación (tiempos de conmutación de tan sólo 10 ns).

1.2.3.4 Efecto acusto-óptico

Algunas compañías (Gooch & Housegopl y Light Management Group) han desarrollado diferentes estructuras de conmutadores fotónicos basados en efectos acusto-ópticos. Uno de ellos consiste en dos fibras fusionadas formando una forma parecida a una "X". Los núcleos de estas fibras se configuran para permitir que longitudes de onda específicas se desplacen de una a otra fibra cuando se aplican ondas acústicas. Por otro lado, otro de los conmutadores se basa en dos cristales que vibran a determinadas frecuencias. Cambiando la frecuencia de vibración, cada cristal desvía la luz con un cierto ángulo. Uno de los cristales controla el movimiento horizontal mientras que el otro proporciona control vertical, de tal forma que el haz puede dirigirse a una coordenada X-Y específica de la salida.

El conmutador puede escalarse por encima de los 1000 puertos, lo cual le permitiría competir con la tecnología MEMS, si bien su ámbito de aplicación son fundamentalmente los puntos de conexión entre las redes metropolitanas y el núcleo de red. Las pérdidas de inserción de 8 dB del conmutador se encuentran en el límite de la industria, y sus 20 nm de ancho de banda suponen un límite para su comercialización en sistemas WDM. Entre las ventajas de esta tecnología se tiene un tiempo de conmutación de tan sólo 5 microsegundos y una gran repetitividad de la precisión con una reducida interferencia térmica.

	Número de puertos	Tiempo de conmutación	Pérdidas de inserción	Diafonía
MEMS 2D	2x2 a 32x32	10-20 ms	0,5-6 dB	-50 dB
MEMS 3D	256x256 a 1000x1000	1 ms	3-7 dB	-50 dB
Niobato de Litio	2x2 a 32x32	<5 ns	<5 dB	-50 dB
Termo-óptico	8x8 a 64x64	<2 ms	<5 dB	<-40 dB
Cristales líquidos	1x1 a 16x16	1-4 ms	1 dB	-40 dB
Acusto-óptico	1x2 a 1x1024	5 us	<8 dB	<-25 dB
Electro-holográfico	4x4 a 4000x4000	10 ns	4-5 dB	-40 dB

Tabla 1.6 Comparación de los diferentes tipos de conmutadores ópticos ^[24]

1.3 REDES ÓPTICAS ACTIVAS Y REDES ÓPTICAS PASIVAS

1.3.1 REDES ÓPTICAS ACTIVAS

Una red óptica activa es una red en la cual se utilizan elementos activos que requieren energía para su alimentación y permiten largas distancias entre la sala de equipos y los abonados.

Basado en el Standard IEEE 802.ah, las redes activas Ethernet proveen de ancho de banda simétrico con velocidades superiores a 1Gbps por puerto sobre una única fibra utilizando para ello dos longitudes de onda multiplexadas y diferenciadas sobre cada fibra óptica. De ésta manera con cada longitud de onda tenemos dos slots de transmisión, un slot se utiliza como canal de transmisión y otra para el canal de recepción.

Esto nos permite una transmisión de datos Full-Dúplex mediante una conexión punto a punto con un ancho de banda dedicado al usuario.

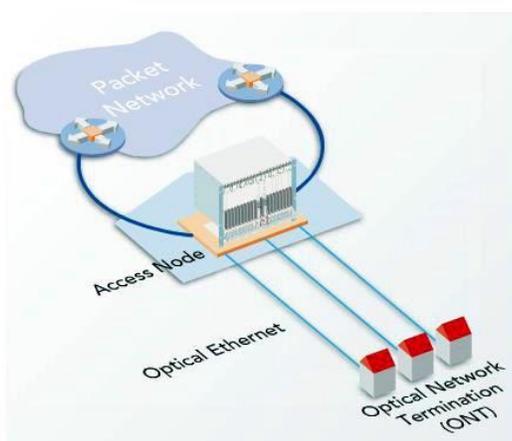


Figura 1.28 Redes ópticas activas [25]

En cuanto a conmutación se refiere existen tres tecnologías que dominarán el panorama a largo plazo: OCS (circuitos ópticos), OPS (paquetes ópticos) y OBS (ráfagas ópticas).

1.3.2 REDES ÓPTICAS PASIVAS

Una red óptica pasiva conocida como Passive Optical Network (PON) permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos o divisores ópticos pasivos, para guiar el tráfico por la red, cuyo elemento principal es el dispositivo divisor óptico conocido como splitter.

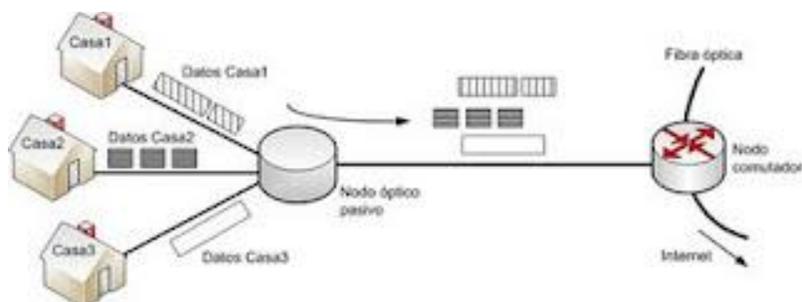


Figura 1.29 Redes ópticas pasivas [26]

Una red PON es un sistema de comunicaciones por fibra óptica en el que se establece una comunicación punto-multipunto entre un router central denominado OLT (Optical Line Terminal) terminal óptico de línea y los equipos en campo ONT (Optical Network Terminal) terminal óptico de red. Es decir, el ancho de banda no es dedicado, sino multiplexado en una misma fibra en los puntos de acceso de red de los usuarios.

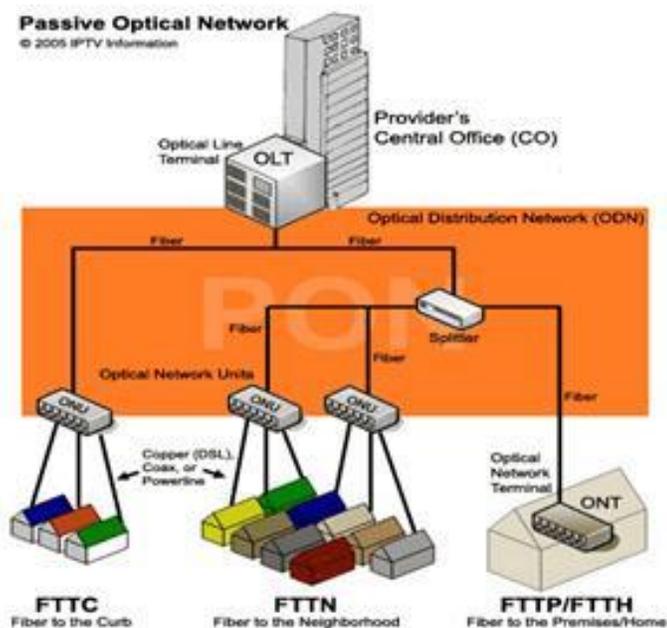


Figura 1.30 Elementos básicos de una red óptica pasiva [26]

La utilización de estos sistemas pasivos reduce considerablemente los costes y son utilizados en las redes FTTH.

1.3.2.1 Estándares de redes ópticas pasivas

Existen varios tipos de red ópticas pasivas, a continuación se realiza una breve descripción de sus características más importantes:

1.3.2.1.1 ITU-T G.983

APON (ATM (Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network)

A-PON o ATM-PON (Redes Ópticas Pasivas ATM) está definida en la revisión del estándar de la ITU-T G.983, el cual fue el primer estándar desarrollado para las redes PON. Las especificaciones iniciales definidas para las redes PON fueron hechas por el comité FSAN (Full Service Access Network), el cual utiliza el estándar ATM como protocolo de señalización de la capa 2 (Enlace de Datos). Los sistemas APON usan el protocolo ATM como portador.

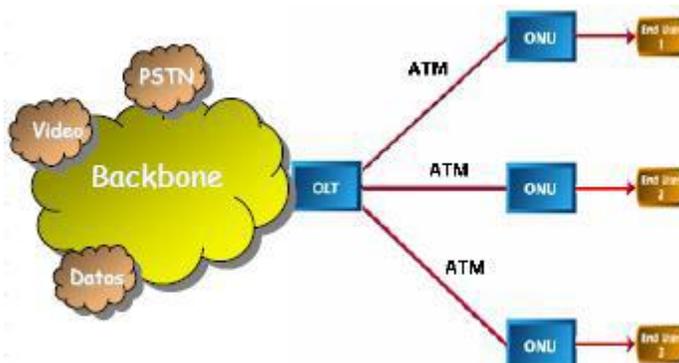


Figura 1.31 Arquitectura básica de una red APON [27]

La transmisión de datos en el canal de bajada se da por una corriente de ráfagas de celdas ATM de 53 bytes cada una con 3 bytes para la identificación del equipo generador (ONU o unidad óptica del usuario). Estas ráfagas van a una tasa de bits de 155.52 Mbps que se reparten entre el número de usuarios que estén conectados al nodo óptico, es decir al número de ONU's existentes.

Para el canal de subida, la trama está compuesta por 54 celdas ATM en las cuales hay dos celdas PLOAM (Capa física operación de administración y mantenimiento)

que están destinadas para tener información de los destinos de cada celda y también información para efectos de operación y mantenimiento de la red.

Su inconveniente inicial era la limitación de los 155 Mbps que más adelante se aumentó hasta los 622 Mbps.

BPON (Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha)

Se basan en las redes APON pero con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha. Originalmente estaba definida con una tasa de 155 Mbps fijos tanto en canal ascendente como descendente; pero, más adelante, se modificó para admitir para tráfico asimétrico en canal descendente de 622 Mbps y canal ascendente de 155 Mbps, y tráfico simétrico con un canal descendente y ascendente de 622 Mbps.

1.3.2.1.2 ITU-T G.984

GPON (Gigabit PON – Redes ópticas pasivas Gigabit)

Gigabit-Capable PON (GPON) es otra tecnología perteneciente a la arquitectura PON, la cual está aprobada por la ITU-T en 4 recomendaciones, la G.984.1, G.984.2, G.984.3 y G.984.4. El principal objetivo de GPON es ofrecer un ancho de banda mucho más alto que sus anteriores predecesoras, y lograr una mayor eficiencia para el transporte de servicios basados en IP.

Las velocidades manejadas por esta tecnología son mucho más rápidas, ofreciendo hasta 2,488 Gbps y la posibilidad de tener arquitecturas asimétricas. Esto comparado con las velocidades de 155 y 622 Mbps de las anteriores tecnologías deja ver un gran avance en cuanto a eficiencia y escalabilidad. Las velocidades más usadas por los administradores de equipos con arquitectura GPON usan velocidades de 2.488 Gbps para el canal de bajada y de 1.244 para el canal de subida, esto proporciona velocidades muy altas para los abonados ya que si se dan las configuraciones apropiadas las velocidades pueden ser de hasta 100 Mbps a cada usuario.

Esta tecnología no solo ofrece mayores velocidades sino que también da la posibilidad a los proveedores de servicios de continuar brindando sus servicios tradicionales sin necesidad de tener que cambiar los equipos para que sean compatibles con esta tecnología. Esto se da gracias a que GPON usa su propio método de encapsulamiento (GEM o Método de Encapsulamiento GPON), el cual permite el soporte de todo tipo de servicios. GPON también permite OAM avanzado, logrando así una gran gestión y mantenimiento desde las centrales hasta las acometidas.

La arquitectura básica de las Redes GPON consta de un OLT (Línea Terminal Óptica) cerca del operador y las ONT (Red Terminal Óptica) cerca de los abonados con FTTH.

1.3.2.1.3 IEEE 802.3ah

EPON (Ethernet PON - Redes Ópticas Pasivas Ethernet)

Especificación realizada por el grupo de trabajo EFM (Ethernet in the First Mile - Ethernet en la última milla) constituido por la IEEE para aprovechar las características de la tecnología de fibra óptica y aplicarlas a Ethernet.

La arquitectura de una red EPON se basa en el transporte de tráfico Ethernet manteniendo las características de la especificación 802.3. Las ventajas que presenta respecto los anteriores estándares son:

- Trabaja directamente a velocidades de gigabit (que se tiene que dividir entre el número de usuarios).
- La interconexión de islas EPON es más simple.
- La reducción de los costes debido a que no utilizan elementos ATM y SDH.

1.3.2.1.4 802.3av

10G-EPON (Gigabit Ethernet PON – Red óptica pasiva Gigabit Ethernet)

Es un sistema diseñado para el uso en las telecomunicaciones y combina las tecnologías Gigabit Ethernet y Passive Optical Network. Este sistema facilita en gran medida la llegada con fibra hasta los abonados ya que los equipos con los que se accede son más económicos al usar interfaces Ethernet.

Las redes GEPON están distribuidas así: OLT (Línea Terminal Óptica) los cuales están conectados a las redes IP u otras por un extremo, luego están las ODN (Redes de Distribución Óptica) de la cual se desprenden los POS (Splitter Óptico Pasivo), y estos le dan acceso a los ONU (Unidad de Red Óptica), los cuales brindan el servicio a cada abonado.

Especifica el acceso EPON con un ancho de banda simétrico de 10 Gbps o asimétrico de 10 Gbps de bajada y 1,25 Gbps de subida.

ARQUITECTURA	PROTOCOLO	DOWNLOAD	UPLOAD	DISTANCIA
BPON	ATM-PON G.983	155,52 Mbps simétrico/ 622,08 asimétrico	155,52 Mbps	20 Kms. Splitters 1:16
EPON	Ethernet IEEE 802,3	1 Gbps simétrico	1 Gbps	20 Kms. Splitters 1:16
GEPON	Ethernet IEEE 802,3	1 Gbps simétrico	1 Gbps	20 Kms. Splitters 1:32
GPON	ATM-PON G.984	2,5 Gbps	1,25 Gbps	20 Kms. Splitters 1:32

Tabla 1.7 Tabla comparativa de las diferentes tecnologías PON [28]

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS EN UNA PYMES Y DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE INTRANET

2.1 ¿QUÉ ES UNA PYME?

PYME es la sigla de Pequeñas y Medianas Empresas, pero estos adjetivos pueden ser tomados como relativos, porque aunque hay bastante consenso en considerar pequeña a una empresa de hasta 20 empleados y mediana a una que tiene entre 20 y 200 empleados, la realidad es que no se puede pensar en la cantidad de empleados como la única característica que define a este tipo de empresas. De hecho, el capital social es otro parámetro muy importante, como así también el volumen anual de ventas.

La diversidad de situaciones geográficas, históricas y políticas hace que no se pueda establecer una única definición, y como estos parámetros pueden coexistir en su totalidad o no, la definición de PyME no es absoluta ni categórica, sino que depende del ente que la defina y del lugar en el que esté radicada la empresa.

Por ejemplo, la definición de la Unión Europea considera a una empresa como:

- Micro: Empresa si tiene hasta 10 trabajadores y un volumen de negocios de hasta 2 millones de euros.
- Pequeña: Empresa si tiene entre 10 y 49 empleados, y un capital y volumen de negocios que no superen los 10 millones de euros.
- Medianas: Tienen entre 50 y 249 empleados, y un volumen de negocios de hasta 50 millones de euros.

Por otra parte la Argentina también realiza la división en estos tres tamaños de empresa, pero establece sus montos máximos de ventas anuales según su

pertenencia a cinco rubros distintos: agropecuario, industria y minería, comercio, servicios, y construcción.

TAMAÑO/SECTOR	AGROPECUARIO	INDUSTRIA Y MINERÍA	COMERCIO	SERVICIOS
Micro empresa	\$ 456.000	\$ 1.250.000	\$ 1.850.000	\$ 467.500
Pequeña empresa	\$ 3.040.000	\$ 7.500.000	\$ 11.100.000	\$ 3.366.000
Mediana empresa	\$ 18.240.000	\$ 60.000.000	\$ 88.800.000	\$ 22.440.000

Figura 2. 1 Clasificación de acuerdo al ingreso de una Empresa en Argentina ^[29]

2.2 ANÁLISIS DE LAS PYMES EN EL ECUADOR

2.2.1 DEFINICIÓN DE LAS PYME'S

A las PYMES se las define como un conjunto de pequeñas y medianas empresas que se miden de acuerdo al volumen de ventas, el capital social, el número de personas ocupadas, el valor de la producción o el de los activos. Así también se toma como referencia el criterio económico y el nivel tecnológico.

Las PYMES pueden dedicarse a actividades diversas, entre las cuales se pueden mencionar:

- Agricultura, caza, selvicultura y pesca.
- Explotación de minas y canteras.
- Industrias manufactureras.
- Construcción.
- Comercio al por mayor y al por menor, restaurantes y hoteles.
- Transporte, almacenamiento, y comunicaciones.
- Establecimientos financieros, seguros, bienes inmuebles y servicios prestados a las empresas.
- Servicios comunales, sociales y personales.

Para poder entender las PYMES, se encuentran las siguientes definiciones:

2.2.1.1 Pequeña Industria

Se la define como aquella empresa con predominio de la operación de la maquinaria sobre la manual, excluyéndose terrenos y edificios, no sea mayor del valor que el Comité Interministerial de Fomento de la Pequeña Industria, fije anualmente, es decir no será mayor de US \$ 112.000.

2.2.1.2 Pequeña Empresa

Para los asesores de la Cámara de la Pequeña Industria de Guayas (CAPIG) Pequeña Empresa es una unidad de producción que tiene de 5 a 40 y un máximo de 50 empleados, su capital no tiene piso pero su patrimonio tiene un techo de \$ 150.000.

2.2.1.3 Mediana Empresa

Para que a una empresa se le considere como Mediana Empresa, se tiene en cuenta el número de empleados entre 50 y 100, según el criterio de los asesores de la CAPIG.

2.2.1.4 Microempresa

El MICIP (Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Competitividad), también considera como Microempresa a una unidad económica productiva y puede ser de producción, comercio o servicios, cuyas características básicas son:

El manejo operacional y administrativo lo realiza generalmente una persona. Sus activos no sobrepasan los US \$ 20.000. El número de trabajadores es máximo de 10 personas incluido el propietario.

2.2.1.5 Artesanía

La artesanía es la actividad que se ejerce en forma individual o colectiva en la transformación de materia prima destinada a la producción de bienes, servicios o artística con predominio de la labor manual, con auxilio o no de máquinas, equipos y herramientas.

2.2.2 IMPORTANCIA DE LAS PYMES

La importancia de las PYMES en la producción de bienes y servicios, en nuestro país y el mundo muestran que en las primeras fases del crecimiento económico las Micros y Pequeñas Empresas cumplen un rol fundamental pues con su aporte ya sea produciendo, demandando y comprando productos o añadiendo valor agregado, constituyen un eslabón determinante en el encadenamiento de la actividad económica y la generación de empleo.

La importancia de las PYMES en la economía del Ecuador se basa en que:

- Aseguran el mercado de trabajo mediante la descentralización de la mano de obra, lo cual se lo considera necesario para el correcto funcionamiento del mercado laboral.
- Tienen efectos socioeconómicos importantes ya que permiten la concentración de la renta y la capacidad productiva desde un número reducido de empresas hacia uno mayor.
- Reducen las relaciones sociales a términos personales más estrechos entre el empleador y el empleado, en general, sus orígenes son unidades familiares.
- Presentan mayor adaptabilidad tecnológica y menor costo de infraestructura.

En la casi totalidad de las economías de mercado las empresas pequeñas y medianas, constituyen una parte sustancial de la economía, así como poseen mayor flexibilidad para adaptarse a los cambios del mercado y emprender proyectos innovadores que resultarán fuentes generadoras de empleo.

2.2.3 LA IMPORTANCIA DE LAS PYMES EN EL ÁMBITO MUNDIAL

En la comunidad europea, las PYMES representan más del 95% de las empresas de la comunidad, concentran más de las dos terceras partes del empleo total; alrededor del 60% en el sector industrial y más del 75% en el sector servicios.

En Japón también cumplen un nivel muy importante en la actividad económica, principalmente como subcontratistas, en la producción de partes.

Se ha demostrado que en muchos países latinoamericanos, las PYMES han contribuido al desarrollo tanto económico como social de sus pueblos, de acuerdo a las condiciones de mercado y a los cambios en la demanda, al tiempo que incentivan la industria nacional y disminuyen el índice de desempleo.

2.2.4 EL DESARROLLO DE LAS PYMES EN EL ECUADOR

La creación de las PYMES se desarrolla en base a una idea, que se da como consecuencia de la detección de una oportunidad de negocio. Son muchos los factores que pueden llevar a una persona a inclinarse por un negocio concreto, los factores son:

- Repetición de experiencias ajenas.
- Nuevas oportunidades de negocio en mercados poco abastecidos, de nueva creación o con un alto porcentaje de crecimiento.
- Conocimientos técnicos sobre mercados, sectores o negocios concretos.
- La experiencia del futuro empresario, que ha sido trabajador o directivo de otro negocio y que pretende independizarse.

De acuerdo a estudios realizados por el MICIP (Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Competitividad) , en el mercado local las PYMES se desarrollan principalmente en las provincias de Azuay, Guayas, Manabí, Pichincha y Tungurahua, las cuales operan específicamente en ocho sectores productivos:

Textiles y confecciones, productos alimenticios y bebidas, cuero y calzado, madera y muebles, papel, imprenta y editoriales, productos químicos y plásticos, productos minerales no metálicos, productos metálicos, maquinaria y equipo.

Se refleja que en las PYMES prevalecen las compañías limitadas (37.3%) y aquellas que operan como personas naturales (35.2%), de lo cual se concluye que en la conformación del capital de la pequeña industria, se mantiene todavía una estructura cerrada o de tipo familiar.

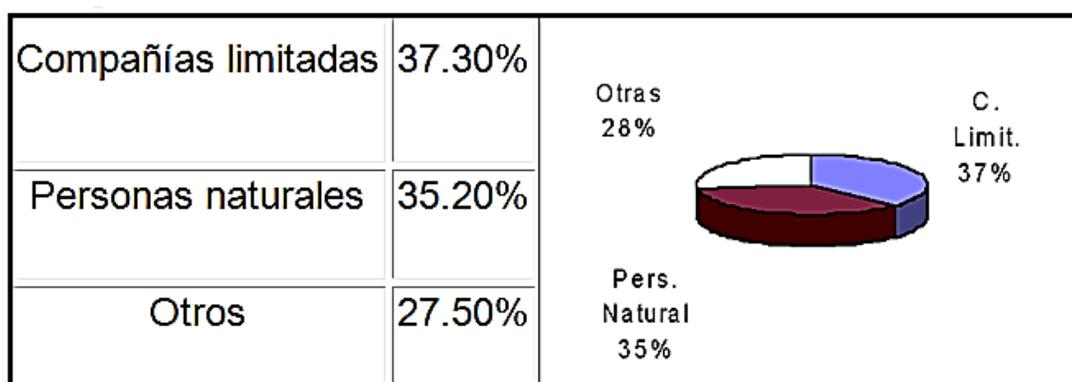


Figura 2.2 Desarrollo de las PyME's en el Ecuador ^[30]

En lo relativo a la gestión administrativa de las PYMES Ecuatorianas, solamente el 54% de ellas han definido su misión, mientras que el 72% han puesto énfasis exclusivamente en la definición de sus metas y objetivos.

En lo referente a la generación de riqueza por grupo productivo, el sector alimenticio aporta con el 20.7% del total, el de textiles y confecciones con el 20.3%, el de maquinaria y equipo con el 19.9%, el de productos químicos con el 13.3%, madera y muebles con el 10.8%, papel e imprenta con el 8.2%, cuero y calzado con un 3.8% y el de minerales no metálicos con un 3%.

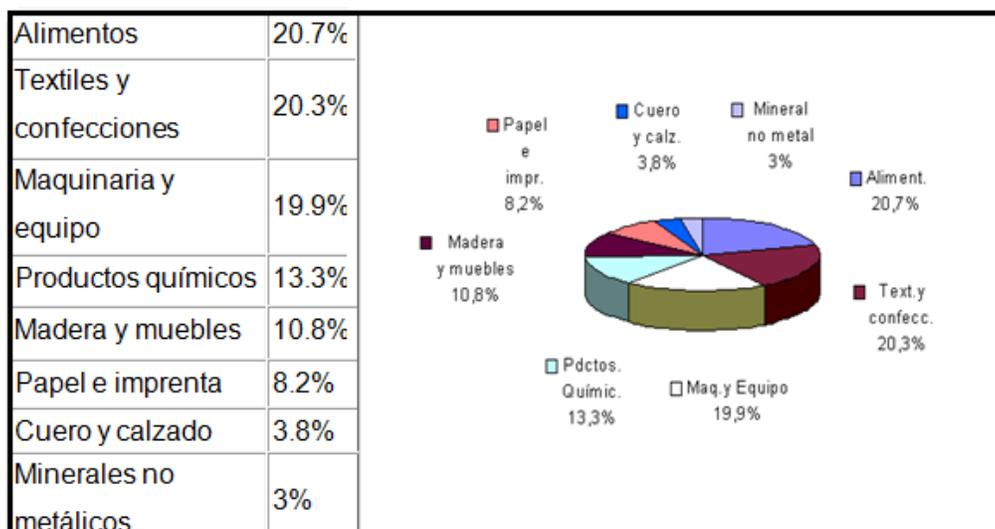


Figura 2. 3 Tendencias del mercado principal de las PyME's ^[30]

Los sectores con mayor equipamiento semiautomático son: cuero y calzado (56%), alimentos (47.5%), metalmecánica (47.3%) y confecciones (46.7%). El sector de la imprenta es el sector que tiene el más alto grado de utilización de maquinaria automática (55.9%), seguido de productos químicos (32.1%).

Cuero y calzado	56%
Alimentos	47.5%
Metalmecánica	47.3%
Confecciones	46.7%

Tabla 2. 1 Distribución de equipamiento semiautomático de acuerdo al sector ^[30]

Maquinaria automática en sector de imprenta	56%
Maquinaria automática en sector de productos químicos	32%

Tabla 2. 2 Porcentaje de utilización de maquinaria automática de acuerdo al sector ^[30]

En lo que respecta a tecnologías de información y comunicación, se advierte una débil incorporación de sistemas computarizados de manejo de la información, pues el 36% de las empresas, manifiesta que no dispone de ordenadores y el 35% que

dispone de solo uno. Las empresas que estarían utilizando entre 2 y 3 representan el 20% y el 9% tendría más de tres.

No dispone de ordenador	36%
Dispone de un solo ordenador	35%
Dispone de 2 a 3 ordenadores	20%
Dispone de más de 3 ordenadores	9%

Tabla 2.3 Porcentaje de incorporación de ordenadores en las PyME's ^[30]

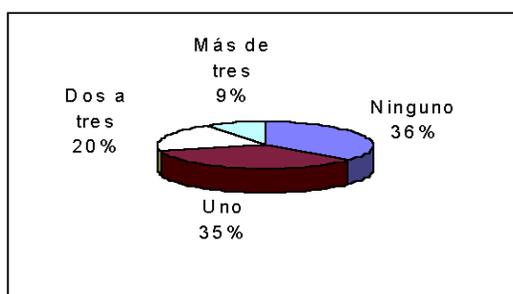


Figura 2.4 Aceptación de la tecnología en las PyME's ^[30]

PAÍS	NÚMERO DE EMPRESAS	EMPLEO	VENTAS	EXPORTACIONES
ARGENTINA	26,8	43,6	41,0	8,4
BRASIL	15,4	42,6	25,9	12,5
CHILE	17,2	21,2	18,3	3,7
COLOMBIA	3,8	32,0	17,1	ND
ECUADOR	44,3	24,0	15,9	Menos de 2%
EL SALVADOR	8,2	27,7	34,3	Menos de 2%
MÉXICO	4,3	30,8	26,0	Menos de 5%
PERÚ	1,9	11,9	27,0	Menos de 2%
URUGUAY	21,2	47,0	ND	ND

Tabla 2. 4 Participación de las PyME's en el total de la economía formal ^[30]

2.3 PYMES EN AMÉRICA LATINA CON ENFOQUE EN EL ECUADOR

Objetivo/país	AR	BO	BR	CH	CO	EC	ES	GUA	HO	ME	RD	UR	TOTAL
Articulación Productiva	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12
Desarrollo de Capital Humano		X	X		X	X	X			X	X	X	8
Desarrollo Regional	X		X	X		X		X	X	X		X	8
Creación de Empleo	X	X			X	X		X	X		X		7
Atenuación de Fallas de Mercado	X	X	X	X		X	X			X			7
Mayor Productividad				X		X		X	X	X			5
Inserción Internacional	X		X			X	X			X			5
Redistribución del Ingreso		X			X			X			X		4
Crecimiento Económico	X	X						X					3
Mayor competencia									X				1
TOTAL	7	6	5	4	4	7	4	6	5	6	4	3	21

Figura 2. 5 Objetivos de las políticas de implementación de PyME's ^[31]

Al comparar con las grandes empresas, las pequeñas y medianas tienen características que les dan ventajas sobre las primeras, porque por el menor tamaño de su estructura, se pueden adaptar más fácil y rápidamente a los cambios que ocurren en el mercado tecnológico. Así mismo, su mayor desventaja es que tienen poca resistencia para enfrentarse a las grandes empresas en cuestiones como el establecimiento de precios.

Aun así, tienen una gran importancia dentro de la economía de un país, porque representan un porcentaje muy alto del total de las empresas y porque son una de las mayores fuentes de trabajo.

2.4 MODELO DE PYME

Para realizar un análisis que permita planificar la correcta implementación de una red para una pequeña o mediana empresa, se planteará un caso hipotético que permita determinar cada uno de los detalles que se debe tener en cuenta antes de emprender esta tarea; para lograrlo, se establecerá un modelo que ayude a entender las necesidades que pueden surgir al trabajar dentro de una PYME.

Es conveniente iniciar con un análisis de la situación actual, para conocer el estado actual de la empresa, lo que desea tener y los recursos con los que cuenta para llevar a cabo la tarea solicitada. Al hablar de recursos, se hace referencia tanto a los recursos materiales como a los recursos humanos, y no sólo al presupuesto económico con el que se cuenta para trabajar. En realidad, ambos tipos de recursos se relacionan con el presupuesto asignado, pero los últimos, pocas veces son tomados en cuenta. La importancia de los recursos materiales es fácil de relacionar con el presupuesto, porque no se puede pensar en adquirir equipos último modelo si se cuenta con poco capital para invertir. En cambio, la importancia de los recursos humanos suele olvidarse, ya que pocas veces se piensa en la necesidad del dinero que se destinará a tareas de capacitación del personal, la capacidad de mantenimiento de los sistemas una vez que estén instalados y configurados, la conservación y ampliación de la red si hiciera falta, etc. Sería un desperdicio de dinero, actualizar los equipamientos tecnológicos de una empresa si se cuenta con usuarios capacitados, aprovechando al máximo sus potenciales.

Tener en cuenta todos estos factores permitirá pensar en una solución de red a la medida de la empresa que lo solicita. Esto no sólo implica ahorrar dinero si el presupuesto es pequeño, sino también optimizar el uso de ese capital para realizar compras inteligentes que cubran los requerimientos actuales y permitan un fácil y rápido crecimiento para la satisfacción de futuras necesidades.

2.4.1 LA EMPRESA HIPOTÉTICA

Para poder pensar en las necesidades de la empresa, primero se debe conocer cuáles son sus características. De esta forma, las decisiones que se tomarán estarán basadas en información que permita proponer una solución que no presente problemas en el futuro. Esto significa que sólo mediante un profundo conocimiento de la empresa se podrá decidir qué tipo de solución es necesaria y conveniente.

Se basará este modelo de empresa imaginaria, en una típica PyME; con 100 personas trabajando en ella y con un buen panorama de crecimiento estimado en una cantidad de 20 nuevos puestos de trabajo en el término de un año (Crecimiento del 20 % en un año). Se definirán los diferentes departamentos que conforman la empresa hipotética. Cabe mencionar que más adelante se definirá las características de cada uno de los departamentos, en relación con sus necesidades tecnológicas y de personal humano.

2.4.2 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA HIPOTÉTICA

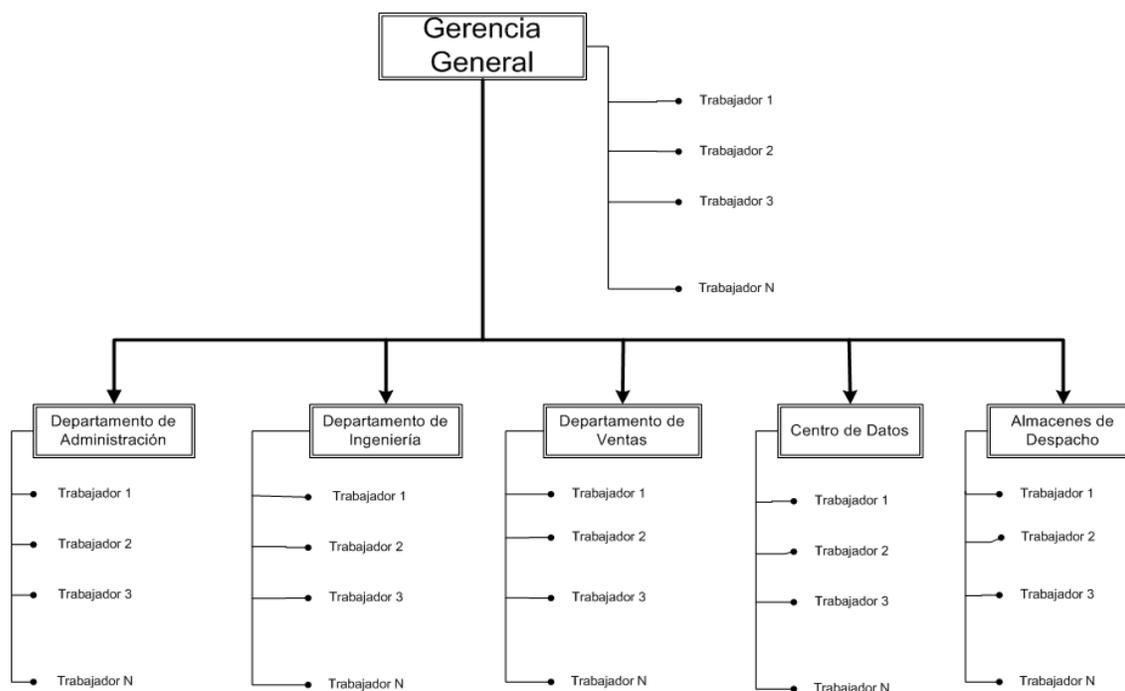


Figura 2. 6 Organigrama de la empresa hipotética

Como se mencionó, la empresa tiene distintos niveles de empleados: algunos ocupan cargos administrativos, otros tienen cargos jerárquicos o gerenciales y otros, probablemente, no necesiten ni siquiera usar una computadora. Ahora bien, en el ámbito de las redes, a cada empleado se lo denominaría usuario, ya que usuario es cada una de las personas que se conecta a la red. Pero esto no quiere decir que todos los usuarios son iguales en una red. Vale aclarar que los usuarios también pueden tener distintas categorías, jerarquías o niveles. Esto es muy importante porque del tipo de usuario que se asigne a cada empleado dependerán los recursos que se le asignen a cada uno, como el tipo de equipo que va a necesitar para acceder a la red, a qué tipo de información puede acceder (permisos) entre otras cosas.

Este establecimiento de niveles ayuda también a estructurar y a dimensionar mejor la red, ya que se puede decidir de forma organizada quién accede a los recursos y qué puede hacer con ellos.

Para mejorar aún más la facilidad de administración, así como los empleados se organizan en departamentos según las tareas que realizan, los usuarios se unen en grupos, permitiendo realizar las mismas tareas que con los usuarios, pero sin necesidad de hacerlo en forma individual (uno por uno). De esta forma, se simplifica la administración de la red, pues es posible crear políticas o reglas que se apliquen directamente a cada uno de esos niveles de usuarios, sin tener que aplicarlas a cada usuario en particular.

Esta forma de trabajo ahorra mucho tiempo y, además, reduce el riesgo de cometer errores al realizar tareas repetitivas.

Por eso, y para realizar un buen diseño, no basta con comprar tarjetas de red y armar cables. No es suficiente instalar sistemas operativos sin pensar en su administración posterior. Se debe tener en cuenta todos los factores para alcanzar

un resultado, aprovechando todos los recursos para conseguir el mayor potencial de la red.

2.4.3 DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS DE LA RED

Se desea disponer de una infraestructura para promover un sistema de comunicaciones que brinde soporte a aplicaciones de voz, datos y telefonía para la empresa hipotética (denominada desde este momento EMPRESA HIPOTÉTICA). La estructura corporativa de la empresa está conformada por los siguientes departamentos:

- Gerencia General.
- Departamento de Administración.
- Departamento de Ingeniería.
- Departamento de Ventas.
- Centro de Datos.
- Almacenes de Despacho

La empresa dispone de los siguientes servidores, los mismos que brindan servicios a cada uno de los departamentos señalados anteriormente:

- Servidor de base de datos.
- Servidor de correo electrónico.
- Servidor de Aplicaciones.
- Servidor SAMBA (Compartir Archivos).
- Servidor de streaming de Audio y Video.
- Servidor de Telefonía IP.

2.4.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPARTAMENTOS

2.4.4.1 Gerencia General

En este departamento se desea instalar 15 equipos (entre computadoras y terminales IP), servicio de telefonía IP, sesiones de videoconferencias, acceso a la

información de toda la empresa, correo interno con propiedades avanzadas, poco acceso a los servidores de desarrollo (aplicaciones y base de datos) y accesos frecuentes a Internet.

2.4.4.2 Departamento de Ingeniería

En este departamento se desea instalar 25 equipos (entre PC's y terminales IP), 16 PC de excelentes características para desarrollo, un servidor para pruebas, tres impresoras de red. Deberá tener acceso al servicio de telefonía IP, sesiones de videoconferencias, acceso a la información de toda la empresa, gran tráfico de acceso a los servidores de correo, base de datos y aplicaciones. El mayor tráfico está desinado hacia los servidores locales, y tráfico medio hacia el internet.

2.4.4.3 Departamento de Administración

En este departamento se instalarán 20 equipos (entre equipos y terminales IP), deberá tener acceso al servicio de telefonía IP, sesiones de videoconferencias, acceso a cierta información de la empresa, correo electrónico empresarial. La mayoría de tráfico en este departamento está destinado a la comunicación y organización de la empresa (telefonía IP, videoconferencia y correo electrónico) y moderado tráfico de acceso a internet.

2.4.4.4 Departamento de Ventas

En este departamento se instalará 15 equipos, 10 PC's de excelentes características para realizar ventas y contactos con proveedores. Deberá tener acceso al servicio de telefonía IP, sesiones de videoconferencias, acceso a cierta información de la empresa, alto tráfico de correo electrónico empresarial. La mayoría de tráfico en este departamento está destinado al contacto hacia los clientes y proveedores (telefonía IP, videoconferencias, correo electrónico y base de datos) y alto tráfico de acceso a internet para contactos internacionales.

2.4.4.5 Centro de Datos

El Centro de Datos se instalarán 10 equipos (entre PC's, servidores y terminales IP) aquí se encuentran todos los servidores de la empresa. El tráfico será alto desde todos los departamentos hacia el centro de datos ya que aquí se encuentran los servidores (videoconferencia, correo electrónico, base de datos, aplicaciones, telefonía IP) y el tráfico de internet también será alto, ya que aquí se tiene la salida hacia nuestro ISP.

2.4.4.6 Almacenes de Despacho

En este departamento se registrarán los productos enviados se realizaran pedidos on-line, se instalaran 15 equipos (entre PC y terminales IP). Deberá únicamente tener acceso a telefonía IP, correo electrónico, poco acceso a información de la empresa, base de datos, no dispondrá de videoconferencias y tendrá restringido el acceso a internet.

Departamentos	Máquinas Totales por Departamento	No. de equipos con servicio de correo electrónico	No. de equipos con servicio de Internet	No. de equipos con servicio de videoconferencia	No. de equipos con servicio de consultas a bases de datos
Gerencia General	15	15	15	7	2
Ingeniería	25	25	25	10	5
Administración	20	20	8	5	0
Ventas	15	15	8	5	3
Centro de Datos	10	10	10	5	3
Almacenes de Despacho	15	15	0	0	1
No. de Máquinas Totales de la red	100	100	66	32	14

Tabla 2. 5 Número de máquinas por departamento.

2.5 ANÁLISIS DE TRÁFICO DE LA EMPRESA HIPOTÉTICA

En la automatización de procesos de datos de una compañía, se toma en cuenta las aplicaciones que se ejecutarán sobre ellas, las computadoras, sistemas operativos, y la infraestructura de red que las soportará; sin embargo, para el cálculo del ancho de banda requerido para dar un servicio de Internet con eficiencia, que necesita una empresa, normalmente se siguen métodos Heurísticos⁸.

Para determinar la velocidad de Internet influyen muchos factores, partiendo de un análisis de los requerimientos de servicios y aplicaciones que los usuarios de una empresa necesitan para llevar a cabo sus actividades con éxito.

2.5.1 OPTIMIZACIÓN DEL ANCHO DE BANDA

Existen métodos o técnicas que permiten optimizar la velocidad de la conexión a Internet, como los servidores cache de Internet, el cual es un servidor que se coloca entre la salida a Internet y los usuarios.

Cualquier página que sea accedida por los usuarios es alojada en el disco duro de la máquina, logrando con esto que cuando otro usuario quiera consultar una página, primero revise en el servidor cache la página que está buscando, en el caso de que ya haya sido consultada, se desplegará la que tiene almacenada. Solo en caso de no tenerla almacenada utiliza la conexión con el ISP para solicitarla, de esta manera se desfoga un poco el canal de transmisión de datos, dando la sensación de mayor velocidad al usuario. Sin embargo, los servidores cache no son útiles para todos los servicios de Internet.

⁸ **Métodos Heurísticos:** Es la capacidad de un sistema para realizar de forma inmediata innovaciones positivas para sus fines.

2.5.2 TELEFONÍA IP

El uso del teléfono sobre Internet, permite en ciertos casos abaratar costos a las empresas en cuanto a comunicaciones de voz se refiere, aprovechando la misma infraestructura de red para montar líneas telefónicas.

Al ocupar la misma infraestructura de red de la empresa que la que utiliza el Internet, nos insta a analizar este tipo de servicios, y determinar el ámbito de uso, y determinar si consume ancho de banda de Internet o no, ya que esto impactaría en la velocidad que necesitamos contratar con el ISP.

Esto se vuelve más útil en aquellas empresas que tienen sucursales en distintas ciudades, disminuyendo costos de larga distancia.

2.5.3 APLICACIONES FUTURAS

El administrador decide cuanto ancho de banda contratará y quien será su proveedor, tomando en cuenta las aplicaciones y servicios que pudieran usarse en su empresa, Debido a que la velocidad de Internet contratada limita ciertas aplicaciones, es conveniente hacer un estudio de aplicaciones futuras que pudieran usarse en la empresa, y ver en qué medida incidirá en el ancho de banda que actualmente se tiene contratado.

El hecho de que un servicio o aplicación de Internet no se utilice, no indica que no pueda usarse en la empresa, de hecho se debe hacer un estudio costo/beneficio de los nuevos servicios y aplicaciones que se pueden usar en la empresa.

2.5.4 CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DE INTERNET

También es necesario al momento de contratar el Internet, tomar en cuenta el crecimiento en la demanda del mismo, tanto de usuarios, así como de las aplicaciones que demandan los mismos. Normalmente se piensa en nueva compra de equipos y ponerlos en red, sin embargo dentro de la administración, normalmente

no se contempla la velocidad de Internet que necesitará el o los usuarios de dichos equipos.

2.6 ESTIMACIÓN DEL ANCHO DE BANDA REQUERIDO PARA LA EMPRESA HIPOTÉTICA

Se procederá a analizar el ancho de banda de cada uno de los departamentos de la empresa hipotética, debido a la diferencia de características de cada uno, para el tráfico de datos, se tendrá el tráfico promedio de cada departamento.

2.6.1 GERENCIA GENERAL: TRÁFICO EXTERNO POR NAVEGACIÓN DE INTERNET

Los 15 computadores de esta parte de la empresa hipotética tendrán alto acceso a Internet, de estos, se estima que en promedio cada uno acceda al menos a 30 páginas web por hora. Se considera que el tamaño promedio de cada página es de 75 Kbytes.

Cálculo de tramas por hora para el departamento de Gerencia General:

$$\# \text{ tramas} = \frac{75\text{Kbytes}}{1460 \frac{\text{bytes}}{\text{trama}}} = 51.37 \text{ tramas}$$

Se puede concluir que se necesitan enviar 51 tramas de 1460 bytes y una de trama de 539 bytes, en el campo de datos; tomando en cuenta que se adicionan 58 bytes de cabeceras (18 bytes Ethernet, 20 bytes IP y 20 bytes TCP), por cada trama se tiene:

Cálculo de bytes de Overhead o sobrecarga por hora para el departamento de Gerencia General:

$$\# \text{ de bytes de sobrecarga} = 52 \times 58 \text{ bytes} = 3016 \text{ bytes}$$

Cálculo de bytes totales por hora para el departamento de Gerencia General:

$$\# \text{de bytes totales} = (1460 \times 51) + 539 + 3016 = 78015 \text{ bytes}$$

Cálculo velocidad de transmisión requerida para el departamento de Gerencia General:

$$V_{tx} = 15 \text{ usuarios} \times \frac{78015 \text{ bytes}}{1 \text{ página}} \times \frac{30 \text{ páginas}}{3600 \text{ seg}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} = 78,015 \text{ Kbps}$$

2.6.2 DEPARTAMENTOS DE INGENIERÍA: TRÁFICO EXTERNO POR NAVEGACIÓN DE INTERNET

En este departamento se ubicarán 25 máquinas que consumirán la mayor parte de la capacidad del acceso a Internet, ya que todas sus máquinas (PC's y estaciones de trabajo) tendrán acceso a él y abrirán páginas web con alto contenido multimedia. Se estima que en promedio cada uno de ellos acceda a 25 páginas web por hora. Se considera que el tamaño promedio de cada página utilizada por este departamento es de 125 Kbytes.

Cálculo de tramas por hora para el departamento de Ingeniería:

$$\# \text{ tramas} = \frac{125 \text{ Kbytes}}{1460 \frac{\text{bytes}}{\text{trama}}} = 85.61 \text{ tramas}$$

Se puede concluir que se necesitan enviar 85 tramas de 1460 bytes y una de trama de 900 bytes, en el campo de datos; tomando en cuenta que se adicionan 58 bytes de cabeceras (18 bytes Ethernet, 20 bytes IP y 20 bytes TCP), por cada trama se tiene:

Cálculo de bytes de Overhead o sobrecarga por hora para el departamento de Ingeniería:

$$\# \text{de bytes de sobrecarga} = 86 \times 58 \text{ bytes} = 4988 \text{ bytes}$$

Cálculo de bytes totales por hora para el departamento de Ingeniería:

$$\# \text{de bytes totales} = (1460 \times 85) + 900 + 4988 = 129988 \text{ bytes}$$

Cálculo velocidad de transmisión requerida para el departamento de Ingeniería:

$$V_{tx} = 25 \text{ usuarios} \times \frac{129988 \text{ bytes}}{1 \text{ página}} \times \frac{25 \text{ páginas}}{3600 \text{ seg}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} = 180,539 \text{ Kbps}$$

2.6.3 DEPARTAMENTOS DE ADMINISTRACIÓN: TRÁFICO EXTERNO POR NAVEGACIÓN DE INTERNET

Este departamento cuenta con 20 computadores y 8 de ellos tendrán acceso a Internet. Se estima que en promedio cada uno de ellos acceda a 20 páginas web por hora. Se considera que el tamaño promedio de cada página utilizada por este departamento es de 100Kbytes.

Cálculo de tramas por hora para el departamento de Administración:

$$\# \text{ tramas} = \frac{100 \text{ Kbytes}}{1460 \frac{\text{bytes}}{\text{trama}}} = 68.49 \text{ tramas}$$

Se puede concluir que se necesitan enviar 68 tramas de 1460 bytes y una de trama de 720 bytes, en el campo de datos; tomando en cuenta que se adicionan 58 bytes de cabeceras (18 bytes Ethernet, 20 bytes IP y 20 bytes TCP), por cada trama se tiene:

Cálculo de bytes de Overhead o sobrecarga por hora para el departamento de Administración:

$$\# \text{de bytes de sobrecarga} = 69 \times 58 \text{ bytes} = 4002 \text{ bytes}$$

Cálculo de bytes totales por hora para el departamento de Administración:

$$\# \text{de bytes totales} = (1460 \times 51) + 720 + 4002 = 104002 \text{ bytes}$$

Cálculo velocidad de transmisión requerida para el departamento de Administración.:

$$V_{tx} = 8 \text{ usuarios} \times \frac{104002 \text{ bytes}}{1 \text{ página}} \times \frac{20 \text{ páginas}}{3600 \text{ seg}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} = 36,9785 \text{ Kbps}$$

2.6.4 DEPARTAMENTOS DE VENTAS: TRÁFICO EXTERNO POR NAVEGACIÓN DE INTERNET

Este departamento cuenta con 15 computadores y 8 de ellos tendrán acceso a Internet moderadamente. Se estima que en promedio cada uno de ellos acceda a 30 páginas web por hora. Se considera que el tamaño promedio de cada página utilizada por este departamento es de 100 Kbytes.

Cálculo de tramas por hora para el departamento de Ventas:

$$\# \text{ tramas} = \frac{100 \text{ Kbytes}}{1460 \frac{\text{bytes}}{\text{trama}}} = 68.49 \text{ tramas}$$

Se puede concluir que se necesitan enviar 68 tramas de 1460 bytes y una de trama de 720 bytes, en el campo de datos; tomando en cuenta que se adicionan 58 bytes de cabeceras (18 bytes Ethernet, 20 bytes IP y 20 bytes TCP), por cada trama se tiene:

Cálculo de bytes de Overhead o sobrecarga por hora para el departamento de Ventas:

$$\# \text{ de bytes de sobrecarga} = 69 \times 58 \text{ bytes} = 4002 \text{ bytes}$$

Cálculo de bytes totales por hora para el departamento de Ventas:

$$\# \text{ de bytes totales} = (1460 \times 51) + 720 + 4002 = 104002 \text{ bytes}$$

Cálculo velocidad de transmisión requerida para el departamento de Ventas:

$$V_{tx} = 8 \text{ usuarios} \times \frac{104002 \text{ bytes}}{1 \text{ página}} \times \frac{30 \text{ páginas}}{3600 \text{ seg}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} = 55,467 \text{ Kbps}$$

2.6.5 CENTRO DE DATOS: TRÁFICO EXTERNO POR NAVEGACIÓN DE INTERNET

Este departamento tendrá alto tráfico de acceso a Internet. Se estima que en promedio cada uno de los 10 usuarios utilice 30 páginas web por hora. Se asume que el tamaño promedio de cada página es de 50 Kbytes.

Cálculo de tramas por hora para el departamento de Centro de Datos:

$$\# \text{ tramas} = \frac{50 \text{ Kbytes}}{1460 \frac{\text{bytes}}{\text{trama}}} = 34.24 \text{ tramas}$$

Se puede concluir que se necesitan enviar 34 tramas de 1460 bytes y una de trama de 359 bytes, en el campo de datos; tomando en cuenta que se adicionan 58 bytes de cabeceras (18 bytes Ethernet, 20 bytes IP y 20 bytes TCP), por cada trama se tiene:

Cálculo de bytes de Overhead o sobrecarga por hora para el departamento de Centro de Datos:

$$\# \text{ de bytes de sobrecarga} = 35 \times 58 \text{ bytes} = 2030 \text{ bytes}$$

Cálculo de bytes totales por hora para el departamento de Centro de Datos:

$$\# \text{ de bytes totales} = (1460 \times 34) + 359 + 2030 = 52029 \text{ bytes}$$

Cálculo velocidad de transmisión requerida para el departamento de Centro de Datos:

$$V_{tx} = 10 \text{ usuarios} \times \frac{52029 \text{ bytes}}{1 \text{ página}} \times \frac{30 \text{ páginas}}{3600 \text{ seg}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} = 34,686 \text{ Kbps}$$

De acuerdo a los cálculos realizados anteriormente para el dimensionamiento de la capacidad requerida para el acceso a Internet se puede concluir que:

$$V_{tx} \text{ Total} = (78,015 + 180,539 + 36,9785 + 55,467 + 34.686) \text{ Kbps}$$

Cálculo del ancho de banda total requerido para la empresa hipotética:

$$V_{tx} \text{ Total} = 385,6855 \text{ Kbps}$$

Departamentos	Ancho de Banda
Gerencia General	78,015 Kbps
Ingeniería	180,539 Kbps
Administración	36,9785 Kbps
Ventas	55,467 Kbps
Centro de Datos	34.686 Kbps
Tráfico Total Externo (Navegación Web)	385, 6855 Kbps

Tabla 2. 6 Ancho de banda requerido por departamento

2.7 TRÁFICO INTERNO PARA TRASMISIÓN DE DATOS

Para calcular el tráfico interno que se genera en la empresa hipotética, se procederá a analizar los principales servicios de red a implementar y el tráfico que generan estos.

2.7.2 TRÁFICO GENERADO POR EL SERVIDOR DE BASE DE DATOS

Para calcular el tráfico que genera la empresa, con respecto al servicio de base de datos se debe tener en cuenta varios parámetros (usuarios que envían peticiones, actualizaciones en las tablas, frecuencia en las actualizaciones, tamaño de las actualizaciones, etc.), para ello se ha llevado a cabo el siguiente análisis basado en datos estadísticos de una PYME, se tiene por lo tanto lo siguiente:

Teniendo un promedio de 100 Mbytes semanales ^[45], es decir 20 Mbytes por día. Además en promedio, un usuario realiza una actualización cada 10 minutos, por lo tanto realizará 48 actualizaciones en un día de 8 horas laborables por usuario. El cálculo de la capacidad se lo realizará mediante la ecuación:

$$AB_{\text{Servidor BDD}_{EH}} = \frac{20 \text{ Mbytes}}{\text{dia}} * \frac{\text{dia}}{48 \text{ actualizaciones}} * \frac{1 \text{ actualizacion}}{10 \text{ minutos}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ s}}$$

$$AB_{\text{Servidor BDD}} = \frac{0,69 \text{ Kbyte}}{\text{s}} * \frac{8 \text{ bits}}{\text{byte}}$$

$$AB_{\text{Servidor BDD}} = 5,55 \text{ Kbps} * 14 \text{ Usuarios}$$

$$AB_{\text{Servidor BDD}} = 77.7 \text{ Kbps}$$

2.7.3 TRÁFICO GENERADO POR EL SERVIDOR DE CORREO ELECTRÓNICO Y TRANSMISIONES FTP

Las aplicaciones que se consideran para el cálculo del tráfico de datos son: correo electrónico, transmisión de archivos. Para la determinación de capacidad de los servicios se han asignado valores típicos que se presentan en la siguiente tabla ^[32]:

Servicio	Capacidad Típica
Correo Electrónico	19.2 Kbps
Transferencia de Archivos	19.2 Kbps

Tabla 2. 7 Valores típicos para servicios de correo electrónico y transferencia de archivos

La demanda de capacidad total se obtiene multiplicando el número de usuarios por departamento por la capacidad típica que necesita el servicio. Este número de posibles usuarios se lo estableció considerando el peor escenario, en el cual todos los usuarios accederían al servicio respectivo simultáneamente.

Departamento	Número de Usuarios	Capacidad Típica del servicio (Kbps)		Capacidad del Servicio por departamento (Kbps)	
		Correo Electrónico	FTP	Correo Electrónico	FTP
Gerencia General	15	19,20	19,20	288	288
Ingeniería	25	19,20	19,20	480	480
Administración	20	19,20	19,20	384	384
Ventas	15	19,20	19,20	288	288

Centro de Datos	10	19,20	19,20	192	192
Almacenes de Despacho	15	19,20	19,20	288	288
Total	100			1920	1920

Tabla 2. 8 Tráfico total generado por los servicios de correo y FTP en todos los departamentos de la empresa hipotética.

2.7.4 TRÁFICO GENERADO POR EL SERVIDOR SAMBA (COMPARTICIÓN DE ARCHIVOS)

Todo elemento o dispositivo que esté ubicado entre un cliente y un servidor o aplicación, impondrá necesariamente un retardo a la información que se esté intercambiando entre estos dos dispositivos. Cualquier red genera los siguientes retardos dependiendo del dispositivo o servicio de red:

1. Retardo en el cliente
2. Retardo en la red LAN
3. Retardo en la red WAN
4. Retardo en la red LAN remota
5. Retardo en el servidor, tenemos: (Retardo en la tarjeta de red, Retardo en el sistema operativo, Retardo en la aplicación, Retardo en el acceso al disco duro, Retardo en el acceso a la memoria principal o RAM, Retardo en el procesador)

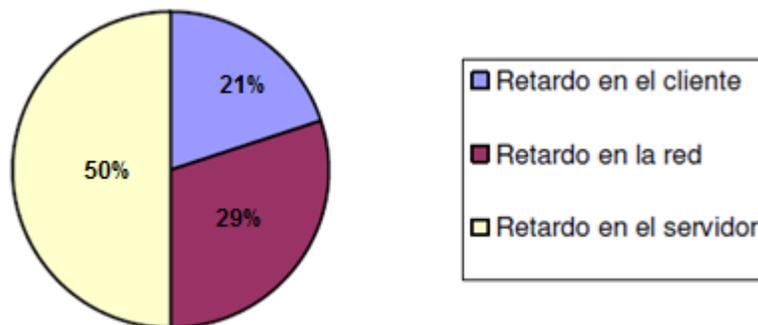


Figura 2. 7 Distribución típica general de la distribución de los retardos en una red ⁹

⁹ Resultado validado por medio de herramientas de simulación como OPNET, donde se pueden calcular los retardos para un cliente o varios clientes.

Es decir, los retardos se distribuyen típicamente entre el retardo del cliente (el computador que genera la transacción o requerimiento), el tiempo en la red, el cual a su vez depende de las velocidades de conexión de la red LAN y la red WAN, y por último el tiempo de procesamiento por la aplicación que el usuario está tratando de acceder.

Según estadísticas de redes del mundo, el tiempo menor corresponde al cliente, continua luego la red tanto LAN como la red WAN y por último encontramos que el mayor tiempo corresponde en la mayoría de los casos, a los tiempos de retardo generados por la aplicación o el servicio al que estamos tratando de usar o acceder.

Este último se dividiría a su vez entre el retardo de procesamiento, el retardo en el disco duro y el retardo por tiempos de acceso a la memoria RAM del computador. De estos retardos que son inherentes a todo sistema de procesamiento, podemos decir que el retardo de acceso al disco duro es el mayor comparándolo con el de procesamiento y el de acceso a la memoria RAM.

Tiempo de respuesta	Porcentaje del total
Ciente	5
Red local	5
Servidor de aplicaciones	25
WAN	10
LAN sitio remoto	4
Servidor de bases de datos	51

Tabla 2. 9 Distribución estimada de los retardos en las diferentes zonas de un sistema de información

Calcularemos ahora los retardos en las redes de datos con el fin de poder establecer una velocidad mínima requerida en la red LAN. Para hacer este ejercicio consideraremos diferentes tamaños de archivos que vayan por ejemplo desde 0.5 Mbytes, hasta 50 Mbytes; y por otro lado consideremos velocidades soportadas por las redes locales hoy en día, estas velocidades van desde los 10Mbps hasta 1Gbps.

En la siguiente tabla constan los valores obtenidos a partir del cálculo del retardo que se debe esperar dependiendo de la velocidad en la red LAN:

Tamaño del archivo (Mbytes)	Retardo a 10Mbps (seg.)	Retardo a 100Mbps (seg.)	Retardo a 1Gbps (seg.)
0,5	0,40	0,04	0,004
1	0,80	0,08	0,008
5	4,00	0,4	0,04
10	8,00	0,8	0,08
50	40,00	4	0,4

Tabla 2.10 Retardos para diferentes tamaños de archivos en redes de velocidades desde 10Mbps hasta 1Gbps ^[33]

Con base en esta información realicemos una gráfica de barras, para poder apreciar los retardos comparativamente entre las diferentes velocidades de la red local:

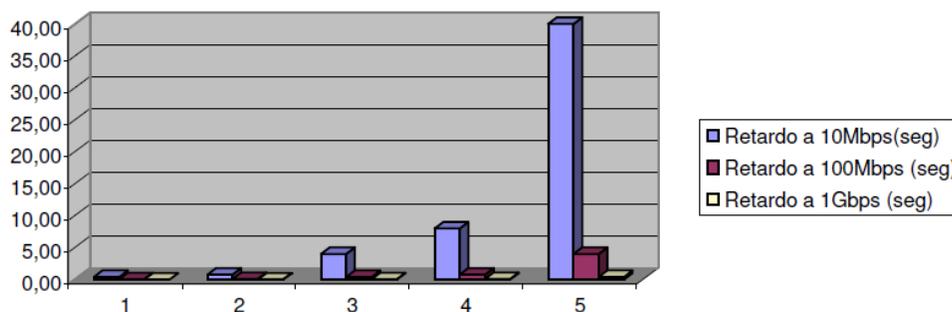


Figura 2. 8 Comparativa de los retardos que se experimentan con respecto a diferentes velocidades de una red local ^[33]

Según lo expresado en las tablas anteriores, podemos fácilmente apreciar que en el caso de velocidades de 100Mbps y un 1Gbps, los retardos están por debajo de los cuatro (4) segundos y son comparativamente mucho menores que para el caso de 10Mbps, donde pueden llegar en uno de los casos hasta un valor máximo de 40 segundos. De tal manera que con base en la información anteriormente expuesta y

considerando el caso tanto de aplicaciones LAN - LAN, como de aplicaciones LAN - WAN, se recomienda que: la conexión mínima de la red LAN sea 100 Mbps para redes de oficinas pequeñas y medianas.

Con base en lo anteriormente expuesto, pasemos a realizar una comparación entre los retardos esperados en la red LAN y los retardos también esperados en la red WAN. Esta comparación mostrará sobre cuál de estos tipos de retardos debemos poner más atención en el proceso de diseño y planeación de la red para lograr optimizar su rendimiento.

Para analizar este caso haremos la comparación entre una red WAN operando a 256 Kbps; una red también WAN operando a 512 Kbps, y compararemos estos dos retardos con los retardos experimentado para este mismo tipo de archivos viajando por una red LAN de 100Mbps, la cual fue la velocidad mínima que se dedujo para una red:

Tamaño del archivo Mbytes	retardo a 256 KBPS	Retardo a 512 Kbps	Retardo a 100Mbps
0,5	15,63	7,81	0,04
1	31,25	15,63	0,08
5	156,25	78,13	0,4
10	312,50	156,25	0,8
50	1562,50	781,25	4

Figura 2. 9 Retardo a diferentes velocidades y tamaños de archivos ^[33]

Si miramos la columna para el retardo para la LAN, es decir el retardo a 100Mbps, podemos observar que para el caso del archivo de 50Mbytes el retardo es de tan sólo cuatro (4) segundos comparado por ejemplo con el valor de 1562,5 experimentado en un enlace WAN, es decir, es 390 veces mayor. Finalmente calculamos el ancho de banda generado por cada archivo a la velocidad de 1Gbps. Ejemplo de Cálculo:

Ejemplo de cálculo del ancho de banda por archivo, considerando una velocidad de 1GBps:

$$AB = 10 \text{ Mbytes} * 0,08 \text{ s} * \frac{8\text{bits}}{1 \text{ byte}} = 6,4 \text{ Mbps}$$

Tamaño del archivo (Mbytes)	Retardo a 10Mbps (seg.)	Retardo a 100Mbps (seg.)	Retardo a 1Gbps (seg.)	Ancho de Banda generado
0,5	0,40	0,04	0,004	160 Kbps
1	0,80	0,08	0,008	64 Kbps
5	4,00	0,4	0,04	1,6 Mbps
10	8,00	0,8	0,08	6,4 Mbps
50	40,00	4	0,4	160 Mbps

Tabla 2. 11 Retardos experimentados a diferentes velocidades

2.7.5 TRÁFICO GENERADO POR SERVIDOR DE STREAMING DE AUDIO Y VIDEO

Cuando planeamos implementar videoconferencia por IP, es requerido un entendimiento de cómo las videoconferencias difieren de las otras aplicaciones basadas en IP

A diferencia del email o de aplicaciones típicas de base de datos, la videoconferencia requiere límites en el tiempo total de retraso punto a punto (latencia), la misma que se encuentra basada en un sentido de la percepción de retardo tanto del audio como del video, se estima que se puede mantener una comunicación muy aceptable cuando la latencia no supera 125 – 150 milisegundos aproximadamente.

2.7.5.1 Pérdida de paquetes

La diferencia en el retraso en la red (jitter) puede causar pérdida de paquetes. Una pérdida de paquetes de 1% puede producir congelamiento en el video y/o pérdida del audio. Una pérdida de paquetes de 2% puede hacer que el video sea inusable, aunque el audio puede sonar algo aceptable. Pérdida de paquetes por arriba del 2 % es inaceptable en una videoconferencia de calidad empresarial.

2.7.5.2 El ancho de banda en la videoconferencia

Una llamada típica de videoconferencia de calidad de negocios se recomienda maneje 30 cuadros por segundos.

Calidad (Cuadros por segundo)	Ancho de Banda (Kbps)	Consumo Real de Ancho de Banda (AB + 25 % (overhead))	Numero de Videoconferencias Consecutivas (peor de los casos)	AB Total
15	128	160 Kbps	32	5,12 Mbps
30	192	240 Kbps	32	7,68 Mbps

Tabla 2.12 Consideraciones para servicio de videoconferencia

2.7.6 TRÁFICO GENERADO POR SERVIDOR DE TELEFONÍA IP

Para determinar el tráfico de red generado por el servicio de Voz sobre IP, se requiere conocer cuántas llamadas simultáneas se generan en la hora de mayor tráfico del día. Se debe tomar en cuenta que existe la probabilidad de que 1 de cada 100 llamadas sea bloqueada, debido a la falta de líneas, esto permite determinar el GoS (grado de servicio).

Para determinar el número de líneas entrantes necesarias para responder los requerimientos indicados, se utilizará el modelo de Erlang B¹⁰. En este modelo se requiere conocer cuántos minutos de llamadas existen en la hora más ocupada (BHT, Bussy Hour Traffic). Se utilizará el programa on line “Erlang B Calculator”, el cual permitirá el cálculo de una manera simple del número de líneas requeridas.

Para el caso de la empresa hipotética se ha considerado que el número de llamadas simultáneas y duración de las mismas por departamento de acuerdo a la siguiente tabla:

Departamentos	Número de llamadas simultáneas en hora de mayor ocupación	Tiempo de duración promedio de llamada
Gerencia General	10	3 minutos
Ingeniería	12	2 minutos
Administración	8	2 minutos
Ventas	10	5 minutos
Centro de Datos	5	2 minutos
Almacenes de Despacho	5	2 minutos

Tabla 2.13 Consideraciones para servicio de videoconferencia

Para la determinación del tráfico de telefonía IP, es necesario tomar en cuenta el códec utilizado. Los códec son usados para convertir la voz de señal analógica en digital. Se diferencian unos de otros en aspectos tales como calidad del sonido, tasa de compresión, consumo de ancho de banda.

Se utilizará códec G.711, el mismo que es del tipo “Open source” diseñado para entregar máxima calidad de voz., con muy bajo consumo de CPU requerido, muy apropiado para aplicaciones sobre PyME’s.

10 Modelo de Erlang-B no hay cola de espera, sino n recursos (servidores) y hasta n usuarios como máximo; si llega el usuario n+1, es rechazado.

CODEC	Tasa	Lt [bytes]	Tt [ms]	N	Tt.N [ms]	1/(Tt.N) Paq/seg	Lt.N [bytes]	Total [bytes]	BW [kbps]
G.729	8kbps	10	10	3	30	33,33	30	108	28,80
				6	60	16,67	60	138	18,40
G.723.1	6.4kbps	24	30	1	30	33,33	24	102	27,20
				2	60	16,67	48	126	16,80
	5.3kbps	20	30	1	30	33,33	20	98	26,13
				2	60	16,67	40	118	15,73
G.711	64kbps	1	0,125	240	30	33,33	240	318	84,80
				480	60	16,67	480	558	74,40
G.726	32kbps	1	0,25	120	30	33,33	120	198	52,80
				240	60	16,67	240	318	42,40

Tabla 2.14 Tasa de paquetes de datos de acuerdo al Códec utilizado ^[34]

2.7.6.1 Determinación del número de líneas y ancho de banda requerido para el departamento de Gerencia General

Cálculo de la probabilidad de ocupación del canal de voz:

$$\text{BHT} = \frac{10 \times 3 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos}} = 0,5 \text{ Erlangs}$$

Figura 2.10 Número de líneas necesarias para departamento de Gerencia General ^[35]

Para estimar el ancho de banda, se debe tomar en cuenta el códec seleccionado (G.711), por lo que el ancho de banda estimado para soportar 1 llamada telefónica en una red Ethernet con el códec G.711 es igual a 84.8 Kbps. Por lo tanto:

Para 4 líneas telefónicas se tendrá: 339,2 Kbps.

2.7.6.2 Determinación del número de líneas y ancho de banda requerido para el departamento de Ingeniería

Cálculo de la probabilidad de ocupación del canal de voz:

$$\text{BHT} = \frac{12 \times 2 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos}} = 0,4 \text{ Erlangs}$$

Figura 2.11 Número de líneas necesarias para departamento de Ingeniería ^[35]

El ancho de banda estimado para soportar 1 llamada telefónica en una red Ethernet con el códec G.711 es igual a 84.8 Kbps, para 3 líneas telefónicas se tiene: 254,4 Kbps.

2.7.6.3 Determinación del número de líneas y ancho de banda requerido para el departamento de Administración

Cálculo de la probabilidad de ocupación del canal de voz:

$$\text{BHT} = \frac{8 \times 2 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos}} = 0,267 \text{ Erlangs}$$

Figura 2.12. Número de líneas necesarias para departamento de Administración ^[35]

El ancho de banda estimado para soportar 1 llamada telefónica en una red Ethernet con el códec G.711 es igual a 84.8 Kbps, para 3 líneas telefónicas se tiene: 254,4 Kbps.

2.7.6.4 Determinación del número de líneas y ancho de banda requerido para el departamento de Ventas

Cálculo de la probabilidad de ocupación del canal de voz:

$$\text{BHT} = \frac{10 \times 5 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos}} = 0,833 \text{ Erlangs}$$

Figura 2.13 Número de líneas necesarias para departamento de Ventas ^[35]

El ancho de banda estimado para soportar 1 llamada telefónica en una red Ethernet con el códec G.711 es igual a 84.8 Kbps, para 4 líneas telefónicas se tiene: 339,2 Kbps.

2.7.6.5 Determinación del número de líneas y ancho de banda requerido para el Centro de Datos

Cálculo de la probabilidad de ocupación del canal de voz:

$$\text{BHT} = \frac{5 \times 2 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos}} = 0,166 \text{ Erlangs}$$

Figura 2.14 Número de líneas necesarias para departamento de Centro de Datos ^[35]

El ancho de banda estimado para soportar 1 llamada telefónica en una red Ethernet con el códec G.711 es igual a 84.8 Kbps, para 3 líneas telefónicas se tiene: 254,4 Kbps.

2.7.6.6 Determinación del número de líneas y ancho de banda requerido para el Almacén de Despacho

Cálculo de la probabilidad de ocupación del canal de voz:

$$\text{BHT} = \frac{5 \times 2 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos}} = 0,166 \text{ Erlangs}$$

Figura 2.15. Número de líneas necesarias para Almacén de Despacho ^[35]

El ancho de banda estimado para soportar 1 llamada telefónica en una red Ethernet con el códec G.711 es igual a 84.8 Kbps, para 3 líneas telefónicas se tiene: 254,4 Kbps.

2.7.6.7 Tráfico total de telefonía IP

A continuación se muestra resumido el tráfico requerido para el servicio de telefonía IP:

Departamentos	Tráfico para el servicio de telefonía IP
Gerencia General	339,2 Kbps
Ingeniería	254,4 Kbps
Administración	254,4 Kbps
Ventas	339,2 Kbps
Centro de Datos	254,4 Kbps
Almacenes de Despacho	254,4 Kbps
Total	1696 Kbps

Tabla 2.15 Tráfico total interno generado.

2.8 TRÁFICO TOTAL DE LA RED

2.8.1 TRÁFICO INTERNO GENERADO:

Por lo tanto el tráfico total interno de la red de la empresa hipotética se resume en la siguiente tabla:

Servicio de Red	Ancho de Banda
Servidor de base de datos.	0.777 Mbps
Servidor de correo electrónico.	1,920 Mbps
Servidor FTP	1,920 Mbps
Servidor SAMBA (Compartir Archivos).	6,4 Mbps
Servidor de streaming de Audio y Video.	7,68 Mbps
Servidor de Telefonía IP	1,696 Mbps
Tráfico Total Interno	20,393 Mbps

Tabla 2.16 Tráfico total interno generado

2.8.2 TRÁFICO EXTERNO GENERADO:

Por su parte el tráfico externo de la red asociado a la empresa hipotética se encuentra determinado a continuación:

Departamentos	Ancho de Banda
Gerencia General	78,015 Kbps
Ingeniería	180,539 Kbps
Administración	36,9785 Kbps
Ventas	55,467 Kbps
Centro de Datos	34.686 Kbps
Tráfico Total Externo (Navegación Web)	385, 6855 Kbps

Tabla 2.17 Tráfico total externo

De acuerdo a los cálculos realizados se puede establecer el tráfico total generado:

Tráfico	Ancho de Banda
Tráfico Interno de la Red Hipotética	20,393 Mbps
Trafico externo de la Red Hipotética	0,3857 Mbps
Subtotal	20,7787 Mbps
Porcentaje de tolerancia (25 %)	5,195 Mbps
Tráfico Total generado	25,9737 Mbps

Tabla 2.18 Tráfico total generado por la empresa hipotética

2.8.3 ESTIMACIÓN DE TRÁFICO A 10 AÑOS

Un punto importante en el diseño de la red es la estimación de tráfico a futuro, ya que se debe asegurar un correcto funcionamiento de la misma; para ello, se considerará una proyección de crecimiento anual del 1% incluyendo aumento de personal y actualización tecnológica.

Mediante estos datos la siguiente ecuación estimará el crecimiento de tráfico en un período de 10 años.

Fórmula para el cálculo de la proyección del ancho de banda para n años:

$$T_f = T_o(1 + f_c)^n$$

Ecuación 2.1 Fórmula para cálculo de la proyección del ancho de banda para n años

Donde:

- T_f = Tráfico proyectado a n años
- T_o = Tráfico inicial actual
- f_c = Factor de crecimiento anual (1%)

- n = número de años

A continuación se pueden apreciar los resultados de crecimiento a 10 años:

Años	Tráfico Final (Mbps)
1	150,65766
2	152,164237
3	153,685879
4	155,222738
5	156,774965
6	158,342715
7	159,926142
8	161,525403
9	163,140657
10	164,772064

Tabla 2. 19 Cálculo del crecimiento de ancho de banda en 10 años

2.9 DISEÑO DE LA RED DE LA EMPRESA HIPOTÉTICA

Se detallará el diseño de la red de la empresa hipotética, escogiendo de manera óptima las distintas metodologías que cumplan con el análisis de los requerimientos de la empresa.

El principal objetivo es establecer un diseño de la red segura, disponible, fortalecida que permita el eficiente uso de los recursos de la red. Para lograr este objetivo se usará una metodología basada en la arquitectura de redes jerárquicas (acceso, distribución y core) y para el intercambio de información se seguirá la arquitectura por capas del Modelo ISO.

2.9.1 REDES JERÁRQUICAS

Las empresas pequeñas, medianas y grandes (con mayor razón), requieren de una red escalable que permita resolver los problemas con mayor eficiencia. El modelo jerárquico consta de tres capas, una de núcleo, una de distribución y finalmente la de acceso. Sin embargo, su implementación es flexible y se puede prescindir de una de ellas si el diseño de red lo requiere.

La ventaja del diseño jerárquico es que cada capa cumple una función específica, lo que permite que el diseño sea modular, escalable, redundante y seguro. La Figura muestra un ejemplo de red jerárquica.

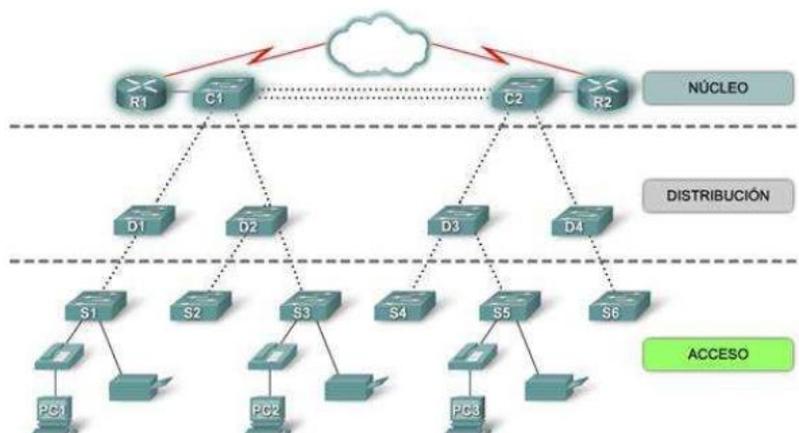


Figura 2.16 Distribución jerárquica en una red [36]

2.9.1.1. Capa de Núcleo

La capa de núcleo es el backbone de alta velocidad de la red. Su función principal es la intercomunicación de los dispositivos de la capa de distribución, por tanto, es necesario que exista redundancia de los equipos que operan en esta capa para ofrecer una alta disponibilidad. Esta capa se conecta también con el Internet y las redes externas, por lo que transporta grandes cantidades de información y debe realizar funciones de enrutamiento. En la empresa hipotética, esta capa se colocará solo un router que maneje fibra óptica y que posiblemente sea instalado por el ISP contratado.

Los equipos que operan en esta capa deben permitir el manejo de grandes velocidades de reenvío, conexiones agregadas y de alta velocidad. Por lo general, los requerimientos de estos dispositivos son los siguientes:

- Puertos WAN
- Puertos Gigabit Ethernet \ 10 Gigabit Ethernet
- Puertos para conexiones de fibra óptica
- Calidad de Servicio
- Protocolo de Tiempo Real
- Protocolos de Enrutamiento
- Spanning Tree Protocol

2.9.1.2. Capa de Distribución

La capa de distribución permite la comunicación entre las capas de acceso y de núcleo, ya que realiza enrutamiento, conexión inter-VLANs y filtrado de paquetes.

Además, en este nivel se configuran las VLANs, listas de acceso y se establecen las políticas de seguridad de la red. Las características adicionales que deben tener los dispositivos de esta capa son:

- Calidad de Servicio
- Protocolo de Tiempo Real
- Spanning Tree Protocol
- Agregación de Enlaces
- VLANs
- Puertos Fast Ethernet / Gigabit Ethernet

En la empresa hipotética se utilizarán equipos que permitan el intercambio de información en el mismo dominio de colisión, sin características de enrutamiento y que manejen interfaces ópticas y conmutación en el dominio de la luz, tendrán un

mayor número de puertos ópticos que los equipos utilizados en la capa de acceso (mayor a 24 puertos).

2.9.1.3. Capa de Acceso

La capa de acceso es aquella que controla a los usuarios y permitirá la interconexión entre los grupos de trabajo establecidos en la capa de distribución. A los equipos de la capa de acceso se conectan los dispositivos finales como estaciones de trabajo, impresoras y teléfonos IP, etc. Su principal objetivo es aportar con un medio de conexión apropiado para que los usuarios se comuniquen con la red.

Los equipos que se requieren para la capa de acceso de una red pueden ser generalmente dispositivos con características como:

- Seguridad a nivel de puerto
- VLANs
- Puertos Fast Ethernet
- Power Over Ethernet

En la empresa hipotética se utilizaran equipos que permitan el intercambio de información en el mismo dominio de colisión, sin características de enrutamiento y que manejen interfaces ópticas y conmutación en el dominio de la luz, tendrán un número menor de puertos ópticos que los equipos utilizados en la capa de distribución (menor a 12 puertos).

2.9.2 VENTAJAS DE UTILIZAR UNA RED JERÁRQUICA

2.9.2.1. Escalabilidad.

Debido a que se trata de un diseño modular es sencillo establecer nuevas áreas o colocar nuevos equipos para extender la red sin afectar su funcionamiento.

Por ejemplo, si se requiere aumentar usuarios en la red, solo se debe colocar en la capa de acceso un dispositivo con más puertos de conexión o colocar un equipo adicional. Si se desea implementar una nueva VLAN solo se requiere de una configuración en la capa de distribución.

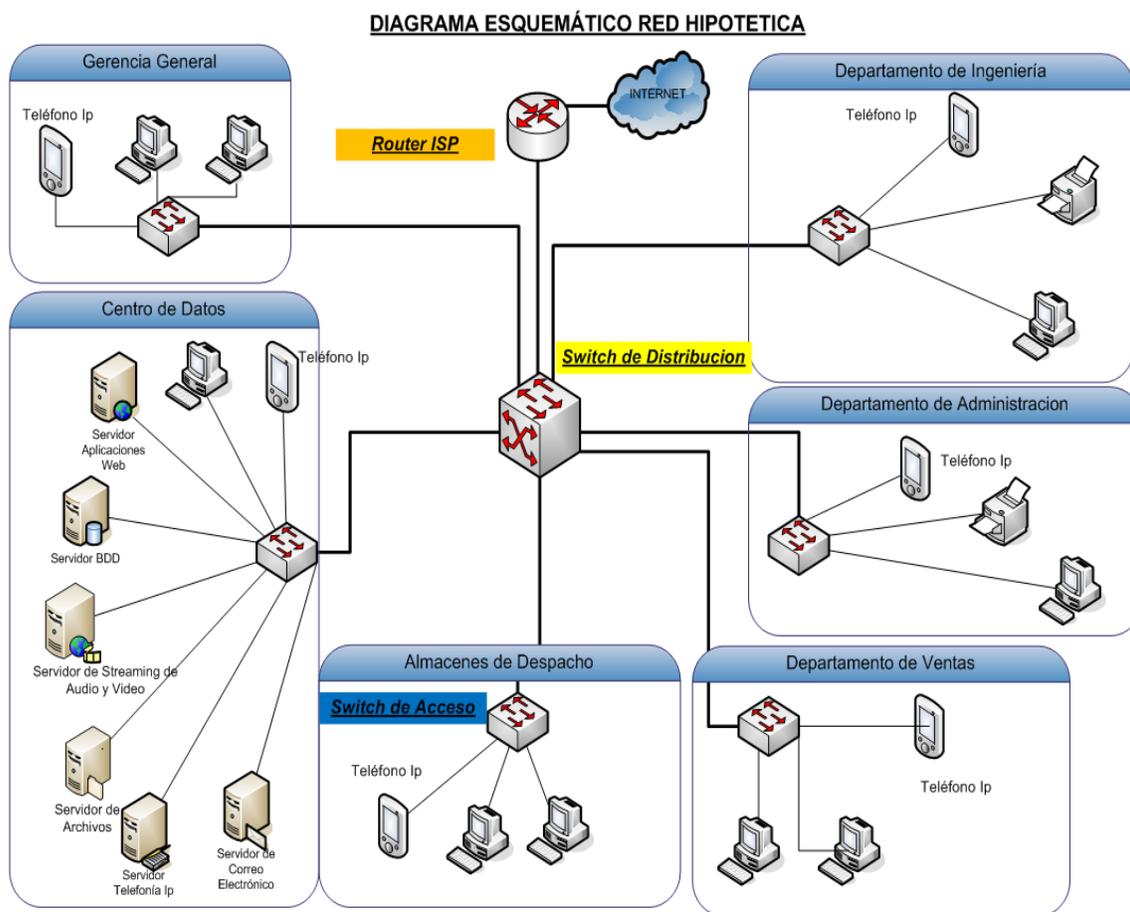


Figura 2. 17 Diagrama esquemático de la red hipotética

2.9.2.2. Redundancia

La disponibilidad de la red es un aspecto fundamental para su funcionamiento. Por lo tanto, se pueden adicionar equipos en cualquiera de las capas como respaldo de los ya existentes para evitar tener un punto único de falla. También, se puede balancear

la carga entre los equipos redundantes para aumentar la velocidad de respuesta y disminuir el tiempo de procesamiento.

2.9.2.3. Rendimiento

La comunicación entre dispositivos es más eficiente debido a que cada uno de los equipos de las capas cumple con su función específica. De esta manera, se distribuye la carga de la red para evitar problemas de congestión por la existencia de cuellos de botella.

2.9.2.4. Seguridad

La seguridad en la red mejora sustancialmente y es más sencilla de administrar porque se puede implementar en cada una de las capas. Por ejemplo, a nivel de capa de acceso con opciones de control en los puertos. O se puede configurar a nivel de capa de distribución y núcleo políticas de seguridad más avanzadas como listas de acceso, firewalls, etc.

2.9.2.5. Facilidad de administración

Una de las principales características de este modelo es que facilita la administración gracias a su distribución organizada y modular. Debido a que, en las capas cada dispositivo cumple con funciones específicas, al modificar su configuración o aumentar sus funcionalidades, en uno, se lo puede copiar a todos los equipos de la capa.

2.9.2.6. Facilidad de mantenimiento

El diseño jerárquico proporciona una red ordenada cuyo mantenimiento es sencillo. Así mismo si falla un equipo y requiere ser reemplazado la configuración es similar a la de otro equipo de su misma capa por lo que este tipo de cambios no ocasionarán mayores inconvenientes ni detendrán el funcionamiento de la red.

2.10 ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE LA NUEVA RED

La meta de esta actividad es satisfacer los requerimientos inmediatos y futuros de la red de la empresa Hipotética, reflejarlos en su diseño hasta llegar a su implementación, basados en el modelo OSI, se establecerán los requerimientos y soluciones de la red Hipotética:

2.10.1 CAPA 1 (CAPA FÍSICA)

En este nivel se describirá la infraestructura adecuada para la conectividad de los diferentes usuarios de la red de la empresa hipotética. Se requiere de medios físicos del tipo fibra óptica, que permitirán conectar los diferentes usuarios y cada una de los departamentos de la empresa. En este nivel se requiere especificar el modo de direccionamiento y la topología a utilizar.

Por lo tanto se requiere una topología estrella en cada uno de los departamentos que deben conectarse a un Switch central de distribución. El protocolo a utilizar será DWDM.

2.10.2 CAPA 2 (CAPA ENLACE)

También llamada capa de enlaces de datos. Se asigna el tipo de red y la secuencia de paquetes utilizada. En este caso la red usará Ethernet.

2.10.3 CAPA 3 (CAPA DE RED)

El direccionamiento que se ha escogido es de tipo IPv4, direccionamiento clase C de dirección de red 192.168.3.0, con máscara 255.255.255.0 para tener un número de host adecuado al número de usuarios de la empresa hipotética. A continuación se describe el plan de direccionamiento IP:

Departamentos	Número de Host	Direcciones IP Asignadas				IP Broadcast
		Dirección de Red	Máscara de Red	Rango de Host	IP Gateway	
Gerencia General	15	192.168.3.0 / 24	255.255.255.0	192.168.3.1 - 192.168.3.30	192.168.3.254	192.168.3.255
Ingeniería	25	192.168.3.0 / 24	255.255.255.0	192.168.3.31 - 192.168.3.80	192.168.3.254	192.168.3.255
Administración	20	192.168.3.0 / 24	255.255.255.0	192.168.3.81 - 192.168.3.120	192.168.3.254	192.168.3.255
Ventas	15	192.168.3.0 / 24	255.255.255.0	192.168.3.121 - 192.168.3.150	192.168.3.254	192.168.3.255
Centro de Datos	10	192.168.3.0 / 24	255.255.255.0	192.168.3.151 - 192.168.3.170	192.168.3.254	192.168.3.255
Almacenes de Despacho	15	192.168.3.0 / 24	255.255.255.0	192.168.3.171 - 192.168.3.200	192.168.3.254	192.168.3.255
Red Inalámbrica	30	192.168.3.0 / 24	255.255.255.0	192.168.3.201 - 192.168.3.230	192.168.3.254	192.168.3.255
Servidores y Equipos de Networking	20	192.168.3.0 / 24	255.255.255.0	192.168.3.231 - 192.168.3.250	192.168.3.254	192.168.3.255

Tabla 2.20 Plan de direccionamiento IP para la red de la empresa hipotética

2.10.4 CAPA 4 (CAPA TRANSPORTE)

Activar protocolo TCP, UDP, mantener el control de flujo de datos y proveer verificaciones de errores y recuperación de datos entre dispositivos.

2.10.5 CAPA 5 (CAPA SESIÓN)

Esta capa permite a los usuarios de diferentes máquinas de una red establecer sesiones entre ellos. A través de una sesión se puede llevar a cabo un transporte de datos ordinario, aunque esta capa se diferencia de la de transporte en los servicios que proporciona.

Entre sus funciones esenciales se tiene:

- Esta encargada de proporcionar sincronización y gestión de testigos.
- Establece, administra y finaliza las sesiones entre dos host que se están comunicando.
- Restaura la sesión a partir de un punto seguro y sin pérdida de datos.
- Coordina el intercambio de información entre sistemas mediante técnicas de conversación o diálogos.
- Permite que los usuarios de diferentes máquinas puedan establecer sesiones entre ellos.

La capa de sesión coordina las aplicaciones mientras interactúa en dos host que se comunican entre sí.

2.10.6 CAPA 6 Y CAPA 7 (CAPA PRESENTACIÓN Y CAPA APLICACIÓN)

En esta capa se proceder la activación de los siguientes protocolos en los distintos servidores de la empresa hipotética:

- Sistema de archivos de red (NFS).
- Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP).
- Domain Name System (DNS).

- Correo electrónico (SMTP, ESMTP, POP, IMAP).
- Servicio de impresión.

La empresa hipotética debe implementar aplicaciones que permitan interactuar a los usuarios de la red con todos los servicios que ella puede ofrecer. De manera que se detallará los servicios y aplicativos necesarios para que se deban implementar según las funcionalidades de la misma. Por lo tanto se requiere:

2.10.6.1 Servicio de aplicaciones menores y de oficina

Permitir el uso de las aplicaciones contables y administrativas. Además de aplicaciones de uso masivo como el Microsoft Office o de software libre (open office).

2.10.6.2 Servicio de correo electrónico (mail)

Permitir la organización y comunicación, entre todos los usuarios de la empresa hipotética con por medio de mensajes cortos de texto.

2.10.6.3 Servicio de voz (central telefónica basado en telefonía IP)

Permitir instalar un equipo que maneja software libre con la funcionalidad de tener telefonía IP y poder administrar y controlar el flujo de llamadas de cada uno de los usuarios de la red.

2.10.7 REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD DE RED

La empresa hipotética deberá establecer reglas de seguridad particularmente en el área administrativa, gerencia general y centro de datos ya que son las áreas más vulnerables y en donde se hallan los datos más críticos. Se deberá establecer políticas de seguridad en los accesos a la red pública (Internet).

2.11 DISEÑO FINAL DE LA RED HIPOTÉTICA A SER IMPLEMENTADA

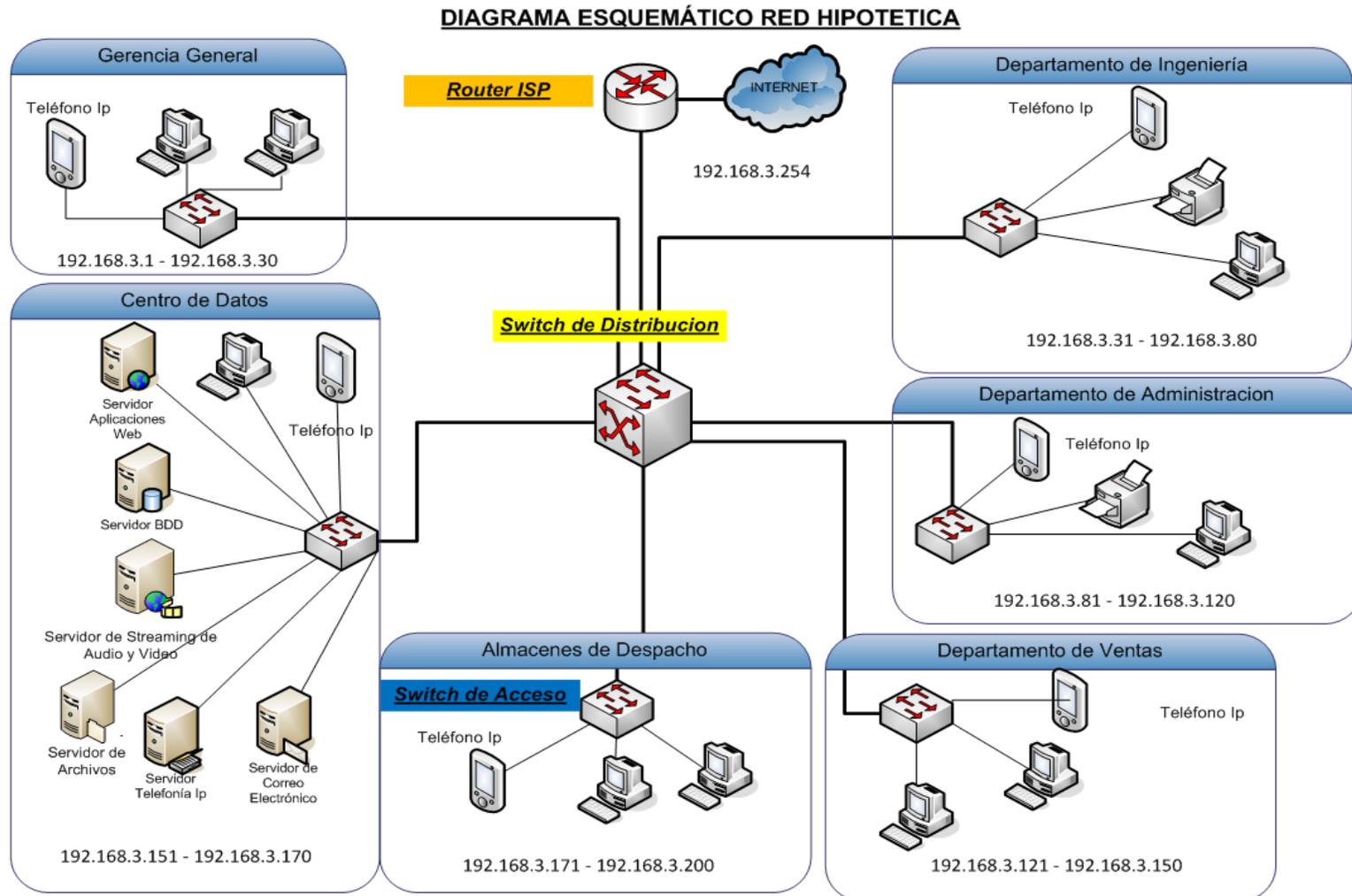


Figura 2. 18 Diseño final de la red hipotética a ser implementada

2.12 DISEÑO DEL PROTOTIPO DE INTRANET

Se procederá con el diseño de un prototipo de red de tal manera que se puedan implementar varios servicios y se pueda realizar la comunicación entre los equipos. A continuación se detalla el diagrama de red a implementar.

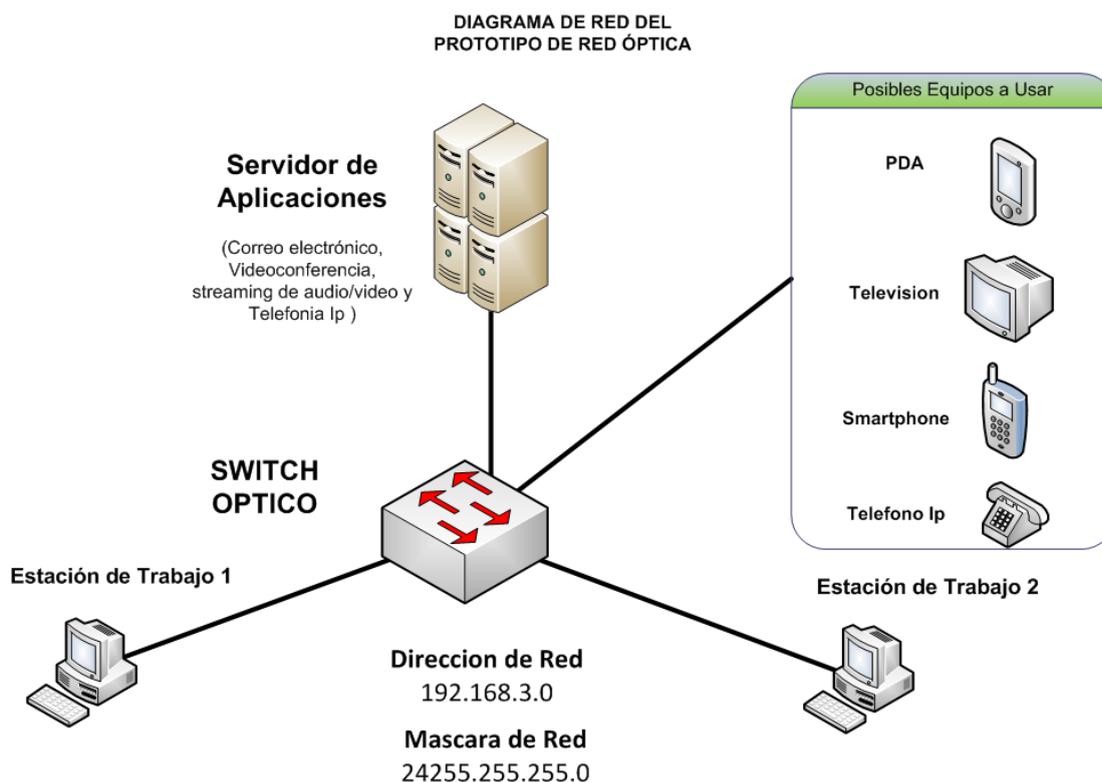


Figura 2. 19 Diagrama de red del prototipo a implementar.

El prototipo de red constara de un Switch que maneje conmutación electrónica, que utilice fibra óptica como medio de transmisión, un servidor de aplicaciones centralizado en el cual se instalara servicios de red como (Telefonía IP, Servidor de Correo, Servidor de Archivos, Servidor DNS, Servidor de streaming de audio y video), dos estaciones de trabajo que dispondrán interfaces de red electro-ópticas, un equipo adicional (teléfono IP, televisión u otro dispositivo), conectores ópticos, patch cords ópticos y equipos adicionales.

Se detalla a continuación el direccionamiento IP de los equipos que forman el prototipo:

		Direcciones IP Asignadas			
Estación de Trabajo	Departamento	Dirección de Red	Máscara de Red	Dirección IP	IP Gateway
1	Ingeniería	192.168.3.0	24	192.168.3.31	192.168.3.254
2	Administración	192.168.3.0	24	192.168.3.81	192.168.3.254
Dispositivo de Red	Ventas	192.168.3.0	24	192.168.3.121	192.168.3.254
Servidores y Equipos de Networking		192.168.3.0	24	192.168.3.240 hasta 192.168.3.245	192.168.3.254

Tabla 2. 21 Plan de direccionamiento IP para el prototipo de red propuesto

Equipo	Dirección de Red	Servicios				
Servidor Centralizado	192.168.3.0 /24	DNS	CORREO	TELEFONÍA IP	STREAMING	SAMBA
		192.168.3.240	192.168.3.241	192.168.3.242	192.168.3.243	192.168.3.244

Tabla 2. 22 Direccionamiento del servidor centralizado para prototipo de red propuesto

2.12.1 REQUERIMIENTOS DE LOS EQUIPOS DE RED

Los medios de transición al igual que los equipos de Red (internetworking) deben manejar un ancho de banda superior al ancho de banda generado por el tráfico de la red hipotética (alrededor de 20,393 Mbps) y permitir comunicación óptica de manera transparente (sin realizar conversiones optoelectrónicas).

2.12.2 REQUERIMIENTOS DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO

Deben realizar un procesamiento de información adecuado para la cantidad de información recibida, además de poseer los diferentes complementos (software y

hardware) para manejar el tipo de información que maneja la red y los servicios que proporciona la misma.

2.12.3 REQUERIMIENTOS DE LOS SERVIDORES

2.12.3.1 Servicio de correo electrónico (mail)

El servicio debe permitir enviar correos hacia un grupo en específico, poder generar lista o grupos de correo, creación de alias de cuentas de correo. Ser una herramienta administrable de manera amigable, soportar el envío de archivos adjuntos, y poder revisar las colas de correo generados por la empresa hipotética.

2.12.3.2 Servicio de voz (central telefónica basado en telefonía IP)

El servicio debe permitir realizar llamadas desde cualquier usuario de la empresa hipotética, poder realizar transferencia de llamadas, además de poder ser administrado de manera amigable, debe presentar informe de tráfico generado por los usuarios y poder realizar configuraciones de nuevas extensiones y nuevos usuarios.

2.12.3.3 Servicio de DNS

Deberá permitir configurar la resolución de nombres de dominios de tal manera que los usuarios de la empresa hipotética puedan acceder a los diferentes servicios de Red a implementarse.

2.12.3.4 Servicio de Archivos Compartidos o SAMBA

Este servicio deberá permitir configurar usuarios Samba y permitir configurar los niveles de accesos de los usuarios a diferente información de la empresa hipotética. Además de permitir la compartición de carpetas de ciertos usuarios o grupo de usuarios que trabajen en distintos sistemas operativos (Windows, Linux, Mac Os, etc.) de manera transparente, utilizando el protocolo antiguamente llamado SMB, renombrado recientemente a CIFS.

CAPÍTULO 3

ESTUDIO TÉCNICO DE LOS EQUIPOS A USAR EN EL PROTOTIPO

En este capítulo se realizará una comparación entre los diferentes equipos, componentes de hardware, aplicaciones, y programas existentes en el mercado, con el propósito de establecer el más adecuado, de acuerdo a las necesidades de implementación requeridas para este Proyecto de Titulación.

3.1 IMPORTANCIA DE LA TECNOLOGÍA EN UN EMPRESA

La tecnología juega un papel muy importante en el desarrollo de las empresas, con la adquisición de maquinaria idónea se puede fabricar productos de excelente calidad logrando con esto crear una ventaja competitiva y satisfacer de una forma eficiente las necesidades de la empresa.

El hecho de que una organización invierte en tecnología para mejorar sus procesos productivos, brinda un factor diferenciador a la empresa; así mismo le permitirá disminuir los costos de operación, minimizar procesos, disminuir desperdicios, etc.; logrando reducir notablemente los costos de fabricación y por consiguiente el precio de venta al público dando como resultado el incremento de la rentabilidad de la empresa.

Una de las herramientas tecnológicas más utilizadas en la actualidad por la mayoría de las empresas para poder desplazarse a mercados internacionales es el Internet.

3.2 INFLUENCIA DEL INTERNET EN LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS (PYMES)

Las nuevas tecnologías han traído muchos cambios drásticos y favorables especialmente para las empresas, una de estas tecnologías es el Internet que en

los últimos años se ha utilizado con mayor frecuencia hasta el punto de llegar a ser imprescindible para el buen funcionamiento de las mismas.

El Internet, como medio de comunicación es uno de los más rápidos y accesibles en el mercado, en él, la empresa puede encontrar información de toda índole, así mismo, mediante la utilización del Internet la empresa podrá hacerse conocer a nivel mundial, responder las inquietudes y reclamos de los clientes en forma inmediata, dar un servicio post-venta, conocer a nuevos proveedores, disminuir los costos de publicidad entre otros beneficios. El Internet permite romper barreras empresariales tales como geográficas, de tiempo y costos.

No importa el tamaño de la empresa para poder disponer de los beneficios que brinda el Internet, esta puede ser grande, mediana o pequeña y de igual manera tiene las mismas posibilidades de acceder a esta herramienta; existen empresas que son conocidas y ofertan sus productos a nivel mundial y son consideradas de acuerdo a los parámetros tradicionales como pequeñas y medianas empresas.

Los resultados del estudio nos sugieren en forma general que las PYMES exportadoras latinoamericanas podrían sacar un mayor provecho y de una manera más intensiva de la herramienta Internet en todas sus variantes. En los últimos años se ha experimentado la diversificación de la oferta de servicios y soluciones vinculadas a la red, no sólo en cuanto a dispositivos de acceso, sino también en lo referente a soluciones integradas y aplicaciones que, sin duda, apuntan al incremento de productividad de las empresas usuarias.

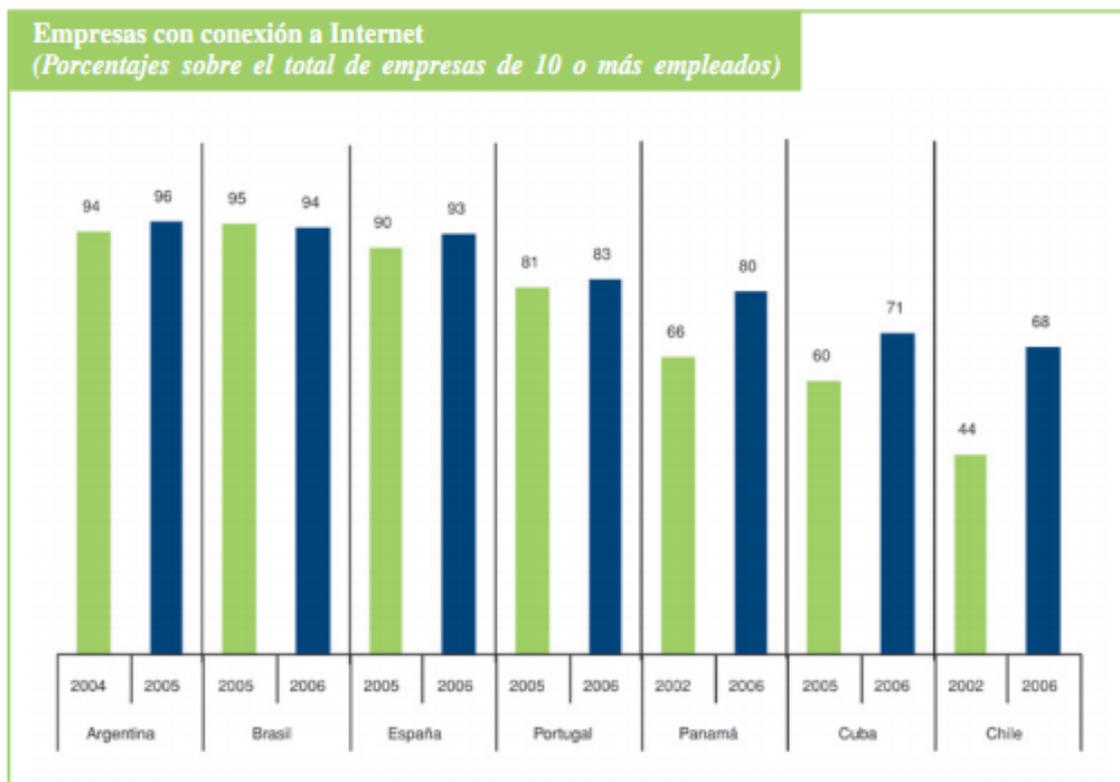


Figura 3.1 Porcentaje de empresas con conexión a Internet ^[37]

3.3 APLICACIONES FACILITADORAS

Existen algunas aplicaciones de telecomunicaciones que ayudan a las empresas a mejorar el flujo de operaciones y la transmisión de mensajes interna y externamente, estas aplicaciones son conocidas en el ámbito de las PYMES como aplicaciones facilitadoras. Entre estos tenemos:

3.3.1 CORREO ELECTRÓNICO

Es el intercambio de mensajes de un computador a otro, existen algunas empresas que crean sus propios correos electrónicos para que exista comunicación más fluida entre los empleados de la misma.

3.3.2 COMPARTICIÓN DE ARCHIVOS O CARPETAS

Permite que archivos o carpetas puedan ser editados o actualizados, así mismo permite que la información se encuentre disponible para diferentes usuarios. Lo que permitiría centralizar información en la PYMES.

3.3.3 TELEFONÍA IP

Al disponer de una infraestructura de red, esta podría ser aprovechada incluyendo el servicio de telefonía, a través del uso del protocolo IP, permitiendo tener terminales o estaciones telefónicas que permitan comunicar personas o departamentos en la PYMES, los mismos que a su vez podrían conectarse con la red de telefonía pública conmutada.

3.3.4 TELECONFERENCIA

Las teleconferencias permiten que un grupo de personas se comuniquen simultáneamente por medio del teléfono o de software de comunicación a través del correo electrónico.

3.3.5 VIDEOCONFERENCIA

Los participantes de la conferencia pueden verse unos a otros mediante la utilización de cámaras de video, micrófonos, monitores de video y computadoras equipadas con un dispositivo códec que convierte la imagen de video en señales digitales que serán comprimidas para ser enviadas por los canales de comunicación. De igual manera del receptor deberá tener un códec para descomprimir las señales digitales y puedan aparecer como imagen de video.

3.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Los sistemas de información son un conjunto de componentes interrelacionados entre sí, que sirven para capturar, procesar, almacenar y distribuir la información, ayudando a los administradores y al personal de la organización en la toma de decisiones, análisis de problemas, creación de nuevos productos, y control de las operaciones de la institución.

Los sistemas de información son muy importantes y necesarios para el buen funcionamiento de las instituciones, su importancia radica en que cada vez afecta a más personas y existe un costo decreciente de la tecnología de información.

Entre los sistemas de información constan, tanto equipos de conmutación, dispositivos de interconectividad, medios de transmisión, equipos finales, como aplicaciones facilitadoras, sistema operativo, y tecnología de software, que permiten acelerar procesos en la empresa y facilitan la entrega de información y comunicaciones.

3.5 ESTUDIO DE LOS COMPONENTES DE SOFTWARE Y APLICACIONES DISPONIBLES

Dentro de las aplicaciones facilitadoras se encuentran los servicios que serán proporcionados por la red. En el mercado existen diferentes aplicaciones que permiten proporcionar un servicio determinado, a continuación se realizará una comparación entre diferentes opciones que permitan realizar la implementación de dichos servicios en un prototipo de red.

3.5.1 SERVIDORES DNS

Para el servicio de DNS se tienen varias alternativas, y de acuerdo a diferentes características pueden ser comparadas entre sí, en el siguiente cuadro se puede observar una comparación entre las diferentes alternativas en el mercado.

Servidor	BSD	Solaris	Linux	Mac OS X	Windows
BIND	Si	Si	Si	Si	Si
Microsoft DNS	No	No	No	No	Incluido
djbdns	Si	Si	Si	Si	No
Simple DNS Plus	No	No	No	No	Si
NSD	Si	Si	Si	Si	No
Mara DNS	Si	Si	Si	Si	Parcial
Nominum ANS	Si	Si	Si	No	No
Nominum Vantio	Si	Si	Si	No	No
Unbound	Si	Si	Si	Si	Si

Servidor	BSD	Solaris	Linux	Mac OS X	Windows
dnrd	Si	No	Si	No	No

Tabla 3. 1 Servidores DNS y sistemas operativos que los utilizan

A continuación se mostrará una comparación entre los diferentes servidores DNS, disponibles en el mercado, con el propósito determinar el más apropiado para la implementación del prototipo propuesto en el presente Proyecto de Titulación:

Servidor	Oculto	DNSSEC	IPv6	Software Libre	Interfaces
BIND	Si	Si	Si	Yes	Web, línea de comandos
Microsoft DNS	Si	Si	Si	No	GUI, línea de comandos, API, WMI, RPC
djbdns	Si	No	No	No	línea de comandos y web (VegaDNS)
Simple DNS Plus	Si	Si	Si	No	GUI, Web, línea de comandos
NSD	N/A	Si	Si	Si	línea de comandos
MaraDNS	Si	No	Parcial	Yes	línea de comandos
Nominum Vantio	Si	Si	Si	No	línea de comandos, API, SOAP Interface, SNMP
Unbound	Si	Si	Si	Si	línea de comandos, API
dnrd	Si	No	?	Si	línea de comandos

Tabla 3. 2 Comparación entre diferentes servidores DNS disponibles en el mercado.

3.5.2 CORREO ELECTRÓNICO

Para el servicio de correo electrónico se tiene, así mismo, diferentes opciones disponibles, a continuación se realiza una comparación entre diferentes aplicaciones disponibles en el mercado.

Servidores de Correo	Sistemas Operativos			Protocolos						Otros		
	Linux / Unix	Windows	Mac OS X	SMTP	POP3	IMAP	IPv6	NNTP	SSL	Webmail	Database	Licencia
Agorum core	Si	Si	No	Si	No	Si	?	No	Si	Si	Si	Open source
Apache James	Si	Si	Si	Si	Si	Si	?	Si	Si	No	Si	Open source
Atmail	Si	No	Si	Si	Si	Si	?	No	Si	Si	Si	Propietario (5 usuarios gratuitos)
Courier Mail Server	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	?	Si	Si	No	Open source
Cyrus IMAP	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Open source
Gordano Messaging Suite	Si	Si	No	Si	Si	Si	?	No	Si	Si	Si	Propietario
GroupWise	Si	Si	No	Si	Si	Si	?	?	Si	Si	Si	Propietario
Hexamail	Si	Si	No	Si	Si	Si	?	No	Si	Si	No	Propietario

Servidores de Correo	Sistemas Operativos			Protocolos						Otros		
	Linux / Unix	Windows	Mac OS X	SMTP	POP3	IMAP	IPv6	NNTP	SSL	Webmail	Database	Licencia
Server												
IBM Lotus Domino	Si	Si	No	Si	Si	Si	?	Si	Si	Si	Si	Propietario
Ipswitch IMail Server	No	Si	No	Si	Si	Si	?	No	Si	Si	No	Propietario
Kerio Connect	Si	Si	Si	Si	Si	Si	?	Si	Si	Si	Si	Propietario
MagicMail	Si	No	No	Si	Si	Si	?	No	Si	Si	Si	Propietario
Mailtraq	No	Si	No	Si	Si	Si	?	Si	Si	Si	Si	Propietario
MDaemon Mail Server	No	Si	No	Si	Si	Si	?	No	Si	Si	No	Propietario
Mercury Mail Transport System	No	Si	No	Si	Si	Si	?	No	Si	Si	No	Propietario
Microsoft Exchange Server	No	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	ESE only	Propietario

Servidores de Correo	Sistemas Operativos			Protocolos						Otros		
	Linux / Unix	Windows	Mac OS X	SMTP	POP3	IMAP	IPv6	NNTP	SSL	Webmail	Database	Licencia
Mirapoint	Si	No	No	Si	Si	Si	?	No	Si	Si	Si	Propietario
NetMail	Si	Si	No	Si	Si	Si	?	?	Si	Si	Si	Propietario
Postfix	Si	No	Si	Si	No	No	Si	No	Si	No	Si	Licencia pública IBM
Sendmail	Si	No	Si	Si	No	No	Si	No	Si	No	?	Open source
SparkEngine	Si	Si	Si	Si	No	No	?	No	Si	No	Si	Propietario
SurgeMail	Si	Si	Si	Si	Si	Si	?	No	Si	Si	Si	Propietario (5 usuarios gratuitos)
Synovel Collabsuite	Si	No	No	Si	Si	Si	?	?	Si	Si	Si	Open source / propietario
WinGate	No	Si	No	Si	Si	Si	?	?	Si	Si	No	Propietario
Zarafa	Si	No	No	No	Si	Si	?	?	Si	Si	Si	Open source / propietario
Zimbra	Si	No	Si	Si	Si	Si	?	?	Si	Si	Si	Open source / propietario

Tabla 3. 3 Comparación entre diferentes servidores de correo electrónico disponibles en el mercado

3.5.3 SERVIDOR DE TELEFONÍA

Para el servicio de telefonía se tiene, así mismo, diferentes opciones disponibles, a continuación se realiza una comparación entre diferentes aplicaciones disponibles en el mercado.

Programa Servidor	Sistema Operativo	Protocolos y compatibilidad	Método de encriptación	Varios	Licencia	No. De usuarios
3CX Phone System	Microsoft Windows	SIP	TLS, SRTP	Voz y video-telefonía IP, videoconferencia, correo de voz y mensajería instantánea.	No abierto	25,000 - 50,000 usuarios
AS5300	Linux, Windows Server 2003 Closed SIP, UNISTim, MLPP SSL, TLS,	SIP, UNISTim, MLPP	SSL, TLS, SRTP, SDESC	Voz y video-telefonía IP, videoconferencia, correo de voz y mensajería instantánea.	No abierto	1,000 - 25,000 usuarios
Asterisk PBX	Linux / BSD, Mac OS X, Solaris	SIP, H.323, IAX	TLS, SRTP	VoIP Gateway, correo de voz, voicemail, conferencia, distribución automática de llamadas, requerimiento de llamadas	Open Source	La capacidad depende del diseño del servidor)

Programa Servidor	Sistema Operativo	Protocolos y compatibilidad	Método de encriptación	Varios	Licencia	No. De usuarios
Cisco Unified Communications Manager	Linux	SIP, SCCP, MGCP, H.323	SSL, TLS, SRTP	Registro SIP/ autenticación Proxy.	Propietaria	Usuarios empresariales
ClearSea (Mirial s.u.r.l.)	Windows 2000 / XP / 2003 / Vista / 7 (incluyendo versiones de 64 bits), Mac OS X (x86)	SIP, H.323		Presentación H.239, H.224, H.281 (FECC), soporta autenticación de usuarios con bases de datos externas / LDAP, directorio de contactos centralizado, grupos administrables, instalación vía navegador HTTP, aprovisionamiento automático, autenticación segura y configuración de clientes ClearSea basados en credenciales de usuario.	Propietaria no abierta	Usuarios para videoconferencia, empresariales, organizaciones educativas y médicas.

Programa Servidor	Sistema Operativo	Protocolos y compatibilidad	Método de encriptación	Varios	Licencia	No. De usuarios
Elastix	Linux	SIP, IAX, H323, XMPP		Servidor de comunicación unificada que también puede soportar chat, mail y fax.	Open Source	La capacidad depende del diseño del servidor.
FreeSWITCH	Linux / BSD, Mac OS X, Solaris, Windows	SIP, NAT-PMP, STUN, SIMPLE, XMPP, Google Talk (Jingle), IAX, H.323, MRCP, RSS, Skype	TLS, SRTP, ZRTP	Grabación, correo de voz, conferencia, RADIUS, ENUM, IM Proxy, streaming, Media gateway, Soft-PBX, IVR (modular)	Open Source	Usuarios soft-switch, usuarios home PBX.
GNU Gatekeeper	Linux / FreeBSD, Mac OS X, Windows XP / 2000 / Vista / Windows 7	H.323	H.235	H.460.18 firewall traversal, ruteo, administración e cuentas	Open Source	Videoconferencia, Carriers de VoIP grandes y pequeños.

Programa Servidor	Sistema Operativo	Protocolos y compatibilidad	Método de encriptación	Varios	Licencia	No. De usuarios
MediaCore Softswitch	Linux	H.323, SIP	SSL, TLS, HTTPS	Mecanismo de ruteo dinámico, facturación integrada, protocolo de conversión SIP-H.323, módulo de conversión, módulo de verificación de ingreso.	Propietaria no abierta	Proveedores de servicio de transporte VoIP.
Murmur	Linux / BSD, Mac OS X, Windows	CELT / Speex	TLS	Chat con HTML embebido (limitado), administración de listas de acceso de usuario, audio direccional, canales anidados.	BSD / GPLv2	25-5000 usuarios
Mysip - switch	Linux	SIP, Ajax	SSL	Proxy server que permite el uso de múltiples cuentas SIP con logueo SIP.	Open Source	Individuales

Programa Servidor	Sistema Operativo	Protocolos y compatibilidad	Método de encriptación	Varios	Licencia	No. De usuarios
pbxnsip	Linux / BSD, Mac OS X, Windows	SIP	SRTP	IP PBX, indicador de presencia, IVR, aprovisionamiento telefónico automático, servidor de fax, integración con Outlook y Exchange, conferencia.	Propietaria, no abierta	25-256 usuarios
Revation LinkLive	Windows server / Linux	SIP	TLS, SRTP	Mensajería instantánea/Chat, VoIP, video, compartición de escritorio, compartición de archivos, IVR, PBX, mensajes de voz, servidor de correo.	Propietaria, no abierta	Proveedores de servicio SIP.

Programa Servidor	Sistema Operativo	Protocolos y compatibilidad	Método de encriptación	Varios	Licencia	No. De usuarios
Trixbox	Linux (Centos)	SIP, H.323, IAX, IAX2 y MGCP	TLS, SRTP	Contestador Automático (IVR), llamadas entrantes, almacenamiento de mensajes, posibilidad de recibir mensajes de voz como simples emails, soporte de teléfonos analógicos y teléfonos IP, dispone de interfaz web capacidad de conferencias, contestador automático,	Open Source	2 a 500 usuarios.
Unison	Linux	SIP, XMPP, IMAP, SMTP, CalDAV	SSL, TLS	Mensajería unificada, IP PBX, IVR, mensajería instantánea, servidor de calendario, servidor LDAP, servidor de E-mail.	Propietaria, no abierta	25-256 usuarios

Tabla 3. 4 Comparación de diferentes servidores de telefonía existentes en el mercado

3.5.4 COMPARTICIÓN DE ARCHIVOS

Para el servicio de compartición de archivos se tiene, así mismo, diferentes opciones disponibles, dependiendo de los sistemas operativos involucrados y entre los cuales se desee realizar la compartición, a continuación se muestra diferentes opciones entre diferentes aplicaciones disponibles en el mercado.

Sistema operativo primario	Protocolo aplicación	Protocolo de transporte
Mac OS	Protocolo Apple Filing	TCP, UDP o AppleTalk
Sistemas Unix	Network File System (NFS), SMB (Samba)	TCP o UDP
MS-DOS, Windows	SMB (Samba), también conocido como CIFS	TCP, NBT, NBF u otro protocolo de transporte NetBIOS
Novell NetWare (servidor), MS-DOS, Windows (cliente)	NCP y SAP	SPX (sobre IPX), o TCP

Tabla 3. 5 Aplicaciones que permiten la compartición de carpetas en los diferentes sistemas operativos.

3.6 ESTUDIO DE LOS COMPONENTES DE HARDWARE Y EQUIPOS DISPONIBLES

Para la implementación del prototipo que se requiere en el presente proyecto de titulación se ha analizado diferentes equipos, entre los cuales se determinará el más apropiado para llevar a cabo la implementación.

Se debe tener presente que la tecnología para una red totalmente óptica aún se encuentra en desarrollo, sobre todo a nivel de transporte de información y más aún a nivel de distribución y acceso donde se requiere mayor investigación, de modo que este avance pueda ser llevado a nivel de usuario, por lo que muchos de los equipos que involucran el uso de tecnologías completamente ópticas se ven limitados.

3.6.1 EQUIPOS DE CONMUTACIÓN

A continuación se muestra la comparación entre diferentes equipos de conmutación que utilizan tecnología de transmisión de datos óptica, a través de dicha comparación se podrá establecer la mejor alternativa que permita llevar a cabo la implementación propuesta en este Proyecto de Titulación, los mismos que serán los dispositivos centrales que permitirán la comunicación entre servidor, dispositivos finales (PC's de usuario) y la interconexión con otras redes.

Así mismo, el equipo de conmutación elegido determinará los componentes adicionales de red, como son: patch cords, tarjetas de red, y demás elementos de hardware que se requieran para la implementación del prototipo, se procederá a realizar una presentación de los elementos y equipos de conmutación a utilizar basados en el análisis del equipo elegido.

Parámetros	Fiberer Global Tech Limited	DiCon Fiberoptics, Inc	Agere Systems Inc.	Cisco	TP-LINK Technologies Co., Ltd
Modelo	FIBERER 541000 - 4X4	DiCon MEMS 8x8 MATRIX SWITCH	5200-Series 64 x 64 MEMS Optical Switch Module	Cisco Catalyst 2950 – 24 Switch	TL-SL5428
Dispositivo	Switch MEMS	Switch MEMS	OXC	Switch	Switch
Tipo incluido	–	–	–	Externo – 1U	Externo – 1U
Ancho	9.5 cm.	15.0 cm.	9.1 cm.	44.45 cm.	44.0 cm.
Profundidad	11.0 cm.	14.2 cm.	9.1 cm.	24.18 cm.	17.2 cm
Altura	1.5 cm.	2.5 cm.	3.7 cm.	4.36 cm.	4.36 cm.
Peso	0.2 Kg.	0.35 Kg.	0.41 Kg.	3 Kg.	1.96 Kg.
Cantidad de puertos	8 Puertos para conectores tipo FC, ST, SC; distribuidos en 4 puertos de IN y 4 puertos de OUT	16 Puertos para conectores tipo FC, SC, ST, LC; distribuidos en 8 puertos de IN y 8 puertos de OUT	16 Puertos para conectores tipo MTP; cada puerto físico multiplexa al menos 4 entradas o 4 salidas	24 x Ethernet 10Base-T, Ethernet 100Base-TX.	24 x Ethernet 10Base-T, Ethernet 100Base-TX.
Puertos auxiliares de red	–	–	–	–	4 Gigabit combo ports (RJ-45/SFP)

Parámetros	Fiberer Global Tech Limited	DiCon Fiberoptics, Inc	Agere Systems Inc.	Cisco	TP-LINK Technologies Co., Ltd
Tipo de fibra	Monomodo y multimodo	Monomodo	Monomodo	Multimodo	Multimodo
Alimentación eléctrica	5 VDC	12 VDC	5, ±15 VDC	100-240VAC 50-60 Hz 1 A	100-240VAC 50-60 Hz 1 A
Unidades máximas en una pila	No permite	No permite	–	–	–
Protocolo de interconexión de datos	Transparente al protocolo	Transparente al protocolo	Transparente al protocolo	Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet	Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
Protocolo de direccionamiento	–	–	–	–	–
Gestión	Si, por puerto de consola	Si, por puerto de consola (RS232)	No	Si, por puerto de consola (RS232), y vía remota	Si, por puerto de consola (RS232), y vía remota
Protocolo de gestión remota	–	–	–	SNMP, TelNet, CLI.	SNMP, TelNet.

Parámetros	Fiberer Global Tech Limited	DiCon Fiberoptics, Inc	Agere Systems Inc.	Cisco	TP-LINK Technologies Co., Ltd
Tecnología de conectividad	Fibra óptica	Fibra óptica	Fibra óptica	Cableado	Fibra óptica, cable UTP.
Distancia con la estación de trabajo	1.5 m	1.5 m	< 5 Km	100 m. – UTP, < 550 m. – Fibra óptica multimodo.	100 m. – UTP, < 550 m. – Fibra óptica multimodo.
Cumplimiento de normas	–	–	–	IEEE 802.1x, IEEE 802.3x, IEEE 802.1d, IEEE 802.1p, IEEE 802.1q, IEEE 802.1s, IEEE 802.1w, IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ad.	IEEE 802.1d, IEEE 802.1p, IEEE 802.1q, IEEE 802.1v, IEEE 802.1w, IEEE 802.1X, IEEE 802.1s, IEEE 802.3ac, IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ab, IEEE 802.3z, IEEE 802.3ad,

Parámetros	Fiberer Global Tech Limited	DiCon Fiberoptics, Inc	Agere Systems Inc.	Cisco	TP-LINK Technologies Co., Ltd
					IEEE 802.3x.
Modo comunicación	Full / Half Duplex	Full / Half Duplex	Full / Half Duplex	Full / Half Duplex	Full / Half Duplex
Protocolo de conmutación	Ethernet, SDH	Ethernet, SDH	Ethernet, SDH	Ethernet	Ethernet
Tamaño de tabla de dirección MAC	–	–	–	8K de entradas	8K de entradas
Auto – negociación	–	–	–	Auto – negociación automática en todos los puertos	Auto – negociación automática en todos los puertos
Velocidad de Conmutación	–	–	–	8.8 Gps	12.8 Gps
Tiempo de Conmutación	≤8 ms	30 ms max.	20 ms.	–	–
No. De VLANs	–	–	–	No especifica	256
Detalles de	Soporte técnico -	Soporte técnico -	Soporte técnico -	Soporte técnico	Soporte técnico -

Parámetros	Fiberer Global Tech Limited	DiCon Fiberoptics, Inc	Agere Systems Inc.	Cisco	TP-LINK Technologies Co., Ltd
Servicio y Mantenimiento	asesoramiento telefónico, en caso de problemas técnicos se devolverá el 100% del dinero, se enviará un equipo nuevo, o se cambiará el componente afectado (tiempo estimado de 1 a 2 semanas).	asesoramiento telefónico, en caso de problemas técnicos se enviará un equipo nuevo o se reemplazará el componente afectado (tiempo estimado de 2 a 3 semanas).	asesoramiento telefónico - 90 días; en caso de problemas técnicos se enviará un equipo nuevo.	Excepto sábados domingos y feriados- asesoramiento telefónico - 90 días.	asesoramiento telefónico – en caso de problemas técnicos se enviará un equipo nuevo.
Precio	2580.00 USD.	3100.00 USD	4200.00 USD.	420.00 USD.	278.88 USD.
Imagen					

Tabla 3. 6 Comparación entre posibles equipos de conmutación

3.7 SOFTWARE Y HARDWARE QUE SE UTILIZARÁ PARA EL DISEÑO E IMPEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

3.7.1 SOFTWARE QUE SE UTILIZARÁ EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

Servicio	Software	Costo	Características principales
Servidores DNS	BIND 9	Versión Gratuita	Este servidor puede trabajar sobre la mayoría de sistemas operativos, resultando muy apropiado para trabajar sobre redes heterogéneas, resultando versátil para la implementación del prototipo propuesto.
Correo Electrónico	Zimbra Open source 7.1	Versión Gratuita	La versión Open Source de Zimbra 7.1, permite compartir, almacenar y organizar mensajes de correo electrónico, citas, contactos, tareas, documentos; además puede trabajar sin estar conectado a la red, siendo estas tareas fundamentales para cualquier usuario particular o empresarial; para realización del prototipo será este servidor será implementado sobre una distribución de Linux.
Telefonía IP	Trixbox CE	Versión Gratuita	La versión C.E. (Community Edition) de Trixbox puede ser ejecutada sobre una plataforma virtual, convirtiéndolo en un servidor muy flexible y versátil, es usado por muchas compañías alrededor del mundo desde bufetes de abogados, consultorios médicos, hasta

Servicio	Software	Costo	Características principales
			corporaciones de mediano tamaño con cientos de usuarios, gracias a su flexibilidad, costo y estabilidad; lo que lo convierte en una alternativa muy práctica para el desarrollo de este Proyecto de Titulación; posee una gran comunidad de usuarios cuyos miembros trabajan entre ellos cada día con el fin de responder consultas, resolver problemas, y seguir desarrollando la herramienta.
Videoconferencia (streaming de audio y video)	Openmeetings		Este servidor permite realizar videoconferencias utilizando a través de internet (conferencia web), utiliza la licencia Eclipse Public License, así que es software libre.
Compartición de Carpetas	SAMBA	Versión Gratuita	Samba es una implementación libre del protocolo de archivos compartidos de Microsoft Windows (antiguamente llamado SMB, renombrado recientemente a CIFS) para sistemas de tipo UNIX. De esta forma, es posible que ordenadores con GNU/Linux, Mac OS X o Unix en general se vean como servidores o actúen como clientes en redes de Windows. Debido a esa versatilidad para permitir la compartición de carpetas sobre los sistemas operativos más

Servicio	Software	Costo	Características principales
			comerciales, además de su costo, será óptimo para la implementación del prototipo propuesto.

Tabla 3. 7. Software que se implementará en el prototipo

3.7.2 DISPOSITIVOS DE CONMUTACIÓN QUE SE UTILIZARÁ EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

3.7.2.1 Equipo de Conmutación

Equipo	No. De Puertos, costo y garantía.	Protocolos que maneja	Justificación
TPLINK TL-SL5428	24 x Ethernet 10Base-T, Ethernet 100Base-TX. 4 Gigabit combo ports (RJ-45/SFP) 1 puerto de consola (RS232), para gestión. 278.88 USD. 1 año.	IEEE 802.1d, IEEE 802.1p, IEEE 802.1q, IEEE 802.1v, IEEE 802.1w, IEEE 802.1X, IEEE 802.1s, IEEE 802.3ac, IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ab, IEEE 802.3z, IEEE 802.3ad, IEEE 802.3x.	Si bien ofrece menor garantía, las condiciones técnicas que ofrece, el costo, disponibilidad y funcionalidad permiten que este equipo pueda ser utilizado para la realización del prototipo; adicionalmente sus prestaciones como funcionalidad y número de puertos permiten incorporar este Switch al prototipo a ser implementado. Así mismo resultan un reflejo de la facilidad que empresarios de una PYMES podrían disponer para encontrar este tipo de dispositivos en el mercado nacional.

Tabla 3. 8 Equipo características y justificación del equipo de conmutación que se usará para la implementación del prototipo

3.7.2.2 Elementos de interconexión, tarjetas de red, elementos adicionales.

Elemento	Características	Justificación
Patch Cord de Fibra PC-MM-3	SC-LC 2mts o 3 pies, multimodo. 23.00 USD/CU. 1 año.	En base al elemento de conmutación elegido, se han seleccionado los dispositivos que permitirán llevar a cabo la implementación del prototipo, cabe señalar que todos estos elementos adicionales son provistos por el mismo proveedor elegido para la importación del equipo Switch de conmutación.
Tarjetas de red M3F-PCIXD-2	Tarjeta adaptadora de red Myricom Myrinet; 2.12 Gbps - PCI-X / 133 MHz. 34.00 USD/CU. 1 año.	
TL-SM311LM	Módulo Gigabit SFP, multimodo, MiniGBIC, interfaz LC, permite interconexiones entre los 275 mts. y 550 mts. 41.00 USD/CU. 1 año.	

Tabla 3. 9 Elementos adicionales de conmutación que permitirán llevar a cabo la implementación del prototipo.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE INTRANET CON EQUIPOS ÓPTICOS

En este capítulo se implementará la topología de red escogida al igual que los servicios de red, se detallará cada elemento del prototipo de red a implementar, así como sus funcionalidades principales. Se analizará la factibilidad de implementar los servicios de red escogidos mediante un solo servidor o utilizando sistemas de virtualización de servicios.

Se detallará los procedimientos realizados tanto en el servidor, como en las estaciones de trabajo, para la implementación de los servicios de red escogidos (Servidor de correo, telefonía IP, compartición de archivos mediante CIFS (SAMBA), y videoconferencia). También se detallará la implementación de cada uno de los equipos de red y medios de transmisión usados en el prototipo implementado, al igual que sus ventajas y desventajas.

4.1 TOPOLOGÍA DE RED IMPLEMENTADA EN EL PROTOTIPO

A continuación se describe la topología de red escogida para la implementación del prototipo.

Estación de Trabajo	Departamento	Direcciones IP Asignadas			
		Dirección de Red	Máscara de Red	Dirección IP	IP Gateway
1	Ingeniería	192.168.3.0	255.255.255.0	192.168.3.31	192.168.3.254
2	Administración	192.168.3.0	255.255.255.0	192.168.3.81	192.168.3.254
Dispositivo de Red	Ventas	192.168.3.0	255.255.255.0	192.168.3.121	192.168.3.254
Switch Óptico	Equipo de Red	192.168.3.0	255.255.255.0	192.168.3.100	192.168.3.254

Tabla 4. 1 Direccionamiento IP por departamento

Equipo	Dirección de Red	Servicios	
Servidor Centralizado	192.168.3.4 /24	DNS	192.168.3.1
		Correo	192.168.3.91
		Telefonía IP	192.168.3.92
		Streaming	192.168.3.93
		SAMBA	192.168.3.91

Tabla 4.2 Direccionamiento IP para servicios implementados

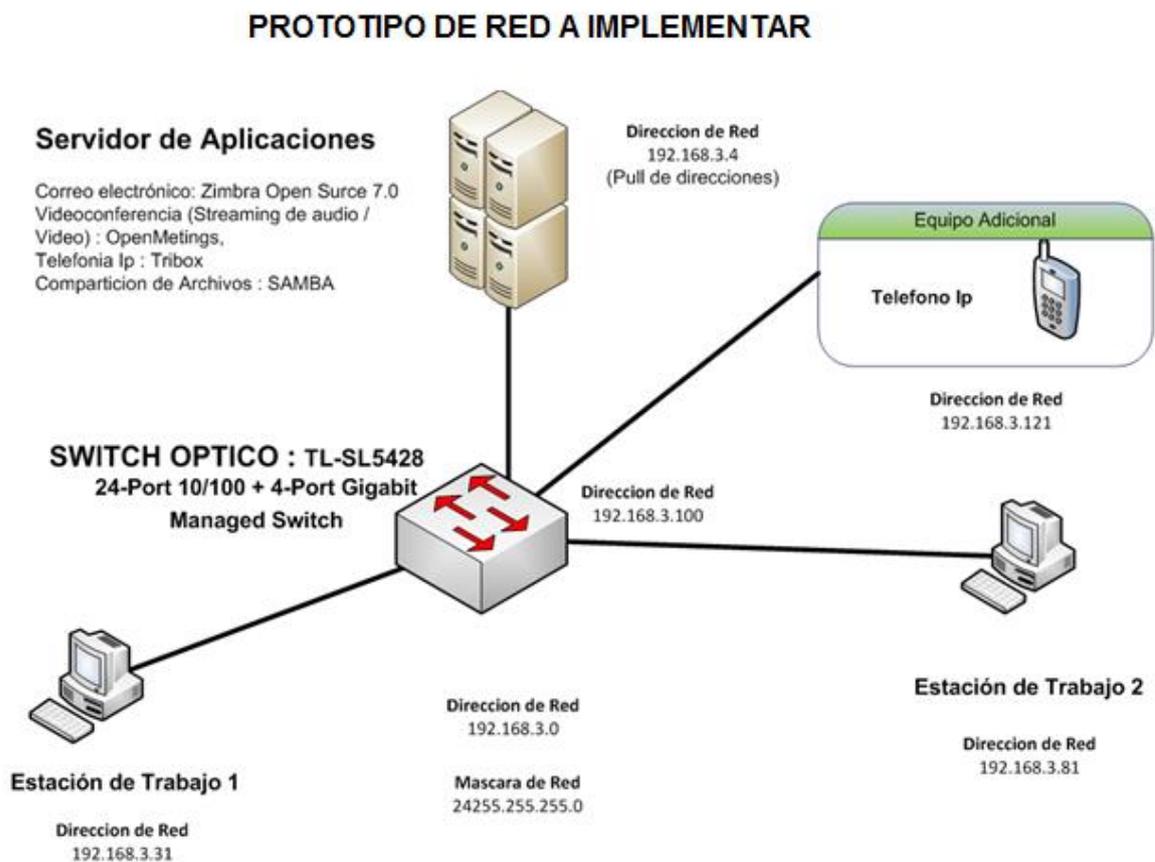


Figura 4. 1 Diagrama del prototipo de red a implementar

A continuación se describirá la implementación de cada uno de los elementos que fueron escogidos para la implementación del prototipo al igual que sus principales características:

4.1.1 LISTA DE HARDWARE UTILIZADO

Nombre	Implementación	Características Principales
Switch Óptico (interfaces Ópticas)	TP-Link TL-SL5428	TL-SL5428 de TP-Link ofrece rendimiento y velocidad y un sistema completo de gestión capa dos. Le proporciona el máximo rendimiento, a grupos de trabajo de alto rendimiento al final de la red, o como backbone.
SFP (small form-factor pluggable (SFP))	TP-Link TL-SM311	Las tarjetas de módulo de fibra óptica de la serie TL-SM311 tienen la función de extender la distancia de transferencia, conectadas a los conmutadores inteligentes. Pueden elegir dónde y cuándo utilizar los módulos de fibra conforme a las necesidades, para reducir costes.
Interfaces de red ópticas	Myricom Myrinet M3F-PCIXD-2 Fiber Network Adapter PCI	Protocolo de enlace de Datos: FibreChannel. Velocidad de transferencia: 2 Gbps. Interfaces: Fibre Channel - LC multimodo
Patch Cords	PATCH CORD SC-LC 3 Pies	Patch cord con conectores SC –LC para fibra óptica multimodo.
Servidor de Aplicaciones	Windows 7	Procesador: Core I5 3.06 Ghz Memoria RAM : DDR3 8 GB

Estación de Trabajo 1	Windows 7	Procesador: Intel Dual Core 2.0 Memoria RAM : DDR21GB
Estación de Trabajo 2	Windows XP	Procesador : Core I3 3.06 Ghz Memoria RAM : DDR3 8 GB

Tabla 4. 3 Hardware utilizado en la implementación del prototipo

4.1.2 LISTA DE SOFTWARE UTILIZADO

Aplicación	Software Implementado	Características Principales
Virtualización	VMware Server 2.0	En un principio era una versión de pago, desde hace unos meses puede ser descargada y utilizada de forma gratuita. Se pueden ejecutar de manera concurrente más máquinas virtuales soportando servidores con hasta 32 procesadores y/o 64 GB de memoria.
Servidor de Correo	Zimbra Open source 7.1	Hace uso de proyectos de código abierto existentes como Postfix, MySQL, OpenLDAP y Lucene. Cuenta con una interfaz de programación de aplicaciones basada en SOAP para toda su funcionalidad.

Aplicación	Software Implementado	Características Principales
		Actúa como servidor IMAP y POP3 de correo electrónico.
Telefonía IP	Trixbox	Trixbox es una distribución del sistema operativo GNU/Linux, basado en CentOS, que tiene la particularidad de ser una central telefónica (PBX) por software basada en la PBX de código abierto Asterisk.
Videoconferencia (Streaming Audio y Video)	Openmeetings	Openmeetings es un software utilizado para presentaciones, formación en línea, conferencias web, pizarra de dibujo, colaboración y edición de documentos, intercambio de escritorio del usuario. El producto se basa en componentes de código abierto.
Compartición de Carpetas	SAMBA	Samba es una implementación libre del protocolo de archivos compartidos de Microsoft Windows (antiguamente llamado SMB, renombrado a CIFS) para sistemas de tipo UNIX.
Servidor DNS	BIND 9	BIND (Berkeley Internet NameDomain, anteriormente: Berkeley Internet NameDaemon), incluye entre otras características importantes: notificación DNS, nsupdate, IPv6, vistas. Es comúnmente usado en sistemas GNU/Linux.

Tabla 4. 4 Software utilizado para la implementación del prototipo

4.2 HARDWARE

4.2.1 SWITCH ÓPTICO (INTERFACES ÓPTICAS): TP LINK TL-SL5428

4.2.1.1 Características principales

TL-SL5428 de TP-Link ofrece un sistema completo de gestión capa dos. Dispone de 24 puertos 100 BASE – TX, 4 Puertos SFP 1Gbps y un puerto RC232C macho.

TL-SL5428

24-Port 10/100 + 4-Port Gigabit Managed Switch



Figura 4.2 Switch TP-Link TL-SL5428 ¹¹

Puertos TL-SL5428	24 Puertos Base-T 10/100
	4 Puertos Combo Gigabit (SFP)
	1Puerto de consola DB9 RS-232C macho

Tabla 4. 5 Tipos de puerto del Switch TL-SL5428

4.2.1.2 Funcionamiento del equipo en el prototipo

La principal característica en el uso del Switch TP-Link TL-SL5428, es la conmutar e intercambiar información entre los distintos dispositivos que conforman el prototipo de red óptica, este equipo permite la comunicación óptica a una velocidad de 1Gbps utilizando sus interfaces ópticas.

¹¹ Verificar Anexo 1: Datasheet TP-Link TL-SL5428

Conjuntamente con los puertos SFP y los patch cords de fibra óptica realizan una conmutación de paquetes a gran velocidad. Del equipo se usarán sus puertos de fibra óptica para interconectar las diferentes estaciones de trabajo, el servidor de aplicaciones y el equipo de red adicional para el intercambio de información.

Se utilizarán los siguientes puertos del equipo:

Puerto del Equipo	Tipo de Puerto	Configuración	Elemento conectado
25	SFP - LC	SFP - 1000full - Supports 1000 Mbps full-duplex operation	Servidor Centralizado
26	SFP - LC	SFP - 1000full - Supports 1000 Mbps full-duplex operation	Estación de Trabajo 1
27	SFP - LC	SFP - 1000full - Supports 1000 Mbps full-duplex operation	Estación de Trabajo 2
28	SFP - LC	SFP - 1000full - Supports 1000 Mbps full-duplex operation	Softphone
10	RJ – 45	100BASE-TX,100full- Supports 100 Mbps full-duplex operation	Máquina de Prueba

Tabla 4.6 Utilización de puertos en el SwitchTL-SL5428

Conjuntamente con los SFP, se podrá conectar interfaces ópticas del tipo LC (Fiber Channel) para alcanzar velocidades de 1Gbps o más, para realizar el estudio en la forma del intercambio de la información entre las estaciones de trabajo y los diferentes servicios implementados.

4.2.1.2.1 Configuración básica del equipo.

- **Conexión vía Consola o CLI**

La conexión vía consola provee dos diferentes tipos de niveles de comandos, el acceso normal (Normal Exec) y el nivel de acceso Privilegiado (Privileged Exec). Los comandos disponibles en el modo normal de acceso son limitados, como mostrar información básica de varios parámetros del equipo, en cambio

los comandos en el modo Privilegiado no solo nos permiten mostrar información básica, nos permite realizar cambios en las configuraciones del equipo. Para tener acceso a todos los parámetros del Switch y realizar modificaciones al mismo debemos ingresar mediante el modo privilegiado.

El acceso para ambos niveles debe ser configurado con nombres de usuarios y contraseñas. El Switch tiene configurado por defecto nombre de usuario y contraseña para cada nivel. Para realizar el cambio en la configuración realizar los siguientes pasos:

1. Una vez iniciada la conexión vía consola al Switch, presionar <Enter>. Inmediatamente el proceso de verificación de usuarios "User Access Verification" inicia automáticamente.
2. Ingresa el nombre de usuario: admin
3. Ingresar la contraseña: admin (los caracteres no se van a mostrar en la pantalla).
4. La sesión inicia y en el CLI se muestra "Console#", lo que indica que hemos ingresado con un nivel de acceso de modo Privilegiado (Privileged Exec)

- **Cambiar contraseña.**

Si es la primera vez que se ingresa a CLI, debemos definir nuevos nombres de usuario y contraseñas para los dos modos de nivel de acceso existentes, usando el comando "username".

La contraseña consiste de 8 caracteres alfanuméricos del tipo case sensitive.

Para prevenir el acceso no autorizado se indica como configurar una nueva contraseña para ambos niveles de acceso.

1. Acceder al nivel de acceso privilegiado ingresando en la consola el nombre de usuario y la contraseña por defecto: admin.

2. Escribir “configure” y presionar <Enter>.
3. Escribir en la consola “username guest password 0 claus2010,” para el nivel de acceso normal (Normal Exec), donde claus2010 es nuestra nueva contraseña. Presionar <Enter>.
4. Escribir en la consola “username admin password 0 claus2011,” para el nivel de acceso privilegiado (Privileged Exec), donde claus2011 es nuestra nueva contraseña. Presionar <Enter>.
5. Se especifica “0” en el comando ya que la contraseña se encuentra en texto plano, si se desea encriptar la contraseña se debe ingresar el comando especificando el número “7”.

```
Username: admin
Password:

CLI session with the TL-SL5428 is opened.
To end the CLI session, enter [Exit].

Console#configure
Console(config)#username guest password 0 [password]
Console(config)#username admin password 0 [password]
Console(config)#
```

Figura 4.3 Configuración de contraseña

4.2.1.2.2 Configuración de una dirección IP del Switch con interfaces ópticas para acceder vía Web.

Se debe colocar una dirección IP en el Switch para poder accederlo vía web y poder utilizar las funcionalidades del mismo, para configurar la dirección IP del dispositivo se lo puede realizar de dos formas:

- **Manual**

Se debe ingresar la información manualmente del dispositivo, incluyendo dirección IP y máscara de subred. Si la máquina que se utiliza para la administración del equipo no está en la misma red, esta debe ser configurada

de manera que tenga comunicación con el equipo. Para asignar una dirección IP de forma manual al equipo debemos poseer los siguientes datos:

Direcciones IP	Dirección Asignada
Dirección IP del Switch	192.168.3.100
Default Gateway de la Red	192.168.3.1
Máscara de red	255.255.255.0

Tabla 4.7 Datos necesarios para configuración manual.

Para ingresar estos datos al equipo mediante CLI para su configuración se debe realizar los siguientes pasos:

1. Ingresando al modo de acceso Privilegiado, en el modo de configuración global escribir "interface Vlan 1" para acceder a la configuración de la interface, interface-configuration. Presionar <Enter>.
2. Escribir "ip address ip-address netmask," donde "ip-address" es la dirección IP del Switch (192.168.3.1) y "netmask" es la máscara de red (255.255.255.0). Presionar <Enter>.
3. Escribir "exit" para regresar al modo de configuración global (global configuration mode prompt). Presionar <Enter>.
4. Para asignar una dirección de default Gateway para el Switch debemos escribir "ip default-gateway gateway," donde "gateway" es la dirección IP de default gateway del Switch (192.168.3.1) Presionar <Enter>.

```

Console(config)#interface vlan 1
Console(config-if)#ip address 192.168.3.100 255.255.255.0
Console(config-if)#exit
Console(config)#ip default-gateway 192.168.3.1
Console(config)#

```

Figura 4.4 Configuración de direcciones IP del Switch TL-SL5428

- **Dinámica**

El Switch envía peticiones de dirección IP hacia el servidor DHCP configurado en la red haciendo uso de los protocolos BOOTP o DHCP.

Una vez realizado estos cambios es posible acceder al Switch vía web para hacer uso de las facilidades de configuración mediante el browser y no hacerlo mediante la línea a de comandos CLI.

Para ingresar vía web se debe ingresar a: <http://192.168.3.100> e ingresar como nombre de usuario y password el ingresado por defecto “admin”.

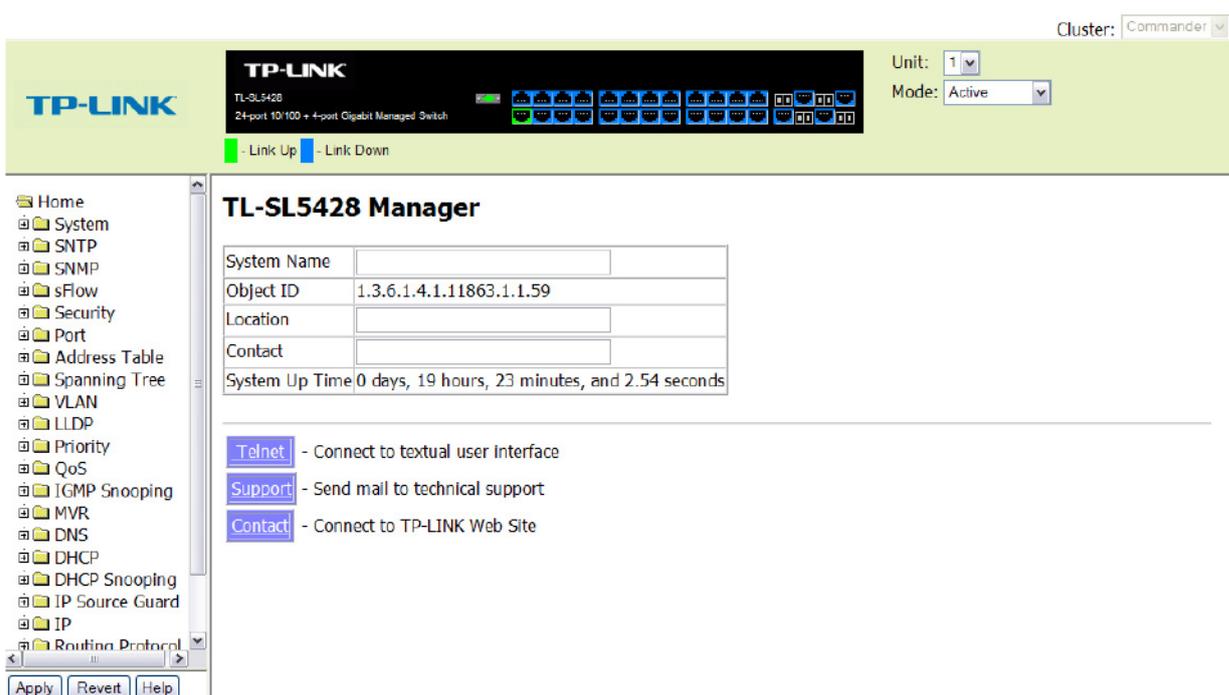


Figura 4. 5 Configuración vía Web

4.2.1.2.3 Configuración de los Puertos SFP en el equipo

Se puede realizar cambios en la configuración de cada uno de los puertos del Switch ingresando a las pestañas Port Information o Trunk Information vía web, incluye información como el estado de la conexión (connection status), estado del enlace, velocidad (speed/dúplex mode), control de flujo de datos (flow control), y si está habilitada la opción de auto negociación de la velocidad del puerto.

Port Information									
Port	Name	Type	Admin Status	Oper Status	Speed Duplex Status	Flow Control Status	Autonegotiation	Media Type	Trunk Member
1		100Base-TX	Enabled	Down	10half	None	Enabled	None	
2		100Base-TX	Enabled	Down	10half	None	Enabled	None	
3		100Base-TX	Enabled	Down	10half	None	Enabled	None	
4		100Base-TX	Enabled	Down	10half	None	Enabled	None	
5		100Base-TX	Enabled	Up	100full	None	Enabled	None	
6		100Base-TX	Enabled	Down	10half	None	Enabled	None	
7		100Base-TX	Enabled	Down	10half	None	Enabled	None	
8		100Base-TX	Enabled	Down	10half	None	Enabled	None	

Figura 4.6 Pestaña Port Information

Los atributos que se despliega vía web son:

- Name: Etiqueta de la Interfaz.
- Type: Indica el tipo de Puerto. (100BASE-TX, 1000BASE-T, or SFP)
- Admin Status: Muestra si la interfaz está habilitada o deshabilitada.
- OperStatus: Indica si el enlace asociado a esa interfaz se encuentra en estado active (Up) o estado desconectado (Down).
- SpeedDuplexStatus: Muestra la velocidad actual y si está habilitado el modo Duplex o HalfDuplex, auto negociación o fixed.
- Flow Control Status: Indica el actual tipo de control de flujo que se está aplicando a esa interfaz (IEEE 802.3x, Back-Pressure or None)
- Autonegotiation: Muestra si la auto negociación está habilitada o deshabilitada.
- Media Type: Media Type es usada por los puertos denominados Combo Ports. (Opciones: Copper-Forced, SFP-Forced, or SFP-Preferred-Auto, por defecto: SFP-Preferred-Auto).

- TrunkMember: Muestra si la interfaz es parte del grupo de interfaces tipo Trunk.
- Creation: Muestra si la interfaz tipo Trunk fue configurada manualmente o vía LACP.

En el prototipo se procedió a configurar los 4 puertos ópticos del Switch de la siguiente manera:

Parámetros	Puerto 25	Puerto 26	Puerto 27	Puerto 28
	Servidor Centralizado	Estación de Trabajo 1	Estación de Trabajo 2	Softphone
Name	Servidor de red	Workstation 1	Workstation2	Softphone
Type	SFP	SFP	SFP	SFP
Admin Status	Enable	Enable	Enable	Enable
Oper Status	Up	Up	Up	Up
Speed Duplex Status	1000full	1000full	1000full	1000full
Flow Control Status	None	None	None	None
Autonegotiation	Enable	Enable	Enable	Enable
Media Type	SFP-Preferred-Auto	SFP-Preferred-Auto	SFP-Preferred-Auto	SFP-Preferred-Auto
Trunk Member	No	No	No	No
Creation	Disable	Disable	Disable	Disable

Tabla 4.8 Parámetros de configuración por puerto

A continuación se muestra el ejemplo de la configuración del puerto donde se encuentra conectado el servidor de la Red:

```

Console#show interfaces status SFP1/25                               4-173
Information of SFP1/25
Basic information:
Port type: SFP
Mac address: 00-12-CF-12-34-61
Configuration:
Name: SERVERRED
Port admin: Up
Speed-duplex: Auto
Capabilities: 10half, 10full, 100half, 100full, 1000full
Broadcast storm: Enabled
Broadcast storm limit: 500 packets/second
Flow control: Disabled
Lacp: Disabled
Port security: Disabled
Max MAC count: 0
Port security action: None
Current status:
Link status: Down
Operation speed-duplex: 1000full
Flow control type: None
Console#

```

Figura 4. 7 Ejemplo de configuración de puerto asociado al servidor de red

4.2.2 SFP (SMALL FORM-FACTOR PLUGGABLE (SFP): TP LINK TL-SM311

4.2.2.1 Características principales

Las tarjetas de módulo de fibra óptica de la serie TL-SM311 tienen la función de extender la distancia de transferencia, conectadas a los conmutadores inteligentes, además de proveer de una velocidad de conmutación de hasta 1.25 Gbps.



Figura 4. 8 (SFP): TP LINK TL-SM311 ^[38]

Las principales características de este conector SFP son las siguientes:

- Soporta velocidades full-duplex
- Pueden aumentar la distancia varios kilómetros, incluso decenas de kilómetros, cumpliendo las necesidades de distancia de una LAN.

- Plug-and-Play
- Indicadores LED que muestran el estado operativo del módulo de fibra.
- Soporta Pull-or-Plug con alimentación en los conmutadores.
- Alimentación: Alimentación interna por los conmutadores

A continuación se resumen los principales estándares y características:

Parámetros Principales	Valores utilizados
Normas y protocolos	IEEE 802.3z, CSMA/CD, TCP/IP
Cable	Fibra óptica multimode
Tipo de fibra	50/125um ó 62.5/125 µm multimodo
Longitud de cable máx.	550m
Tasa de transmisión de datos	1.25 Gbps
Tipo de Puerto	LC
Longitud de onda	850nm
Suministro eléctrico	3,3V

Tabla 4.9 Características principales de SFP TL-SM311

4.2.2.2 Funcionamiento del equipo en el prototipo:

El principal objetivo de los módulos SFP en el prototipo es el de permitir una conexión mediante un medio de transmisión óptico hacia las interfaces ópticas del Switch TP – SL5428. Permite hacer uso de las velocidades arriba de los 1Gbps para analizar el funcionamiento de los servicios de red implementados. Además de eso permite el uso adecuado del conector del medio de transmisión óptico (en este caso hemos escogido un tipo de conector óptico LC), y la compatibilidad con el Switch.

4.2.2.2.1 Pautas generales para el uso de módulos SFP

- Los módulos SFP convierten señales eléctricas en señales ópticas que son las necesarias para la transmisión óptica.

- Se debe ejercer la mínima presión al introducir el módulo SFP en el puerto del Switch óptico. Al forzar el módulo SFP para introducirlo en un puerto podría dañar el mismo módulo o el puerto.
- Se puede instalar o sacar el módulo SFP mientras el puerto está encendido.
- Se debe instalar el módulo SFP en un puerto antes de conectar el cable de fibra óptica.
- Cuando se encuentre trabajando con dispositivos sensibles a la estática, se debe tomar las precauciones necesarias para no dañar el producto por electricidad estática.

4.2.2.2.2 Instalación de módulos SFP

1. Retirar el recubrimiento o protección estática que cube al dispositivo SFP.
2. Retirar la tapa protectora del módulo SFP y del puerto SFP. Se recomienda guardar las tapas protectoras para posteriores usos.
3. Introducir el módulo SFP en el puerto del Switch óptico donde se desea conectar, hasta que se oiga un clic.

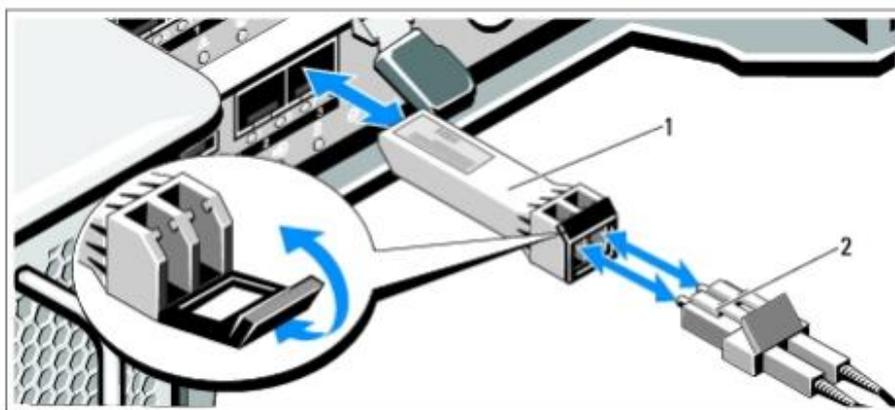


Figura 4.9 Instalación de módulos SFP ^[39]

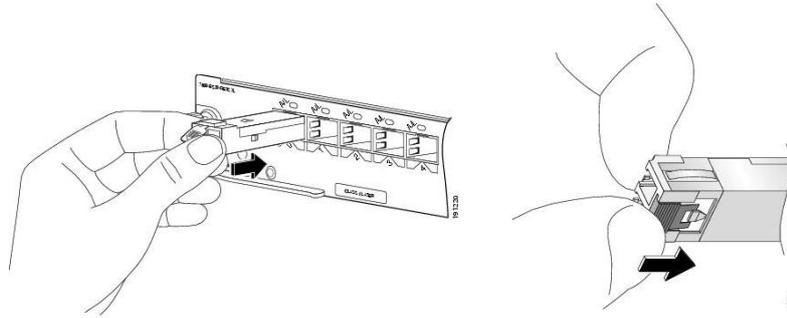


Figura 4.10 Instalación de módulos SFP [40]

4.2.2.2.3 Extracción de módulos SFP

1. Quitar el cable LC del módulo SFP.
2. Para evitar dañar el cable o el módulo SFP, desconectar el cable LC antes de extraer el módulo SFP.
3. Desbloquear el seguro del módulo SFP. Para los módulos SFP que contengan lengüetas de conexión, desbloquear el seguro del módulo SFP tirando del seguro del cable hacia fuera 90°.
4. Con el seguro del módulo SFP en la posición de desbloqueo, extraer el módulo SFP. Para los módulos SFP que contengan lengüetas de conexión, sujetar el seguro del cable y tirar del módulo SFP hasta sacarlo del puerto.
5. Volver a colocar la tapa protectora en el módulo SFP y el puerto del Switch.
6. Colocar el módulo SFP en un paquete para protección estática.

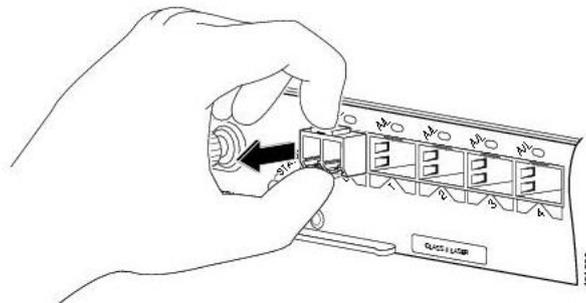


Figura 4.11 Extracción de módulos SFP [40]

4.2.3 INTERFACES DE RED ÓPTICAS: MYRICOM MYRINET M3F-PCIXD-2 FIBER NETWORK ADAPTER PCI

4.2.3.1 Características principales

A continuación se describirán brevemente las principales características de las tarjetas de red MYRICOM MYRINET M3F-PCIXD-2 utilizadas en el servidor centralizado, las estaciones de trabajo.

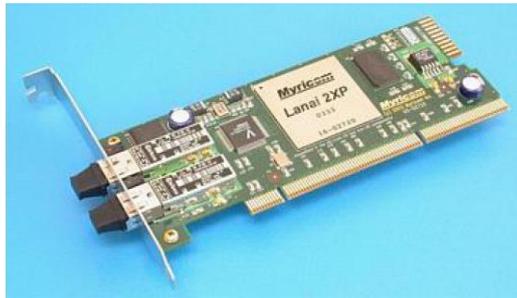


Figura 4.12 Interfaz de red óptica M3F-PCIXD-2 ^[41]

Esta NIC es compatible con protocolos PCI-X y PCI, y se puede utilizar en cualquier ranura PCI de 3.3V. En el modo PCI-X, estas tarjetas de red funcionan con frecuencias de bus de 75MHz a 133MHz. En el modo PCI, las tarjetas de red funcionan a frecuencias de bus de 48MHz a 67MHz. La interfaz de red es capaz de alcanzar velocidades de datos pico de PCI (1067MB / s para 64-bit, 133 MHz) y PCI-X (533 MB / s de 64 bits a 66 MHz).

4.2.3.2 Funcionamiento del equipo en el prototipo

Dependiendo del tipo de host que se disponga las instrucciones de colocación de la tarjeta podrían variar, por lo que se podría tener dos casos:

- Unidad de host torre.
- Unidad host de montaje en rack.

Si se dispone de un host tipo torre (case alargado) se tendrá que usar los slot PCI estándar, y si usted tiene una unidad de host con racks de montaje (PCI externos) se tendrá que usar PCI frontales o faceplates estándar.

4.2.3.2.1 Instrucciones iniciales de inserción de la tarjeta de red Myrinet / PCI-X en una ranura PCI-X.

Se debe apagar el equipo al que va a instalar la tarjeta, Posteriormente se debe quitar la cubierta exterior de la máquina, y localizar la ranura PCI-X (s), se recomienda que la tarjeta sea insertada en la ranura PCI-X más cercana al chipset PCI.

Caso 1: Unidad de host torre.

Si se tiene una unidad tipo torre (case alargado), las ranuras PCI-X se verá algo como lo siguiente:

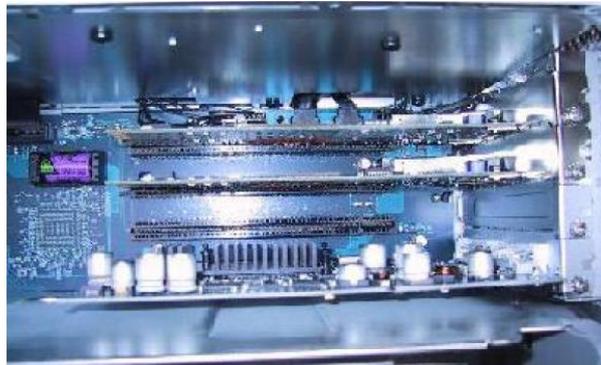


Figura 4. 13 Instalación en Host con unidad de puertos PCI tipo Torre ^[42]

Caso 2: Unidad host de montaje en rack

Si se tiene una máquina de montaje en rack, las ranuras PCI-X se verán algo como lo siguiente:



Figura 4. 14 Instalación en Host con unidad de puertos PCI tipo montaje en rack. ^[42]

4.2.3.2.2 Conexión de la tarjeta Myrinet / PCI-X hacia el Switch

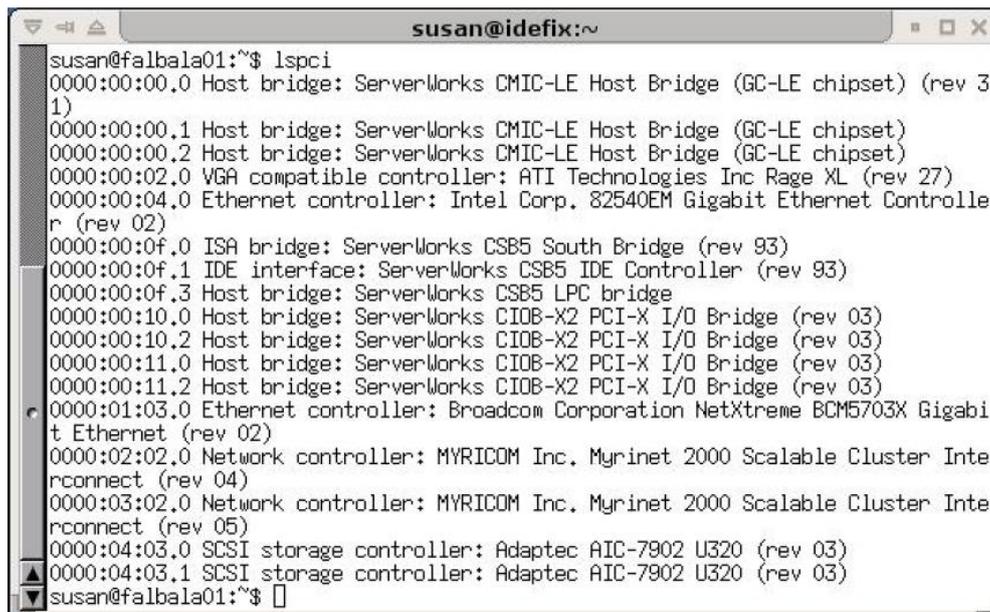
Fijar la tarjeta en su lugar con un tornillo de bloqueo (si es necesario), luego se debe colocar la cubierta exterior de la tarjeta, posteriormente se conecta el cable de fibra LC entre la NIC y el conmutador.

4.2.3.2.3 Encendido y verificación de detección por el sistema operativo del host.

Dependiendo del sistema operativo que se ejecuta en el host, este mecanismo de detección varía, como se detalla a continuación.

Linux

Si su servidor está ejecutando Linux, puede ejecutar el comando `/sbin/lspci`, que devolverá todos los dispositivos conectados al bus PCI.



```
susan@falbala01:~$ lspci
0000:00:00.0 Host bridge: ServerWorks CMIC-LE Host Bridge (GC-LE chipset) (rev 3
1)
0000:00:00.1 Host bridge: ServerWorks CMIC-LE Host Bridge (GC-LE chipset)
0000:00:00.2 Host bridge: ServerWorks CMIC-LE Host Bridge (GC-LE chipset)
0000:00:02.0 VGA compatible controller: ATI Technologies Inc Rage XL (rev 27)
0000:00:04.0 Ethernet controller: Intel Corp. 82540EM Gigabit Ethernet Controlle
r (rev 02)
0000:00:0f.0 ISA bridge: ServerWorks CSB5 South Bridge (rev 93)
0000:00:0f.1 IDE interface: ServerWorks CSB5 IDE Controller (rev 93)
0000:00:0f.3 Host bridge: ServerWorks CSB5 LPC bridge
0000:00:10.0 Host bridge: ServerWorks CIOB-X2 PCI-X I/O Bridge (rev 03)
0000:00:10.2 Host bridge: ServerWorks CIOB-X2 PCI-X I/O Bridge (rev 03)
0000:00:11.0 Host bridge: ServerWorks CIOB-X2 PCI-X I/O Bridge (rev 03)
0000:00:11.2 Host bridge: ServerWorks CIOB-X2 PCI-X I/O Bridge (rev 03)
0000:01:03.0 Ethernet controller: Broadcom Corporation NetXtreme BCM5703X Gigabi
t Ethernet (rev 02)
0000:02:02.0 Network controller: MYRICOM Inc. Myrinet 2000 Scalable Cluster Inte
rconnect (rev 04)
0000:03:02.0 Network controller: MYRICOM Inc. Myrinet 2000 Scalable Cluster Inte
rconnect (rev 05)
0000:04:03.0 SCSI storage controller: Adaptec AIC-7902 U320 (rev 03)
0000:04:03.1 SCSI storage controller: Adaptec AIC-7902 U320 (rev 03)
susan@falbala01:~$
```

Figura 4. 15 Detección de la tarjeta de red en host con sistema operativo Linux

Si la salida que se recibe es similar a la mostrada anteriormente apreciando que se puede “ver” el controlador de red, la tarjeta de red se ha detectado correctamente.

Windows 2000 y Windows XP

Para Windows 2000 y Windows XP, aparece un cuadro de diálogo con el mensaje "Nuevo hardware encontrado" (como se muestra a continuación) dicho mensaje aparece cuando la máquina detecta una nueva tarjeta PCI.



Figura 4.16 Detección de la tarjeta de red en host con sistema operativo Windows

4.2.4 PATCH CORDS SC-LC 3 PIES

4.2.4.1 Características Principales

Es el patch cord escogido para interconectar los diferentes equipos en el prototipo de red, compatible con el Switch TP-Link TL-SL5428, los equipos SFP TP-Link TL-SM311 y las tarjetas de red ópticas Myricom Myrinet M3F-PCIXD-2 Fiber Network Adapter PCI. Permite transmitir información a velocidades de 1Gbps. El patch cord escogido es PC-MM-3 PATCH CORD SC-LC 3 Pies. Entre sus principales características se tiene:

- Bajas pérdidas directas y de retorno
- Diferentes tipos de conectores
- Cubiertas estándar
- Punta de circonio

Fibra	Monomodo	9/125
	Multimodo	50/125, 62,5/125
Conector	Tipo	LC estándar
	Color de la cubierta	Azul, verde, beige
	Diámetro de entrada	Para cable de fibra óptica con diámetro de 0,9 mm, 2,0 mm, 2,4 mm, 3,0 mm
Material	Punta	Bióxido de circonio
	Cubierta	Polímero Kayflex (azul, verde, beige y otros colores)
	Cubierta con protección contra el polvo	Polietileno de baja dureza (negro, verde y otros colores)
	Cable	Fibra óptica: 9/125, 50/125, 62.5/125 Protector PVC
Longitud	1 m	
Diámetro exterior de la punta	1,249±0,0005 mm	
Características técnicas	Pérdidas directas	Cable monomodo: < 0,3 dB Cable multimodo: < 0,4 dB
	Pérdidas de retorno	> 45 dB
	Radio de la punta	10 mm < R < 25 mm
	Temperatura de funcionamiento	a partir de -40°C hasta +85°C
Estándares	TIA/EIA-604-2, UL94V-0 (seguridad contra incendios)	

Tabla 4.10 Características de los patch cord de fibra a usar en el prototipo

4.2.4.2 Funcionamiento del elemento en el prototipo

El uso de los patch cords en el prototipo es el de servir como medio de transmisión entre las estaciones de trabajo y el servidor centralizado,

conjuntamente con los SFP permiten la comunicación entre las estaciones de trabajo y el servidor centralizado.

PATCHs CORDs USADOS EN EL PROTOTIPO

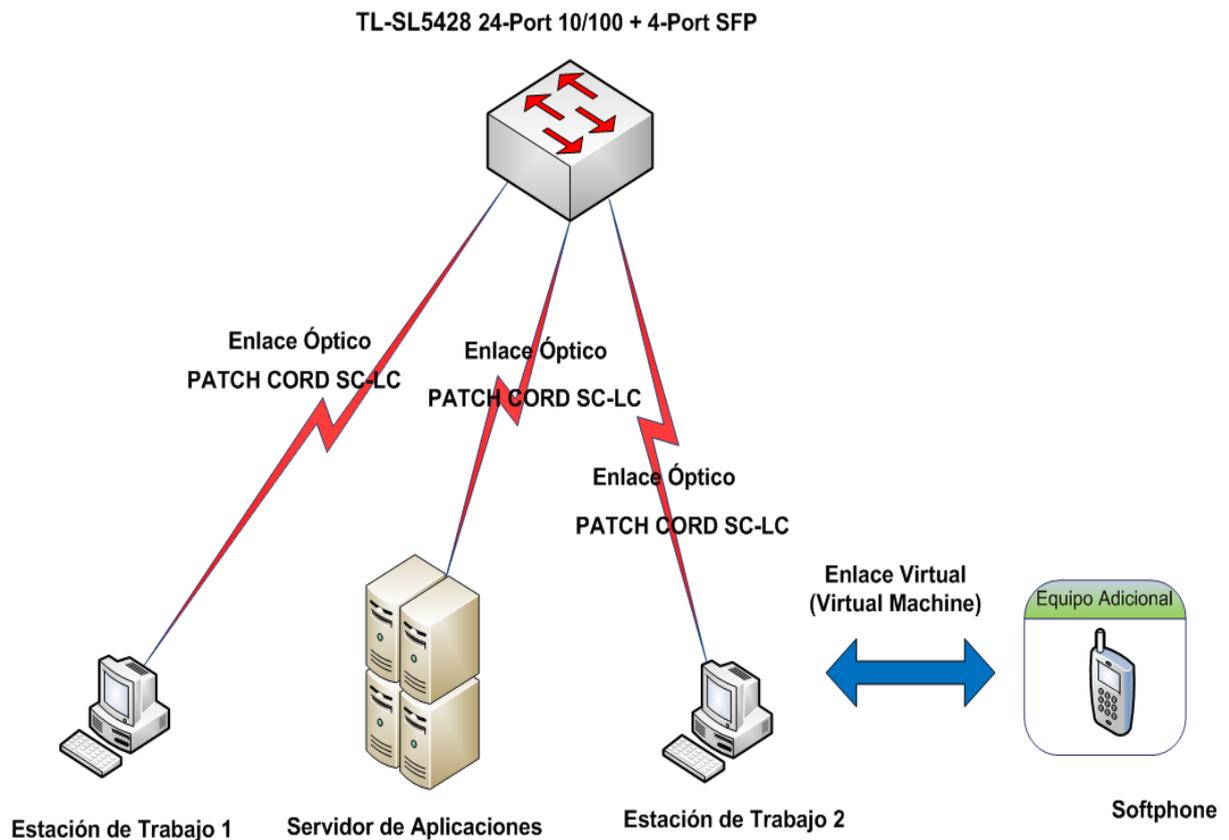


Figura 4. 17 Uso de patch cord de fibra dentro de la red

4.2.5 SERVIDOR DE APLICACIONES: WINDOWS 7 ULTIMATE EDITION (VIRTUALIZA SERVICIOS)

4.2.5.1 Características principales

Las características principales del hardware y software del equipo se detallan a continuación:

4.2.5.1.1 Hardware del servidor centralizado

Computadora		Almacenamiento:	
Tipo de computadora	ACPI x64-based PC	Disco rígido	ST3500413AS ATA Device (465 GB, IDE)
Sistema operativo	Microsoft Windows 7 Ultimate	Disco óptico	TSSTcorp CDDVDW SH-S223C ATA Device
Service Pack del sistema operativo	No disponible	C: (NTFS)	200 GB
Internet Explorer	8.0.7600.16385	D: (NTFS)	195.3 GB (162.2 GB libre)
DirectX	DirectX 11.0	Tamaño total	400 GB
Nombre de la computadora	JANETSERVER-PC		
Nombre de usuario	Janet Server		
Dominio de inicio de sesión	jacomeparedes.net		
Motherboard:		Red:	
Tipo de CPU	DualCore Intel Core i3 540, 3066 MHz (23 x 133)	Dirección IP primaria	192.168.3.3
Nombre del motherboard	Intel Hunter Cove DH55HC / Tom Cove DH55TC	Dirección MAC primaria	00-50-56-C0-00-08
Chipset del motherboard	Intel Ibex Peak H55,	Placa de red	Intel(R) 82578DC Gigabit Network

	Intel Ironlake		Connection (192.168.3.3)
Memoria del sistema	DIMM3: Kingston 9905458-017.A00LF	Placa de red	VMware Virtual Ethernet Adapter for VMnet1
Tipo de BIOS	AMI (06/14/10)	Placa de red	VMware Virtual Ethernet Adapter for VMnet2
Puerto de comunicación	Puerto de comunicaciones (COM1)	Placa de red	VMware Virtual Ethernet Adapter for VMnet8
Puerto de comunicación	Intel(R) Active Management Technology - SOL (COM3)		
Puerto de comunicación	Puerto de impresora ECP (LPT1)		
Monitor:			
Placa de video	Intel(R) HD Graphics (1764004 KB)		
Placa de video	Intel(R) HD Graphics (1764004 KB)		
Aceleradora 3D	Intel GMA HD		
Multimedia:			
Placa de sonido	Realtek ALC888/1200 @ Intel Ibex Peak PCH - High Definition Audio Controller		

Tabla 4.11 Características principales de hardware del equipo servidor

4.2.5.1.2 Software servidor de la red prototipo

Software	Descripción	Uso
VMware Server	VMware es un sistema de virtualización por software, es un programa que simula un sistema físico (un computador, un hardware) con unas características de hardware determinadas.	Se encuentra instalados las siguientes máquinas Virtuales: (Servidor de Correo Electrónico, Servidor de Telefonía IP, Servidor de Videoconferencias)
VMware Remote Console Plug-in VMware, Inc.	Plug In para Internet Explorer 9	Administración Remota de VMware Server VMware, Inc.
X-Lite 4 CounterPath Corporation	Softphone para Telefonía IP	Usado para realizar llamadas vía IP dentro de la red del Prototipo.

Tabla 4. 12 Software sobre el cual se instalará los servidores

4.2.5.2 Funcionamiento del equipo en el prototipo

El servidor se encargara por medio de diferentes máquinas virtuales de entregar los servicios de red implementados (Correo, telefonía IP, videoconferencia y compartición de archivos) de manera eficiente, eficaz y transparente hacia los usuarios del prototipo de red.

El servidor de aplicaciones, tiene la principal característica de entregar, habilitar, permitir el uso de los servicios de red implementados en él, por lo que deberá ser accesible, disponible para que los usuarios del prototipo puedan tener acceso a los servicios descritos, dentro de la red implementada. Las características físicas del servidor de aplicaciones han sido implementadas de tal manera que soporten las peticiones de los usuarios y de los servicios deseados de cada uno de ellos.

4.2.5.3 Ventajas y desventajas

4.2.5.3.1 Ventajas

- La principal ventaja de poseer un servidor centralizado para entregar todos los servicios de red, es tener el control, la administración, el monitoreo de todos los servicios de red en una sola ubicación. Esto facilitará la administración, mantenimiento y respaldo de los servicios, e información crítica que el servidor maneje.
- La virtualización de los servicios permite el mantenimiento de cada uno de los servicios por separado, lo que permitiría realizar por ejemplo el mantenimiento de servidor de correo, esto no afectara a los demás servicios.

4.2.5.3.2 Desventajas

- Como desventaja, el servidor por ser el único proveedor de los servicios de red, se vuelve vital para el funcionamiento del prototipo. Una falla, o problema con el mismo, provocará que todos los servicios de red fallen, dejando obsoleta a la red en cuanto a sus aplicaciones.

- Sería un error muy grave si el servidor de red centralizado fallara, ya que no se dispondría de llamadas IP, se perdería el servicio de correo electrónico y no se dispondría de información almacenada en el servidor.

4.3 IMPLEMENTACIÓN DE MÁQUINAS VIRTUALES

Para la implementación de cada una de las máquinas virtuales dentro del prototipo, se ha escogido el software VMWARE SERVER 2.0, el mismo que permite establecer en máquinas virtuales separadas diferentes sistemas operativos, que brindaran los servicios de red deseados para el prototipo. Para detalles de la instalación de la máquina virtual referirse al Anexo 2.

Una vez instalado nuestro administrador de máquinas Virtuales (VMware Server 2.0), procederemos a detallar la instalación, principal funcionamiento, y servicios que brinda cada una de las máquinas virtuales implementadas en el prototipo.

4.3.1 LISTA DE MÁQUINAS VIRTUALES IMPLEMENTADAS

Servicio	Aplicación implementada	Sistema Operativo en el cual se instaló
Correo Electrónico	Zimbra Open source 7.1	Ubuntu Desktop 10.4 LST
Servicio de Telefonía IP	Trixbox 2.1	Centos 5.5 Release Final
Servicio de (Streaming Audio y Video) Videoconferencia	Openmeetings	Ubuntu Server 10.4 LST
Servicio de compartición de Archivos	Samba	Ubuntu Desktop 10.4 LST

Tabla 4.13 Máquinas virtuales implementadas

4.3.2 MÁQUINA VIRTUAL PARA CORREO ELECTRÓNICO: ZIMBRA OPEN SOURCE 7.1: UBUNTU DESKTOP 10.4 LST

Para detalles de la instalación de la máquina virtual para correo electrónico Zimbra open source 7.1 referirse al Anexo 3.

Para comenzar a administrar el servidor de correo electrónico Zimbra, instalado para el prototipo, entramos a la consola y procedemos de la siguiente manera:

Se debe ingresar a la dirección: <https://janetservert:7071/zimbraAdmin/> o a su vez con la dirección IP: <https://192.168.3.91:7071/zimbraAdmin/>, se debe tomar en cuenta que la "A" de Admin este en mayúscula caso contrario no se podrá ingresar en la consola; en esta se solicita un usuario y una clave, el usuario es Admin y la clave es la que colocamos en el procedimiento de instalación.

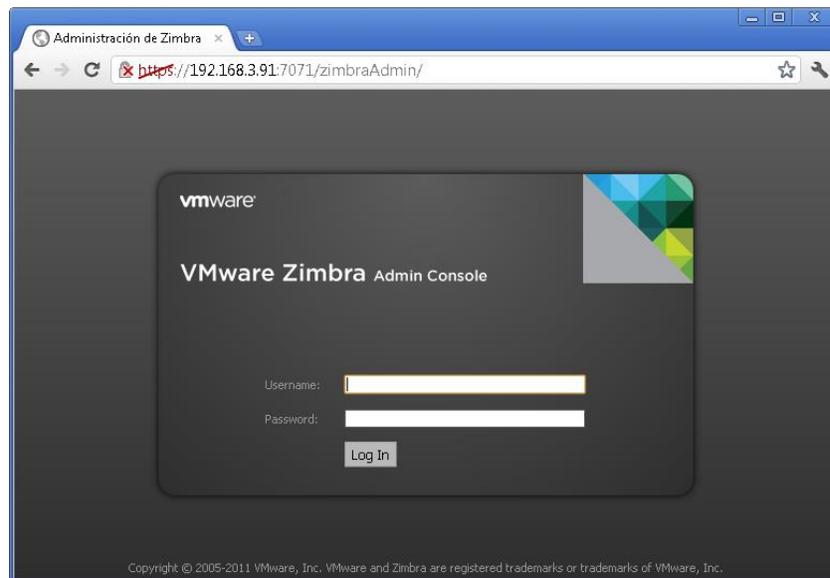


Figura 4.18 Pantalla web de administración Zimbra de para ingreso de usuario y contraseña

Para entrar en modo usuario se debe ingresar la siguiente dirección: <http://192.168.3.91>, introduciendo el usuario en este formato usuario@midominio.com, en nuestro caso usuario@jacomeparedes.net y la clave. Es

necesario colocar en el nombre de usuario @dominio, pues de lo contrario no va a entrar debido a que puede ser servidor multidominio.



Figura 4. 19 Ejemplo de ingreso de usuario y contraseña en la pantalla de inicio Web de un cliente Zimbra

4.3.2.1 Principales configuraciones en el servidor de correo para su funcionamiento en el prototipo.

A continuación se describen las principales funcionalidades del servidor de Correo Zimbra 7.01:

4.3.2.1.1 Interfaz de administración de Zimbra

Para ingresar a la consola de administración de Zimbra, debemos ingresar a url:https://192.168.3.91:7071/zimbraAdmin/, cabe recalcar que se utilizara https (seguro) y el puerto en el cual se configuro la administración es el puerto 7071.

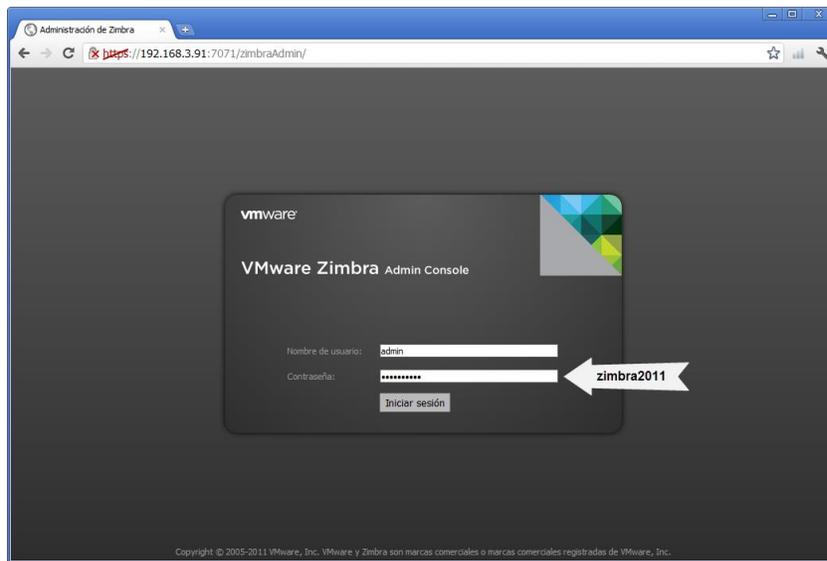


Figura 4 20 Interfaz de administración Zimbra

Se despliega la siguiente pantalla de inicio que resumiremos en las siguientes partes:

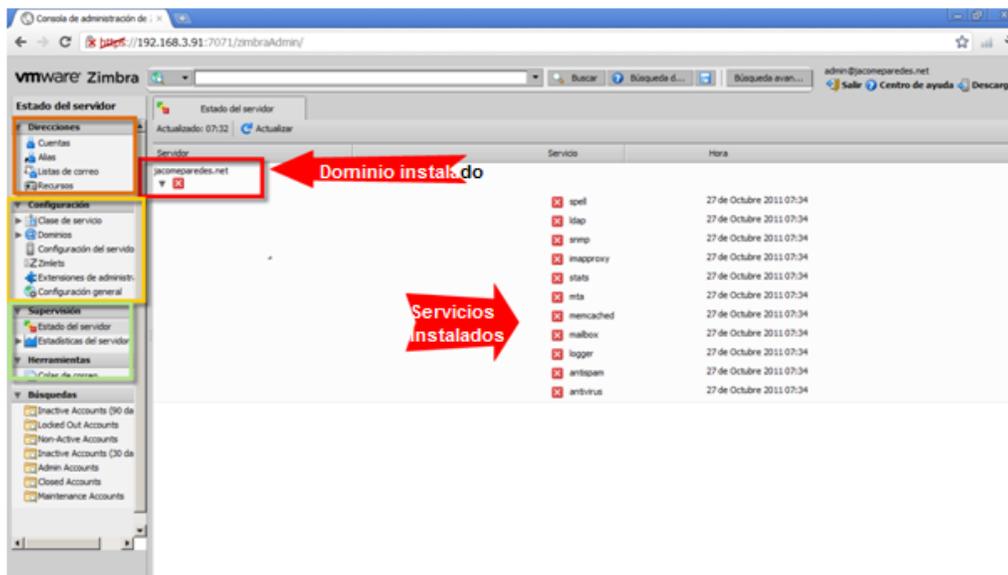


Figura 4.21 Pantalla de inicio del servidor Zimbra

- **Servicios instalados**

Muestra un breve resumen del estado de los servicios en el servidor Zimbra. Los más importantes son: ldap, mailbox y mta.



<input checked="" type="checkbox"/>	spell	27 de Octubre 2011 07:34
<input checked="" type="checkbox"/>	ldap	27 de Octubre 2011 07:34
<input checked="" type="checkbox"/>	snmp	27 de Octubre 2011 07:34
<input checked="" type="checkbox"/>	imaproxy	27 de Octubre 2011 07:34
<input checked="" type="checkbox"/>	stats	27 de Octubre 2011 07:34
<input checked="" type="checkbox"/>	mta	27 de Octubre 2011 07:34
<input checked="" type="checkbox"/>	memcached	27 de Octubre 2011 07:34
<input checked="" type="checkbox"/>	mailbox	27 de Octubre 2011 07:34
<input checked="" type="checkbox"/>	logger	27 de Octubre 2011 07:34
<input checked="" type="checkbox"/>	antispam	27 de Octubre 2011 07:34
<input checked="" type="checkbox"/>	antivirus	27 de Octubre 2011 07:34

Figura 4. 22 Servicios instalados dentro del servidor Zimbra

- **Dominio**

Muestra el dominio con el que nuestras cuentas de correo van a ser creadas, en este caso ejemplo@jacomeparedes.net.



Figura 4. 23 Dominio instalado en el servidor Zimbra

- **Direcciones**

En esta sección es donde se puede administrar (crear, eliminar y modificar) nuestros buzones de correo electrónico.



Tipo	Dirección de correo	Nombre mostrado	Estado	Hora de último inicio de sesión	Descripción
	admin@jacomeparedes.net		Activo	27 de Octubre 2011 7:34:47	Administrative Account
	andresjacome@jacomeparedes.net	Andres Jacome	Activo	3 de Septiembre 2011 14:54:06	
	dimdim@jacomeparedes.net	Cuenta Dim dim	Activo	No se inició sesión	
	ham.kwwn60ht_j@jacomeparedes.net		Activo	No se inició sesión	System account for Non-Spam (Ham) training.
	karlyjame@jacomeparedes.net	Karly Jame	Activo	14 de Ago 2011 12:28:20	
	patricioparedes@jacomeparedes.net	Patricio Paredes	Activo	3 de Septiembre 2011 14:55:39	
	spam.iczkvcnlj@jacomeparedes.net		Activo	No se inició sesión	System account for spam training.
	virus-quarantine.gwgk5wiwb@jacomeparedes.net		Activo	No se inició sesión	System account for Anti-virus quarantine.

Figura 4.24 Sección Direcciones

4.3.2.1.2 Configuración de una cuenta en el servidor Zimbra

La funcionalidad principal de la consola de Zimbra es administrar los usuarios que forman parte de nuestro dominio, a continuación se describe brevemente como configurar una cuenta de correo.

1. Ir al panel izquierdo, menú Direcciones, hacer clic en Cuentas.
2. Se presenta una interfaz donde se puede crear las nuevas cuentas. Hacer clic en Nuevo



Tipo	Dirección de correo	Nombre mostrado	Estado
	admin@jacomeparedes.net		Activo
	andresjacome@jacomeparedes.net	Andres Jacome	Activo
	dimdim@jacomeparedes.net	Cuenta Dim dim	Activo
	ham.kwwn60ht_j@jacomeparedes.net		Activo
	karlyjame@jacomeparedes.net	Karly Jame	Activo
	patricioparedes@jacomeparedes.net	Patricio Paredes	Activo
	spam.iczkvcnlj@jacomeparedes.net		Activo
	virus-quarantine.gwgk5wiwb@jacomeparedes.net		Activo

Figura 4.25 Administración de cuentas dentro del servidor de Zimbra

3. Se presenta una nueva ventana, donde hay que ingresar datos básicos de la persona o cuenta, información necesaria para la creación del buzón como es (nombre de la cuenta, Nombre y Apellido y asignar una contraseña) y hacemos clic en "Finalizar".

Nueva cuenta

Información general

Nombre de cuenta

Nombre de cuenta: fernadoflores @ jacomeparedes.net

Nombre: Ing Fernando

Inicial 2º nombre:

Apellido: Flores

Nombre mostrado: Ing Fernando Flores auto

Ocultar en GAL

Configuración de cuenta

Estado: Activo

Clase de servicio: auto

Ayuda Cancelar Anterior Siguiente Finalizar

Figura 4.26 Ventana para el ingreso de datos de una nueva cuenta

Nueva cuenta

Contraseña

Nota: Estos parámetros no afectan a las contraseñas configuradas por los usuarios de dominios configurados para usar la autenticación externa.

Contraseña:

Confirmar contraseña:

Debe cambiar la contraseña

Cuenta LDAP externa para autenticación:

Configuración de zona horaria

Zona horaria: GMT -08:00 Región del Pacífico EE. UU./Canadá

Notas

Descripción:

Ayuda Cancelar Anterior Siguiente Finalizar

Figura 4.27 Ventana para el ingreso de contraseña de la cuenta creada



Figura 4.28 Mensaje de creación de cuenta exitoso.

Existen más parámetros para la creación de un buzón de correo electrónico, pero para poder crear una cuenta de usuario con los datos indicados es suficiente.

4.3.2.1.3 Configuración

En esta sección podemos realizar algunas configuraciones de forma gráfica en el servidor de correo, obviando el tedioso procedimiento de hacerlo vía consola y por comandos Linux. Entre las opciones destacan, creación de COS (clase de servicios o plantillas para los buzones), instalación de ZIMLETS y configuración en general.

The screenshot shows a web interface for configuring a mail service. The title bar includes the domain 'jacomeparedes.net' and server details: 'Nombre del servidor de servicio: jacomeparedes.net', 'ID: 9e4f5edc-cf37-46f3-b2f2-9699b4d1449f', and 'Creado: 28 de Junio 2011 1:23:50'. A navigation menu contains 'Información general', 'Servicios', 'MTA', 'IMAP', 'POP', and 'Volúmenes'. The 'Información general' tab is active, displaying the following fields:

- Nombre mostrado: jacomeparedes.net
- Descripción: [Empty text input field]
- Nombre del host del servicio: jacomeparedes.net
- Nombre publicado de LMTP: [Empty text input field]
- Dirección de enlace a LMTP: [Empty text input field]
- Número máximo de tareas programadas que pueden ejecutarse a la vez: 20
- Tiempo de reposo entre vaciados del buzón de correo: 1 minutos (dropdown menu)
- Este servidor es un destino de búsqueda proxy inverso
- Notas: [Empty text area]

Figura 4.29 Pestaña de información general de configuración

4.3.2.1.4 Supervisión

En esta sección podemos ingresar a las estadísticas del servidor, verificar su rendimiento y funcionamiento actual. Destacan la visualización del, número de mensajes y volúmenes de mensajes.

4.3.2.1.5 Herramientas

En esta sección se puede apreciar las colas de los correo de todos los usuarios del servidor Zimbra 7.01. Destacan las colas de correos diferidos, activos retenidos, etc.

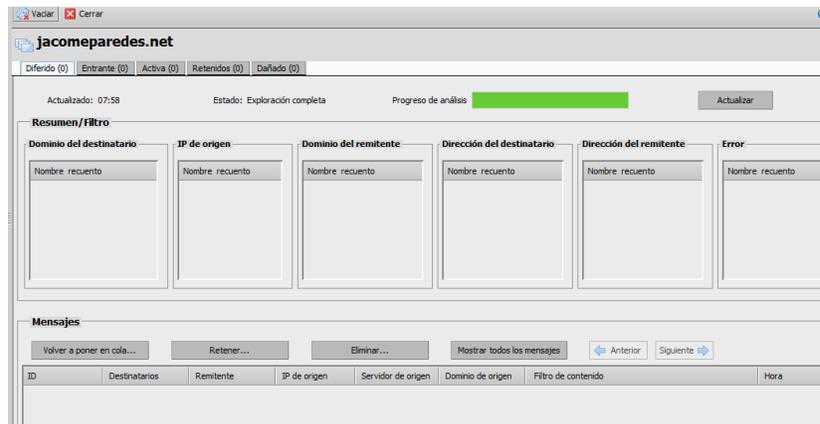


Figura 4.30 Sección herramientas del servidor Zimbra

4.3.2.1.6 Consola de usuario web del servidor Zimbra

Para ingresar a cualquier buzón del servidor de correo debemos ingresar al, URL:<http://192.168.3.91/> y se nos despliega la siguiente pantalla de inicio de sesión.

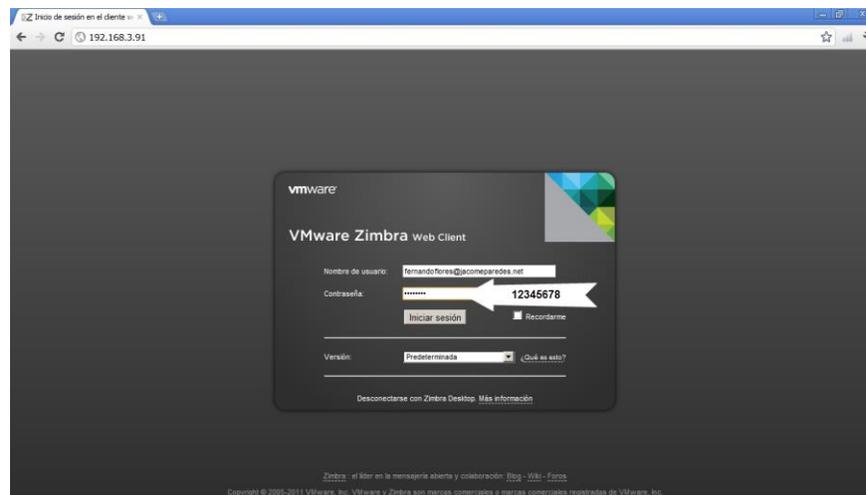


Figura 4.31 Pantalla de usuario vía web de Zimbra.

Cuando el registro sea exitoso se desplegará la siguiente pantalla. El uso de correo electrónico es muy intuitivo y fácil de manejar

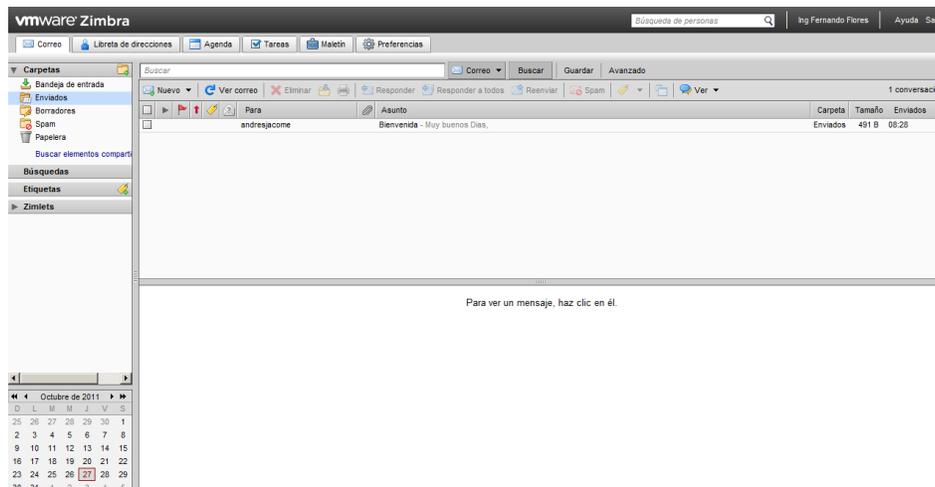


Figura 4.32 Ventana de usuario de correo Zimbra

Parámetro	Dirección IP	Usuario	Password
Acceso cliente Web de Zimbra	http://192.168.3.91	andresjacomme@jacomeparedes.net	andres
		patricioparedes@jacomeparedes.net	patricio
		karlyjame@jacomeparedes.net	karly
		fernandoflores@jacomeparedes.net	fernando
Acceso servidor Web de Zimbra	https://192.168.3.91:7071	admin	Zimbra2011

Tabla 4. 14 Resumen de cuentas creadas para el prototipo

4.3.3 MÁQUINA VIRTUAL PARA EL SERVICIO DE TELEFONÍA IP: TRIBOX 2.8 - CENTOS 5.5

4.3.3.1 Requerimientos

Como cualquier sistema aplicación, Trixbox necesita unos requerimientos mínimos que garanticen el buen funcionamiento del mismo. Estos requerimientos son:

- Las especificaciones mínimas de hardware son: Procesador Pentium III de 500MHz con 256Mb de RAM.
- Una partición con formato *ext3* o *ext2*. El tamaño de esta depende de la cantidad de operaciones o servicios tendrá que implementar el servidor. Para una aplicación académica, una partición de 3Gb es suficiente.
- Una partición *swap*. El tamaño de esta partición debe ser al menos el doble de la memoria RAM instalada en el equipo. Una mayor cantidad de memoria RAM y una partición *swap* mayor, permite ejecutar un mayor de procesos al tiempo (muchas llamadas al tiempo, por ejemplo).

Para tener más detalles respecto al proceso de instalación verificar el Anexo 4.

4.3.3.2 Configuración de Asterisk

La forma habitual para configurar Asterisk es mediante la introducción y modificación de comandos en diferentes archivos, en estos archivos de configuración (de hecho su extensión es *.conf*) se configuran las extensiones (los usuarios) y el plan de llamadas, que es donde se define que acción tomará Asterisk para el manejo de llamadas saliente y entrantes.

En el mundo del software libre, se encuentra aplicaciones como Free-PBX, que nos permiten de una manera fácil e intuitiva la configuración de nuestra máquina Asterisk. Trixbox, la distribución de Asterisk que se ha instalado, posee instalada el Free-PBX como aplicación por defecto para la configuración del servidor PBX Asterisk.

4.3.3.2.1 Accediendo a Free-PBX

- Inicialmente, se debe obtener la dirección IP de nuestro servidor Asterisk, esto es posible usando el comando ifconfig dentro de nuestro servidor configurado.
- Luego, desde un PC conectado a la misma red del servidor Asterisk, digitamos la dirección del servidor Asterisk en la barra de direcciones del browser (puede ser Internet Explorer, Mozilla Firefox o cualquier otro). Para este ejemplo el servidor tiene dirección 192.168.3.92

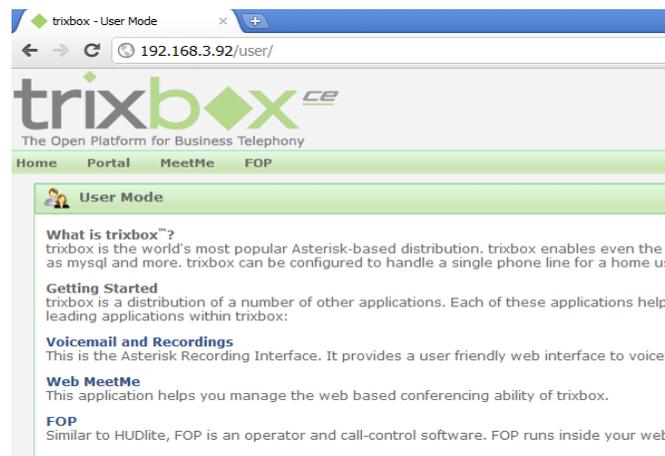


Figura 4. 33 Ventana web del servidor Trixbox

- A continuación, seleccionar Switch para acceder. Aparece el siguiente cuadro de diálogo.

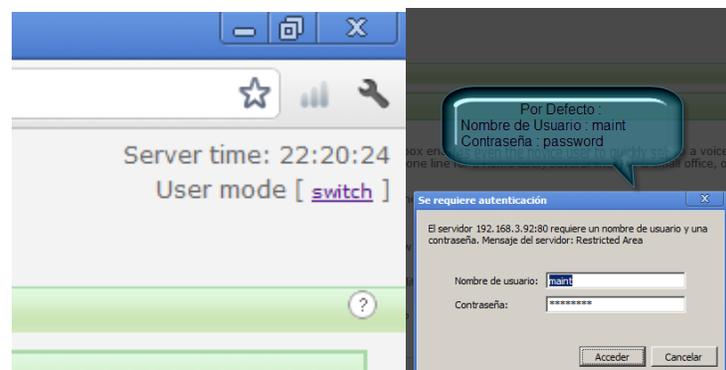


Figura 4. 34 Cuadro de diálogo de autenticación para acceder al servidor

- Luego de digitar la clave y contraseña por defecto, se muestra una breve estadística del estado actual del servidor, los servicios que se encuentran en este momento ejecutándose, la memoria usada, el estado de las particiones del servidor y la cantidad de información recibida.

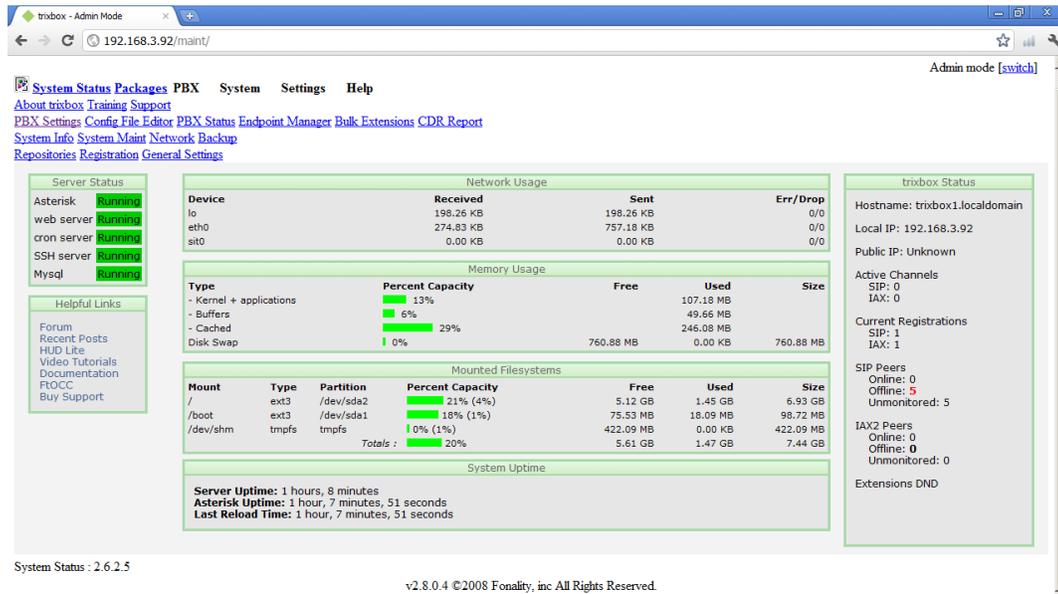


Figura 4. 35 Pantalla que muestra los parámetros y estadísticas del servidor Trixbox.

Principalmente el modulo que configuraremos ser el de Extensions (Extensiones), ya que nos permite configurar los parámetros básicos para que distintos usuarios de la red puedan realizar llamadas usando el protocolo SIP.

Este módulo adiciona todos los softphones, teléfonos para VoIP o cualquier cosa que se considere una extensión, que finalmente serán los usuarios que administre el servidor Asterisk.

4.3.3.2.2 Pasos para agregar una extensión

Elegir el tipo de dispositivo, ingresando a “PBX Settings” <Enter>, “Setup”<Enter> y escogemos el menú “Extensions”:

The screenshot shows the Asterisk Admin interface. The left sidebar contains a menu with 'Extensions' highlighted. A red arrow points to this menu item with the text 'Para Agregar una nueva Extesion'. The main content area is titled 'System Status' and includes sections for Notices, Statistics, Connections, Uptime, System Statistics, and Server Status.

Statistics	
Total active calls	0
Internal calls	0
External calls	0
Total active channels	0

Connections	
IP Phones Online	0

Uptime	
System Uptime:	1 hour, 40 minutes
Asterisk Uptime:	1 hour, 39 minutes
Last Reload:	15 minutes

System Statistics	
Processor	
Load Average	0.00
CPU	0%
Memory	
App Memory	19%
Swap	0%
Disks	
hda	21%
hdb	20%
/dev/shm	0%
Networks	
eth0 receive	0.00 KB/s
eth0 transmit	0.00 KB/s

Server Status	
Asterisk	OK
Op Panel	OK
MySQL	OK
Web Server	OK
SSH Server	OK

Figura 4. 36 Ventana “Extensions” para configuración de nuevas extensiones

Entre las opciones, se encuentra SIP, IAX2, ZAP y custom.

- **Protocolo SIP**

“Session Initiation Protocol”, para teléfonos IP o softphones.

- **IAX2**

“Inter Asterisk Protocol”, un nuevo protocolo manejado por sólo unos pocos dispositivos. Usado también para comunicación entre servidores Asterisk.

- **ZAP**

Es un hardware que se conecta a un servidor Asterisk. Usado para manejar teléfonos análogos.

- **Custom**

Es un adaptador para cualquier dispositivo no estandarizado, por ejemplo H.323. También puede ser usado para trazar un mapa de una extensión a un número externo.

Figura 4. 37 Opciones para agregar una extensión

4.3.3.2.3 Registro de usuario

La información necesaria para que un usuario quede registrado se explica a continuación.

- **User Extension**

Debe ser un número único, identifica al usuario de la red de telefonía. Este es el número que puede ser marcado desde otra extensión, o directamente desde la recepcionista digital (IVR), si estuviera activado este módulo.

Este número puede tener cualquier longitud, pero convencionalmente es utilizado un número de tres o cuatro dígitos.

- **Display Name**

Nombre con el cual se identifica la extensión en el servidor Asterisk. Es el nombre que aparecerá en el identificador de llamadas.

Figura 4. 38 Ventana de ingreso de datos para registro de usuario

- **Secret**

Esta es la contraseña utilizada por el dispositivo telefónico para autenticarse con el servidor Asterisk. Usado en extensiones SIP e IAX2.

Figura 4. 39 Ingreso de la clave de usuario para el uso de su extensión

Una vez creadas las extensiones, estas pueden ser editadas. Y son suficientes los datos indicados anteriormente para que el usuario pueda ser localizado dentro de la red de telefonía IP.



Figura 4.40 Visualización de las extensiones creadas

Otras opciones como el manejo de fax o correo electrónico, buzón de voz, grabación de la conversación, entre otras, son opciones que pueden ser configurables en este menú. Diligenciado todos los datos, seleccionar Submit.

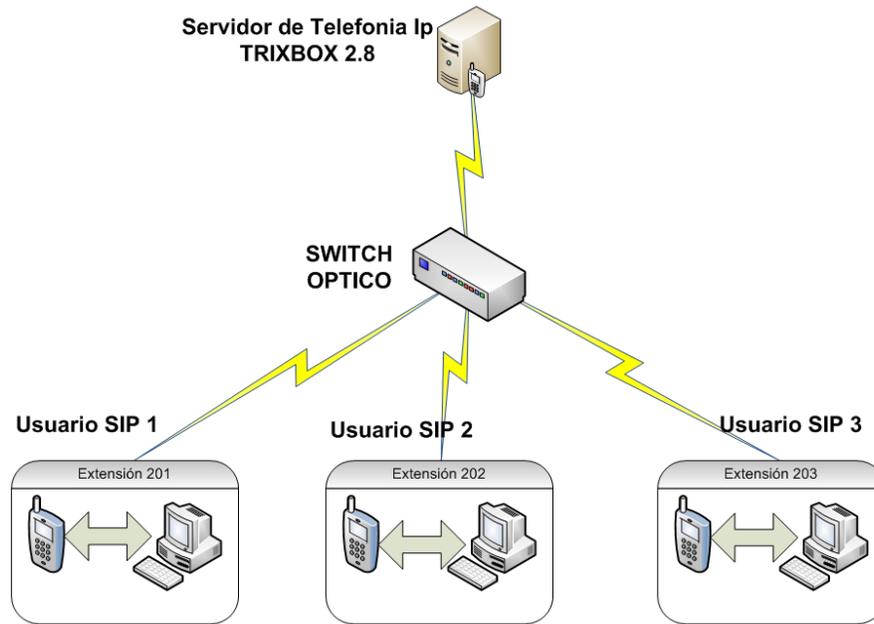


Figura 4.41 Distribución de clientes de telefonía IP y servidor Trixbox

4.3.3.3 Configuración del Softphone (X-Lite)

Una vez creado el usuario en la central telefónica es necesario configurar los datos en el teléfono (sea este físico o virtual), se deben ingresar los siguientes datos para que pueda comunicarse con las demás extensiones, en este caso se ha utilizado en el prototipo el softphone XLITE 41 para la comunicación.

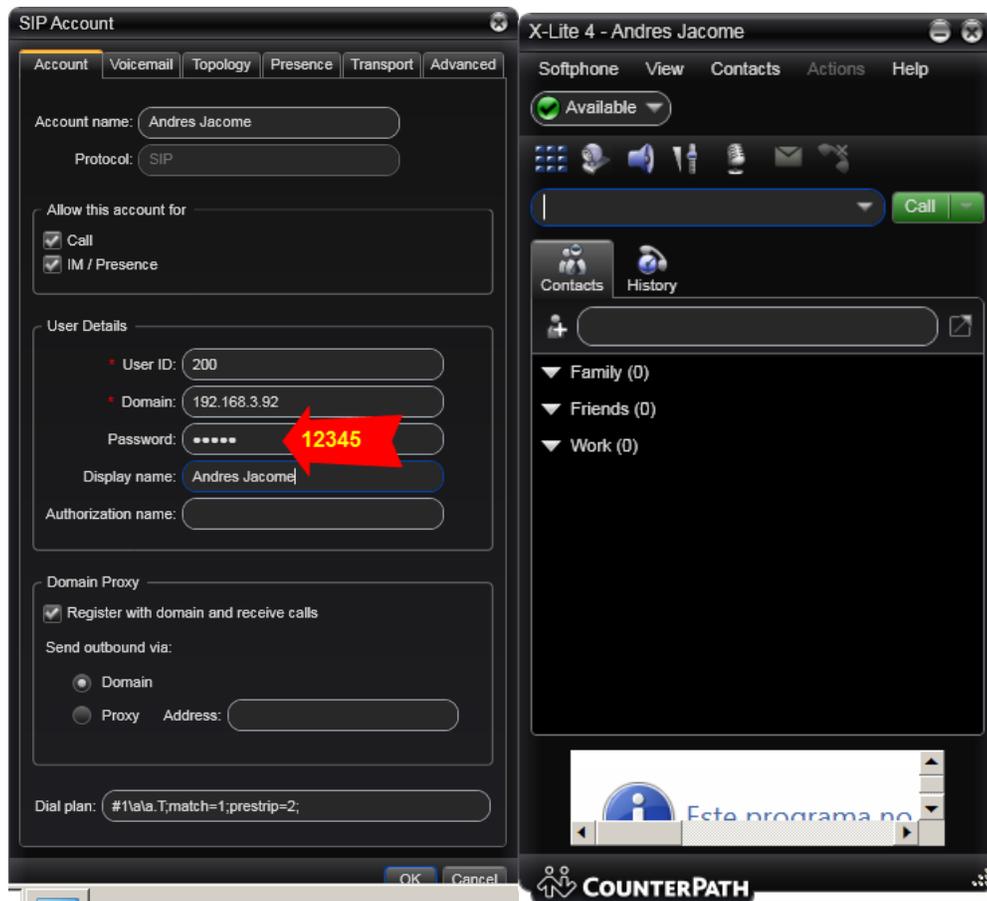


Figura 4. 42 Se presenta la configuración en el softphone

4.3.4 MÁQUINA VIRTUAL PARA EL SERVICIO DE VIDEOCONFERENCIA OPENMEETINGS

4.3.4.1 Requisitos de hardware y software para la instalación de Openmeetings

4.3.4.1.1 Requerimientos de hardware

- Procesador Intel® Pentium® 4 a 3 GHz o equivalente.
- 128 MB de memoria RAM.
- Tarjeta de sonido.
- Micrófono, parlantes o audífonos.

4.3.4.1.2 *Requerimientos de software.*

- El sistema operativo debe ser como mínimo Windows XP o Windows 2000, con Internet Explorer o cualquier otro navegador de su preferencia con Flash Player versión 9 (o superior) instalado.
- También puede ser cualquier distribución Linux o sistema operativo Mac OS que soporte un navegador con Flash Player versión 9 (o superior) instalado.

Para tener más detalles respecto al proceso de instalación verificar el Anexo 5.

4.3.4.2 **Configuración de Openmeetings**

4.3.4.2.1 *Ingresando al servidor de Openmeetings*

Para comenzar la configuración de Openmeetings se debe iniciar la máquina virtual Openmeetings; ingresando para ello a la máquina virtual con permisos de administrador.

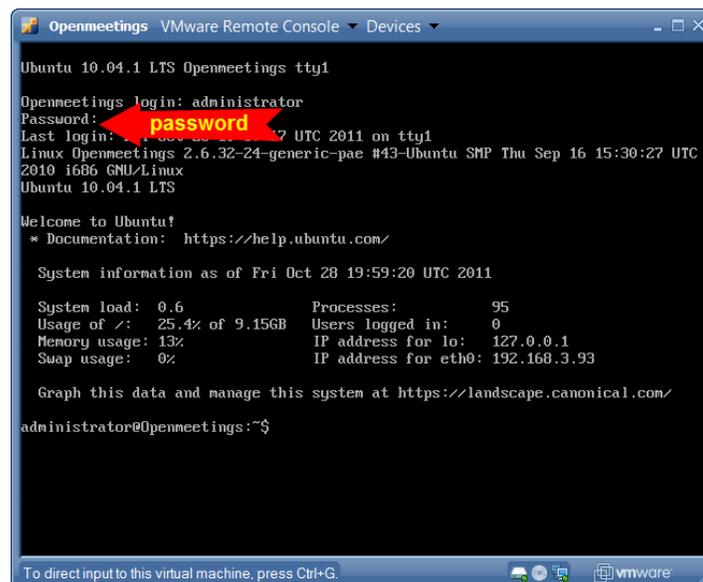


Figura 4. 43Ingreso a la máquina virtual de Openmeetings

Verificar la dirección IP del servidor para poder ingresar vía web y administrarlo de una manera fácil e intuitiva.

```

administrator@Openmeetings:~$ ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr:00:0c:29:0a:61:5f
          inet addr:192.168.3.93  Bcast:192.168.3.255  Mask:255.255.255.0
          inet6 addr: fe80::20c:29ff:fe0a:615f  Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:63 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:50 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:7306 (7.3 KB)  TX bytes:4645 (4.6 KB)
          Interrupt:19 Base address:0x2000

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          inet6 addr: ::1/128  Scope:Host
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:16436  Metric:1
          RX packets:8425 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:8425 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:2088588 (2.0 MB)  TX bytes:2088588 (2.0 MB)
  
```

Figura 4.44. Verificación de dirección IP del servidor de Openmeetings

Para el ingreso desde cualquier navegador, se debe colocar la dirección IP, seguida del puerto y la carpeta Openmeetings de la siguiente manera:

<http://192.168.3.93:5080/openmeetings/>

E ingresar con el usuario administrador para empezar la configuración de las videoconferencias.

Figura 4.45 Ingreso de usuario administrador

Cuando el usuario es validado correctamente, se despliega la siguiente pantalla:

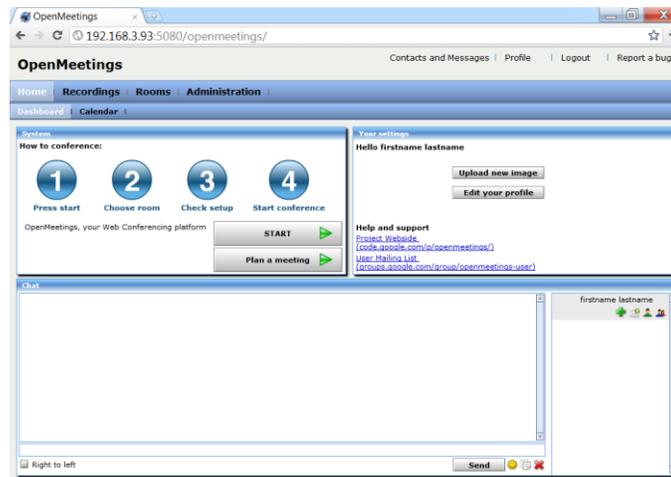


Figura 4. 46 Pantalla de principal vía web del servidor de Openmeetings

4.3.4.2.2 Inicio de sesión y creación de cuentas de usuario

Aquí se puede observar la pantalla de inicio de sesión para OpenMeetings, se puede cambiar tanto el lenguaje y el estilo de color. Si no es usuario del servidor, se puede registrar. Si se tiene una conexión más lenta que conexión ADSL es deseable utilizar calidad media.

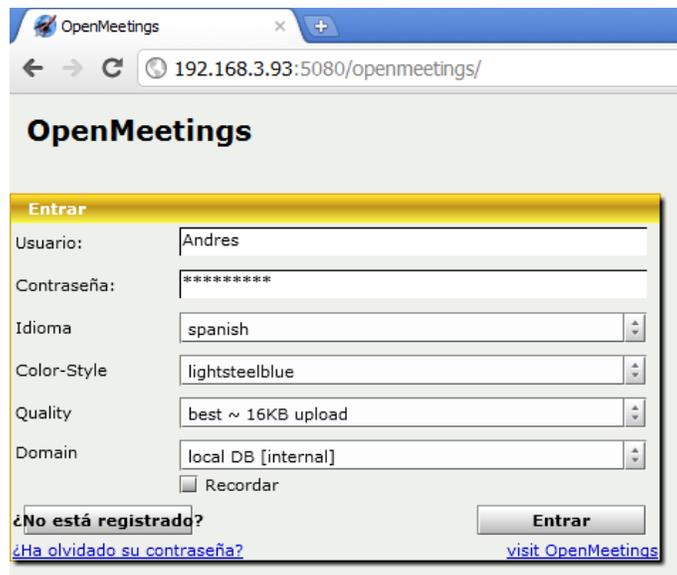
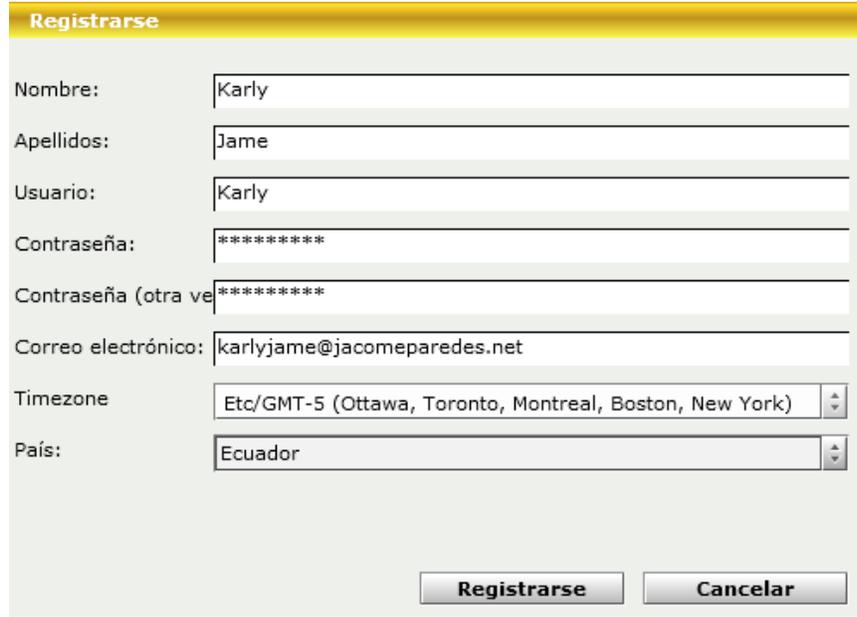


Figura 4. 47 Registro de usuario.

En el caso de no ser miembro hacer clic en el botón “No está registrado” y se abrirá una nueva ventana como la que se muestra a continuación:



The image shows a registration window titled "Registrarse" with a yellow header. It contains a form with the following fields and values:

Nombre:	Karly
Apellidos:	Jame
Usuario:	Karly
Contraseña:	*****
Contraseña (otra vez):	*****
Correo electrónico:	karlyjame@jacomeparedes.net
Timezone:	Etc/GMT-5 (Ottawa, Toronto, Montreal, Boston, New York)
País:	Ecuador

At the bottom right, there are two buttons: "Registrarse" and "Cancelar".

Figura 4.48 Ventana para el registro de un nuevo usuario

En esta ventana se puede observar el formulario que debe llenar para crear una cuenta. Los datos que debe proporcionar son nombre de usuario, contraseña, primer nombre, apellido, correo electrónico y país. Al finalizar hacer clic en el botón “Registrarse”.

Una vez registrado el usuario, se puede iniciar sesión, se debe introducir el nombre de usuario y contraseña y hacer clic en el botón “Entrar”.

4.3.4.2.3 Menús y funcionalidades

Se presentan varios menús de los cuales destacan:

- **Grabaciones**

Al momento de compartir el Escritorio (o que alguien nos lo comparta) se podría grabar lo que se está enviando en ese momento. Esta opción permite tener acceso a las grabaciones que hemos realizado para posteriores revisiones.

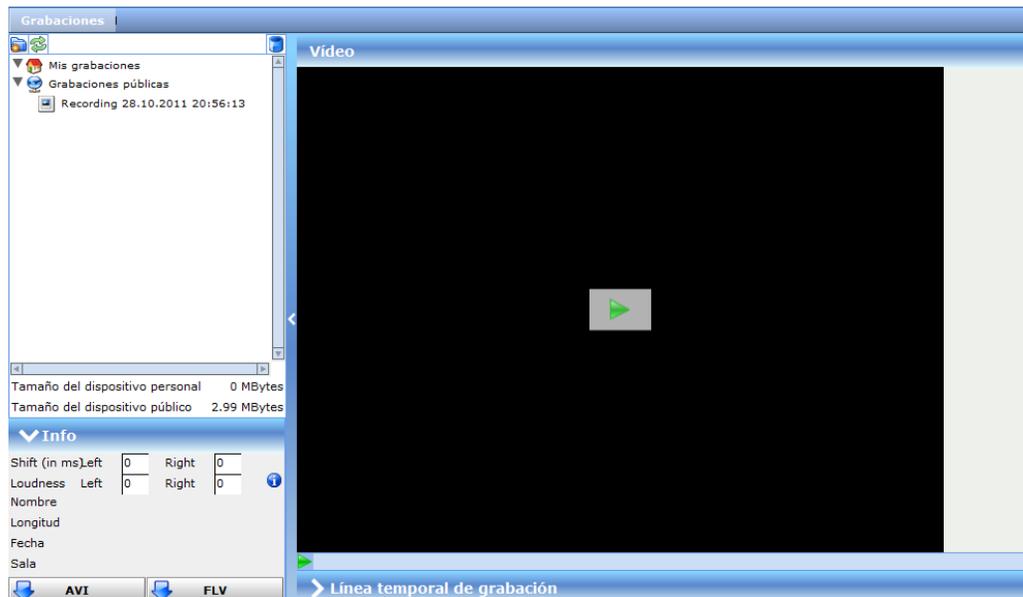


Figura 4. 49. Función Grabación dentro de Openmeetings

- **Salas**

Muestra un resumen de las diferentes salas a las que podemos acceder, entre ellas podemos escoger: Salas Públicas, Salas Privadas y las salas que se han creado. Entre las facilidades que la aplicación permite están el hablar / chatear, subir archivos a la pizarra.

Para llegar a las salas de reunión, debe hacer clic en “Salas” (que se encuentra en la página principal).



Figura 4. 50 Selección de Salas creadas

Una vez que haya entrado en la sala de conferencias se pedirá que elija cual será el medio de comunicación, las opciones son:

1. Audio y Video (Para esto se necesita una webcam y un micrófono)
2. Sólo audio (Para esto se necesita un micrófono solamente)
3. Video sólo (Para esto sólo necesitará una cámara web)
4. N de audio / vídeo (imagen estática) (Esto no requiere ni webcam ni micrófono).

Al seleccionar una de estas opciones, se desplegará el siguiente test que nos ayudara a configurar nuestros dispositivos de audio y video.

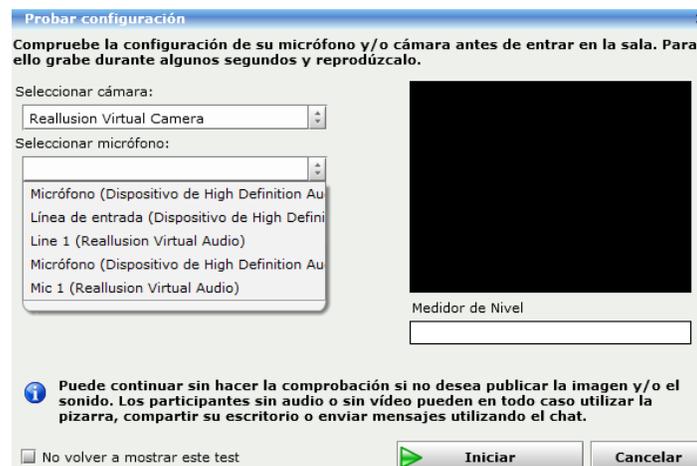


Figura 4. 51 Prueba de las configuraciones de audio y video.

Cuando se haya seleccionado el dispositivo adecuado dar clic en “iniciar”.

Una vez ingresado a una sala de conferencias por primera vez se solicitará la elección de dispositivos. Al hacer clic en la opción “No volver a preguntar” se guardará la información, por lo que se utilizará automáticamente la próxima vez que inicie sesión.



Figura 4. 52 Selección de dispositivos para el uso en videoconferencia

En la siguiente ventana se determinará si se desea que la aplicación utilice la cámara web y micrófono. Hacer clic en “Permitir” si hace clic en “Denegar” no se escucha ni se ve en OpenMeetings.

- **Administración (Solo para usuarios Administradores)**

Permite administrar (crear, eliminar y modificar) Usuarios, Organizaciones y configuraciones en general.

ID	Inicio	Nombre	Apellido(s)
1	administrator	firstname	lastname
2	Andres	Andres	Andres
3	Patricio	Paredes	Patricio
4	Karly	Karly	Jame

Datos de Usuario

Inicio: administrator

Contraseña: []

Nombre: Mr [] firstname

Apellidos: lastname

Timezone: Etc/GMT (Iceland, United Kingdom, Ireland)

Check "TimeZone Message" to give users a message next time they login to update their profile.

TimeZone Message:

Correo Electrónico: f.m.gomes@gmail.com

Teléfono: phone

Fecha nacimiento: 15.01.2011

Dirección: street [] no []

Código/Población: zip [] town []

País: Afghanistan

Estado: activado

Nivel de usuario: Administrador

Más información: []

Figura 4. 53 Administración de usuario, cuentas, salas, etc.

- **Mi página de inicio**

Es la página que por defecto se muestra al momento que el usuario ingresa a su cuenta en Openmeetings.

Mi página de inicio | Reuniones programadas

Octubre 2011

Timezone: Etc/GMT-5 (Ottawa, Toronto, Montreal, Boston)

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

¿Necesita ayuda?

Para planificar una conferencia, añada un nuevo Evento en el Calendario. Para cada Evento se creará automáticamente una sala de conferencia.

Para obtener más información sobre cómo usar el calendario, visite el enlace de ayuda.

Figura 4. 54 Página de inicio dentro del perfil de usuario de Openmeetings

4.3.5 MÁQUINA VIRTUAL PARA COMPARTICIÓN DE ARCHIVOS: SAMBA: UBUNTU DESKTOP 10.4 LST

Samba es una aplicación de software libre y abierto que permite la interoperabilidad entre Linux/Unix servidores y clientes basados en Windows.

Una pequeña o mediana red de estaciones Windows y Linux pueden tener un servidor de impresoras y ficheros compartidos, resultando ideal para una PyME.

4.3.5.1 Configuración de Samba

Se puede realizar la configuración principalmente en el fichero:

```
/etc/samba/smb.conf
```

O también en:

```
/usr/local/samba/lib/smb.conf
```

Sin embargo existe una utilidad GUI de configuración para SAMBA: GADMIN-SAMBA, y para instalarla se usa el comando:

```
javcasta@interceptor$ sudo apt-get install gadmin-samba
```

Se procede a ejecutarlo:

```
javcasta@interceptor$ sudo gadmin-samba
```



Figura 4. 55 Uso de GADMIN SAMBA para configuración

Se añade el usuario root a samba (poner distinta contraseña al root del sistema), para que agregue máquinas al dominio javcasta.loc

`usuario@host$ sudo smbpasswd -a root`

Presionar el botón “Reread” (Re-leer) y configurar el dominio, el nivel de seguridad como de Primary Domain y las direcciones o redes donde se va a anunciar el servicio.

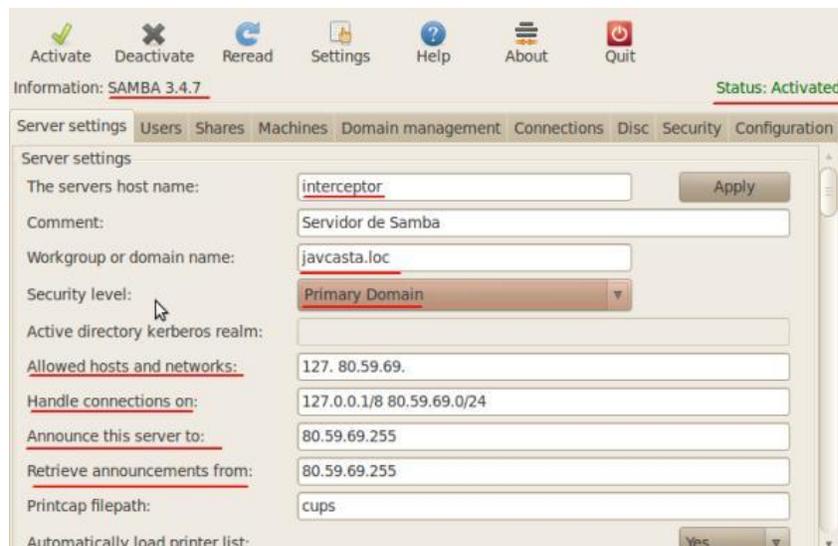


Figura 4. 56 Configuración de Samba

4.3.5.2 Agregar máquina al dominio:

Agregar la máquina al dominio es habilitar el usuario root de samba (donde se ha dado una contraseña distinta al root del sistema) para usarlo como usuario con permisos para agregar máquinas al dominio:

```
root@interceptor:/etc/samba# smbpasswd -e root
```

Finalmente agregar una máquina bajo XP al dominio

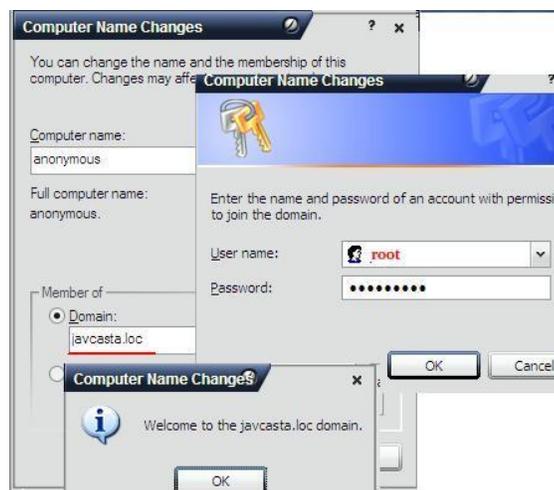


Figura 4. 57 Ingreso de usuario y contraseña para acceder al nuevo dominio

CAPÍTULO 5

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE COSTO REFERENCIAL

En el siguiente capítulo se realizarán distintas pruebas para medir la eficiencia en los servicios de red implementados en el prototipo de red óptica, adicionalmente se analizará el costo referencial de la implementación del prototipo de red óptica.

5.1 PRUEBAS DE ANCHO DE BANDA EN LAS INTERFACES ÓPTICAS DEL SERVIDOR Y DE UN USUARIO DEL PROTOTIPO

Para realizar las pruebas con respecto al ancho de banda, se instaló el software PRTG Network monitor versión 7, la versión free de Wireshark y el medidor de ancho de banda Bandwitch Meter, que permitirá medir diferentes parámetros de nuestra red:

PRTG Network Monitor permite monitorizar los computadores y dispositivos de nuestra red incluyendo switches, servidores de bases de datos y mucho más. La aplicación recoge los datos de funcionamiento de las máquinas remotas para después ofrecer unas estadísticas gráficas y logs detallados.

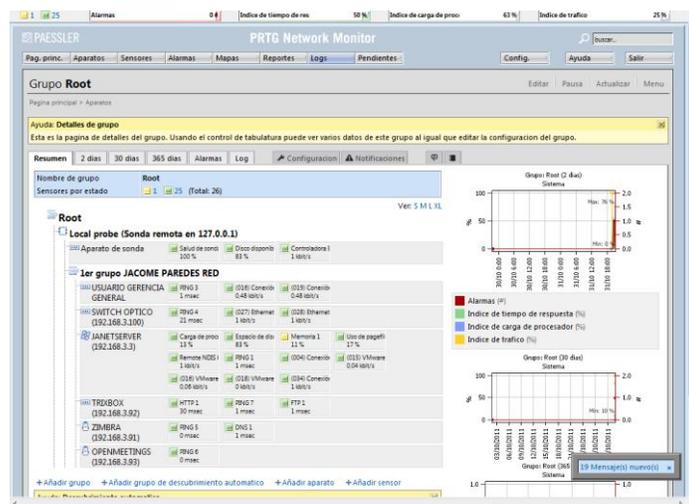


Figura 5.1 Pantalla de inicio de PRTG

Wireshark, antes conocido como Ethereal, es un analizador de protocolos utilizado para realizar análisis y solucionar problemas en redes de comunicaciones, para desarrollo de software y protocolos, y como una herramienta didáctica para educación. Cuenta con todas las características estándar de un analizador de protocolos.

Permite examinar datos de una red viva o de un archivo de captura salvado en disco. Se puede analizar la información capturada, a través de los detalles y sumarios por cada paquete. Wireshark incluye un completo lenguaje para filtrar lo que queremos ver y la habilidad de mostrar el flujo reconstruido de una sesión de TCP.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
13	3.5684027	AsustekC_16:09:67	Broadcast	ARP	Who has 10.8.0.23? Tell 10.8.1.20
14	4.005663	Giga-Byt_2a:6d:dd	Broadcast	ARP	Who has 10.8.0.2? Tell 10.8.1.122
15	4.006422	Giga-Byt_2a:6d:dd	Broadcast	ARP	Who has 10.8.1.234? Tell 10.8.1.122
16	4.021963	Cisco_0c:16:8b	Spanning-tree-(for-br STP	Conf. Root = 32769/00:12:80:0c:16:80 Cost = 0 Port =	
17	4.198393	10.8.1.111	10.8.1.255	NBNNS	Name query NB 401_W0JC1K<00>
18	4.457166	Giga-Byt_26:fb:97	Broadcast	ARP	Who has 10.8.0.2? Tell 10.8.0.221
19	4.833274	00000001.00a0d2133ff	00000001.ffffffffffff	IPX RIF	Response
20	4.948417	10.8.1.111	10.8.1.255	NBNNS	Name query NB 401_W0JC1K<00>
21	5.347255	10.8.0.90	10.8.0.2	DNS	Standard query AAAA www.onet.pl
22	5.347647	10.8.0.2	10.8.0.90	DNS	Standard query response
23	5.347694	10.8.0.90	10.8.0.2	DNS	Standard query AAAA www.onet.pl
24	5.347874	10.8.0.2	10.8.0.90	DNS	Standard query response
25	5.347905	10.8.0.90	10.8.0.2	DNS	Standard query A www.onet.pl
26	5.348216	10.8.0.2	10.8.0.90	DNS	Standard query response A 213.180.130.200
27	5.348319	10.8.0.90	213.180.130.200	TCP	34348 > www [SYN] Seq=0 Len=0 MSS=1460 TSv=1086275 TSE
28	5.358254	213.180.130.200	10.8.0.90	TCP	www > 34348 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=5792 Len=0 MSS=
29	5.358297	10.8.0.90	213.180.130.200	TCP	34348 > www [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=5840 Len=0 TSv=10862

Frame 18 (60 bytes on wire, 60 bytes captured)
 Ethernet II, Src: Giga-Byt_26:fb:97 (00:0d:61:26:fb:97), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
 Address Resolution Protocol (request)
 Hardware type: Ethernet (0x0001)
 Protocol type: IP (0x0800)
 Hardware size: 6
 Protocol size: 4
 opcode: request (0x0001)

```

0000 ff ff ff ff ff ff 00 0d 61 26 fb 97 06 06 00 01 ..... a6....
0010 38 00 06 04 00 01 00 0d 61 26 fb 97 0a 08 00 0d ..... a6.....
0020 30 00 00 00 00 00 0a 08 00 02 20 20 20 20 20 .....
0030 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
  
```

Figura 5.2 Pantalla de inicio Wireshark

Bandwidth Meter es una completa utilidad para monitorizar las conexiones TCP/IP, muestra todos los datos de las conexiones, proporcionando medias de velocidad y de descarga, generando a su vez si así se desea un informe con los datos diarios, semanales, mensuales o anuales.

Es similar a Du Meter u otros programas similares, aunque dispone de más capacidades ya que por ejemplo muestra el ancho de banda disponible, posee un traceroute y un monitor de conexión TCP.

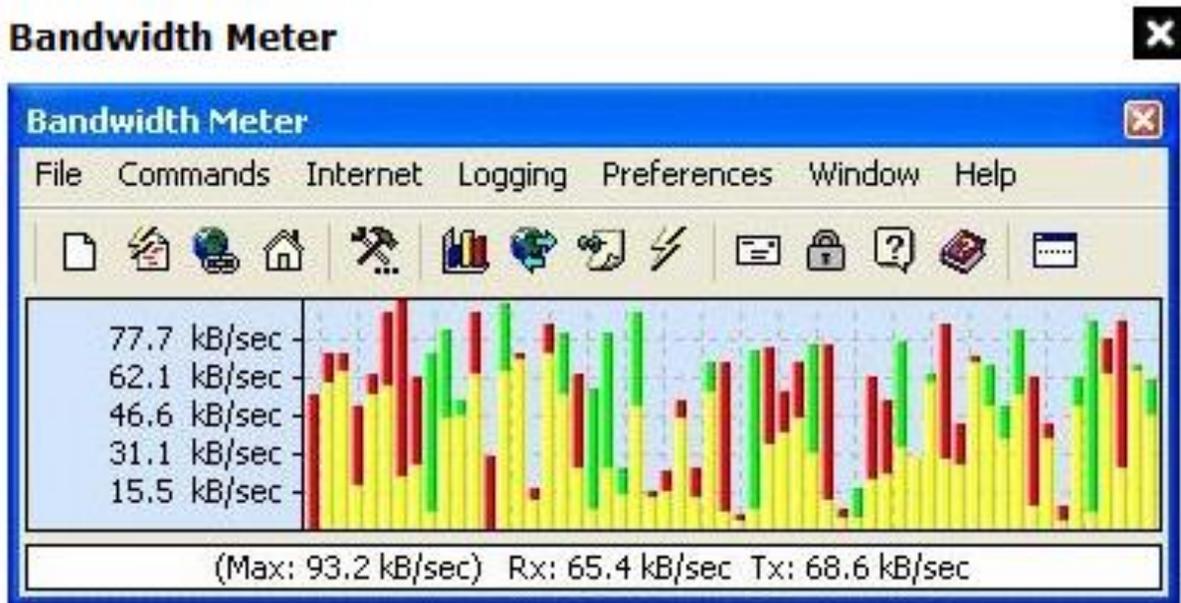


Figura 5. 3 Pantalla de inicio BandWidth Meter

Para realizar las pruebas vamos a utilizar los diferentes servicios de red implementados, para poder verificar y obtener estadísticas del tráfico que genera cada uno de nuestros usuarios cuando hacen uso de cada servicio de red, en la siguiente tabla se detalla cada una de las pruebas que se van a realizar :

Dispositivo	Interfaces	Tipo de Prueba	Software utilizado
Servidor Centralizado	Interfaces Virtuales	Ancho de Banda	PRTG
	Interfaz electro - ópticas	Retardo Análisis de Protocolos	WIRESHARK BANDWITCHMETER
Switch Óptico	Interfaces electro - ópticas e	Ancho de Banda	PRTG WIRESHARK

(interfaces Ópticas) TP-Link TL-SL5428	Interfaces RJ-45	Retardo Análisis de Protocolos	BANDWITCHMETER
PC de Prueba Usuario 1 (Máquina de Gerencia General)	Interfaz electro - ópticas	Retardo Retardo Análisis de Protocolos	PRTG WIRESHARK BANDWITCHMETER
PC de Prueba Usuario 2 (Maquina de Gerencia General)	Interfaz electro - ópticas	Ancho de Banda Retardo Análisis de Protocolos	PRTG WIRESHARK BANDWITCHMETER

Tabla 5. 1 Pruebas realizadas en el Prototipo

5.2 PRUEBAS EN EL SERVICIO DE CORREO ELECTRÓNICO

5.2.1 CASO 1: TRANSMISIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO SIN ADJUNTO.

Para este caso se enviara un pequeño correo electrónico entro usuarios del prototipo para medir el tiempo y el tráfico generado por el mismo.

Tráfico Generado	Retardo en la transmisión (s)
85.1 Kbps	Menos de 1

Tabla 5. 2 Tráfico Promedio de Correo Electrónico (CASO 1)

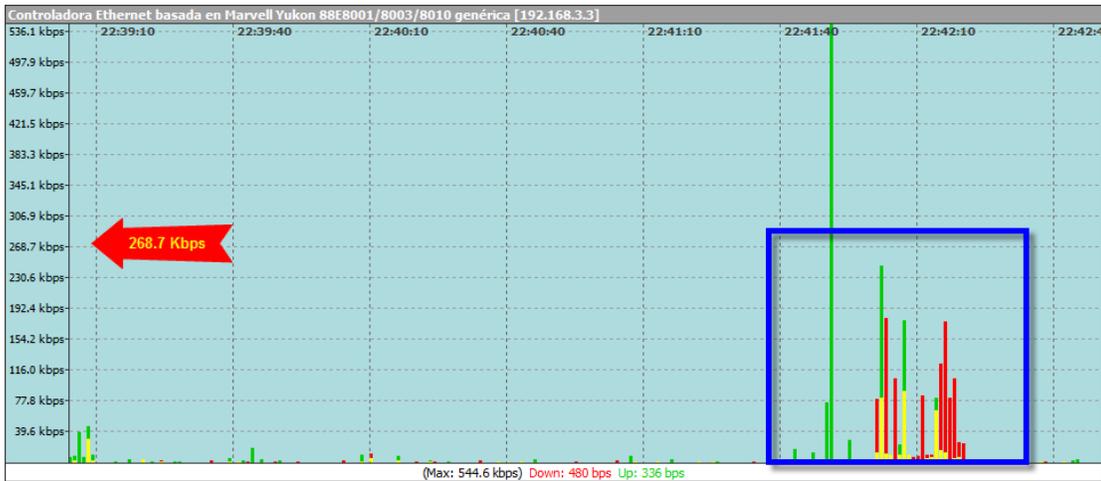


Figura 5. 4 Tráfico Medido en la interfaz de servidor centralizado (BandWidth Meter)

5.2.2 CASO 2: TRANSMISIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO CON ADJUNTO < 10 MBYTES

Para este caso se envió un correo electrónico entro usuarios del prototipo, y se colocó un archivo adjunto que no sea mayor a 10 Mbytes, se medirá su retardo y el ancho de banda que genera.

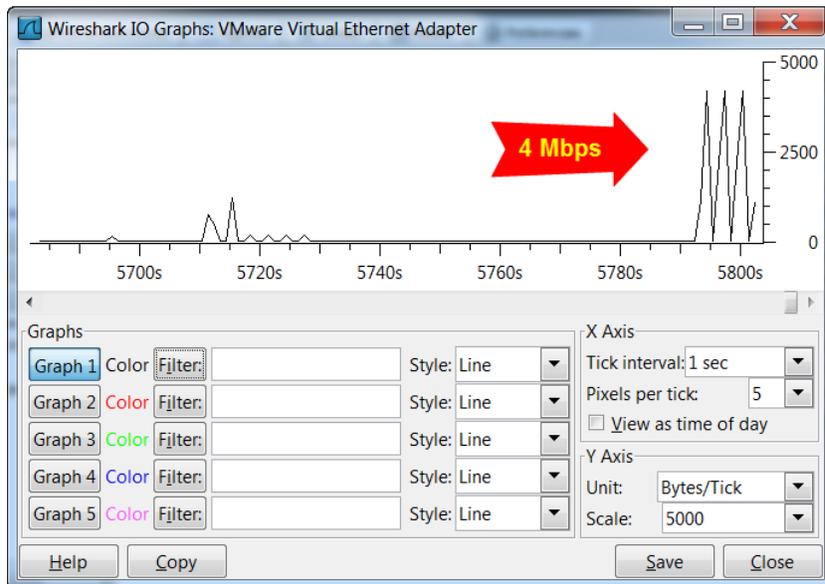


Figura 5.5 Número de Paquetes generados en interfaz óptica de servidor centralizado

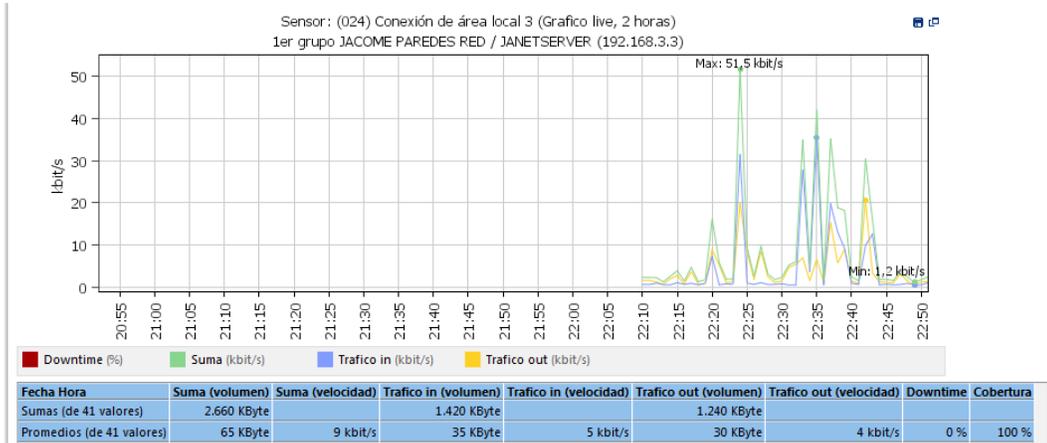


Figura 5. 6 Ancho de Banda medido en interfaz óptica de servidor centralizado (PRTG)

Tráfico Generado	Retardo en la transmisión (s)
176.1 Kbps	Menos de 1

Tabla 5. 3 Tráfico Promedio de Correo Electrónico (CASO 2)

5.3 PRUEBAS EN EL SERVICIO DE TELEFONÍA IP

Para el análisis se realizara una llamada con una duración de 5 minutos, y analizaremos el tráfico generado por la misma, la calidad de la llamada y otros parámetros.

En ambos casos se utilizara el software X-Lite 3.0 (Softphone) para establecer la llamada entre los usuarios.

Curvas de Trafico Medidas en las Interfaces del Servidor:

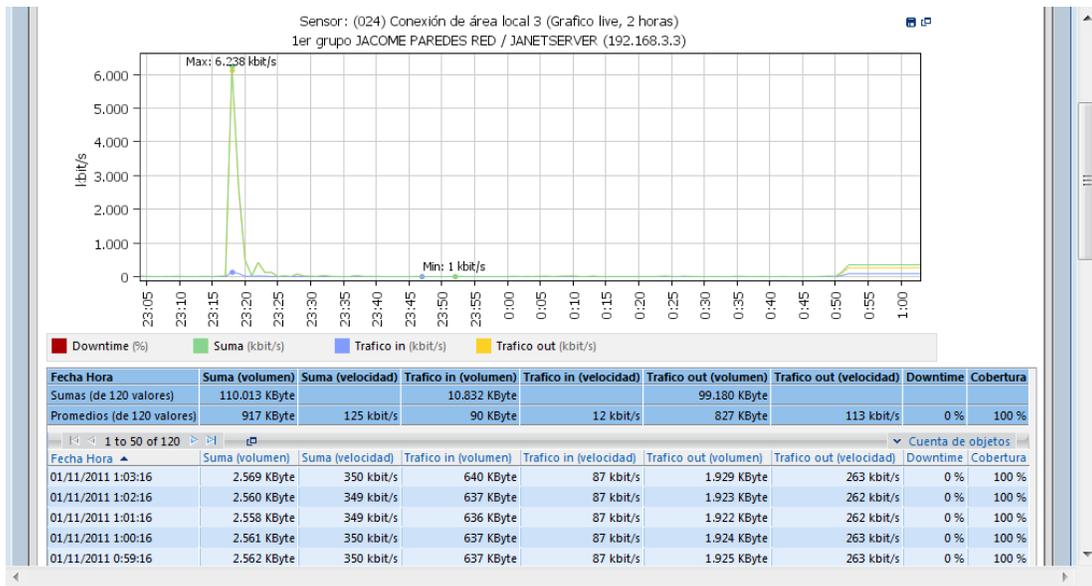


Figura 5.7 Ancho de Banda en interfaz óptica del servidor centralizado (PRTG)



Figura 5.8 Ancho de Banda en interfaz óptica, servidor centralizado (Bandwidth Meter)

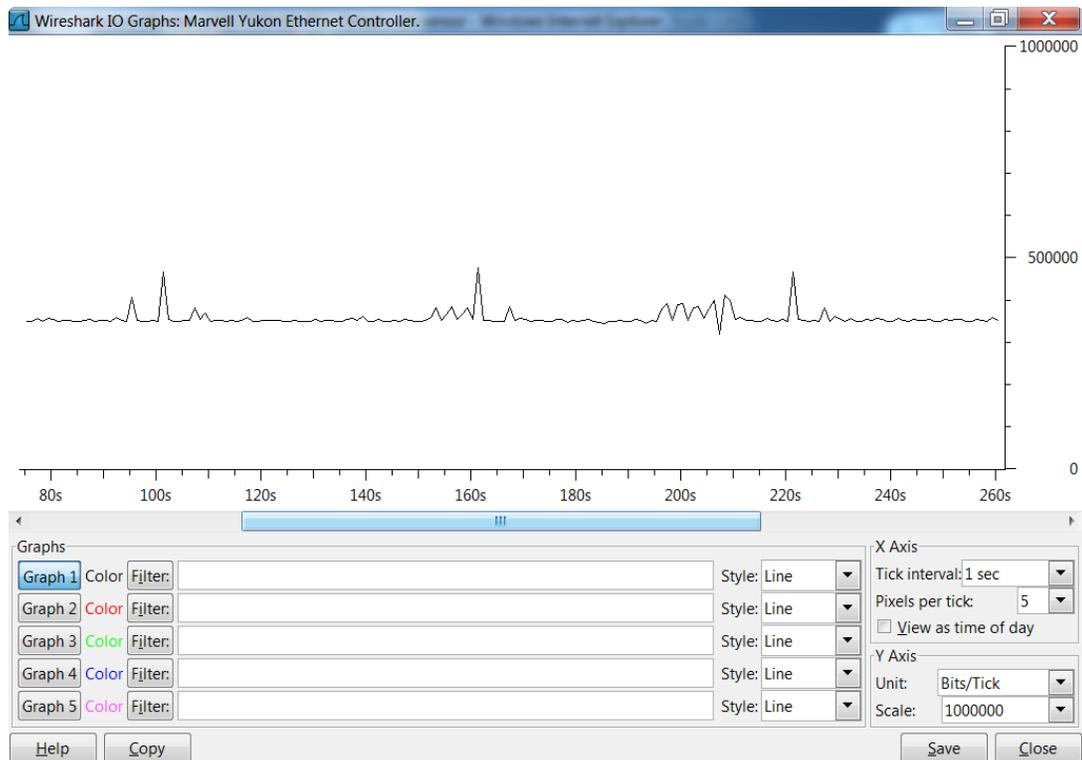


Figura 5.9 Número de paquetes medidos en la interfaz óptica del servidor (Wireshark)

Tráfico Generado	Retardo en la transmisión (s)
263.4 Kbps	Menos de 1

Tabla 5. 4 Ancho de Banda Promedio en la llamada realizada.

A continuación se mostrara el tráfico que se obtuvo en la interfaz del usuario, al momento de hacer la llamada telefónica.

Se realizó la llamada desde la extensión 200 (Andrés Jácome) hacia la extensión 201 (Patricio Paredes) a través del Softphone X-Lite, la llamada duro aproximadamente 17 minutos.



Figura 5.10 Llamada realizada desde XLITE 3.0

26	16.191489	192.168.3.20	192.168.3.92	SIP/SDP	997	Request: INVITE sip:201@192.168.3.92, with session de
27	16.196870	192.168.3.3	192.168.3.20	ICMP	1025	Redirect (Redirect for network)
28	16.196874	192.168.3.92	192.168.3.20	SIP	608	Status: 401 Unauthorized
29	16.196875	192.168.3.92	192.168.3.20	SIP	608	Status: 401 Unauthorized
30	16.197669	192.168.3.20	192.168.3.92	SIP	378	Request: ACK sip:201@192.168.3.92
31	16.197905	192.168.3.20	192.168.3.92	SIP	378	Request: ACK sip:201@192.168.3.92
32	16.204145	192.168.3.20	192.168.3.92	SIP/SDP	1154	Request: INVITE sip:201@192.168.3.92, with session de
33	16.214847	192.168.3.92	192.168.3.20	SIP	544	Status: 100 Trying
34	16.214850	192.168.3.92	192.168.3.20	SIP	544	Status: 100 Trying
35	16.214851	192.168.3.92	192.168.3.20	SIP	544	Status: 100 Trying
36	16.214852	192.168.3.92	192.168.3.20	SIP	544	Status: 100 Trying
37	16.378520	192.168.3.92	192.168.3.20	SIP	560	Status: 180 Ringing
38	16.378523	192.168.3.92	192.168.3.20	SIP	560	Status: 180 Ringing
40	16.491496	192.168.3.92	192.168.3.20	SIP	560	Status: 180 Ringing
41	16.491497	192.168.3.92	192.168.3.20	SIP	560	Status: 180 Ringing
77	41.228947	192.168.3.92	192.168.3.20	SIP	635	Request: OPTIONS sip:200@192.168.3.20:19648;rinstance
78	41.228949	192.168.3.92	192.168.3.20	SIP	635	Request: OPTIONS sip:200@192.168.3.20:19648;rinstance
79	41.236486	192.168.3.20	192.168.3.92	SIP	587	Status: 200 OK
80	41.236609	192.168.3.20	192.168.3.92	SIP	587	Status: 200 OK
81	41.236829	192.168.3.3	192.168.3.20	ICMP	615	Redirect (Redirect for network)
124	72.434241	192.168.3.92	192.168.3.20	SIP/SDP	888	Status: 200 OK, with session description
125	72.434244	192.168.3.92	192.168.3.20	SIP/SDP	888	Status: 200 OK, with session description
138	72.509304	192.168.3.20	192.168.3.92	SIP	620	Request: ACK sip:201@192.168.3.92
149	72.607928	192.168.3.20	192.168.3.92	SIP	620	Request: ACK sip:201@192.168.3.92
4660	101.584996	192.168.3.92	192.168.3.20	SIP	635	Request: OPTIONS sip:200@192.168.3.20:19648;rinstance
4661	101.584998	192.168.3.92	192.168.3.20	SIP	635	Request: OPTIONS sip:200@192.168.3.20:19648;rinstance
4662	101.591034	192.168.3.20	192.168.3.92	SIP	587	Status: 200 OK

Figura 5. 11 Análisis de los protocolos generados en la interfaz del USUARIO 1.
(Wireshark)



Figura 5. 12 Ancho de Banda en la interfaz óptica del USUARIO 1 (Bandwidth Meter)

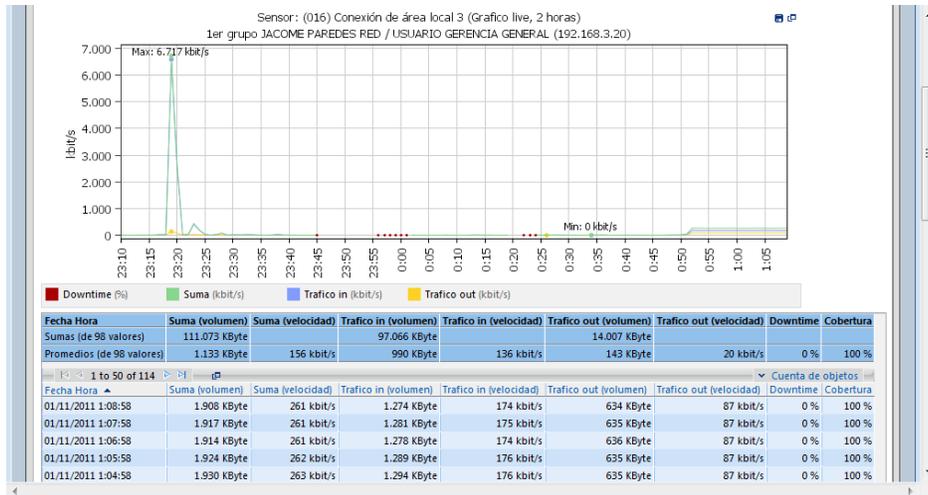


Figura 5. 13 Ancho de Banda generado en la interfaz óptica del USUARIO 1. (PRTG)

5.4 PRUEBAS EN EL SERVICIO DE VIDEOCONFERENCIA

Para el análisis se realizará una videoconferencia, entre dos usuarios del prototipo, haciendo uso del Openmeetings en una sala pública, compartiendo video entre dichos usuarios, trabajando en un mismo archivo compartido, compartiendo una pizarra en común, enviando mensajes de texto inmediatos.

Para dicha prueba se llevará a cabo el ejercicio con una duración de 5 minutos, se procederá a analizar el tráfico generado por la misma, la calidad de la llamada y otros parámetros.

5.4.1 TRÁFICO GENERADO EN EL SERVIDOR

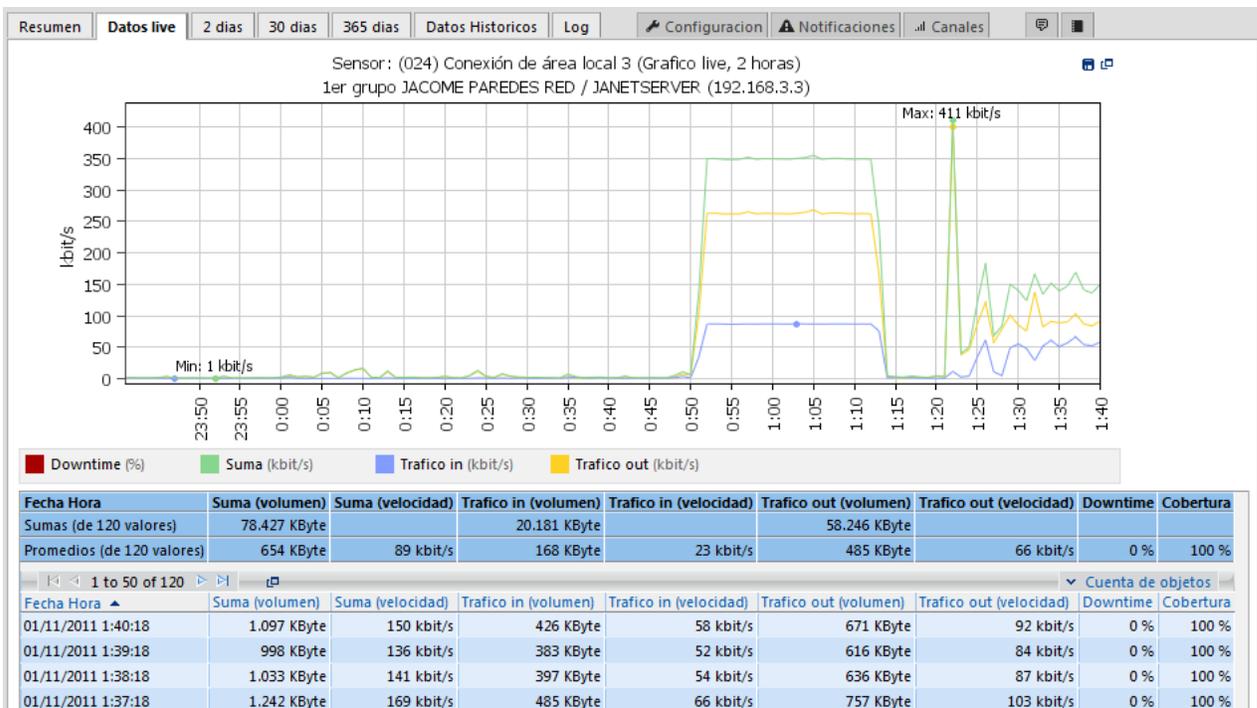


Figura 5.14 Tráfico generado en la interfaz óptica del servidor centralizado (PRTG)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	192.168.3.20	192.168.3.93	RTMP	219	Video Data
2	0.000056	192.168.3.20	192.168.3.93	RTMP	219	[TCP Retransmission] Video Data
3	0.000297	192.168.3.93	192.168.3.20	TCP	54	macromedia-fcs > 49254 [ACK] Seq=1 Ack=162
4	0.000321	192.168.3.93	192.168.3.20	TCP	54	[TCP Dup ACK 3#1] macromedia-fcs > 49254 [ACK]
5	0.000395	192.168.3.93	192.168.3.20	TCP	66	[TCP Dup ACK 3#2] macromedia-fcs > 49254 [ACK]
6	0.000411	192.168.3.93	192.168.3.20	TCP	66	[TCP Dup ACK 3#3] macromedia-fcs > 49254 [ACK]
7	0.001003	192.168.3.93	192.168.3.3	TCP	214	macromedia-fcs > 59639 [PSH, ACK] Seq=1 Ack=161
8	0.001044	192.168.3.3	192.168.3.93	TCP	54	59639 > macromedia-fcs [ACK] Seq=1 Ack=161
9	0.068442	192.168.3.20	192.168.3.93	RTMP	246	Video Data
10	0.068495	192.168.3.20	192.168.3.93	RTMP	246	[TCP Retransmission] Video Data
11	0.068731	192.168.3.93	192.168.3.20	TCP	54	macromedia-fcs > 49254 [ACK] Seq=1 Ack=354
12	0.068754	192.168.3.93	192.168.3.20	TCP	54	[TCP Dup ACK 11#1] macromedia-fcs > 49254 [ACK]
13	0.068830	192.168.3.93	192.168.3.20	TCP	66	[TCP Dup ACK 11#2] macromedia-fcs > 49254 [ACK]
14	0.068847	192.168.3.93	192.168.3.20	TCP	66	[TCP Dup ACK 11#3] macromedia-fcs > 49254 [ACK]
15	0.069588	192.168.3.93	192.168.3.3	TCP	245	macromedia-fcs > 59639 [PSH, ACK] Seq=161 Ack=161
16	0.161247	192.168.3.20	192.168.3.93	RTMP	218	Video Data
17	0.161332	192.168.3.20	192.168.3.93	RTMP	218	[TCP Retransmission] Video Data
18	0.161604	192.168.3.93	192.168.3.20	TCP	54	macromedia-fcs > 49254 [ACK] Seq=1 Ack=518
19	0.161624	192.168.3.93	192.168.3.20	TCP	54	[TCP Dup ACK 18#1] macromedia-fcs > 49254 [ACK]
20	0.161688	192.168.3.93	192.168.3.20	TCP	66	[TCP Dup ACK 18#2] macromedia-fcs > 49254 [ACK]
21	0.161701	192.168.3.93	192.168.3.20	TCP	66	[TCP Dup ACK 18#3] macromedia-fcs > 49254 [ACK]
22	0.162299	192.168.3.93	192.168.3.3	TCP	221	macromedia-fcs > 59639 [PSH, ACK] Seq=352 Ack=161
23	0.162333	192.168.3.3	192.168.3.93	TCP	54	59639 > macromedia-fcs [ACK] Seq=1 Ack=519
24	0.224061	192.168.3.20	192.168.3.93	RTMP	319	Video Data
25	0.224113	192.168.3.20	192.168.3.93	RTMP	319	[TCP Retransmission] Video Data
26	0.224352	192.168.3.93	192.168.3.20	TCP	54	macromedia-fcs > 49254 [ACK] Seq=1 Ack=783
27	0.224374	192.168.3.93	192.168.3.20	TCP	54	[TCP Dup ACK 26#1] macromedia-fcs > 49254 [ACK]
28	0.224432	192.168.3.93	192.168.3.20	TCP	66	[TCP Dup ACK 26#2] macromedia-fcs > 49254 [ACK]
29	0.224443	192.168.3.93	192.168.3.20	TCP	66	[TCP Dup ACK 26#3] macromedia-fcs > 49254 [ACK]
30	0.224925	192.168.3.93	192.168.3.3	RTMP	318	Unknown (0x0) Unknown (0x0)
31	0.322078	192.168.3.20	192.168.3.93	TCP	1514	49254 > macromedia-fcs [ACK] Seq=783 Ack=161
32	0.322085	192.168.3.20	192.168.3.93	RTMP	382	Video Data
33	0.322142	192.168.3.20	192.168.3.93	TCP	1514	[TCP Out-Of-Order] 49254 > macromedia-fcs [ACK]

Figura 5.15 Análisis de tráfico de la interfaz óptica del servidor (Wireshark)

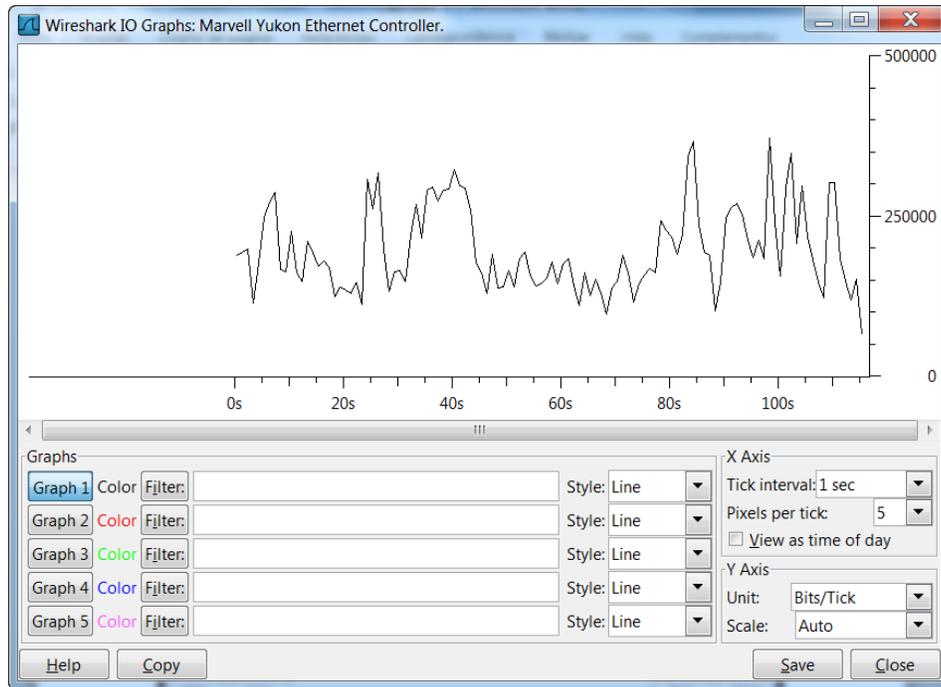


Figura 5.16 Número de paquetes en interfaz óptica, servidor centralizado (Wireshark)

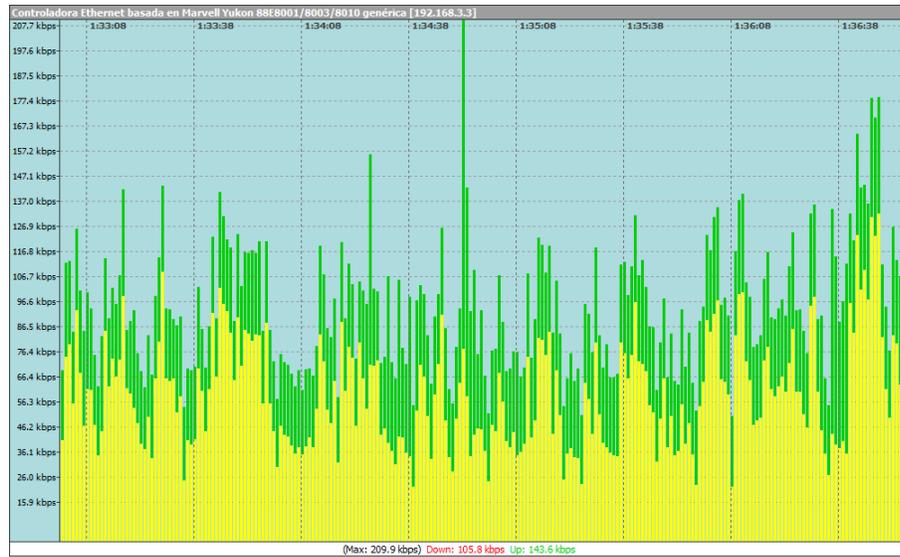


Figura 5.17 Ancho de banda medido en interfaz óptica de servidor centralizado (Bandwidth Meter)

Adicionalmente se coloca el tráfico medido en las interfaces ópticas de los clientes conectados al SWITCH ÓPTICO:

5.4.2 TRÁFICO GENERADO POR EL USUARIO 1 (PUERTO 28)

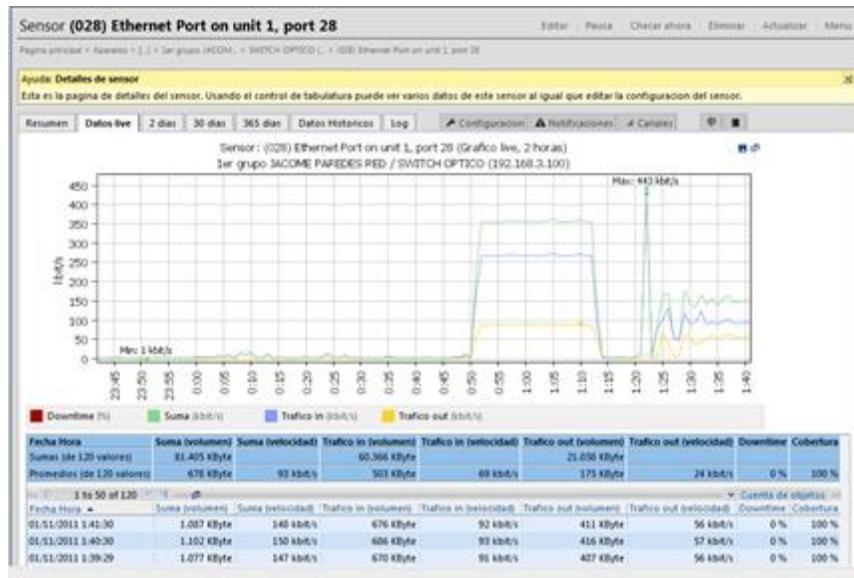


Figura 5.18 Tráfico generado en el Puerto 28 del Switch óptico (USUARIO 1)

5.4.3 TRÁFICO GENERADO POR EL USUARIO 2 (PUERTO 27)

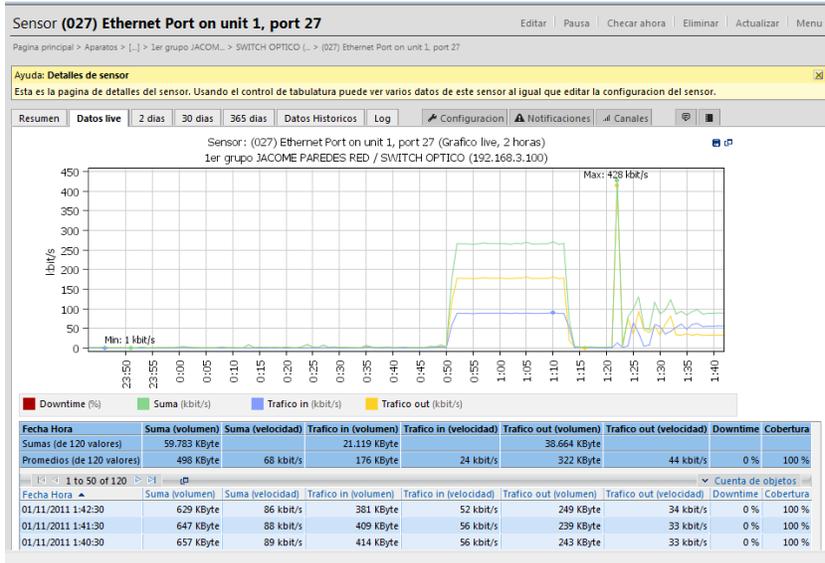


Figura 5.19 Tráfico generado en el Puerto 28 del Switch óptico (USUARIO 2)

A continuación se presentan las gráficas que se obtuvieron en la interfaz del usuario número1:

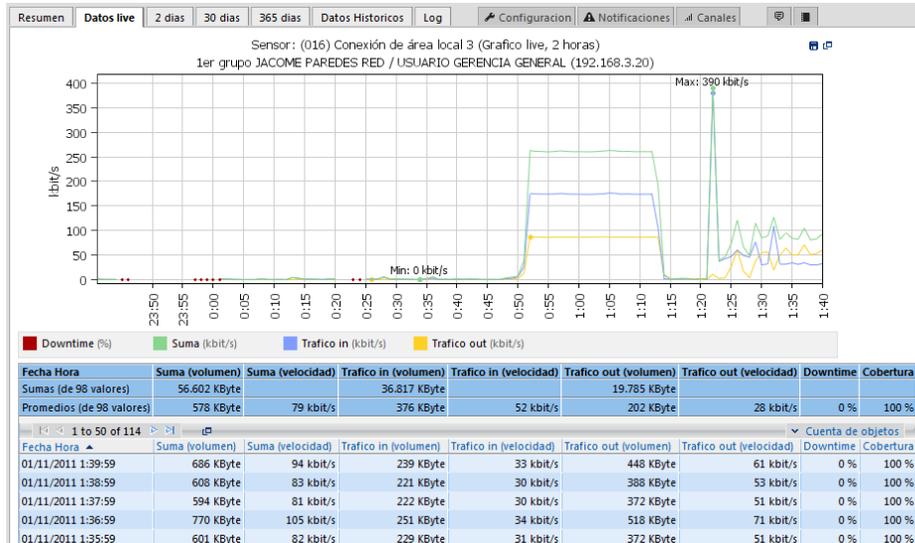


Figura 5.20 Ancho de banda en la Interfaz óptica del Usuario 1 (PRTG)

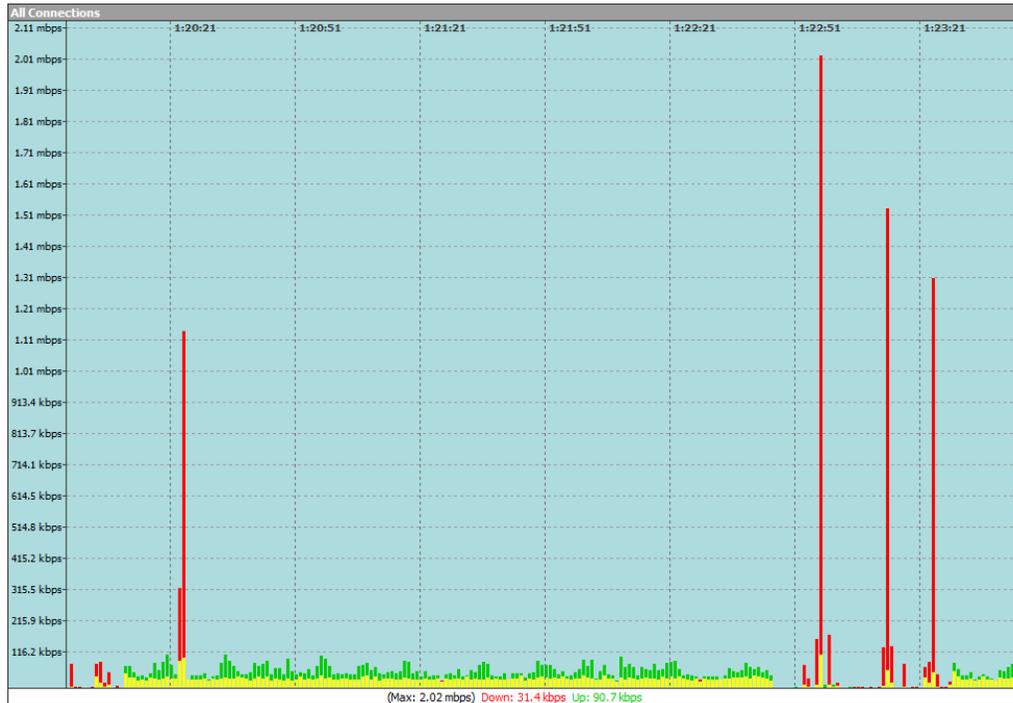


Figura 5.21 Ancho de banda medido en la interfaz óptica del servidor centralizado (Bandwitch Meter)

Tráfico Generado	Retardo en la transmisión (s)
3.5 Mpbs	Menos de 1

Tabla 5. 5 Tráfico promedio generado para el servicio de videoconferencia

Servicios de Red	Caso	Interfaz Medida	Tráfico Generado	Retardo en la transmisión [s]
Correo Electrónico	1	Servidor Centralizado	85.1 Kbps	Menos de 1
	2	Servidor Centralizado	176.1 Kbps	Menos de 1

Telefonía IP	Servidor Centralizado	263.4 Kbps	Menos de 1
	Usuario 1	203.4 Kbps	Menos de 1
Videoconferencia	Servidor Centralizado	3.4 Mbps	Menos de 1
	Usuario 1	3.4 Mbps	Menos de 1

Tabla 5.6 Resumen de tráficos medidos por servicio en el Prototipo de Red

5.5 ANÁLISIS DE COSTOS REFERENCIAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

A continuación se detalla los costos de cada uno de los elementos que conforman el prototipo de red óptica:

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
TL-SM311LM	Gigabit SFP module, Multi-mode, MiniGBIC, LC interface, Up to 550/275m distance	3	\$ 41,00	\$ 123,00
TL-SL5428	24+4G Gigabit-Uplink fully Managed Switch, 24 10/100M RJ45 ports, 4 Gigabit SFP/RJ45 combo ports, Supports Port/Tag-based/Private/voice/MAC-based/IP-	1	\$ 249,00	\$ 249,00
PC-MM-3	PATCH CORD SC-LC 3 Pies	3	\$ 23,00	\$ 69,00
M3F-PCIXD-2	Myricom Myrinet M3F-PCIXD-2 Fiber Network Adapter PCI-X	3	\$ 34,00	\$ 102,00
SUBTOTAL				\$ 543,00

IVA	\$ 65,16
TOTAL	\$ 608,16

Tabla 5. 7 Costos de los Equipos de Red Utilizados

SERVIDOR CENTRALIZADO	Costos
SUBTOTAL	500
IVA	60
TOTAL	560

Tabla 5. 8 Costos Referenciales del Servidor Centralizado

PC USUARIO 1	Costos
SUBTOTAL	400
IVA	48
TOTAL	448

Tabla 5. 9 Costos Referenciales de la PC usada como Usuario 1

PC USUARIO 2	Costos
SUBTOTAL	400
IVA	48
TOTAL	448

Tabla 5. 10 Costos Referenciales de la PC usada como Usuario 2

ITEM	COSTOS
EQUIPOS DE NETWORKING	608,16
SERVIDOR CENTRALIZADO	560
USUARIO 1	448
USUARIO 2	448
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	2064,16

Tabla 5. 11 Costos totales del proyecto

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- El continuo desarrollo de la tecnología permite que se innoven nuevos métodos, los cuales posibilitan superar las actuales limitaciones en redes, así como también dichos avances permitirán en un futuro que grandes prestaciones como velocidad, rendimiento sean posibles alcanzar a nivel de cliente con inversiones cada vez menores.
- Las tecnologías completamente ópticas para redes adquirirán una gran importancia en situaciones con un alto nivel de tráfico, como en el núcleo de una red, donde el tiempo de procesamiento podría formar parte del retardo que experimenta un paquete en llegar a su destino, permitiendo alcanzar nuevos niveles de velocidad y ancho de banda.
- Existen diferentes aplicaciones en el mercado, cada una de ellas ofrece una variedad de utilidades, la elección de la misma debe estar basada en las necesidades y requerimiento tecnológicos de la empresa.
- El internet nos permite tener una gran herramienta de ayuda para la configuración, asesoría y soporte para la instalación de equipos y aplicaciones, sin embargo siempre es útil el manejo adecuado de todas las utilidades y recursos para evitar su desperdicio y sobreutilización.

6.2. RECOMENDACIONES

- El uso de elementos enteramente ópticos en redes para empresas pequeñas y medianas está sujeto tanto a las limitaciones tecnológicas como económicas, por lo que es recomendable utilizar las tecnologías actuales disponibles en el mercado para el desarrollo de las mismas, pudiendo ser estas a nivel de Switchs, Routers de fibra, o equipos basados en aplicaciones el transporte por cable UTP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INTERNET

- [1] <http://bimbytec.blogspot.com/2010/09/caracteristicas-fibra-optica.html>
[http://multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver.dyn?ZZZZZZHFRjmZsB&ZIB
&ZZzlc2JVyyyyx-](http://multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver.dyn?ZZZZZZHFRjmZsB&ZIB&ZZzlc2JVyyyyx-)
- [2] http://es.wikipedia.org/wiki/Reflexi%C3%B3n_%28f%C3%ADsica%29
- [3] <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/propagacion>
- [4] http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_1.htm
- [5] <http://www.slideshare.net/boreasH/redesfibra-opticavictor-mamani-catachuraboreash>
- [6] <http://www.yio.com.ar/fo/>
- [7] http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_5.htm
- [8] http://sistemas.uniandes.edu.co/~isis1301/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=recursos:05_medios_de_transmision.pdf
- [9] <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/emisores-receptores>
- [10] http://www.unicrom.com/tut_diodo_laser.asp
- [11] http://ramcir_cjm.tripod.com/Mvg3.htm
- [12] <http://www.telnet-ri.es/soluciones/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/fibra-optica-para-redes-de-nueva-generacion-ngn/>
- [13] <http://microe.udea.edu.co/~alince/recursos/lineas/HFC.pdf>
- [14] <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/emisores-receptores>

- [15] http://www.edutechne.com.ar/Edutechne/Electronica/Elec_Articulos/EI%20Led/Fotodiodos.htm #apd
- [16] <http://conmutacionporpaqueteskarlamonse.blogspot.com/>
- [17] <http://conmutacion.wikispaces.com/REDES+CONMUTADAS>
- [18] <http://lolotelco.blogspot.com/2011/01/mpis-para-las-masas.html>
- [19] <http://www.aragoninvestiga.org/Redes-opticas/>
- [20] <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7319/1/Evaluaci%C3%B3n%20de%20Arquitecturas%20de%20Red%20H%C3%ADbridas%20OBS-OCS%20vDdefinitiva.pdf>
- [21] http://www.ist-optimist.unibo.it/pdf/trends/TT3_Networks_June_2003/sld033.htm
- [22] <http://www.aragoninvestiga.org/Redes-opticas/>
- [23] <http://mems.conocimientos.com.ve/2009/12/conmutadores-fonicos-basados-en.html>
- [24] <http://www.ercoasl.com/index.php/id/2/objeto/14/claves/Tecnicas-de-demultiplexacion-y-conmutacion-opticas-Parte-I>
- [25] <http://natymatiz.blogspot.com/2011/05/redes-de-fibra-optica-activas-y-pasivas.html>
- [26] <http://natymatiz.blogspot.com/2011/05/redes-de-fibra-optica-activas-y-pasivas.html>
- [27] http://www.todotecnologia.net/wp-content/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_APOn_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf
- [28] <http://www.scribd.com/doc/45296494/Redes-Pon-Jorge-Rivera>

- [29] http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=montos%20publicados%20en%20la%20p%C3%A1gina%20web%20de%20la%20sepyme%20sobre%20la%20base%20de%20la%20disposic%C3%B3n&source=web&cd=1&ved=0CCMQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.abappra.com%2Fdocumentos%2Fdefinicion_PyME_Argentina.doc&ei=u_1cT6_ID4TeggfI682hCw&usg=AFQjCNF4UpIQEBQLE3oVG1TMuGb4IO33ig
- [30] Fuente: Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Competitividad; República del Ecuador.
- [31] <http://redpymes.org.ar/R14/Ferraro.pdf>
- [33] http://www.sisteseg.com/files/Microsoft_Word__RED_LAN_Y_SU_TECNOLOGIA.pdf
- [34] www.lairent.com.ar
- [35] <http://www.erlang.com/calculator/erlb/>
- [36] http://www.grupoestratega.biz/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=55
- [38] http://www.dealabout.com.au/connectors-c-15_793.html
- [39] <http://www.manualowl.com/m/Dell/PowerVault-MD3600f/Manual/211171?page=35>
- [40] <http://www.cisco.com/cisco/web/support/JP/docs/RT/ServProviderEdgeRT/12000RT/ICG/019/16025pos.html>
- [41] http://www.myricom.com/scs/myrinet/product_list.html
- [42] <http://mysan.galeon.com/tarjetas.htm>

LIBROS

- [37] Empresas con conexión a Internet, fuente: CEPAL, OSILAC, con información oficial de cada país y datos de “Information Economy Report 2006 & 2007-2008”, UNCTAD
- [43] Wayne Tomasi, “Sistemas De Comunicaciones Electrónicas”, 2003, Prentice-Hall.
- [44] García Tomás, Jesús, “Alta velocidad y calidad de servicio en redes IP”, 2002, RA-MA EDITORIAL.
- [45] STALLINGS, William, “Comunicaciones y Redes de Computadores”, 6ta Edición 2000, Prentice-Hall.

PROYECTOS DE TITULACIÓN

- [32] Datos extraídos a partir del promedio estimado para una empresa en una semana. Tomado de “Estudio y diseño de un sistema de comunicación para transmitir datos, voz sobre IP (VoIP), video conferencia y un sistema de video vigilancia para Sharp del Ecuador entre sus sucursales Quito, Guayaquil y Cuenca”, realizado por: Cristina Grimaneza Valle Jaramillo, Quito, Enero 2010.