



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

RED CONVERGENTE PARA ACCESO A LOS SERVICIOS DE LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES EN LOS LABORATORIOS DE INGENIERIA ELECTRONICA

Para optar por el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

ELABORADO POR:

Br. Reyes Cruz, Johanss Alexander
Br. Santa Cruz Cueva Danny Alonzo

ASESOR:

Ing. Segura Altamirano, Segundo Francisco

LAMBAYEQUE – PERU

**RED CONVERGENTE PARA ACCESO A LOS SERVICIOS DE LAS
REDES DE TELECOMUNICACIONES EN LOS LABORATORIOS DE
INGENIERIA ELECTRONICA**

Elaborado por los bachilleres:

Br. Reyes Cruz Johanss Alexander

Br. Santa Cruz Cueva Danny Alonzo

Aprobado por los miembros de jurado:

.....
Ing. Manuel Javier Ramírez Castro
Presidente del Jurado

.....
Ing. Hugo Javier Chiclayo Padilla
Secretario del Jurado

.....
Ing. Martín Augusto Nombera Lossio
Vocal del Jurado

.....
Br. Reyes Cruz Johanss Alexander
Autor

.....
Br. Santa Cruz Cueva Danny Alonzo
Autor

.....
Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres por ser mi apoyo constante, por sus palabras de aliento en los momentos precisos en este largo camino. En especial a mi padre JUAN para el cual no cabe en una vida mi gratitud y que ha sido siempre mi ejemplo de constancia, responsabilidad y dedicación.

A todos mis tías, tíos y abuelos, por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me ha ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

Y a todas aquellas personas que han sido y son parte de mi vida, por su amor, amistad, consejos y aliento diario.

JOHANNSS REYES

DEDICATORIA

A Dios que sin Él no hubiera podido realizarme y cumplir todas mis metas. A mis queridos padres Oto y Zoila porque siempre estuvieron dándome su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos y que confiaron en mi hasta el final. A mis tíos Hilda y Segundo que me extendieron la mano cuando lo necesitaba. Y a todas las personas que con sus palabras de aliento me daban fuerzas para seguir en especial Astrid que con ella compartía todas mis experiencias.

DANNY SANTA CRUZ

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios, por su bendición infinita, por habernos dado sabiduría y entendimiento, la fortaleza y la paciencia, guiándonos siempre por el camino de la verdad, permitiéndonos de esa manera culminar con nuestra formación académica dentro de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

A nuestros padres y nuestras familias, quienes han estado presentes con su apoyo incondicional a lo largo de nuestra carrera, dándonos la fuerza necesaria para no decaer y seguir adelante.

Al Ing. Francisco Segura Altamirano, que gracias a su paciencia, enseñanzas y a su capacidad para guiar nuestras ideas, ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de este Proyecto de Titulación, sino también en nuestra formación académica.

Al departamento de obras de la UNPRG y a su personal, en especial al Ing. Piscocya que de la manera más desinteresada nos brindó la información requerida para el desarrollo de este proyecto.

A nuestros compañeros y amigos, por todo lo compartido en este largo y duro, pero satisfactorio camino.

A todas aquellas personas que, de una u otra manera fueron parte de la culminación de esta meta.

LOS AUTORES

RESUMEN

La presente investigación es titulada **“Red Convergente para Acceso a los Servicios de las Redes de Telecomunicaciones en los Laboratorios de Ingeniería Electrónica”**.

El objetivo principal de la investigación es diseñar una red convergente sustentada en la teoría de las redes de telecomunicaciones, normas y estándares del cableado estructurado que permita el acceso a los servicios de las redes de telecomunicaciones en los ambientes del laboratorio de ingeniería electrónica.

En el primer capítulo se abarca el marco metodológico el cual comprende la situación problemática, justificación y objetivos de la investigación.

En el segundo capítulo se abarcan los principales conceptos teóricos que permiten afianzar el desarrollo del presente proyecto, como son fundamentos de redes de información, redes de área local, sistemas de cableado estructurado, telefonía IP y finalmente videovigilancia IP.

El tercer capítulo comprende el diseño de la red convergente que integra datos, telefonía IP y videovigilancia IP con calidad de servicio, incluyendo también el diseño del cableado estructurado. El diseño de la red activa presentado contempla características de escalabilidad y redundancia en base a cálculo de tráfico para cada uno de los servicios, además presenta el diseño de la central telefónica IP, el sistema de videovigilancia IP, servicios en la intranet, y elementos de seguridad y administración en la red.

El cuarto capítulo presenta el diseño 3D y el costo referencial para la implementación del proyecto. Dentro del diseño 3D se presentan la disposición final de todos los elementos de la red en los diferentes ambientes que conforman el edificio del laboratorio de Ingeniería Electrónica.

En el quinto capítulo se plasman las conclusiones y recomendaciones al término del presente proyecto.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VII
1. CAPITULO 1.....	1
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBEJTIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
2. CAPÍTULO 2.....	4
2.1. MODELOS DE REFERENCIA.....	4
2.1.1. MODELO ISO/OSI.....	4
2.1.2. MODELO TCP/IP.....	5
2.2. TOPOLOGIAS DE RED DEAREA LOCAL.....	7
2.2.1. TOPOLOGIA LOGICA.....	7
2.2.1.1 TOPOLOGIA BROADCATS.....	7
2.2.1.2 TOPOLOGIA TRANSMISION DE DATOS.....	7
2.2.2. TOPOLOGIA FISICA.....	7
2.2.2.1. TOPOLOGIA ESTRELLA.....	7
2.2.2.2. TOPOLOGIA BUS.....	8
2.2.2.3. TOPOLOGIA ANILLO.....	8
2.2.2.4. TOPOLOGIA ARBOL.....	8
2.2.2.5. TOPOLOGIA MALLA.....	8
2.3. TECNOLOGIAS DE RED DE AREA LOCAL.....	8
2.3.1. REDES Ethernet.....	8
2.3.2. REDES FastEthernet.....	9
2.3.3. REDES Gigabit Ethernet.....	9
2.4. MODELO DE RED JERARQUICO.....	9

2.4.1. CAPA DE ACCESO.....	10
2.4.2. CAPA DE DISTRIBUCION.....	11
2.4.3. CAPA CORE.....	11
2.5. REDES CONVERGENTES.....	12
2.5.1. CONVERGENCIA DE SERVICIOS.....	13
2.5.2. CONVERGENCIA DE TECNOLOGIAS.....	13
2.5.3. CONVERGENCIAS DE MERCADOS.....	13
2.5.4. CONVERGENCIA DE REDES.....	13
2.5.4.1. CONVERGENCIA DE REDES FIJAS Y MOVILES.....	14
2.5.5. ELEMENTOS DE UNA RED CONVERGENTE.....	14
2.5.5.1. SERVIDORES.....	14
2.5.5.1.1 TIPOS DE SERVIDORES.....	14
2.5.5.2. SWITCHES.....	16
2.5.5.2.1. SWITCH DE CAPA 2.....	17
2.5.5.2.2. SWITCH DE CAPA 3.....	17
2.5.5.3. ROUTER.....	17
2.5.5.4. TARJETAS DE RED.....	18
2.5.5.5. MEDIA GATEWAYS.....	19
2.5.5.6. GATEWAYS DE SEÑALIZACION.....	19
2.5.5.7. CABLEADO ESTRUCTURADO.....	19
2.5.5.8. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS REDES CONVERGENTES.....	19
2.5.5.8.1. VENTAJAS.....	19
2.5.5.8.2. DESVENTAJAS.....	20
2.6. SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO.....	20
2.6.1. DEFINICION.....	20
2.6.2. SUBSISTEMAS.....	20
2.6.2.1. ENTRADA DE SERVICIOS.....	21
2.6.2.2. CUARTO DE TELECOMUNICACIONES.....	21
2.6.2.3. CUARTO DE EQUIPOS.....	21
2.6.2.4. CABLEADO VERTICAL O BACKBONE.....	21
2.6.2.5. CABLEADO HORIZONTAL.....	22

2.6.2.6. AREA DE TRABAJO.....	22
2.6.2.7. ACOMETIDA.....	22
2.6.3. ESTANDARES DEL CABLEADO ESTRUCTURADO.....	22
2.6.3.1. ANSI/TIA/EIA 568-C.....	22
2.6.3.2. ANSI/TIA/EIA 569-B.....	24
2.6.3.3. ANSI/TIA/EIA 606-B.....	24
2.6.3.4. ANSI/TIA/EIA 607-B.....	24
2.7. TELEFONIA IP.....	25
2.7.1. ELEMENTOS DE LA TELEFONIA IP.....	25
2.7.1.1. TELEFONOS IP.....	25
2.7.1.2. GATEWAYS IP.....	25
2.7.1.3. SOFTPHONES.....	26
2.7.1.4. GATEKEEPER.....	26
2.7.2. SOFTWARE PARA TELEFONIA IP.....	26
2.7.2.1. SOFTWARE LIBRE.....	26
2.7.2.2. SOFTWARE LICENCIADO.....	27
2.7.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TELEFONIA IP.....	27
2.7.3.1. VENTAJAS.....	27
2.7.3.2. DESVENTAJAS.....	28
2.8. VIDEOVIGILANCIA IP.....	29
2.8.1. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA IP.....	29
2.8.1.1. CAMARAS.....	29
2.8.1.2. SOFTWARE DE GESTION DE VIDEO.....	29
2.8.1.2. RED.....	30
2.8.2. RESOLUCION DE VIDEO.....	30
2.8.2.1. RESOLUCIONES DE VIDEO DIGITAL.....	30
2.8.2.2. ASPECT RATIO.....	31
2.8.3. CODECS PARA COMPRESION DE VIDEO.....	31

2.8.3.1. MOTION JPEG (MJPEG).....	32
2.8.3.2. MPEG-4.....	33
2.8.3.3. H.264/MPEG-4 AVC.....	33
3. CAPÍTULO 3.....	34
3.1. INTRODUCCION.....	34
3.2. INFRAESTRUCTURA DEL LABORATORIO DE INGENIERIA ELECTRONICA.....	34
3.2.1. AMBIENTES DEL LABORATORIO DE INGENIERIA ELECTRONICA.....	35
3.3. DISEÑO DEL CABLEADO ESTRUCTURADO.....	36
3.3.1. SELECCIÓN DEL MEDIO DE TRANSMISION.....	36
3.3.2. UBICACIÓN Y DISEÑO DE LOS ESPACIOS EN EL EDIFICIO.....	37
3.3.2.1. UBICACIÓN Y DISEÑO (SEGUNDO PISO).....	37
3.3.2.2. UBICACIÓN Y DISEÑO (TERCER PISO).....	38
3.3.2.3. PUNTOS DOBLES.....	38
3.3.2.4. PUNTOS SIMPLES.....	39
3.3.2.5. TOTAL DE SALIDAS DE TELECOMUNICACIONES.....	40
3.3.3. DISEÑO DEL CABLEADO HORIZONTAL.....	40
3.3.3.1. CALCULO DEL NUMERO DE ROLLOS DE CABLE UTP Cat. 6A.....	40
3.3.3.2. RECORRIDO DEL CABLEADO HORIZONTAL.....	42
3.3.4. DISEÑO DEL CABLEADO VERTICAL.....	43
3.3.5. ETIQUETADO.....	44
3.3.6. RESUMEN DE MATERIALES.....	46
3.4. DISEÑO DE LA RED ACTIVA DEL LABORATORIO DE INGENIERIA ELECTRONICA.....	47
3.4.1. CAPA DE ACCESO 47	
3.4.1.1. ANALISIS DEL TRAFICO EN LOS EQUIPOS DE LA CAPA DE ACCESO.....	48
3.4.1.1.1. TRAFICO TELEFONICO.....	48
3.4.1.1.2. TRAFICO DE VIDEOVIGILANCIA.....	48
3.4.1.1.3. TRAFICO DE DATOS.....	48
3.4.1.1.3.1. TRAFICO DE CORREO ELECTRONICO.....	48
3.4.1.1.3.2. TRAFICO DE INTERNET.....	49

3.4.1.1.3.3. CONSULTAS A LOS SERVIDORES DE BDD.....	49
3.4.1.2. VELOCIDAD DE CONMUTACION NECESARIA PARA SWITCHES DE ACCESO.....	49
3.4.1.3. CARACTERISTICAS NECESARIAS PARA LOS SWITCHES DE ACCESO.....	51
3.4.2. CAPA DE DISTRIBUCION.....	52
3.4.2.1. VELOCIDAD DE CONMUTACION NECESARIA PARA LOS SWITCHES DE DISTRIBUCION.....	52
3.4.2.2. CARACTERISTICAS NECESARIAS PARA LOS SWITCHES DE DISTRIBUCION.....	53
3.4.3. CAPA DE NUCLEO.....	53
3.4.3.1. VELOCIDAD DE CONMUTACION NECESARIA PARA EL SWITCH DE CORE.....	54
3.4.3.2. CARACTERISTICAS NECESARIAS PARA SWITCH DE CORE.....	54
3.4.4. ESQUEMA DEL DISEÑO DE LA RED ACTIVA DEL LABORATORIO DE INGENIERIA ELECTRONICA.....	55
3.4.5. SEGMENTACION DE LA RED MEDIANTE VLANS.....	55
3.4.6. DIRECCIONAMIENTO IP.....	56
3.4.7. CARACTERISTICAS ADICIONALES PARA LA RED ACTIVA.....	57
3.4.7.1. CALIDAD DE SERVICIO.....	57
3.4.7.2. SEGURIDAD A NIVEL DE CAPA 2.....	58
3.5. DISEÑO DE LA CENTRAL TELEFONICA IP.....	59
3.5.1. SELECCIÓN DEL SOFTWARE PARA LA CENTRAL.....	59
3.5.1.1. COMPARACION DE ASTERISK VERSUS UNA SOLUCION PROPIETARIA.....	59
3.5.1.1.1. ESCABILIDAD.....	59
3.5.1.1.2. COMPATIBILIDAD DE HARDWARE.....	59
3.5.1.1.3. ESTANDAR ABIERTO.....	59
3.5.1.1.4 COSTO.....	59
3.5.2. FUNCIONES PREVISTAS PARA LA CENTRAL TELEFONICA EN BASE A LOS REQUERIMIENTOS.....	60
3.5.2.1. MENU DE INICIO.....	60

3.5.2.2. PERFILES DE MARCADO.....	61
3.5.2.2.1. PERFIL DE MARCADO #1.....	61
3.5.2.2.2. PERFIL DE MARCADO #2.....	61
3.5.2.2.3. PERFIL DE MARCADO #3.....	61
3.5.2.3. BUZON DE VOZ.....	62
3.5.2.4. CONFERENCIA DE LLAMADAS.....	62
3.5.2.5. PARQUEO DE LLAMADAS.....	62
3.5.3. SELECCIÓN DEL PROTOCOLO DE SEÑALIZACION.....	62
3.5.4. CALCULO DEL TRAFICO DE VOZ.....	62
3.5.5. DIMENSIONAMIENTO DEL SERVIDOR DE TELEFONIA.....	64
3.5.6. CONEXIÓN DE LA CENTRAL TELEFONICA HACIA LA PSTN.....	66
3.5.6.1. CALCULO DEL NUMERO DE LINEAS TRONCALES.....	67
3.5.6.2. TARJETA DE CONEXIÓN HACIA LA PSTN.....	68
3.6. SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA IP.....	68
3.6.1. TOTAL DE CAMARAS PARA EL EDIFICIO.....	69
3.6.2. UBICACIÓN Y COBERTURA ESTIMADA DE CAMARAS EN EL EDIFICIO.....	69
3.6.3. ESTIMACION DE CONSUMO DE CAPACIDAD DE CANAL.....	71
3.6.3.1. CALCULO DEL TAMAÑO DE UNA IMAGEN DE ACUERDO A SU RESOLUCION.....	72
3.6.3.2. CALCULO DE CAPACIDAD DE CANAL PARA VIDEO SIN COMPRESION.....	72
3.6.3.3. CALCULO DE CAPACIDAD DE CANAL PARA VIDEO CON COMPRESION.....	73
3.6.4. ESTIMACION DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO REQUERIDO.....	76
3.6.5. TOPOLOGIA DEL SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA IP.....	78
3.6.6. CARACTERISTICAS DE CAMARAS IP.....	78
3.6.6.1. CAMARAS IP INDOOR.....	78
3.6.6.2. CAMARAS IP OUTDOOR.....	79
3.6.7. SERVIDOR PARA GESTION DE VIDEO.....	80

3.6.7.1. CARACTERISTICAS DE ZoneMinder.....	80
3.6.7.2. REQUERIMIENTOS DEL SERVIDOR DE VIDEOVIGILANCIA.....	81
3.7. CONTROLADOR DE DOMINIO.....	82
3.7.1. SELECCIÓN DEL SOFTWARE PARA EL CONTROLADOR DE DOMINO.....	82
3.7.2. DISTRIBUCION DEL CONTROLADOR DE DOMINIO.....	82
3.7.2.1. DOMINIO RAIZ.....	82
3.7.2.2. DIVISION EN UNIDADES ORGANIZATIVAS (OU).....	83
3.7.2.3. POLITICAS DE GRUPO (GPO).....	84
3.7.2.4. CUENTAS DE USUARIO.....	85
3.7.2.5. CUENTAS DE EQUIPO.....	85
3.7.3. SERVICIO DHCP Y DNS.....	85
3.7.3.1. SERVICIO DHCP.....	85
3.7.3.2. SERVICIO DNS.....	86
3.8. SERVIDOR PROXY.....	86
3.8.1. POLITICAS DE ACCESO EN BASE A LISTAS BLANCAS.....	86
3.8.2. DEFINICION DE GRUPOS DE ACCESO.....	86
3.8.3. DEFINICION DE GRUPOS SEGÚN ANCHO DE BANDA.....	87
3.8.4. PROXY TRANSPARENTE.....	87
3.9. SEGURIDAD EN LA RED.....	88
3.9.1. DISEÑO DE LA DMZ.....	88
3.9.2. SERVICIOS A SER INTEGRADOS EN LA DMZ.....	89
3.9.3. ESQUEMA LOGICO DE LA DMZ.....	90
3.9.4. FIREWALL.....	90
3.9.4.1. POLITICAS DE SEGURIDAD EN FIREWALL.....	91
3.9.5. DIRECCINAMIENTO IP PARA EL SEGMENTO DMZ.....	92
3.9.6. NAT.....	93
3.10. ADMINISTRACION DE LA RED DEL LABORATORIO DE INGENIERIA ELECTRONICA.....	94
3.10.1. MONITOREO DE EQUIPOS ACTIVOS Y SERVIDORES.....	94

3.10.2. PROTOCOLO DE ADMINISTRACION DE RED.....	94
3.10.3. ALERTAS DE MONITOREO.....	95
3.10.4. SOFTWARE DE GESTION.....	95
3.10.5. SISTEMA UPS.....	95
4. CAPÍTULO 4.....	97
4.1. DISEÑO 3D.....	97
4.1.1. SOFTWARE PARA EL DISEÑO 3D.....	97
4.1.2. DISEÑO 3D DEL EDIFICIO CON LA RED IMPLEMENTADA.....	97
4.1.2.1. PRIMER PISO.....	98
4.1.2.1.1. LABORATORIO DE ELECTRONICA DE POTENCIA Y MAQUINAS ELECTRICAS.....	98
4.1.2.1.2. LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACION AVANZADO.....	99
4.1.2.1.3. CENTRO DE PRODUCCION.....	99
4.1.2.1.4. ALMACEN.....	100
4.1.2.2. SEGUNDO PISO.....	101
4.1.2.2.1. LABORATORIO DE COMPUTACION.....	101
4.1.2.3. TERCER PISO.....	101
4.1.2.3.1. LABORATORIO DE ELECTRONICA DIGITAL.....	101
4.1.2.3.2. LABORATORIO DE TELECOMUNICACIONES.....	102
4.1.2.3.3. INVESTIGACION DESARROLLO - SALA DE REUNIONES.....	103
4.1.2.3.4. SALA DE PROFESORES.....	103
4.1.2.3.5. DEPARTAMENTO DE ESCUELA.....	104
4.1.2.3.6. DIRECCION DE ESCUELA Y SECRETARIA.....	104
4.2. COSTO REFERENCIAL DEL PROYECTO.....	105
4.2.1. RED PASIVA.....	105
4.2.1.1. COSTO DE LOS ELEMENTOS SELECCIONADOS.....	105
4.2.2. RED ACTIVA.....	106
4.2.2.1. EQUIPOS DE CONMUTACION.....	106

4.2.2.1.1. ALTERNATIVA CISCO.....	106
4.2.2.1.1.1. CISCO CATALYST 2960S-48LPS-L.....	107
4.2.2.1.1.2. CISCO CATALYST 3560X-24P-S.....	107
4.2.2.1.1.3. CISCO CATALYST 3750X-24P-S.....	108
4.2.2.1.2. ALTERNATIVA HP.....	109
4.2.2.1.2.1. HP 5120-48G-SFP.....	110
4.2.2.1.2.2. HP 5500-24G-SFP.....	110
4.2.2.1.3. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA LOS EQUIPOS DE CONMUTACION.....	111
4.2.2.2. TELEFONOS IP.....	112
4.2.2.2.1. ALTERNATIVA CISCO.....	112
4.2.2.2.1.1. TELEFONO IP CISCO SPA514G.....	112
4.2.2.2.2. ALTERNATIVA HP.....	113
4.2.2.2.2.1. TELEFONO IP HP 4110 (J9765A).....	113
4.2.2.2.3. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA TERMINALES DE TELEFONIA IP.....	114
4.2.2.3. CAMARAS IP.....	114
4.2.2.3.1. ALTERNATIVA AXIS.....	114
4.2.2.3.1.1. CAMARA IP AXIS M5014-V.....	114
4.2.2.3.1.2. CAMARA IP AXIS P1428-E.....	115
4.2.2.3.2. ALTERNATIVA D-LINK.....	116
4.2.2.3.2.1. CAMARA IP D-LINK DCS-5222L.....	116
4.2.2.3.2.2. CAMARA IP D-LINK DCS-7110.....	116
4.2.2.3.3. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA LOS TERMINALES DE VIDEOVIGILANCIA IP.....	117
4.2.2.4. SERVIDORES.....	118
4.2.2.4.1. ALTERNATIVA DELL.....	118
4.2.2.4.2. ALTERNATIVA HP.....	119

4.2.2.4.3. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA SERVIDORES.....	119
4.2.2.5. TARJETA DE TELEFONIA ANALOGICA PARA CONEXIÓN A LA PSTN.....	120
4.2.2.6. SISTEMA UPS.....	121
4.2.2.7. LICENCIAMIENTO DE SOFTWARE.....	122
4.2.2.8. COSTO REFERENCIAL DEL PROYECTO.....	122
5. CAPÍTULO 5.....	123
5.1. CONCLUSIONES.....	123
5.2. RECOMENDACIONES.....	124
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	127

CAPITULO I

MARCO METODOLOGICO

1.1 SITUACION PROBLEMÁTICA

Los Laboratorios de Ingeniería Electrónica no están interconectados a la red telemática de la universidad, debido a que fue un edificio posterior a la implementación de la misma.

Debido a esto no goza de los servicios de internet, algo tan básico en nuestra realidad actual, lo cual impide a los estudiantes el uso de las nuevas tecnologías, como son el uso de las plataformas con cursos MOOC (massive online open course - www.coursera.org, www.edx.org, www.netacad.com, www.mooc.es), compartir en línea los contenidos desarrollados por los docentes en las nuevas pizarras digitales, descarga de documentos para el normal desarrollo de sus actividades (datasheet, especificaciones técnicas de equipos, etc.) y acceso a contenido multimedia.

Se ha intentado resolver este problema contratando el servicio de un operador externo (Movistar) y se ha distribuido esta señal con una red inalámbrica construida artesanalmente sin cumplir ninguna norma o estándar del cableado estructurado establecidos por la ANSI/TIA/EIA, ni asegurando una adecuada calidad en el servicio (QoS).

Debido a la falta de control de acceso a esta red los usuarios se encuentra expuestos a infecciones y robo de información, ya que cualquier extraño puede acceder fácilmente a esta red.

Además en estos ambientes también funcionan las oficinas de las cinco escuelas de la FACYM, las personas que laboran en estas oficinas se ven en la necesidad de utilizar métodos poco seguros para tramitar, gestionar y transportar documentos importantes, esto a su vez conlleva a la falta de rapidez en los

trámites y genera molestia en la comunidad estudiantil y todo esto debido a la falta de una red convergente que haga estas labores administrativas más sencillas y seguras.

1.2 JUSTIFICACION

Este trabajo de investigación básicamente pretende dar solución al problema de conectividad del que adolece el laboratorio de Ingeniería Electrónica. Los resultados de este trabajo permitirán determinar la mejor arquitectura de la red, establecer los protocolos de seguridad, gestionar de manera adecuada las actividades y dotar de herramientas y servicios (internet, VoIP, seguridad, etc.) los ambientes del laboratorio de Ingeniería Electrónica.

Permitirá a los docentes integrar a los estudiantes a las nuevas modalidades de enseñanza (massive online open course), además poder compartir contenidos en las nuevas pizarras digitales y la descarga y almacenamiento de archivos en la nube.

A los estudiantes les permitirá que se incorporen a las nuevas tecnologías, asimilando y proyectando sus aprendizajes de manera activa.

Para nosotros como profesionales; el desarrollo de esta tesis nos permitirá aplicar los conocimientos adquiridos en la solución de un problema real así como también nos permitirá conocer más de cerca la arquitectura y tecnologías involucradas en el diseño de estas redes convergentes y adaptarlas al laboratorio de Ingeniería Electrónica y estaremos seguros de estar contribuyendo con una tecnología que permita supervisar y brindar múltiples servicios estimulando su desarrollo tecnológico, educativo y social.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una red convergente sustentada en la teoría de las redes de las redes de comunicación, normas y estándares del cableado estructurado que permita el acceso a los servicios de las redes de telecomunicaciones en los ambientes del Laboratorio de Ingeniería Electrónica.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1.** Estudiar las principales arquitecturas de redes convergentes orientadas a servicios.
- 2.** Establecer los parámetros de seguridad y calidad en el servicio (QoS) que garanticen la confiabilidad y el buen desempeño de la red.
- 3.** Determinar la arquitectura de red a utilizarse y los equipos en las diferentes partes de la red.
- 4.** Diseñar un modelo 3D de la red y sus componentes, que se implementarán en el Laboratorio de Ingeniería Electrónica.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 MODELOS DE REFERENCIA

Un modelo de referencia tiene la función de sentar las bases para llevar a cabo el proceso de comunicación en la red, así, los dispositivos y software de red de distintos fabricantes pueden interoperar entre sí.

Los modelos están formados por capas o niveles formando "pilas de protocolos o de normas". Cada nivel se comunica con la capa o nivel superior e inferior de la misma pila a través de interfaces de programación o API¹, que representan protocolos específicos, y/o con capas análogas de otras pilas. Los niveles más bajos son los más próximos al equipo físico hardware, mientras que las capas superiores, que manejan protocolos de más alto nivel, son las más cercanas al usuario.

2.1.1 MODELO ISO/OSI

El modelo OSI², es el primer modelo de referencia lanzado en 1984 fue el modelo de red descriptivo creado por ISO³. Proporcionó a los fabricantes un conjunto de estándares que aseguraron una mayor compatibilidad e interoperabilidad entre los distintos tipos de tecnología de red producidos por las empresas a nivel mundial.

Siguiendo el esquema de este modelo se crearon numerosos protocolos que durante muchos años ocuparon el centro de la escena de las comunicaciones informáticas. El advenimiento de protocolos más flexibles, donde las capas no están tan demarcadas y la correspondencia con los niveles no es tan clara, puso a este esquema en un segundo plano. Sin embargo sigue siendo muy usado en la enseñanza como una manera de mostrar cómo puede estructurarse una "pila" de protocolos de comunicaciones, está compuesto de siete capas como se muestra en la Figura 2.1.

¹ [API]:Application Programming Interface

² [OSI]: Interconexión de Sistemas Abiertos

³ [ISO]:Organización Internacional para la Estandarización

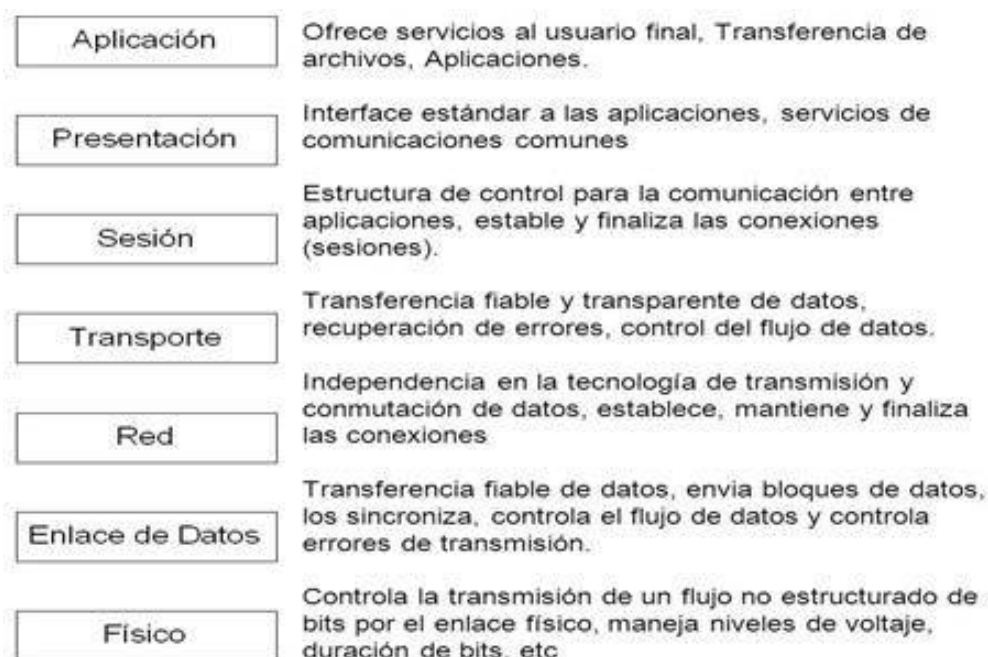


Figura 2.1 Capas del modelo de referencia ISO/OSI con su función

Las tres primeras capas del modelo OSI son implementadas en dispositivos intermedios, tal es el caso de switches y routers dentro de la red de comunicaciones, mientras que en los dispositivos terminales se implementan todas las capas, en donde las cuatro últimas se manejan a nivel de software.

2.1.2 MODELO TCP/IP

El modelo TCP/IP es el conjunto de protocolos más utilizados para la comunicación en una red de datos, por lo cual también es denominado Modelo de Internet y es considerado como una arquitectura de red a diferencia del modelo OSI. A continuación se detallan las cuatro capas que lo conforman.

Capa Aplicación: Es el nivel más alto, los usuarios llaman a una aplicación que acceda a los servicios disponibles a través de la red de redes TC/IP. Una aplicación interactúa con uno de los protocolos de nivel de transporte para enviar o recibir datos.

Cada programa de aplicación selecciona el tipo de transporte necesario, el cual puede ser una secuencia de mensajes individuales o un flujo continuo de octetos. El programa de aplicación pasa los datos en la forma requerida hacia el nivel transporte para su entrega.

Capa Transporte: La principal tarea de la capa de transporte es proporcionar la comunicación entre un programa de aplicación y otro. Este tipo de comunicación se conoce frecuentemente como comunicación punto a punto. La capa de transporte regula el flujo de información. Puede también proporcionar un transporte confiable, asegurando que los datos lleguen sin errores y en secuencia. Para hacer esto, el software de protocolo de transporte tiene el lado de recepción enviando acuses de recibo de retorno y en la parte de envío retransmitiendo los paquetes perdidos. El software de transporte divide el flujo de datos que se está enviando en pequeños fragmentos (por lo general conocidos como paquetes) y pasa cada paquete, con una dirección de destino, hacia la siguiente capa de transmisión.

Los protocolos definidos en esta capa son el protocolo TCP (Transmission Control Protocol) y el protocolo UDP (User Datagram Protocol).

Capa Internet: La capa internet maneja la comunicación de una máquina a otra. Esta acepta una solicitud para enviar un paquete desde la capa de transporte, junto con una identificación de la máquina, hacia la que se debe enviar el paquete. La capa de internet también maneja la entrada de datagramas, verifica su validez y utiliza un algoritmo de ruteo para decidir si el datagrama debe procesarse de manera local o ser transmitido. Para el caso de los datagramas direccionados hacia la máquina local, el software de la capa de red de redes borra el encabezado del datagrama y selecciona, de entre varios protocolos de transporte, un protocolo con el que manejará el paquete. Por último, la capa de internet envía los mensajes ICMP⁴ de error y control necesarios y maneja todos los mensajes ICMP entrantes.

Capa de Acceso a la Red: Se encarga de la transmisión binaria de los datos, abarca todos los medios de conexión y hardware utilizado para transmitir la señal eléctrica.

⁴ [ICMP]: Protocolo de Mensajes de Control de Internet

2.2 TOPOLOGIAS DE RED DE AREA LOCAL

La topología de red es un arreglo físico o lógico de los dispositivos o nodos de una red (computadoras, switches, routers, entre otros), los cuales se interconectan entre sí sobre un medio de comunicación.

2.2.1 TOPOLOGIA LOGICA

La topología lógica de una red es la forma en que los hosts se comunican a través del medio. Los dos tipos más comunes de topologías lógicas son broadcast y transmisión de tokens.

2.2.1.1 Topología Broadcast

Simplemente significa que cada host envía sus datos hacia todos los demás hosts del medio de red. No existe una orden que las estaciones deban seguir para utilizar la red. Es por orden de llegada, es como funciona Ethernet.

2.2.1.2 Topología Transmisión de Datos

Controla el acceso a la red mediante la transmisión de un token electrónico a cada host de forma secuencial. Cuando un host recibe el token, ese host puede enviar datos a través de la red. Si el host no tiene ningún dato para enviar, transmite el token al siguiente host y el proceso se vuelve a repetir.

2.2.2 TOPOLOGIA FISICA

La topología física es la manera como se comunican las maquinas a través del medio físico. Los tipos más comunes de topologías físicas son estrella, anillo, bus, árbol y malla.

2.2.2.1 Topología Estrella

En la topología de estrella, los equipos de la red están conectados a un hardware denominado concentrador. Es una caja que contiene un cierto número de sockets a los cuales se pueden conectar los cables de los equipos. Su función es garantizar la comunicación entre esos sockets.

2.2.2.2 Topología Bus

La topología de bus es la manera más simple en la que se puede organizar una red. En la topología de bus, todos los equipos están conectados a la misma línea de transmisión mediante un cable, generalmente coaxial. La palabra "bus" hace referencia a la línea física que une todos los equipos de la red.

2.2.2.3 Topología Anillo

En una red con topología en anillo, los equipos se comunican por turnos y se crea un bucle de equipos en el cual cada uno "tiene su turno para hablar" después del otro.

2.2.2.4 Topología Árbol

Es parecida a una serie de redes en estrella interconectadas, su diferencia es que no cuenta con un nodo central.

2.2.2.5 Topología Malla

En esta topología, cada nodo está conectado a todos los otros.

2.3 TECNOLOGIAS DE RED DE AREA LOCAL

2.3.1 REDES ETHERNET

Ethernet es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por detección de la onda portadora y con detección de colisiones (CSMA/CD). Su nombre viene del concepto físico de *ether*. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE⁵ 802.3, siendo usualmente tomados como sinónimos. Se diferencian en uno de los campos de la trama de datos. Sin embargo, las tramas Ethernet e IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red.

Estas redes sirven para el transporte de tráfico pesado debido a sus diferentes velocidades que pueden ser 10Mbps, 100Mbps, 1000Mbps y 10000Mbps, las que toman sus propios nombres en las especificaciones de *Ethernet*.

⁵ [IEEE]: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

Se tienen algunas especificaciones de *Ethernet* tales como:

- 802.3^a Ethernet delgada 10 Base 2
- 802.3i Ethernet de par trenzado 10 Base - T
- 802.3j Ethernet de fibra óptica 10 Base - F
- 802.3u Fast Ethernet 100 Base - T
- 802.3z GigabitEthernet parámetros para operación a 1000 Mbps
- 802.3ab GigabitEthernet sobre 4 pares de cable UTP⁶ Categoría 5
- 802.3ae 10 Gigabit Ethernet

2.3.2 REDES FASTETHERNET

En estas redes se incrementa la velocidad de transmisión a 100 Mbps, sin necesidad de cambiar el cableado estructurado ni el formato de la trama de las redes Ethernet y manteniendo la misma técnica de acceso CSMA/CD.

En estas redes se tienen dos estándares, que dependen de tipo de cable:

- 100 Base-X: para cables STP³, UTP categoría 5 o superior y fibra óptica
- 100 Base-T4: para cables de voz categoría 3.

2.3.3 REDES GIGABIT ETHERNET

Gigabit Ethernet, también conocida como Giga E, es una ampliación del estándar Ethernet (concretamente la versión 802.3ab y 802.3z del IEEE) que consigue una capacidad de transmisión de 1 gigabit por segundo, correspondientes a unos 1000 megabits por segundo de rendimiento contra unos 100 de Fast Ethernet (También llamado 100BASE-TX) y permite la operación Half Dúplex como Full Dúplex.

2.4 MODELO DE RED JERARQUICO

Un modelo de red jerárquico permite desarrollar una topología de red con mejor desempeño estableciendo capas separadas. Cada capa cumple funciones específicas, lo que facilita elegir el equipo adecuado de acuerdo a las

⁶ [UTP]: Unshielded Twisted Pair

características de cada una. La selección de switches o equipos de red debe ser considerado de acuerdo a las exigencias de cada capa. En la actualidad, el modelo de red jerárquico es ampliamente utilizado por lo que constituye una base importante para lograr un diseño de red eficiente. Este modelo típicamente se compone de tres partes o capas.

Entre las ventajas que tenemos de separar las redes en 3 niveles tenemos que es más fácil diseñar, implementar, mantener y escalar la red, además de que la hace más confiable, con una mejor relación costo/beneficio. Cada capa tiene funciones específicas asignadas y no se refiere necesariamente a una separación física, sino lógica; así que podemos tener distintos dispositivos en una sola capa o un dispositivo haciendo las funciones de más de una de las capas.

2.4.1 CAPA DE ACCESO

La capa de acceso de la red es el punto en el que cada usuario se conecta a la red. Ésta es la razón por la cual la capa de acceso se denomina a veces capa de puesto de trabajo, capa de escritorio o de usuario. Los usuarios así como los recursos a los que estos necesitan acceder con más frecuencia, están disponibles a nivel local.

Esta capa es el punto en el cual se controla el acceso de los usuarios y dispositivos finales como computadoras, impresoras, teléfonos IP, cámaras IP, etc., a los recursos de la red. Desempeña funciones como compartición de ancho de banda y filtrado de direcciones MAC, mediante el uso de listas de acceso y filtros. Su principal propósito es brindar un medio de conexión controlando los dispositivos autorizados para comunicarse en la red.

Los equipos que se encuentran en esta capa pueden presentar características como:

- Conectividad a 10/100/1000 Mbps
- PoE
- VLAN
- QoS⁷

⁷ [QoS]: Calidad de Servicio

2.4.2 CAPA DE DISTRIBUCION

La capa de distribución marca el punto medio entre la capa de acceso y los servicios principales de la red. En esta capa se implementan listas de control de acceso, métodos de seguridad, políticas de red y también se realizan funciones como filtrado de paquetes, enrutamiento entre VLAN y otras funciones de grupo de trabajo.

Para el equipamiento en capa de distribución se recomienda soporte para:

- Enlaces redundantes
- Conexiones a 1Gbps o 10Gbps
- Capacidad de enrutamiento
- QoS
- Buenas capacidades de conmutación, así como altas tasas de reenvío

2.4.3 CAPA DE CORE

La capa del núcleo, principal o Core se encarga de desviar el tráfico lo más rápidamente posible hacia los servicios apropiados. Normalmente, el tráfico transportado se dirige o proviene de servicios comunes a todos los usuarios. Estos servicios se conocen como servicios globales o corporativos. Algunos de tales servicios pueden ser e-mail, el acceso a Internet o la videoconferencia. Cuando un usuario necesita acceder a un servicio corporativo, la petición se procesa al nivel de la capa de distribución. El dispositivo de la capa de distribución envía la petición del usuario al núcleo. Este se limita a proporcionar un transporte rápido hasta el servicio corporativo solicitado. El dispositivo de la capa de distribución se encarga de proporcionar un acceso controlado a la capa de núcleo.

En la capa de core se desea que los dispositivos cuenten con las siguientes características:

- Conexiones a 1Gbps o 10Gbps
- QoS
- Altas capacidades de conmutación y tasas de reenvío muy altas
- Enlaces redundantes

2.5 REDES CONVERGENTES

Los avances que hemos tenido en el área tecnológica de las comunicaciones, nos permiten hoy en día, fusionar las redes dispersas (radio, teléfono, tv, datos) en una única plataforma, que se define como “Red Convergente”. El flujo de voz, video y datos que antes viajaban en redes totalmente independientes, ahora se juntan en una misma red que elimina la necesidad de crear y mantener esas redes separadas. Gracias a las Redes Convergentes todos esos flujos van por una sola estructura de red común.

Las redes convergentes permiten la integración de los servicios de voz, datos y video sobre una red basada en IP⁸ como protocolo de nivel de red.

IP es un protocolo que se usa para la comunicación en las redes mediante la conmutación de paquetes, en las cuales el ancho de banda es de mucha importancia.

Mediante este protocolo los servicios de comunicaciones pueden converger, sin necesidad de eliminar otros protocolos previos a IP, puesto que este se integra a las redes clásicas.

Es fundamental que las redes convergentes actuales y futuras, soporten diferentes tipos de tráfico mediante protocolos de conmutación de paquetes; estas redes están siendo exploradas por su Calidad de Servicio.

Una red convergente basada en IP se construye sobre tres elementos:

- Tecnologías que permitan ofrecer múltiples servicios sobre una red de datos.
- Una red multipropósito, construida sobre una arquitectura de red funcionalmente distribuida y basada en IP.
- Un sistema abierto de protocolos estandarizados, internacionalmente aceptado.

La red convergente puede utilizar diferentes técnicas para el manejo de voz y datos, distintos protocolos y diferentes equipos; todo esto debe ser transparente

⁸ [IP]: Internet Protocol

para la comunicación.

2.5.1 CONVERGENCIA DE SERVICIOS

Esta convergencia es la agrupación de servicios dentro de una misma infraestructura de comunicaciones de un mismo proveedor. Así se tiene el servicio telefónico, la televisión por cable y el servicio de internet en un solo paquete que brinda el proveedor al usuario.

2.5.2 CONVERGENCIA DE TECNOLOGIAS

Este tipo de convergencia permite la integración de tecnologías dentro de un mismo dispositivo de comunicaciones.

La televisión, el computador, el teléfono y las redes de datos, se integran para ofrecer dispositivos multimedia capaces de procesar diferentes servicios de comunicaciones.

Un mismo terminal multitarea permite el acceso a distintas redes y servicios que el usuario requiere.

2.5.3 CONVERGENCIA DE MERCADOS

La convergencia de mercados se refiere a las alianzas y fusiones de varias empresas de comunicaciones para integrar diferentes servicios que generen ventajas competitivas.

2.5.4 CONVERGENCIA DE REDES

Los servicios de datos y telefonía han sido y son soportados por diferentes redes y tecnologías, así se tenía a la telefonía con técnicas de conmutación de circuitos para el transporte de la voz y a los datos con conmutación de paquetes.

Para estos diferentes tráficos de voz y datos, se requería distintas infraestructuras pero gracias a la convergencia de redes, se puede tener una sola infraestructura para la transmisión de voz y datos, conjuntamente con el protocolo IP, el cual brinda apoyo para el desarrollo de esta nueva infraestructura.

2.5.4.1 Convergencia de Redes Fijas y Móviles

La convergencia de redes fijas y móviles se debe a que los usuarios necesitan los servicios de una u otra o ambas, para el desempeño de sus actividades diarias, a un menor costo.

Esta convergencia proporciona servicios complementarios a las ofertas de acceso fijo y móvil como son la mensajería de voz, gestión inteligente de reenvío de llamadas entrantes entre líneas fijas y móviles, agenda electrónica, entre otros.

Esta convergencia permite una fácil administración, registro único, ubicuidad y flexibilidad para los usuarios.

2.5.5 ELEMENTOS DE UNA RED CONVERGENTE

Una red convergente se encuentra formada por elementos físicos (servidores, switches, router, estaciones de trabajo, cableado estructurado, Gateways, etc.) y componentes lógicos (servidores, aplicaciones, sistema operativo, etc.)

2.5.5.1 Servidores

Servidor es un tipo de software que permite compartir recursos, realiza ciertas tareas en nombre de los usuarios. El término servidor, también se utiliza para referirse al ordenador físico en el cual funciona ese software.

2.5.5.1.1 Tipos de Servidores

La información que existe en las redes, se almacena en diferentes tipos de servidores, según la aplicación que se utilice para el acceso a ésta.

➤ Servidor DNS

Un servidor DNS⁹ es aquel que traduce un nombre de dominio en una dirección IP, además asigna nombres a las máquinas de la red y permite trabajar a los usuarios con nombres de dominio en lugar de direcciones IP.

Este tipo de servidores trabajan de manera jerárquica para obtener las direcciones IP de otras redes e intercambiar información.

⁹ [DNS]: Domain Name System

Este servidor permite acceder a un dominio de internet, mismo que atiende peticiones realizadas por los usuarios encontrando la dirección IP al dominio consultado.

➤ Servidor DHCP

El servidor DHCP¹⁰ proporciona una configuración de red TCP¹¹/IP segura y evita conflictos de direcciones repetidas. Utiliza un modelo cliente-servidor en el que el servidor DHCP mantiene una administración centralizada de las direcciones IP utilizadas en la red. Los clientes podrían solicitar al servidor una dirección IP y así poder integrarse a la red.

➤ Servidor de Correo

Son los que hacen todas las operaciones relacionadas con emails para los clientes de la red como enviar, almacenar, recibir, enrutar, etc.

➤ Servidor Proxy

Realiza tareas que permiten aumentar el funcionamiento de ciertas operaciones en la red, proporcionando servicios de seguridad; es un punto intermedio entre un equipo conectado a internet y el servidor al que está accediendo.

➤ Servidor de Archivos

Estos servidores son los encargados de almacenar distintas clases de archivos para después enviárselas a otros clientes en la red, tienen una ubicación centralizada permitiendo que el usuario acceda a la información almacenada.

➤ Servidor Web

Este servidor provee de contenidos estáticos a los navegadores. Este le envía los archivos que carga por medio de la red del navegador del usuario. Los archivos pueden ser imágenes, escrituras, documentos HTML¹² y cualquier otro material web.

➤ Servidor de Acceso Remoto

¹⁰ [DHCP]: Dynamic Host Configuration Protocol

¹¹ [TCP]: Transmission Control Protocol

¹² [HTML]: HyperText Markup Language

Estos servidores permiten la administración del acceso a internet en una determinada red. De esta forma, se puede negar el acceso a ciertos sitios web.

Por otro lado, ofrece los servicios de seguridad y controla las líneas de módem de los canales de comunicación de las redes para que las peticiones sean conectadas con las redes cuya posición es remota.

➤ Servidor Telnet

Estos servidores que admiten al usuario entrar en una computadora huésped y hacer cualquier tipo de actividad como si estuviera trabajando directamente en esa computadora.

➤ Servidor de Base de Datos

Permite a los usuarios guardar y acceder a la información a través de un programa cliente. Un usuario puede hacer consultas al mismo tiempo que otro usuario y/o introducir información a la base de datos.

2.5.5.2 Switches

Un switch es un dispositivo digital lógico de interconexión de equipos que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI. Su función es interconectar dos o más segmentos de red, de manera similar a los puentes de red, pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red.

Los conmutadores se utilizan cuando se desea conectar múltiples redes, fusionándolas en una sola. Al igual que los puentes, dado que funcionan como un filtro en la red, mejoran el rendimiento y la seguridad de las redes LAN¹³.

En la Figura 2.2 se muestra un modelo de switch CISCO de 48 puertos.

¹³ [LAN]: Local Area Network



Figura 2.2 Switch CISCO Catalyst 4948

2.5.5.2.1 Switch de Capa 2

Su principal finalidad es dividir una LAN en múltiples dominios de colisión, su decisión de envío se basa en la dirección MAC¹⁴ destino que contiene cada trama.

2.5.5.2.2 Switch de Capa 3

Son los conmutadores que, además de las funciones tradicionales de la capa 2, incorporan algunas funciones de enrutamiento o routing, como por ejemplo la determinación del camino basado en informaciones de capa de red (capa 3 del modelo OSI), validación de la integridad del cableado de la capa 3 por *checksum* y soporte a los protocolos de routing tradicionales (RIP¹⁵, OSPF¹⁶, etc.)

Los conmutadores de capa 3 soportan también la definición de redes virtuales (VLAN¹⁷), y según modelos posibilitan la comunicación entre las diversas VLAN sin la necesidad de utilizar un router externo.

2.5.5.3 Router

Un router es un dispositivo que proporciona conectividad a nivel de red o nivel tres en el modelo OSI. Su función principal consiste en enviar o encaminar paquetes de datos de una red a otra, es decir, interconectar subredes, entendiendo por subred un conjunto de máquinas IP que se pueden comunicar

¹⁴ [MAC]: Media Access Control

¹⁵ [RIP]: Routing Information Protocol

¹⁶ [OSPF]: Open Shortest Path First

¹⁷ [VLAN]: Virtual Local Area Network

sin la intervención de un encaminador (mediante *bridges*), y que por tanto tienen prefijos de red distintos.

El *router* examina los paquetes de datos para determinar la mejor ruta y enviarlos a sus destinos. La elección de esta ruta se la hace a través de los protocolos de enrutamiento como RIP, OSPF, IGRP¹⁸, EIGRP¹⁹, BGP²⁰.

En la Figura 2.3 se muestra un router CISCO



Figura 2.3 Router CISCO 2001

2.5.5.4 Tarjetas de red

Una tarjeta de red o adaptador de red es un periférico que permite la comunicación con aparatos conectados entre sí y también permite compartir recursos entre dos o más computadoras (discos duros, CD-ROM, impresoras, etc.). A las tarjetas de red también se les llama **NIC**²¹. Hay diversos tipos de adaptadores en función del tipo de cableado o arquitecturas que se utilice en la redes (coaxial fino, coaxial grueso, Token Ring, etc.), pero actualmente el más común es del tipo Ethernet utilizando una interfaz o conector RJ-45.

En la Figura 2.4 se muestra un ejemplo de Tarjeta de Red.



Figura 2.4 Ejemplo de una tarjeta de red.

¹⁸ [IGRP]: Interior Gateway Routing Protocol

¹⁹ [EIGRP]: Extended Internal Gateway Routing Protocol

²⁰ [BGP]: Border Gateway Protocol

²¹ [NIC]: Network Interface Card

2.5.5.5 Media Gateways

Es un dispositivo que permite el transporte de datos, voz y video entre diferentes redes, realizando la conversión de señal analógica a digital, compresión de audio y video, cancelación del eco y supresión de silencios.

2.5.5.6 Gateways de señalización

Permite la traducción transparente de señalización entre la conmutación de circuitos y la red IP; este puede señalar o traducir mensajes entre una red IP y un *Media Gateway*.

2.5.5.7 Cableado Estructurado

Se conoce como cableado estructurado al sistema de cables, conectores, canalizadores y dispositivos que permiten establecer una infraestructura de telecomunicaciones en un edificio. La instalación y las características del sistema deben cumplir ciertos estándares para formar parte de la condición de cableado estructurado.

2.5.5.8 Ventajas y desventajas de las redes convergentes

2.5.5.8.1 Ventajas

- La red convergente permite la interoperabilidad de diferentes sistemas de comunicación de manera que los usuarios puedan compartir servicios de voz y datos.
- Las aplicaciones que usan una red convergente utilizan la misma infraestructura, lo que permite aprovechar mejor el ancho de banda, administrar un solo equipo, entre otras.
- Se recomienda una red convergente para empresas que desean mejorar la productividad, pues sus aplicaciones reducen costos como la telefonía IP que puede llegar a reducir la utilización de la telefonía convencional y reducir costos en la comunicación.
- Reducción de costos de personal para la administración de la red y mantenimiento.

2.5.5.8.2 Desventajas

- La migración a una red convergente puede resultar costosa si la organización dispone de diferentes infraestructuras separadas para voz y datos, el abandono de esta infraestructura puede ser dificultoso, debido a su inversión.
- La adquisición de nuevos dispositivos para una red convergente tiene un costo elevado, debido a la tecnología requerida.
- La calidad de servicio (QoS) no ha sido el punto fuerte de IP, por lo que muchos operadores han optado por ATM²² como tecnología.

2.6 SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO

2.6.1 DEFINICION.

Es el conjunto de elementos pasivos, los cuales sirven para interconectar elementos activos de igual o diferente tecnología, para la transmisión de información ya sea datos, video o voz.

Un sistema de cableado estructurado, especifica una estructura o sistema de cableado para empresas y edificios, independiente de las aplicaciones, basado en normas y estándares para su diseño, con una duración mínima a largo plazo equivalente a 10 años.

El cableado estructurado debe ser capaz de soportar cualquier tipo de aplicación que requiera el usuario; este sistema con un buen diseño, permite una fácil administración para adiciones de usuarios y cambios, así como una migración transparente a nuevas tecnologías de red.

2.6.2 SUBSISTEMAS.

En la Figura 2.5 se muestran los subsistemas que conforman el cableado estructurado.

²² [ATM]: Modo de Transferencia Asíncrono



Figura 2.5 Subsistemas del Cableado Estructurado

2.6.2.1 Entrada de Servicios

Es el punto de entrada para los servicios de telecomunicaciones externos al edificio, como por ejemplo conexión con el proveedor de servicios de Internet, conexión con un proveedor de datos, conexión a la PSTN²³ o la interconexión con otros edificios aledaños, entre otros servicios externos. También es denominado punto de demarcación o acometida.

2.6.2.2 Cuarto de Telecomunicaciones

Es el área en un edificio, utilizada para el uso exclusivo de equipos asociados con el sistema de cableado de telecomunicaciones. El espacio del cuarto de telecomunicaciones no debe ser compartido con instalaciones eléctricas que no sean de telecomunicaciones; debe ser capaz de albergar equipos de telecomunicaciones, terminaciones de cables y cableado de interconexión asociado.

2.6.2.3 Cuarto de Equipos

Es un espacio destinado para el alojamiento de equipos que prestan servicios a los usuarios de la organización; difiere del cuarto de telecomunicaciones ya que el equipo alojado en este espacio presenta mayor nivel de complejidad y cuidado, como por ejemplo servidores, central telefónica PBX, etc.

2.6.2.4 Cableado Vertical o Backbone

²³ [PSTN]: Red Telefónica Pública Conmutada

La función del cableado vertical o Backbone es la de interconectar los cuartos de telecomunicaciones, la acometida de entrada y el cuarto de equipos. También se incluye en esta categoría el cableado utilizado para la interconexión de los diferentes pisos del edificio así como la interconexión entre edificios aledaños.

2.6.2.5 Cableado Horizontal

El cableado horizontal incorpora el sistema de cableado que se extiende desde la salida de área de trabajo hasta el cuarto de telecomunicaciones. La distancia recorrida por el cable entre estos espacios no debe superar los 90 metros.

2.6.2.6 Area de Trabajo

El área de trabajo se extiende de la toma/conector de telecomunicaciones hasta el equipo y/o de la estación de trabajo. Es el sitio destinado para los equipos finales de usuario.

2.6.2.7 Acometida

Se refiere al hardware de conexión, elementos de protección y elementos que se requieren para conectar elementos de los proveedores de servicio con el sistema de cableado estructurado.

2.6.3 ESTANDARES DEL CABLEADO ESTRUCTURADO

Los estándares más difundidos para el diseño y puesta en marcha de sistemas de cableado estructurado son el conjunto de normas ANSI/TIA/EIA²⁴ presentadas en las secciones 2.6.3.1, 2.6.3.2, 2.6.3.3 y 2.6.3.4.

2.6.3.1 ANSI/TIA/EIA 568-C

Esta norma reemplaza a la norma ANSI/TIA/EIA-568-B publicada en el año 2001.

La norma ANSI/TIA/EIA-568-B fue publicada en el 2008 con el nombre de "Cableado Estructurado Genérico para Instalaciones del Cliente". El propósito de este estándar es realizar el planeamiento e instalación de un sistema de cableado

²⁴ [ANSI/TIA/EIA]: Conjunto de Organismos de Estandarización. American National Standard Institute, Telecommunications Industry Association, Electronics Industries Alliance

estructurado para toda clase de necesidad del usuario, especificando requerimientos generales como topología, distancias, instalación, pruebas y rendimiento. La distancia para el cableado horizontal se mantiene igual que la norma anterior, para medios trenzados se tiene un máximo de 100 m como se muestra en la Figura 2.6, a diferencia de medios ópticos los cuales pueden sobrepasar esta distancia brindando flexibilidad a los usuarios con áreas de trabajo lejanas.

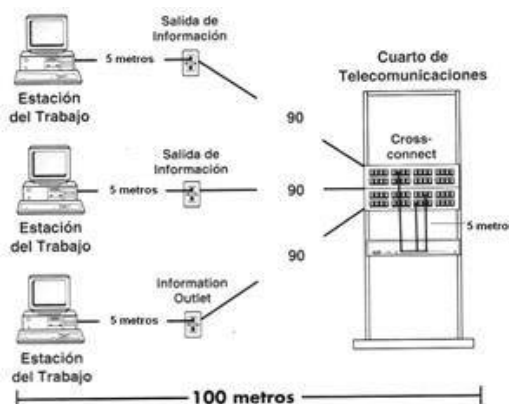


Figura 2.6 Distancia máxima del cableado horizontal con cable UTP

La norma 568-C esta subdividida en los siguientes estándares:

568-C.0: Cableado Estructurado Genérico

Establece los requerimientos genéricos del cableado en el diseño de una red de topología estrella, usa nomenclatura genérica para los subsistemas del cableado y distribuidores de equipos. El medio de transmisión reconocido en esta norma es el cable categoría 6A.

568-C.1: Cableado Estructurado para Edificios Comerciales

Se basa en la especificación 568-C.0, especifica normas para el cableado en edificios, añade la fibra 50/125 μm a una longitud de onda de 850 nm para conexiones en el cableado vertical. Se retiran como medios reconocidos de esta norma el cable de categoría 5.

568-C.2: Componentes y Cableado Estructurado de Par Trenzado

Especifica los componentes del par trenzado balanceado, incluye parámetros prueba y desempeño para este medio de transmisión.

568-C.3: Componentes de Cableado de Fibra Optica

Este estándar especifica las clases de fibra óptica, conectores y niveles de transmisión para medios ópticos.

568-C.4: Componentes de Cableado con Cable Coaxial de Banda Ancha

Aborda los requerimientos para cableado de banda ancha de 75 Ω con cable coaxial, tipos de conectores, instalación y pruebas de campo con instrumentos y medidas.

2.6.3.2 ANSI/TIA/EIA 569-B

Este estándar especifica las normas para espacios y recorridos de telecomunicaciones en un edificio comercial. El objetivo principal de este estándar es proveer las especificaciones y recomendaciones de diseño para los subsistemas de cableado estructurado como son la acometida de servicios, cuarto de equipos, cuarto de telecomunicaciones, conexiones del cableado horizontal y vertical y áreas de trabajo; considerando que las instalaciones en un edificio son de carácter dinámicos.

2.6.3.3 ANSI/TIA/EIA 606-B

Especifica cómo se debe llevar a cabo la administración de un sistema de cableado estructurado dentro de clases definidas según el sistema implementado, independientemente del fabricante. Entre las recomendaciones que contempla esta norma se encuentra el etiquetado, codificación de colores para los cables de interconexión, como realizar la documentación y manejo de reportes de las instalaciones del cableado para así tener un mejor control para posibles cambios en el futuro.

2.6.3.4 ANSI/TIA/EIA 607-B

Esta norma específica los componentes necesarios para una correcta instalación de sistemas de puesta a tierra, para de esta forma asegurar un nivel de confiabilidad y protección a los sistemas de telecomunicaciones que requieran un alto nivel de disponibilidad y confiabilidad.

2.7 TELEFONIA IP

La telefonía IP es una aplicación de la tecnología de voz sobre IP que permite realizar llamadas telefónicas sobre la red basada en IP.

Esta da consistencia a los usuarios, ya que permite transmitir comunicaciones de voz a través de la red, mediante la utilización de estándares. Es una solución a las comunicaciones unificando voz y datos mediante dispositivos de red y sistemas de comunicación.

La telefonía IP permite unificar la telefonía convencional con la red de datos, reduciendo costos de mantenimiento al tener una sola red que monitorizar.

En telefonía IP las señales de voz se convierten en paquetes de datos que son transportados por la red de datos en lugar de líneas telefónicas tradicionales.

Las señales de voz digitalizadas se encapsulan en paquetes IP, para ser transportado como IP nativo o por Ethernet, *Frame Relay*, ATM.

2.7.1 ELEMENTOS DE LA TELEFONIA IP

2.7.1.1 Teléfonos IP

Este aparato permite realizar llamadas telefónicas utilizando internet o cualquier otra red IP. Reduce gastos telefónicos usando los servicios que brinda ISP.

En la Figura 2.7 se muestra un teléfono IP.



Figura 2.7 Teléfonos IP CISCO.

2.7.1.2 Gateways IP

Es el dispositivo encargado de realizar la comunicación con redes diferentes a la arquitectura H.323, como por ejemplo conectar esta infraestructura con

la PSTN²⁵ transformando la señal analógica que recibe en señal digital y viceversa. Realiza procedimientos de traducción de protocolos de comunicación, establecimiento, liberación de llamadas y conversión de formatos entre estas redes.

2.7.1.3 Softphones

Un softphone (en inglés combinación de software y telephone) es un software que es utilizado para realizar llamadas a otros softphones o a otros teléfonos convencionales usando VoIP²⁶ (Voz sobre IP) o ToIP²⁷ (Telefonía sobre IP).

Normalmente, un Softphone es parte de un entorno Voz sobre IP y puede estar basado en el estándar SIP/H.323 o ser privativo.

2.7.1.4 Gatekeeper

Este dispositivo es el encargado de realizar entre sus funciones principales, la traducción de identificadores de usuarios a direcciones IP, la transferencia de llamadas, funciones de enrutamiento y proveer servicios de directorio.

Controla el acceso a los recursos de la red realizando funciones como el control de ancho de banda, autorización de llamadas para limitar el número de llamadas simultáneas y no sobrecargar el canal de comunicación.

2.7.2 SOFTWARE PARA TELEFONIA IP

2.7.2.1 Software libre

El software libre para telefonía IP, permite libertad en el uso del programa, ya que puede ser modificado según sea la necesidad del usuario.

Un ejemplo de este tipo de software para la telefonía IP es ASTERISK, que trabaja con varios protocolos para VoIP y se relaciona con el equipo estándar de telefonía IP utilizando hardware económico.

La solución basada en este tipo de software brinda muchas funciones y características para trabajar con sistemas de telefonía IP.

²⁵ [PSTN]: Public Switched Telephone Network

²⁶ [VoIP]: Voice Over Internet Protocol

²⁷ [ToIP]: Telephony Over Internet Protocol

Asterisk presenta muchas características, entre las cuales podemos destacar:

- Respuesta automatizada
- Listas negras
- Registros de llamadas detallados
- Desvió de llamadas si la extensión está ocupado
- Desvió de llamadas si la extensión no responde
- Monitorización de llamadas
- Grabación de llamadas
- Recuperación de llamadas
- Transferencia de llamadas
- Llamada en espera
- Bloqueo de llamante
- Identificación de llamante durante la llamada
- Conferencia de llamadas

2.7.2.2 Software licenciado

Existen empresas que venden software licenciado para la implementación de telefonía IP, entre las empresas más cotizadas en el mercado tenemos a CISCO, AVAYA.

Estas marcas mantienen en reserva el software que se implementara en la telefonía IP, así el usuario no podrá realizar cambio del mismo, sin autorización del propietario, por lo que este debe estar sujeto a las condiciones del fabricante

2.7.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TELEFONIA IP

2.7.3.1 Ventajas

- Integración de Smartphone.
- Facilidad de instalación.
- Con VoIP uno puede realizar una llamada desde cualquier lado que exista conectividad a internet. Dado que estos teléfonos IP transmiten su información a través de internet estos pueden ser administrados por su proveedor desde cualquier lugar donde exista una conexión. Esto es una ventaja para las personas que suelen viajar mucho, estas personas

pueden llevar su teléfono consigo siempre teniendo acceso a su servicio de telefonía IP.

- La telefonía IP permite hacer llamadas a un número de teléfono tradicional, sea este fijo o móvil.
- La implementación de una central IP, reduce costos en llamadas de larga y corta distancia, evitando la alta facturación por telefonía de la red pública conmutada y además se tiene mayor disponibilidad para los usuarios.
- Las llamadas telefónicas se pueden enrutar hacia cualquier teléfono IP que se encuentre conectado a la red de internet.
- La telefonía IP está abaratando costos de comunicaciones internacionales. La implementación de la calidad de servicio en los nuevos equipos de conectividad (*switches* y *routers*) permitirá que la telefonía IP sea muy prometedora.
- Simplicidad en la infraestructura ya que se tiene una única plataforma para voz y datos, lo que abarata costos de inversión y mantenimiento. Simplicidad, en el cableado; permite compartir un único punto de red entre la estación de trabajo y el teléfono.

2.7.3.2 Desventajas

- Dado que VoIP utiliza una conexión de red, la calidad de servicio se ve afectado por la calidad de esta línea de datos, esto quiere decir que la calidad de una conexión VoIP se puede ver afectada por problemas como la alta latencia (tiempo de respuesta) o la pérdida de paquetes.
- VoIP es susceptible a virus, gusanos y hacking, a pesar de que esto es muy raro y los desarrolladores de VoIP están trabajando en la encriptación para solucionar este tipo de problemas.
- VoIP necesita una conexión de banda ancha. Aun hoy en día, la constante expansión que están sufriendo las conexiones de banda ancha todavía hay hogares que tienen conexiones por módems, este tipo de conectividad no es suficiente para mantener una conexión fluida con VoIP.

2.8 VIDEOVIGILANCIA IP

Durante años los sistemas de videovigilancia han sido fundamentales en la protección de la infraestructura y bienes en instituciones, empresas, incluso hogares. En la actualidad estos sistemas de seguridad están adoptando la nueva tecnología digital y de networking, formando parte de redes convergentes, dejando atrás las viejas tecnologías analógicas. Existen dos grupos formados en el año 2008 con el objetivo de estandarizar el tema de videovigilancia IP en conjunto con seguridad física para instituciones, basada en IP. Estos grupos son: ONVIF²⁸ Y PSIA²⁹.

En la actualidad el fácil acceso a servicios de internet hace que sistemas de videovigilancia basados en IP puedan desplegarse de manera más fácil y rentable que sistemas tradicionales como un circuito cerrado de televisión (CCTV³⁰).

2.8.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA IP

Los componentes de un sistema de videovigilancia IP dependen de las necesidades, los principales a tomar en cuenta son:

2.8.1.1 Cámaras

Principal elemento para captura de video. Las cámaras capturan el video, realizan un proceso de compresión de los datos en bruto y los codifican en un formato estándar.

2.8.1.2 Software de gestión de video

Mediante este componente se puede mostrar y grabar la cadena de los diferentes canales o fuentes de captura de video y también es posible dirigir las acciones y movimientos de las cámaras mediante comandos de control.

²⁸ [ONVIF]: Open Network Video Interface Forum

²⁹ [PSIA]: Physical Security Interoperability Alliance

³⁰ [CCTV]: Circuito Cerrado de Televisión

2.8.1.3 Red

La red es donde se implementará este sistema, debe cumplir con lineamientos y requerimientos para el transporte de video por IP, convirtiéndose en el elemento que une los demás componentes dentro de un esquema convergente, pudiendo ser una red de área local o incluso el internet.

En la Figura 2.8 se muestra el esquema de un sistema de videovigilancia IP.

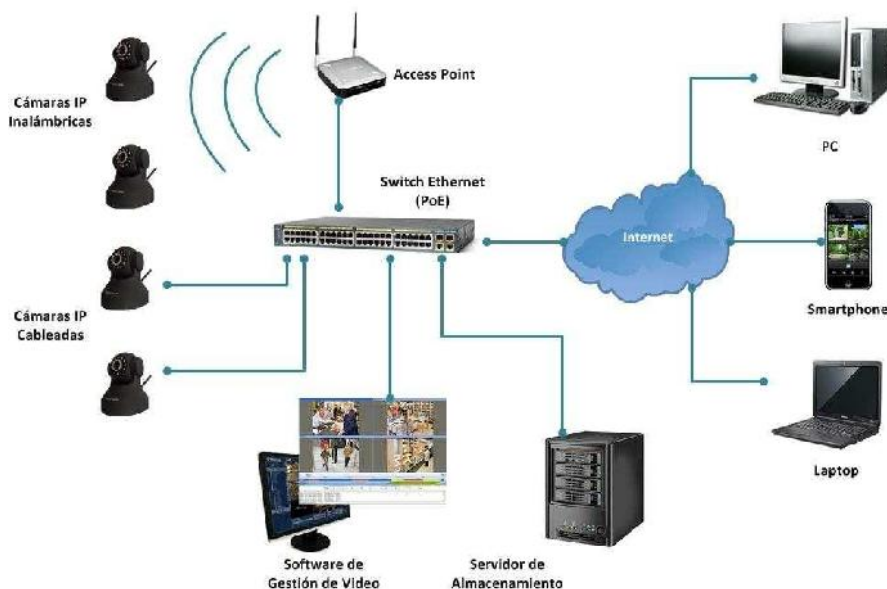


Figura 2.8 Esquema de un sistema de videovigilancia IP

En una aplicación de video en red, las secuencias de video digitalizado son transmitidas a cualquier lugar del mundo a través de una red IP ya sea con cables o de forma inalámbrica, permitiendo desde cualquier sector de la red la monitorización y grabación por video.

2.8.2 RESOLUCION DE VIDEO

La resolución de video es una característica que afecta directamente el consumo de ancho de banda por tráfico de video vigilancia. La calidad de imagen (función de la resolución) y el *frame rate* o velocidad de cuadro guardan una relación directa con la cantidad de ancho de banda requerido.

2.8.2.1 Resoluciones de video digital

Las expectativas de los usuarios para la resolución de los canales de video

vigilancia aumentan debido en parte a la introducción y adopción de televisión de alta definición (HDTV³¹) para la televisión abierta, con resoluciones superiores a un megapíxel.

2.8.2.2 Aspect ratio

El *Aspect ratio* o razón de aspecto es la relación entre el número de píxeles en las dimensiones horizontal y vertical de la imagen. Una relación de aspecto de 4:3 (1.33:1) es universal para cámaras de definición estándar. Para los formatos de HDTV, la razón de aspecto 16:9 (1.78:1) es la más general. En implementación de videovigilancia, la relación de aspecto HDTV es la más ventajosa por que los píxeles en la parte superior e inferior de la imagen son generalmente de menor importancia que los píxeles a lo ancho para tener un amplio campo de visión.

Mientras que la calidad de imagen se ve influenciada por la resolución configurada en la cámara; la calidad del lente, las condiciones de nitidez de enfoque, y la iluminación también entran en juego.

2.8.3 CODECS PARA COMPRESION DE VIDEO

Se puede escoger entre varios estándares o códecs de compresión con dos tipos de enfoque, uno con pérdida de información o datos que componen la secuencia de video y otro sin pérdidas. Al usar compresión sin pérdidas, los píxeles no se ven alterados, lo cual se interpreta como una imagen idéntica a la original luego de la compresión. El inconveniente es que se tiene una limitada relación de compresión o reducción de datos; como resultado, no es adecuado para soluciones de videovigilancia IP en las cuales se transmite y almacena un elevado volumen de información. Por esto fueron desarrollados otros estándares y métodos de compresión con pérdidas con el objetivo de disminuir las partes que el ojo humano no es capaz de percibir, logrando que la relación de compresión aumente significativamente.

Un códec es un dispositivo o programa implementado en software, hardware o en su combinación, que realiza la codificación y decodificación de una secuencia

³¹ [HDTV]: High Definition Television

de video digital. Se introduce el termino *frame rate* o velocidad de cuadro, que indica el número de cuadros por segundo (frames per second, fps) en la secuencia de video. En el marco de videovigilancia, un *frame* de video se refiere a una imagen o cuadro dentro de una secuencia de video, y puede consistir de varios paquetes IP o tramas de Ethernet.

Una secuencia de video es básicamente una secuencia de imágenes o cuadros. Al tener menos imágenes por segundo o una menor velocidad de cuadro, el video se percibe lento y entrecortado. A velocidades de cuadro más altas de hasta 30 cuadros por segundo, el movimiento del video aparece más suave y fluido, sin embargo, 15 cuadros por segundo puede ser adecuado para propósitos de visualización y grabación.

Entre los estándares más comunes para video digital se encuentran:

2.8.3.1 MOTION JPEG (MJPEG³²)

Motion JPEG (MJPEG) es un nombre trivial para aquellos formatos multimedia donde cada fotograma o campo entrelazado de una secuencia de video digital es comprimida por separado como una imagen JPEG. Es frecuentemente usado en dispositivos portátiles tales como cámaras digitales.

El motion JPEG utiliza tecnología de codificación intracuadro, que es muy similar en tecnología a la parte I-frame de los estándares de codificación como el MPEG-1 y el MPEG-2, sin emplear la predicción intercuadro. La ausencia del uso de la predicción intercuadro conlleva a una pérdida en la capacidad de compresión, pero facilitando la edición de video, dado que se pueden realizar ediciones simples en cualquier cuadro cuando todos estos son I-frames. Los formatos de codificación tales como el MPEG-2 pueden ser también utilizados basándose meramente en este principio para proveer capacidades similares de compresión y de edición.

Usando solamente compresión intracuadro hace además el grado de la capacidad de compresión independiente de la cantidad de movimiento de la escena, puesto que la predicción temporal no es usada, el usar la predicción

³² [MJPEG]: Motion Joint Photographic Expert Group

temporal puede substancialmente mejorar la capacidad de compresión, haciendo no obstante el rendimiento de está dependiendo en que tan bien se desempeña la compensación de movimiento para el contenido de la escena. Por esto, se utiliza en cámaras de vigilancia donde sólo se toma un cuadro por segundo, en el tiempo donde podría haber grandes cantidades de cambio.

2.8.3.2 MPEG-4

El códec MPEG-4 utiliza algoritmos de predicción para alcanzar mayores niveles de compresión que MJPEG manteniendo la calidad de la imagen. Cuadros de video llamados *I-frames*, los cuales son imagines JPEG independientes similares a un cuadro MJPEG, son transmitidos completos periódicamente y usados como punto de referencia para los cuadros predictivos. Los cuadros de video restantes *P-frames* únicamente contienen información que ha cambiado desde el cuadro previo.

La compresión, MPEG-4 se basa en los siguientes tipos de cuadro de video:

- I-frames (intraframes decodificables independientemente). Son llamados también cuadros *key* o cuadros clave y contienen todos los datos necesarios para mostrar una imagen en un cuadro individual.
- P-frames (cuadros predecibles). Contienen solo datos de imagen que han cambiado desde el cuadro anterior.
- B-frames (cuadros predecibles bidireccionales). Hacen referencia a datos tanto de cuadros precedentes como de cuadros futuros.

MPEG-4 es muy usado por fabricantes en la industria de videovigilancia hoy en día.

2.8.3.3 H.264/MPEG-4 AVC

H.264 es el estándar de compresión de video digital de nueva generación, es también conocido como MPEG-4 parte 10. Se ha desarrollado para el uso en sistemas de video de alta definición como HDTV y *Blu-ray* donde hay una fuerte necesidad de almacenar y transmitir alta definición de forma más eficiente.

CAPITULO III

DISEÑO DE LA RED CONVERGENTE PARA DATOS, TELEFONIA IP Y VIDEOVIGILANCIA

3.1 INTRODUCCION

En este capítulo se presentarán todas las consideraciones y aspectos relacionados con el diseño de la red convergente, se contemplan los elementos de cableado estructurado y componentes activos de la red conformando la infraestructura principal, incluyendo y haciendo énfasis en los servicios del ámbito de convergencia como son Telefonía IP y Videovigilancia IP de acuerdo a lo planteado en los objetivos del proyecto.

3.2 INFRAESTRUCTURA DEL LABORATORIO DE INGENIERIA ELECTRONICA

La Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo se encuentra ubicada entre las Av. Huamachuco y Juan XXIII, dentro de esta prestigiosa universidad se encuentra ubicado el laboratorio de Ingeniería Electrónica.

Este moderno edificio inaugurado en marzo del 2010 cuenta con ambientes administrativos y de enseñanza. En la Figura 3.1 se encuentra la ubicación del laboratorio de Ingeniería Electrónica dentro de la “Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo”.



Figura 3.1 Ubicación del laboratorio de Ingeniería Electrónica

3.2.1 AMBIENTES DEL LABORATORIO DE INGENIERIA ELECTRONICA

El laboratorio de Ingeniería Electrónica cuenta con tres pisos en los cuales funcionan los siguientes ambientes:

Primer Piso:

- Laboratorio de Electrónica de Potencia y Maquinas Eléctricas.
- Laboratorio de Control y Automatización Avanzado.
- Centro de Producción.
- 1 Almacén.

Segundo Piso:

- Laboratorio de Computación.

Tercer Piso:

- Laboratorio de Electrónica Digital.

- Laboratorio de Telecomunicaciones.
- Almacén.
- Sala de Profesores.
- Investigación Desarrollo – Sala de Reuniones.
- Departamento de Escuela.
- Dirección de Escuela.
- Secretaria.

3.3 DISEÑO DEL CABLEADO ESTRUCTURADO.

3.3.1 SELECCION DEL MEDIO DE TRANSMISION.

Se optará por el uso de cable UTP categoría 6A como medio de transmisión para el cableado horizontal, argumentado en las siguientes consideraciones:

- El cable UTP Categoría 6A es menos susceptible a fenómenos como diafonía e interferencia electromagnética, minimizando la degradación de la señal de transmisión ya que posee un mayor trenzado entre pares que las categorías predecesoras.
- Con la elección de esta categoría de cable se tiene una vida útil de hasta 20 años, siendo esta selección apropiada para futuras tecnologías manteniendo la misma infraestructura de cableado, justificando así la inversión a realizar.
- Presenta un ancho de 500 MHz, posibilita alcanzar velocidades de transmisión de hasta 10 Gbps en una distancia máxima de 100 metros a diferencia del cable UTP categoría 6 que posee un ancho de banda de 250 MHz el cual presenta una transmisión máxima de 1 Gbps en enlaces de hasta 100 metros.

Para el cableado vertical o Backbone se optará por el uso de fibra óptica multimodo 62.5/125 μm , argumentado en las siguientes consideraciones:

- La fibra óptica multimodo 62.5/125 μm es la estándar para las comunicaciones LAN, así como para redes Ethernet, Token Ring y FDDI.
- Las normas TIA/EIA 568-B y las recientes normas TIA/EIA 568-C en ningún caso permiten un enlace de fibra óptica directo a las tomas de telecomunicaciones del usuario y el distribuidor principal.
- El equipamiento óptico para este tipo de fibra es generalmente más económico que el monomodo, sin embargo, el cable de fibra multimodo es normalmente más caro que el cable de fibra monomodo, pero para distancias cortas, el ahorro en el equipo óptico puede equilibrar el costo.
- La fibra óptica multimodo 62.5/125 μm alcanza velocidades de 10 Gbps a una distancia de 33 metros, además un gran ancho de banda y una mínima atenuación.

3.3.2 UBICACIÓN Y DISEÑO DE LOS ESPACIOS EN EL EDIFICIO

3.3.2.1 Ubicación y Diseño (Segundo Piso)

Espacio de Telecomunicaciones n°1

El gabinete n°1 estará en el área del laboratorio de Computación y dará acceso a los servicios de la red convergente al primer y segundo piso respectivamente.

En el primer piso dará cobertura a los siguientes ambientes:

- Laboratorio de Electrónica de Potencia y Maquinas Eléctricas.
- Laboratorio de Control y Automatización Avanzado.
- Centro de Producción.
- Almacén.

En el segundo piso dará cobertura a los siguientes ambientes:

- Laboratorio de Computación.

El gabinete contara con los siguientes elementos:

- Una bandeja para fibra óptica.
- Un organizador horizontal para cable.
- Un patch panel.
- Una regleta eléctrica de 220V.

Se requerirán 3 switch con 48 puertos Ethernet con soporte para fibra óptica para los ambientes del primer piso y un Switch con 48 puertos Ethernet con soporte para fibra óptica para los ambientes del segundo piso para la conexión.

3.3.2.2 Ubicación y Diseño (Tercer Piso)

Espacio de Telecomunicaciones n°3

Los gabinetes del tercer piso estarán en el área de Investigación Desarrollo – Sala de Reuniones y darán acceso a los servicios de la red convergente a los siguientes ambientes:

- Laboratorio de Electrónica Digital.
- Laboratorio de Telecomunicaciones.
- Investigación Desarrollo – Sala de Reuniones.
- Sala de Profesores.
- Departamento de Escuela.
- Dirección de escuela.
- Secretaria.
- Almacén.

Los gabinetes contarán con los siguientes elementos:

- Una bandeja de fibra óptica.
- Un organizador horizontal para cable.
- Un patch panel.
- Una regleta eléctrica de 220V.

Se requerirán 3 switch de 48 puertos, 3 switch de 24 puertos y un firewall con soporte para fibra óptica, además 5 servidores.

3.3.2.3 Puntos Dobles

Para el diseño se considera que por cada usuario se tendrá un punto doble, cada uno de los cuales están inicialmente planificados para una salida de datos y una salida de voz, de acuerdo al ambiente en donde se encuentren. A continuación se detalla el número de puntos dobles en las diferentes áreas de cada piso.

DISTRIBUCION PRIMER PISO	
AREA	PUNTO DOBLES
Laboratorio de Electrónica de Potencia y Maquinas Eléctricas	20
Laboratorio de Control y Automatización Avanzado	20
Centro de Producción	7
Almacén	2
TOTAL	49

Tabla 3.1 Distribución de puntos de red dobles en el área del primer piso.

DISTRIBUCION SEGUNDO PISO	
AREA	PUNTOS DOBLES
Laboratorio de Computación	22
TOTAL	22

Tabla 3.2 Distribución de puntos de red dobles en el área del segundo piso.

DISTRIBUCION TERCER PISO	
AREA	PUNTOS DOBLES
Laboratorio de Electrónica Digital	20
Laboratorio de Telecomunicaciones	8
Investigación Desarrollo - Sala de Reuniones	4
Sala de Profesores	6
Departamento de Escuela	3
Dirección de Escuela	2
Secretaria	2
Almacén	2
TOTAL	47

Tabla 3.3 Distribución de puntos de red dobles en el área del tercer piso.

3.3.2.4 Puntos Simples

Adicionalmente se requieren puntos simples con una salida de telecomunicaciones en ciertas áreas del edificio para funciones específicas como como uso de puntos de acceso inalámbrico, sistema de videovigilancia y salidas de datos. Estos puntos se describen en la Tabla 3.4.

PRIMER PISO	
Videovigilancia	8
TOTAL PRIMER PISO	8
SEGUNDO PISO	
Videovigilancia	3
TOTAL SEGUNDO PISO	3
TERCER PISO	
Laboratorio de Telecomunicaciones	24
Videovigilancia	12

Puntos para Access Point	2
TOTAL TERCER PISO	38
TOTAL DE PUNTOS SIMPLES	49

Tabla 3.4 Distribución de puntos de red simples por piso

3.3.2.5 Total de Salidas de Telecomunicaciones

La Tabla 3.5, resume el número total de salidas dobles y simples por cada piso del laboratorio de Ingeniería Electrónica, contemplándose un total de 285 salidas contempladas en el diseño.

TOTAL DE PUNTOS EN EL LABORATORIO DE ELECTRONICA			
PISO	PUNTOS DOBLES	PUNTOS SIMPLES	TOTAL DE SALIDAS
Primer Piso	49	8	106
Segundo Piso	22	3	47
Tercer Piso	47	38	132
TOTAL	118	49	285

Tabla 3.5 Total de salidas de telecomunicaciones

3.3.3 DISEÑO DEL CABLEADO HORIZONTAL

3.3.3.1 Cálculo del número de rollos de cable UTP Cat. 6A

Para calcular el número de rollos necesarios se empleará el método aproximado, a continuación se muestra el ejemplo de cálculo para el primer piso del edificio según los planos de la institución.

Distancia Máxima: Para calcular este valor se toma como referencia el punto de red más distante del cuarto de telecomunicación o gabinete ubicado en el piso, adicionando el valor de la altura del piso, en donde se considera el bajante correspondiente a la salida de telecomunicaciones en el área de trabajo y la altura del patch panel en el cuarto de telecomunicaciones o gabinete. El cálculo de la distancia máxima con el valor de la altura del piso será:

$$\text{Altura del piso} = 3.40 \text{ m}$$

$$\text{Distancia al punto de red más lejano} = 53 \text{ metros}$$

$$D_{\text{máx}} = [53 + 2(3.40)] \text{ m} = 60 \text{ m}$$

Distancia Mínima: Para calcular este valor se toma como referencia el punto de red más cercano al cuarto de telecomunicaciones o gabinete ubicado en el piso, igualmente adicionando el valor de la altura del piso para el bajante en el área de trabajo y la altura desde el patch panel en el cuarto de telecomunicaciones o gabinete. El cálculo de la distancia mínima con el valor de la altura del piso será:

$$\text{Altura del piso} = 3.40 \text{ m}$$

$$\text{Distancia al punto de red más cercano} = 3.80 \text{ m}$$

$$D_{\text{mín}} = [3.80 + 2(3.40)] \text{ m} = 11 \text{ m}$$

Distancia Promedio: Es el promedio entre la distancia máxima y la distancia mínima.

$$D_{\text{prom}} = \frac{D_{\text{máx}} + D_{\text{mín}}}{2} = 35.5 \text{ m}$$

Holgura: Se considera un 10% de holgura más 2.5 metros en el cálculo de la distancia promedio, según lo que determina el cálculo mediante el método aproximado de la norma ANSI/EIA/TIA-568-C.

$$D_{\text{prom}}' = (1.1 * 35.5) \text{ m} = 39.05$$

$$D_{\text{prom}}'' = D_{\text{prom}}' + 2.5 \text{ m} = 41.55$$

Número de corridas: Se determina realizando el siguiente cálculo:

$$\text{Número de corridas} = \frac{\text{Longitud del rollo}}{D_{\text{prom}}''}$$

$$\text{Número de corridas} = \frac{305 \text{ m}}{41.55 \text{ m}} = 7.34 \text{ m}$$

Número de Rollos: El número de rollos de cable se determina realizando el siguiente cálculo, el cual se aproxima al inmediato superior si sobrepasa el 50% del valor decimal.

$$\text{Número de rollos} = \frac{\text{Número de puntos de red}}{\text{número de corridas}}$$

$$\text{Número de rollos} = \frac{106}{7.34} = 14 \text{ rollos}$$

La Tabla 3.6 exhibe el resumen del cálculo realizado para cada piso del edificio.

Piso	Dmáx (m)	Dmín (m)	Dprom'' (m)	Número de Corridas	Número de Puntos	Rollos de Cable UTP Cat. 6A
1° Piso	60	11	41.55	7.34	106	14
2° Piso	33.12	9.92	26.172	11.65	47	4
3° Piso	60	8.6	40.23	7.58	132	17
TOTAL					285	35

Tabla 3.6 Total de rollos de cable UTP categoría 6A

3.3.3.2 Recorrido del Cableado Horizontal

Para el recorrido horizontal del cableado horizontal se propone un semi-anillo que recorrerá el interior de cada ambiente del laboratorio de Ingeniería Electrónica.

Este recorrido se acoplara al diseño estructural del edificio, considerando que el edificio posee una arquitectura similar en todos los pisos. Esta distribución se repetirá de igual forma para todos los pisos.

El recorrido principal estará conformado por bandejas rejillas, las cuales consideramos tendrán un grado de ocupación de 30%, llegando a un 40% de ocupación del recorrido como máximo. Para las bajantes hasta las estaciones de trabajo se empleara canaleta decorativa. En las Tablas 3.7, 3.8 y 3.9 se presentan las especificaciones tanto para la ductería en el recorrido principal, como para los bajantes.

Soporte de Malla para el Recorrido Principal	Alto (mm)	Ancho (mm)	Largo (Mt)	Cantidad de Cables UTP Cat. 6A por Bandeja
	105	200	3	No especificado por el fabricante

Tabla 3.7 Bandeja para el recorrido principal del cableado horizontal

Canaleta Decorativa	Ancho (mm)	Alto (mm)	Área (mm ²)	Capacidad de Cables UTP Cat. 6A
	15	10	104	1
	60	16	600	6
	40	25	1000	13
	60	40	1870	30

Tabla 3.8 Canaletas decorativas para el cableado horizontal


Canaleta Decorativa de Piso	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (Mt)	Capacidad de Cables UTP Cat. 6A
	60	13	2	10

Tabla 3.9 Canaleta decorativa de piso para el cableado horizontal

3.3.4 DISEÑO DEL CABLEADO VERTICAL

En el diseño del cableado vertical se debe considerar una distribución con la cual se permita que la interconexión del cuarto de telecomunicaciones con los gabinetes sea lo más verticalmente posible entre cada uno de los pisos. Para la interconexión del cableado vertical se empleara fibra óptica para conectar los espacios de telecomunicaciones, localizados en el segundo y tercer piso del laboratorio de Ingeniería Electrónica.

Se utilizara fibra óptica multimodo 62.5/125 μm para los enlaces entre el cuarto de telecomunicaciones y equipos (ubicado en el tercer piso) y el gabinete de telecomunicaciones ubicado en el segundo piso.

Cada gabinete contendrá una bandeja de fibra óptica y los conectores serán tipo LC.

En la Figura 3.5 se muestra el esquema de conexión que se empleara para el cableado vertical.

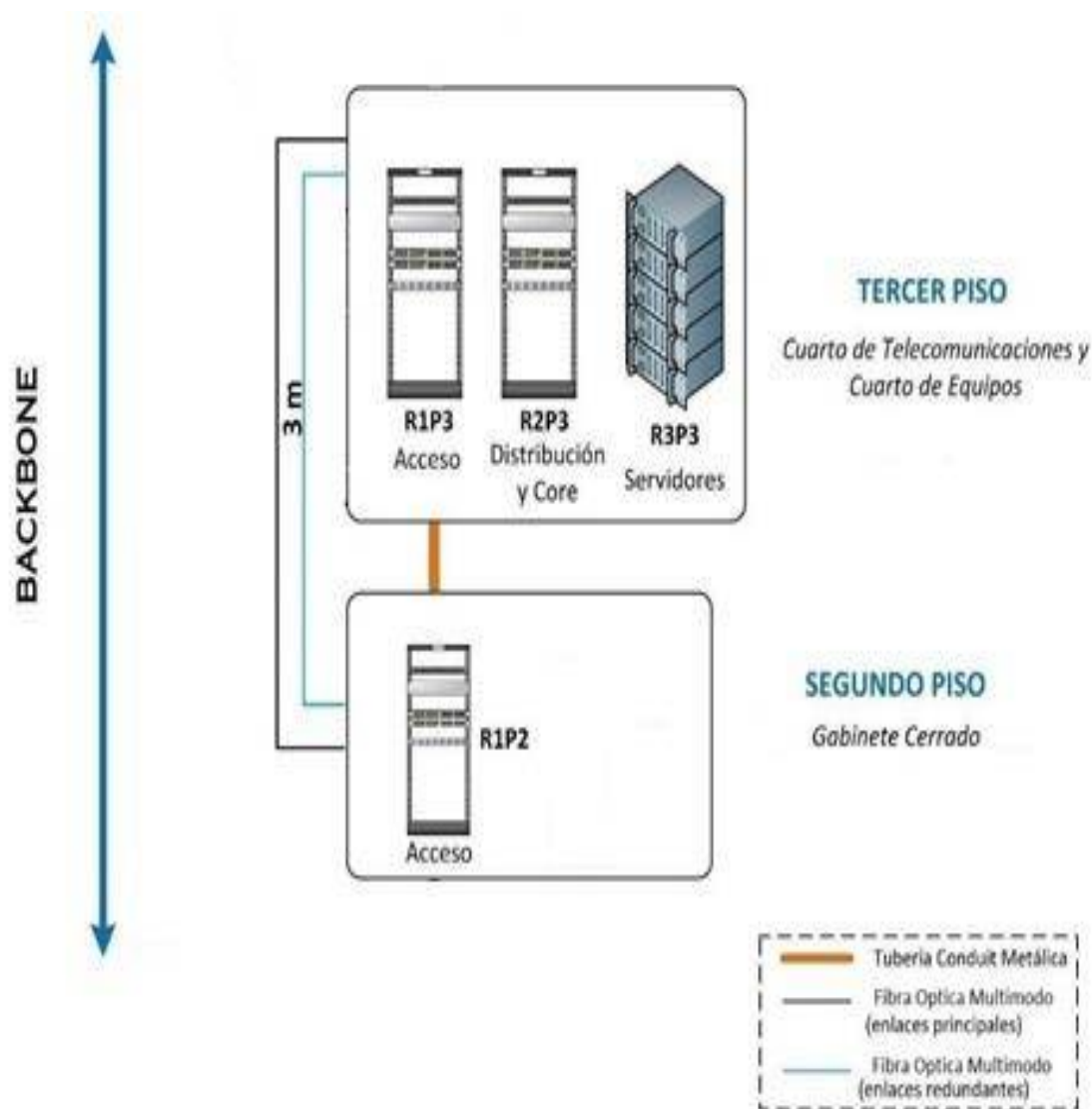


Figura 3.5 Diagrama unifilar del cableado vertical

3.3.5 ETIQUETADO

El etiquetado en un sistema de cableado estructurado es fundamental para proveer una administración más uniforme, los lineamientos de la norma ANSI/TIA/EIA 606B especifican la administración de un sistema de cableado estructurado de manera general para adaptarse a múltiples productos y un entorno de múltiples proveedores.

La norma ANSI/TIA/EIA 606B establece cuatro niveles para el tipo de instalación, locación o edificación en la que se encontrara el cableado estructurado:

- Clase I: Hace referencia a sistemas que están en un edificio y tienen solamente un cuarto de telecomunicaciones.
- Clase II: Para sistemas que están en único edificio pero que se extienden por varias plantas, existiendo varios rack de telecomunicaciones.
- Clase III: Para sistemas de campus, donde existen varios edificios y cableado de Backbone entre edificios.
- Clase IV: Para sistemas que están formados por la unión de varios sistemas de campus.

La infraestructura del cableado estructurado en el Laboratorio de Ingeniería Electrónica se encuentra dentro de la Clase II con un solo edificio, en base a lo cual se plantea el etiquetado para las diferentes salidas de telecomunicaciones y demás elementos que confirman el sistema de cableado estructurado.

Para los espacios de telecomunicaciones se tomará en cuenta un identificador de piso, cada gabinete de piso se identificara con una letra. El estándar señala el uso de un sistema de coordenadas en el piso para identificar cada gabinete de acuerdo a su ubicación espacial, este sistema es adecuado para centro de datos pero en el caso del laboratorio de ingeniería electrónica se utiliza la opción especificada en normas anteriores, lo cual es permitido por el estándar ANSI/TIA/EIA 606B.

Las patch panels se identifican de acuerdo a su posición en el rack o gabinete, tomando en cuenta las unidades rack contando desde la parte inferior. Adicionalmente con estos lineamientos se identificarán los demás elementos del cableado como son cables y salidas de telecomunicaciones. En la Figura 3.6 se muestra un ejemplo del código a ser usado.

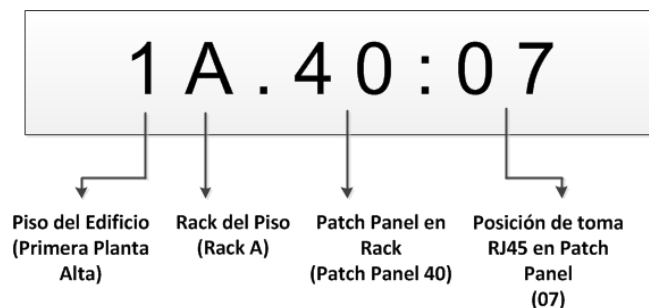


Figura 3.6 Ejemplo de código a ser usado en el etiquetado

3.3.6 RESUMEN DE MATERIALES

En la Tabla 3.10 se presenta el resumen de materiales necesarios para el diseño propuesto.

CABLEADO ESTRUCTURADO	
ITEM	CANTIDAD
Racks y Accesorios	
Gabinete de Piso 19" x 42U	2
Gabinete para Servidores 19" x 42U	1
Patch Panel 48 Puertos Categoría 6A	8
Bandeja de Fibra Optica	3
Organizador Horizontal de Cable 2U	8
Organizador Vertical para Rack 42U Ranurado	3
Regleta de Energía para Rack, 220V	3
Faceplates y Accesorios	
Faceplate Horizontal Doble	118
Faceplate Horizontal Simple	49
Caja de Montaje en Superficie para Faceplate	167
Jack RJ45 Categoría 6ª	285
Conector RJ45 Cat. 6ª	285
Conector LC 62.5/125	24
Cableado	
Rollo de Cable UTP Cat. 6ª	35
Fibra Optica OM1 62.5/125 Multimodo	1
Patch Cord Categoría 6A de 10 Pies	285
Patch Cord Categoría 6A de 7 Pies	78
Canaletas, Bandejas y Accesorios	
Bandeja Rejilla 75X200X3000 mm	30
Soportes de Suspensión Vertical para Bandeja Rejilla	240
Unión Lateral Zinc Plus (25 und)	2
Canaleta 60 mm x 40 mm	84
Canaleta 40 mm x 25 mm	19
Canaleta 60 mm x 16 mm	45
Canaleta de Piso 60 mm x 13 mm	33
Canaleta 15x10 mm	23
Angulo Externo 60 mm x 40 mm	16
Angulo Interno 40 mm x 25 mm	16
Angulo Externo 40 mm x 25 mm	6
Angulo Interno 60 mm x 16 mm	19
Angulo Externo 60 mm x 16 mm	15
Angulo Plano 60mm x 40 mm	16
Caja de Pase de Pared Galvanizada S/T	10

Tabla 3.10 Resumen de materiales para el diseño del cableado estructurado

3.4 DISEÑO DE LA RED ACTIVA DEL LABORATORIO DE INGENIERIA ELECTRONICA

El diseño de la red activa del laboratorio de ingeniería electrónica estará fundamentado en el modelo de red jerárquico, el cual presenta diversas bondades al ser un esquema modular, ya que cada capa que lo compone está destinada a efectuar funciones específicas, lo cual logra optimizar el desempeño y administración.

Además este modelo de red es fácilmente escalable por lo cual la red puede ser extendida de ser necesario, minimizando el impacto en el rendimiento que podría generar la adición de nuevos equipos.

3.4.1 CAPA DE ACCESO

En la Tabla 3.11 se muestra el número de switches de acceso por piso necesarios en el diseño.

CAPA DE ACCESO					
PISO	Puertos de Acceso	Puertos Troncales	Numero de Switches	Puertos Totales	Puertos Disponibles
PRIMER PISO	106	6	(3) x SW de 48 puertos + 2 puertos troncales	150	38
SEGUNDO PISO	47	2	(1) x SW de 48 puertos + 2 puertos troncales	50	1
TERCER PISO	132	6	(3) x SW de 48 puertos + 2 puertos troncales	150	12
TOTAL	285	14	(7) x SW de 48 puertos + 2 puertos troncales	350	51

Tabla 3.11 Switches de la capa de acceso

Los puertos disponibles en cada uno de los equipos serán para una posible expansión a futuro. Además todos los switches en la capa de acceso contarán con un doble enlace troncal al switch de Distribución ofreciendo así características de redundancia.

3.4.1.1 Analisis del Trafico en los Equipos de la Capa de Acceso

Para poder calcular las características de los switches de la capa de acceso, se efectura el cálculo de tráfico estimado que cursara por estos equipos en las peores condiciones adicionando el tráfico generado por de los servicios de telefonia IP y videovigilancia IP.

3.4.1.1.1 Tráfico Telefónico

El trafico telefonico se encontrará clasificado como primordial en la red, por lo que sera necesario garantizar una tasa de transmision constante para este servicio.

Los telefonos IP contemplados en el diseño utilizaran el codec G.711, el cual genera un tráfico máximo de 174.4 Kbps por terminal, cálculo que será detallado más adelante. Se tendra un total de 19 terminales distribuidos en los switches de acceso.

3.4.1.1.2 Tráfico de Videovigilancia

Este tipo de trafico es un flujo constante de tipo unidireccional generado esencialmente hacia el servidor de videovigilancia. Las cámaras contempladas en el diseño utilizarán codificación H.264 a una tasa de transmisión de 6,88 Mbps, el cálculo de este valor sera detallado más adelante. Se tendrá un total de 23 cámaras distribuidas en los switches de acceso.

3.4.1.1.3 Tráfico de Datos

El tráfico de datos es diverso, por lo que se considera las siguientes categorias más representativas:

3.4.1.1.3.1 Tráfico de Correo Electrónico

Para el tráfico generado por el correo electrónico se toma como máximo un mensaje de 5 Mbytes, incluyendo archivos adjuntos que este pueda contener, además se contempla que un usuario recibe en promedio 5 correos en un día, por lo que se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{Tráfico de correo (x usuario)} = \frac{5 \text{ Mbytes}}{1 \text{ correo}} * \frac{5 \text{ correos}}{1 \text{ día}} * \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ s}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} = 0.0023 \text{ Mbps}$$

3.4.1.1.3.2 Tráfico de Internet

En el tráfico de internet se considera el tamaño promedio de una pagina web, el tamaño minimo de una página web es de 507 Kbytes y el tamaño máximo 6.9 Mbytes según estadísticas³³, por lo que se considerará 3.7 Mbytes como promedio para relizar el cálculo de este tráfico. Se considera que un usuario visita 10 páginas web en un día por lo que se tiene el siguiente cálculo:

$$\text{Tráfico de Internet (x usuario)} = \frac{3.7 \text{ Mbytes}}{1 \text{ Pág. Web}} * \frac{10 \text{ Págs. Web}}{1 \text{ día}} * \frac{1 \text{ día}}{86,400 \text{ s}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} = 0.0034 \text{ Mbps}$$

3.4.1.1.3.3 Consultas a los servidores de BDD

Para el tráfico generado por motivo de consultas a las bases de datos del laboratorio de Ingeniería Electrónica, se realiza la consideración de que cada consulta efectuada tiene un tamaño 250 Kbytes, y un usuario promedio realiza 2 consultas en un día, por lo que se presenta el siguiente cálculo:

$$\text{Tráfico de BDD (x usuario)} = \frac{250 \text{ kbytes}}{1 \text{ consulta}} * \frac{2 \text{ consultas}}{1 \text{ día}} * \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ s}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} = 0.046 \text{ Mbps}$$

3.4.1.2 Velocidad de Conmutacion Necesaria para Switches de Acceso

La velocidad de conmutación o tasa de reenvío, es la capacidad que posee un switch para procesar una cantidad determinada de tráfico generado por el flujo de datos simultáneo en cada uno de los puertos, por ejemplo si un switch de 24 puertos gigabit ethernet transmitiese a la velocidad máxima en cada puerto, la velocidad de conmutación ideal para este dispositivo seria 24 Gbps para que no se origine encolamiento en el bufer de almacenamiento. El cálculo de la velocidad de conmutación a considerar para los switch de acceso estará basada en los cálculos realizados anteriormente, considerando las peores condiciones, como se presenta en el siguiente ejemplo:

Para el ejemplo se tomará como referencia los equipos de acceso del primer piso, en donde se tiene previsto 104 terminales de datos, 10 terminales de voz y 8 terminales de video.

³³ <http://www.websiteoptimization.com/speed/tweak/average-web-page>

Se considerará para el efecto un factor de simultaneidad en la transmisión, el cual aproxima el porcentaje de terminales concurrentes en cada switch, para el presente cálculo se empleará un factor de 70%, considerado un valor adecuado para solventar situaciones en donde se presente un gran flujo de tráfico.

Este factor se fundamenta en que se estima que no todos los usuarios del laboratorio de Ingeniería Electronica utilizarán todos los recursos de red de forma simultanea, además se prevee que el sistema de videovigilancia IP maneje un esquema de grabación por detección por evento, con lo cual se reducirá el tráfico cursado por la red.

$$\begin{aligned}
 V_{\text{conmutacion}} (\text{Primer Piso}) = & ((\# \text{ de terminales de datos} * \text{tráfico de datos (Full Duplex)}) + \\
 & (\# \text{ de terminales telefonicos} * \text{tráfico telefonico (Full Duplex)}) + \\
 & (\# \text{ de terminales de video} * \text{tráfico vigilancia (Half Duplex)}) \\
 & * \text{Factor de simultaneidad}
 \end{aligned}$$

$$V_{\text{conmutacion}} (\text{Primer Piso}) = ((96 * (0.0023 + 0.0034 + 0.046) * 2) + 10 * (0.0872 * 2) + 8 * (6.88)) * 0.7$$

$$V_{\text{conmutacion}} (\text{Primer Piso}) = 0.047 \text{ Gbps}$$

Esta capacidad de conmutacion estará distribuida entre los 3 switches de acceso (SWA1-PP, SWA2-PP, SWA3-PP) dispuestos en la planta baja.

$$V_{\text{conmutacion necesaria}} (\text{SWA1-PP}) = 0.016 \text{ Gbps}$$

$$V_{\text{conmutacion necesaria}} (\text{SWA2-PP}) = 0.016 \text{ Gbps}$$

$$V_{\text{conmutacion necesaria}} (\text{SWA3-PP}) = 0.016 \text{ Gbps}$$

La Tabla 3.12 contiene el resumen de los valores de la velocidad de conmutación necesaria para cada uno de los switches de acceso para las distintas plantas del edificio.

PISO	Terminales de Datos	Terminales de Voz	Terminales de Video	Número de Switches	Velocidad de Conmutación Mínima
Primer Piso	96	10	8	(3) SW de 48 puertos	SWA1-PP = 0.017 Gbps SWA2-PP = 0.017 Gbps SWA3-PP = 0.017 Gbps Total = 0.051 Gbps
Segundo Piso	46	1	3	(1) SW de 48 puertos	SWA1-SP = 0.018 Gbps Total = 0.018 Gbps
Tercer Piso	124	8	12	(3) SW de 48 puertos	SWA1-TP = 0.023 Gbps SWA2-TP = 0.023 Gbps SWA3-TP = 0.023 Gbps Total = 0.068 Gbps

Tabla 3.12 Velocidad de conmutación necesaria para los switches de acceso

3.4.1.3 Características Necesarias para los Switches de Acceso

La Tabla 3.13 contiene las funcionalidades que deben soportar los switches de acceso propuestos para este diseño.

CARACTERISTICAS GENERALES	
✓	48 Puertos 10/100/1000 BASE - TX
✓	2 Puertos SFP 1000 BASE - SX
✓	Velocidad de conmutación necesaria 2Gbps
✓	Tipo de conmutación: Store & Forward
✓	Conmutación a nivel de capa 2
✓	Auto - Sensing MDI/MDI-X según el tipo de cable conectado
✓	Seguridad de Puerto
PROTOCOLOS SOPORTADOS	
Protocolo	Descripción
IEEE 802.3u	Fast Ethernet
IEEE 802.3ab	Gigabit Ethernet
IEEE 802.3af	Power Over Ethernet (PoE) (15.4 W)
IEEE 802.3x	Control de Flujo
IEEE 802.1q	Vlan Trunking
IEEE 802.1p	Asignación de Prioridades (CoS)
IEEE 802.1d	Spanning Tree
IEEE 802.1w	Rapid Spanning Tree
SSH	Acceso remoto de forma segura
SNMP v3	Administración del dispositivo, proveyendo encriptación

Tabla 3.13 Especificaciones necesarias para los switches de acceso

3.4.2 CAPA DE DISTRIBUCION

Los equipos de esta capa serán los encargados de procesar el flujo de datos proveniente de la capa de acceso, antes de llegar a la capa de núcleo, disminuyendo así la cantidad de procesamiento que tenga que realizar el switch de core. Para el diseño de esta capa se considera dos switches los cuales proveerán redundancia a nivel de equipo y de enlaces, ya que cada switch de acceso dispondrá de un enlace troncal a cada uno de estos equipos. En la Tabla 3.14 se presenta el número de switches de distribución a emplear.

CAPA DE DISTRIBUCION					
EQUIPO	Enlaces Acceso - Distribución	Enlaces Troncales	Puertos Disponibles	Ubicación	Etiquetado
Switch de Distribución (Principal) 24 puertos + 2 puertos troncales	8	2	16	C.T. Tercer Piso	SWD1-TP
Switch de Distribución (Redundante) 24 puertos + 2 puertos troncales	8	2	16	C.T. Tercer Piso	SWD2-TP
TOTAL	16	4	32		

Tabla 3.14 Switches de la capa de distribución

3.4.2.1 Velocidad de Conmutación Necesaria para los Switches de Distribución

La velocidad de conmutación mínima que debe proveer el switch de distribución está relacionada con el flujo máximo de tráfico que debe procesar proveniente de los enlaces con los switches de acceso, a continuación se presenta el cálculo:

Vconmutacion (Switch de Distribución) =

*(# Enlaces Troncales Acceso-Distribución * Tráfico Total)*

$$= (3 * (0.017) + 1 * (0.018) + 3 * (0.023)) \text{ Gbps} = 0.14 \text{ Gbps}$$

Esta capacidad de conmutación está distribuida en los 2 switches de distribución:

Vconmutación (SWD1 – TP) = 0.07 Gbps

Vconmutación (SWD2 – TP) = 0.07 Gbps

3.4.2.2 Características Necesarias para los Switches de Distribución

La Tabla 3.15 contiene las funcionalidades requeridas para los switches de distribución.

CARACTERISTICAS GENERALES	
✓	24 Puertos 10/100/100 BASE - TX
✓	2 Puertos SFP 1000 BASE - SX
✓	Velocidad de conmutación necesaria 3.9 Gbps
✓	Tipo de conmutación: Store & Forward
✓	Funcionalidades a nivel de capa 3
✓	Auto - Sensing MDI/MDI-X según el tipo de cable conectado
✓	Auto - Negociación Full Dúplex o Half Dúplex
PROTOCOLOS SOPORTADOS	
Protocolo	Descripción
IEEE 802.3ab	Gigabit Ethernet
IEEE 802.3x	Control de Flujo
IEEE 802.1q	Vlan Trunking
IEEE 802.1p	Asignación de Prioridades (CoS)
IEEE 802.1d	Spanning Tree
IEEE 802.1w	Rapid Spanning Tree
SSH	Acceso remoto de forma segura
SNMP v3	Administración del dispositivo, proveyendo encriptación

Tabla 3.15 Especificaciones necesarias para switches de distribución

3.4.3 CAPA DE NUCLEO

El switch de core es el backbone de la red interna, a este equipo estarán conectados los switches de distribución y también los servidores del laboratorio de Ingeniería Electrónica como se señala en la Tabla 3.16. No se considerará redundancia a nivel de equipos en esta capa, sin embargo, se provisionará de un equipo de altas prestaciones.

CAPA DE NUCLEO					
EQUIPO	Enlaces Distribución - Núcleo	Enlaces Servidores	Puertos Disponibles	Ubicación	Etiquetado
Switch de Núcleo 24 puertos	4	5	15	C.T. Tercer Piso	SWC1-TP

Tabla 3.16 Switch de la capa de núcleo

3.4.3.1 Velocidad de Conmutación Necesaria para el Switch de Core

La velocidad de conmutación que debe proveer el switch de core está relacionada con el flujo máximo de tráfico que debe procesar proveniente de los enlaces con los switch de distribución, conforme el cálculo presentado a continuación:

V conmutación necesaria (Switch de Núcleo) =

$$(\#Enlaces Troncales Distribución - Núcleo * Tráfico Total)$$

*V conmutación necesaria (Switch de Núcleo) = (2 * (0.12)) = 0.25 Gbps*

3.4.3.2 Características Necesarias para Switch de Core

La Tabla 3.17 especifica las funcionalidades requeridas para el switch de core.

CARACTERISTICAS GENERALES	
✓	24 Puertos 10/100/100 BASE – T
✓	2 Puertos SFP 1000 BASE - SX
✓	Velocidad de conmutación necesaria 7.8 Gbps
✓	MTBF: 20 años
✓	Tipo de conmutación: Store & Forward
✓	Funcionalidades a nivel de capa 3
✓	Auto - Sensing MDI/MDI-X según el tipo de cable conectado
✓	Auto - Negociación Full Dúplex o Half Dúplex
PROTOCOLOS SOPORTADOS	
Protocolo	Descripción
IEEE 802.3ab	Gigabit Ethernet
IEEE 802.3x	Control de Flujo
IEEE 802.1q	Vlan Trunking
IEEE 802.1p	Asignación de Prioridades (CoS)
IEEE 802.1d	Spanning Tree
IEEE 802.1w	Rapid Spanning Tree
SSH	Acceso remoto de forma segura
SNMP v3	Administración del dispositivo, proveyendo encriptación

Tabla 3.17 Especificaciones necesarias para el switch de core

3.4.4 ESQUEMA DEL DISEÑO DE LA RED ACTIVA DEL LABORATORIO DE INGENIERIA ELECTRONICA

En la Figura 3.7 se presenta el esquema topológico para la red activa del laboratorio de Ingeniería Electrónica, considerando los enlaces para equipos de conmutación, servidores, además de terminales de datos, voz y video.

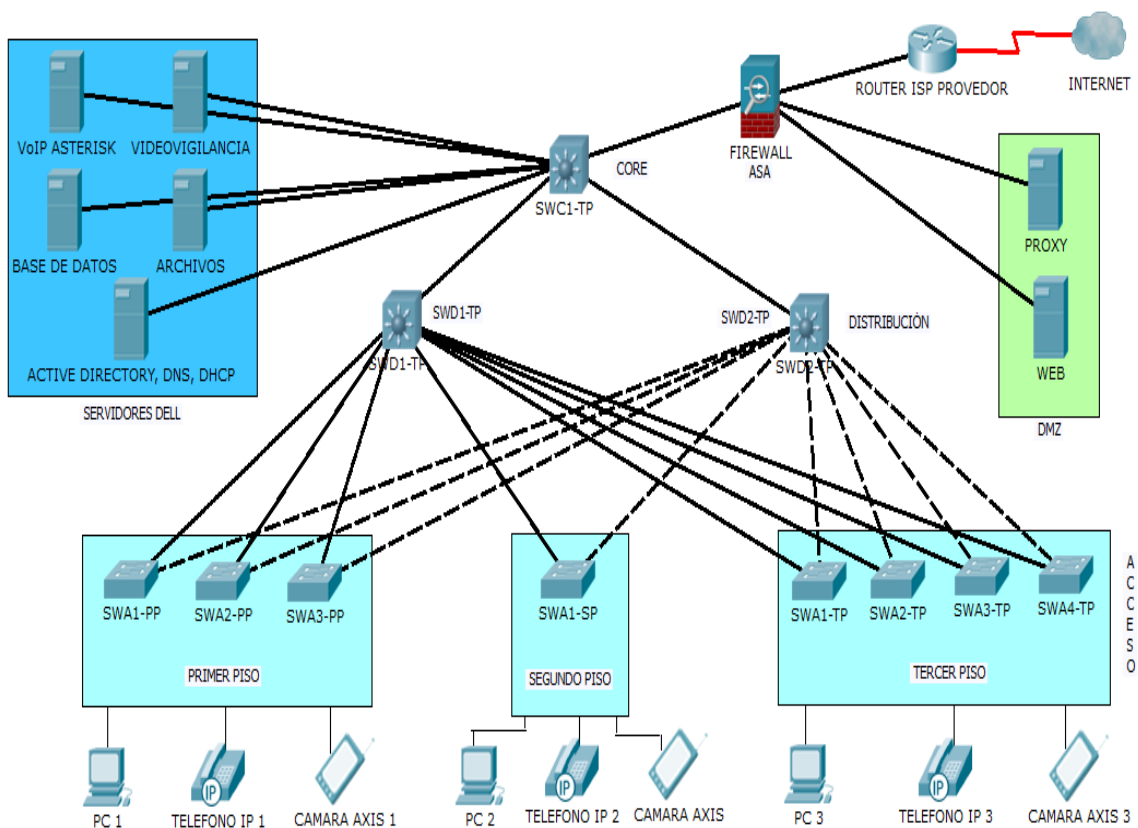


Figura 3.7 Esquema topológico de la red activa del laboratorio

3.4.5 SEGMENTACION DE LA RED MEDIANTE VLANS

Para el diseño se establece el uso de VLAN debido a que unifican múltiples servicios como telefonía y videovigilancia dentro de una sola red IP, ya que bajo este esquema, el manejo de VLAN permitirá tener un modelo más ordenado con una mayor flexibilidad en administración y en cambios de la red, además de optimizar el tráfico e incluso mejorar en cierta forma la seguridad.

En la segmentación de la red serán consideradas cuatro VLAN: datos, videovigilancia, telefonía y una VLAN para la administración. La VLAN de datos se utilizará para todas las estaciones de trabajo de la institución y los servidores

de la intranet. La VLAN de videovigilancia se utilizará para las cámaras de videovigilancia IP conjuntamente con el servidor de monitorización y almacenamiento de los datos de video. La VLAN de telefonía se utilizará para los teléfonos IP y la central telefónica IP. Finalmente, para la administración de la red se tendrá una VLAN que permita obtener información de los diferentes equipos activos de la red.

Se utilizará el criterio de VLAN por puerto, con cual se establece la pertenencia de terminales a cada VLAN de acuerdo a su conexión con un puerto específico a los equipos de conmutación. En la Tabla 3.18 se detalla cada una de las VLAN incluyendo el número de direcciones IP requeridas.

DESCRIPCION	NUMERO DE VLAN	NOMBRE DE VLAN	DIRECCIONES
VLAN de Datos	10	DATOS	500
VLAN de Telefonía	20	VOZ	22
VLAN de Videovigilancia	30	VIDEO	24
VLAN de administración	1	ADMIN	12

Tabla 3.18 Segmentación en VLAN

3.4.6 DIRECCIONAMIENTO IP

Se establece que para el edificio se requieren alrededor de 400 direcciones IP para satisfacer el direccionamiento de las estaciones de trabajo, teléfonos IP, cámaras IP, en cada una de las VLAN.

Para cubrir este requerimiento, se plantea el uso de subredes tomando en cuenta el concepto de VLSM (Variable Length Subnet Mask), partiendo de la red 192.168.1.0/24, y dividiendo este espacio de direccionamiento en subredes asignadas a cada VLAN, iniciando con la VLAN de mayor requerimiento de direcciones hasta la de menor requerimiento.

Con el espacio de direccionamiento escogido se tendrán 584 direcciones IP disponibles, con lo cual se satisface los requerimientos y se tiene una holgura para futuras necesidades de aumento en el uso de direcciones IP. En la Tabla 3.19 se resume la asignación de subredes para las VLAN que se tendrá en la red de la institución de acuerdo al diseño planteado en el presente proyecto.

Subred 192.168.1.0/24						
VLAN	Direcciones Requeridas	Dirección de Red	Mascara	Rango de Direcciones Utilizables	Dirección de Broadcast	Total de Direcciones Utilizables
DATOS	500	192.168.1.0	/23	De la 192.168.1.1 a la 192.168.2.255	192.168.2.255	510
VIDEO	24	192.168.3.0	/27	De la 192.168.3.1 a la 192.168.3.30	192.168.3.31	30
VOZ	22	192.168.3.32	/27	De la 192.168.3.33 a la 192.168.3.62	192.168.3.63	30
ADMIN	12	192.168.3.64	/28	De la 192.168.3.65 a la 192.168.3.79	192.168.3.80	14

Tabla 3.19 Direccionamiento IP para la red del laboratorio de Ingeniería Electrónica

3.4.7 CARACTERISTICAS ADICIONALES PARA LA RED ACTIVA

3.4.7.1 Calidad de Servicio

Se incluirá esta característica para garantizar la transmisión de servicios susceptibles a retardos de transmisión bajos, como son los servicios en tiempo real de telefonía IP y videovigilancia IP, a través del protocolo 802.1p para el manejo de prioridades.

El protocolo 802.1p podrá ser configurado en los switches de la red, haciendo uso de los 3 bits de prioridad de usuario resaltados en la Figura 3.8 los cuales se encuentran presentes en la etiqueta 802.1q insertada en las tramas Ethernet pertenecientes a cada VLAN.

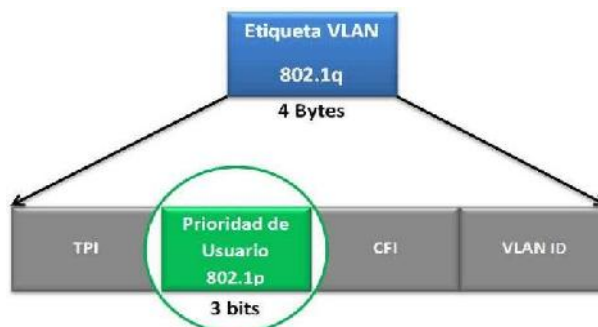


Figura 3.8 Bits de prioridad de acuerdo a 802.1p

Con estos 3 bits se puede brindar 8 niveles de prioridad, siendo 0 el nivel asignado al tráfico menos prioritario, y el 8 el nivel asignado al tráfico más prioritario, pudiendo asignar valores intermedios según sean las necesidades.

Para este diseño se asignará prioridades a las distintas VLAN conforme a lo presentado en la Tabla 3.20.

VLAN	Prioridad de Tráfico (0 - 7)
Voz	7
Video	4
Datos	2

Tabla 3.20 Asignación de prioridades de tráfico en la red

El tráfico designado con la mayor prioridad será el correspondiente a la telefonía IP, ya que debe presentar el menor retardo posible para que la calidad de las llamadas no se vea degradada. Para el tráfico correspondiente a videovigilancia IP se asignará una prioridad intermedia, al ser un tipo de tráfico con menor trascendencia que el tráfico telefónico, pero de igual forma para el caso de monitoreo del sistema de videovigilancia en tiempo real, este debe presentar el menor retardo posible. La prioridad más baja se asignará al remanente de tráfico correspondiente a la VLAN de datos, debido a que los retardos en la transmisión en condiciones eventuales de saturación de red, no son tan perceptibles a diferencia de los servicios en tiempo real.

3.4.7.2. Seguridad a Nivel de Capa 2

A pesar de que solo los equipos registrados en el controlador de dominio planteado para el diseño, serán los únicos autorizados para acceder a los recursos de la red, se propone fijar un control a nivel de capa de acceso, en donde a cada puerto de los switches de acceso estará asociada la dirección física MAC del dispositivo autorizado por el laboratorio de Ingeniería Electrónica para operar en la estación de trabajo, brindando así un mayor nivel de seguridad en el acceso a la red.

3.5 DISEÑO DE LA CENTRAL TELEFONICA IP

3.5.1 SELECCIÓN DEL SOFTWARE PARA LA CENTRAL

Para el desarrollo del diseño se optará por una solución basada en Asterisk, una plataforma robusta, basada en código abierto, que maneja distintos protocolos para la implementación de una central telefónica IP. Asterisk es altamente personalizable, ya que integra diversas aplicaciones de telefonía dando solución a los requerimientos más específicos que presente una organización.

3.5.1.1 Comparación de Asterisk versus una Solución Propietaria

3.5.1.1.1 Escalabilidad

Asterisk posibilita el manejo de un ilimitado número de extensiones, ya que todo recae en los recursos y capacidad de procesamiento que disponga el servidor donde se encuentre operando. En cambio una central telefónica privada estará limitada al número de puertos que soporte su hardware de forma inicial, así el usuario estará ligado a adquirir módulos de expansión extras para añadir nuevas extensiones.

3.5.1.1.2 Compatibilidad de Hardware

Asterisk es compatible con una amplia gama de dispositivos de telefonía IP, soportando múltiples códecs y protocolos, una solución propietaria está sujeta a los dispositivos y compatibilidad que ofrezca el proveedor.

3.5.1.1.3 Estándar Abierto

Asterisk al ser una plataforma de software de estándar abierto bajo la licencia GNU-GLP³⁴ permite realizar modificaciones a su código fuente según necesidades específicas. Una solución de telefonía propietaria está ligada al software proporcionado por el proveedor imposibilitando realizar cambios.

3.5.1.1.4 Costo

El costo de una solución de telefonía basada en Asterisk es significativamente menor que una solución propietaria, ya que su costo radicaría fundamentalmente

³⁴ [GNU-GLP]: General Public License

en el servidor en donde vaya operar. Se puede reducir inclusive más el costo ya que no es necesario que todos los terminales de telefonía sean equipos físicos, pudiendo optar por el uso de softphones de ser necesario.

3.5.2 FUNCIONES PREVISTAS PARA LA CENTRAL TELEFONICA EN BASE A LOS REQUERIMIENTOS

3.5.2.1 Menú de Inicio

El menú de inicio comprenderá un saludo por parte de la contestadora automática en la central telefónica cuando se haga una llamada a los números del laboratorio de Ingeniería Electrónica, esta contestadora automática enunciará el número de las extensiones para contactar a los diferentes ambientes de la institución, dando la opción al usuario de marcar la extensión destino si esta es previamente conocida, caso contrario será transferido con la operadora para concretar la llamada, en ambos casos si la extensión se encuentra ocupada será transferida al buzón de voz asignado donde el usuario podrá grabar un mensaje de voz. Este proceso se muestra en la Figura 3.9.

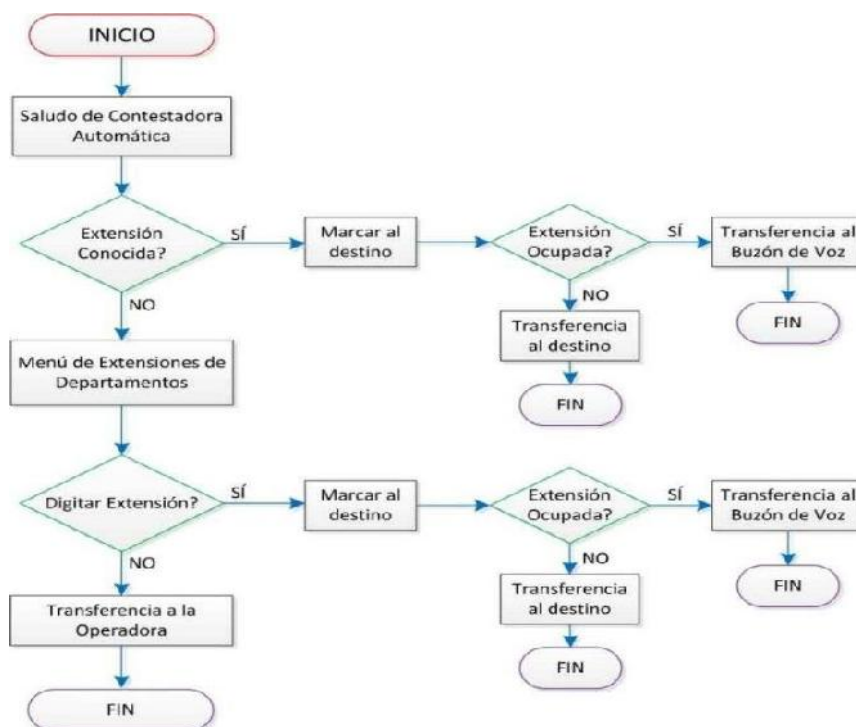


Figura 3.9 Diagrama de flujo del menú de inicio (IVR³⁵ menú)

³⁵ [IVR]: Interactive Voice Response

3.5.2.2 Perfiles de Marcado

3.5.2.2.1 Perfil de Marcado # 1

Este perfil permitirá a los usuarios únicamente realizar llamadas a extensiones internas. Si requirieran realizar una llamada externa tendrán que contactarse con la operadora para solicitar autorización y completar dicha llamada.

3.5.2.2.2 Perfil de Marcado # 2

Este perfil permitirá a los usuarios realizar llamadas a extensiones internas, y también permitirá realizar llamadas externas directamente pero con las siguientes restricciones: llamadas a teléfonos móviles por un máximo de cinco minutos, y llamadas a teléfonos fijos por un tiempo máximo de 10 minutos. En ambos casos, una vez transcurrido el tiempo máximo, la llamada será cortada automáticamente.

3.5.2.2.3 Perfil de Marcado # 3

Este perfil permitirá a los usuarios realizar llamadas a extensiones internas y también realizar llamadas externas directamente ya sea a teléfonos móviles o teléfonos fijos por tiempo ilimitado. La Figura 3.10 exhibe el diagrama de flujo para el desarrollo de los diferentes planes de marcado en la PBX.

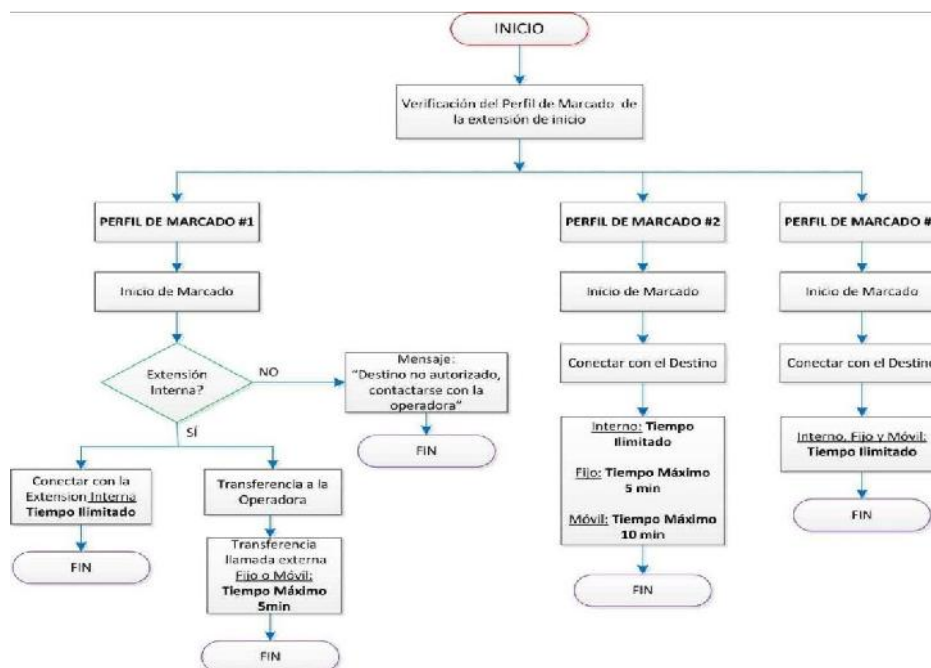


Figura 3.10 Diagrama de flujo para los perfiles de marcado

3.5.2.3 Buzón de Voz

Cada extensión del laboratorio de Ingeniería Electrónica estará asociada a un buzón de voz, el cual podrá ser accedido por el usuario al marcar un número predeterminado de cuatro dígitos provisto como clave de acceso.

3.5.2.4 Conferencia de Llamadas

Los usuarios podrán iniciar una conferencia de llamadas entre dos o más extensiones para que puedan participar en una misma llamada simultáneamente.

3.5.2.5 Parqueo de Llamadas

Esta opción permitira a los usuarios poner en pausa momentáneamente una llamada en proceso, si urge la necesidad de desplazarse a otra área de trabajo en ese instante, sin perder la llamada establecida y ponerla en la nueva localidad.

3.5.3 SELECCION DEL PROTOCOLO DE SEÑALIZACION

Para el presente proyecto se optará por el uso del protocolo SIP como protocolo de señalización, destacando bondades primordialmente en aspectos de procesamiento, ya que este protocolo posee una característica particular que permite al tráfico de voz viajar directamente entre los terminales de telefonía, reduciendo así la carga de procesamiento en el servidor, quedando solo el tráfico de señalización para cursar por el servidor. El protocolo SIP es el más aconsejado para usar dentro de un ambiente LAN ya que no necesita demasiada compresión, como la ofrecida por el protocolo IAX, además en el mercado se dispone de una mayor gama de dispositivos que soportan el protocolo SIP.

3.5.4 CALCULO DEL TRAFICO DE VOZ

El cálculo de la capacidad de canal necesaria para el tráfico de voz se realizará en base al códec G.711. En la Figura 3.11 se puede apreciar el proceso de encapsulación del *payload* de voz utilizado por este códec, en donde en primera instancia el protocolo de transmisión en tiempo real RTP³⁶ introduce un overhead de 12 bytes, seguidamente es encapsulado por el protocolo de transporte UDP el cual introduce un overhead de 8 bytes, posteriormente es encapsulado por el

³⁶ [RTP]: Real-Time Transport Protocol

protocolo IP que introduce un overhead de 20 bytes y finalmente es encapsulado por Ethernet introduciendo un overhead de 18 bytes, esto considerado para el flujo unidireccional de voz de uno de los participantes de la llamada.

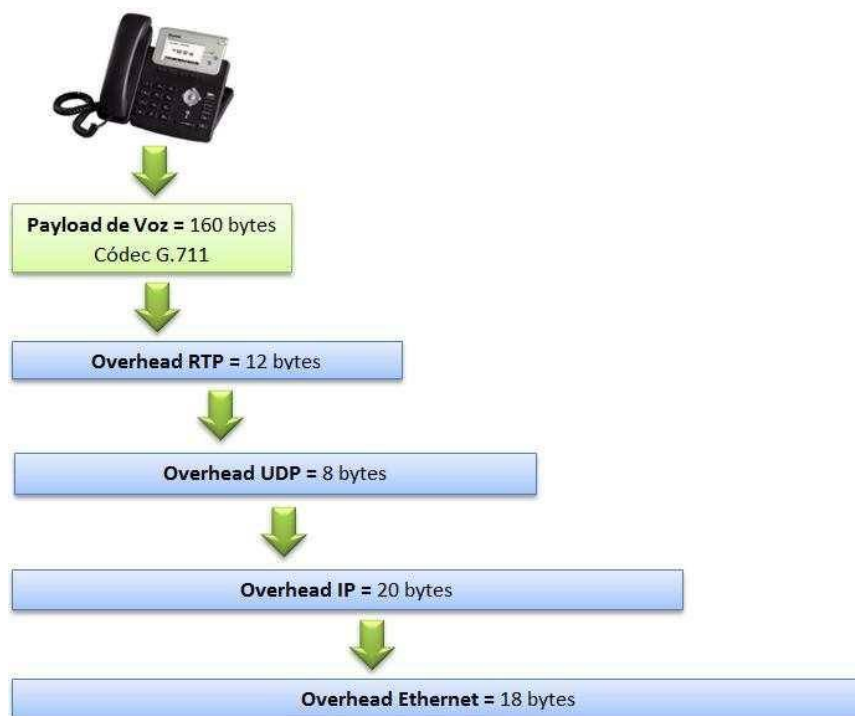


Figura 3.11 Encapsulamiento de payload de voz utilizando el códec G.711

El payload que maneja el códec G.711 contiene por defecto 20 ms de voz tomando 8000 muestras por segundo; 20 ms de payload de voz son equivalentes a 160 muestras, en donde cada muestra es almacenada en 1 byte, dando un total de 160 bytes para el payload de un paquete de voz, con lo cual se calcula el número de paquetes por segundo (PPS) de la siguiente forma:

$$\text{Paquetes de voz por segundo} = \frac{1 \text{ paquete}}{160 \text{ muestras}} \times \frac{160 \text{ muestras}}{20 \text{ ms}} = 50 \text{ PPS}$$

Cada paquete de voz posee 58 bytes de overhead sumados a 160 bytes del payload de voz, dando un total de 218 bytes que conforman cada trama Ethernet a ser transmitida. Para el cálculo de la capacidad de canal necesaria para una llamada telefónica considerando inicialmente un flujo unidireccional se tiene:

$$\text{BW/ llamada (unidireccional)} = \frac{50 \text{ paquetes}}{1 \text{ s}} \times \frac{218 \text{ bytes}}{1 \text{ paquete}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} = 87.2 \text{ kbps}$$

Para el flujo bidireccional que interviene en una llamada telefónica se tiene la siguiente ocupación de canal:

$$BW/ llamada (bidireccional) = 87.2 \text{ kbps} \times 2 = 174.4 \text{ Kbps}$$

En la Tabla 3.21 se muestra una comparativa de la capacidad de canal requerida para los diferentes códecs de voz

CODEC	BIT RATE (kbps)	BW Llamada - Flujo Unidireccional (kbps)	BW Llamada - Flujo Bidireccional (kbps)
G.711	64	87.2	174.4
G.726	32	55.2	110.4
	24	47.2	94.4
G.728	16	31.5	63
G.729	8	31.2	62.4
G.723.1	6.3	21.9	43.8
	5.3	20.8	41.6

Tabla 3.21 Capacidad requerida por los distintos códecs de voz

En el diseño de la central telefónica se empleará el códec G.711 el cual brinda la mejor calidad para la transmisión de voz, siendo el más adecuado para redes LAN debido a la amplia capacidad de canal disponible; códecs con inferiores tasas de transmisión son usados para ambientes WAN en donde optimizar la ocupación del canal es primordial.

Una vez obtenido el valor que ocupa la generación de una llamada telefónica utilizando el códec G.711, se estimaran las máximas condiciones de operación, es decir que las 19 extensiones telefónicas planteadas en el diseño realicen llamadas simultaneas, donde el servidor de telefonía conectado al switch de core recibirá un tráfico máximo de 3.31 Mbps.

3.5.5 DIMENSIONAMIENTO DEL SERVIDOR DE TELEFONIA

Para el dimensionamiento del servidor de telefonía IP usando Asterisk, no existe una regla formal para dicho acometido, por lo que se tomará en cuenta la recomendación del sitio www.voip-info.org³⁷, en donde se exponen los factores más importantes que afectan el rendimiento del servidor de telefonía, como son

³⁷ Página de colaboración (wiki) destinada a cubrir todo lo relacionado con telefonía IP, software, hardware, estandares, configuraciones y recomendaciones

el número de llamadas concurrentes, traducción de códecs de voz y funciones adicionales que atenderá el servidor como correo de voz, conferencia, etc.

Bajo estas condiciones, el sitio recomienda 30 MHz de procesamiento de CPU, por cada canal activo, para el caso de las 19 extensiones que se manejará en la central telefónica del laboratorio de Ingeniería Electrónica se tiene un total de 0,57 GHz el cual puede ser manejado por un procesador de doble núcleo de aproximadamente 2.5 GHz. El sistema de telefonía basado en Asterisk se instalara un servidor con la distribución CentOS 7.0 de Linux y que presente los requerimientos mínimos de hardware expuestos en la Tabla 3.22.

REQUISITOS MINIMOS	Linux CentOS 7.0
Procesador	512 MHz
Memoria RAM	1 GB
Disco Duro	2GB

Tabla 3.22 Requerimientos mínimos para Linux CentOS 7.0

Para el dimensionamiento de la memoria RAM, se tomará como mínimo una capacidad de 8GB, según la recomendación de Asterisk para manejar aproximadamente 200 canales SIP concurrentes. Para la cantidad de almacenamiento en disco duro se debe considerar factores como: almacenamiento de logs de sistema, almacenamientos de logs de Asterisk, registro de llamadas, almacenamiento de archivos de audio para buzón de voz, por lo que se plantea un espacio en disco duro de 250 GB como mínimo, para asegurar el espacio adecuado para el almacenamiento de todos estos datos.

Para el almacenamiento del buzón de voz se toma como referencia un máximo de 5 minutos por mensaje, donde cada usuario podrá almacenar un máximo de 20 mensajes en su casilla de voz. Los archivos de audio de buzón de voz se almacenaran en formato WAV49, ya que ocupa mucho menos espacio en disco duro que el formato WAV normal. La calidad del audio del formato WAV49 es una buena opción para enviar mensajes de voz por correo electrónico, ya que un minuto de audio en este formato ocupa aproximadamente 100 kb, a diferencia de un minuto de audio almacenado en formato WAV normal que ocupa alrededor de 10 MB, representando un gran ahorro en espacio de disco duro para el

almacenamiento de audio. El espacio de disco duro destinado para el almacenamiento del sistema de telefonía IP basado en Asterisk, se resume en la Tabla 3.23.

Asignación	Espacio de Disco Duro
✓ Sistema Operativo Linux CentOS 7.0 y Asterisk	50 GB
✓ Logs del Sistema	50 GB
✓ Logs de Asterisk y Registro de Llamadas	50 GB
✓ Archivos de Buzón de Voz (aproximadamente 1000000 minutos en formato WAV49)	100 GB
TOTAL	250 GB

Tabla 3.23 Asignación de espacio de disco duro para el servidor Asterisk

3.5.6 CONEXIÓN DE LA CENTRAL TELEFONICA HACIA LA PSTN³⁸

Para dimensionar el número de líneas troncales necesarias para conectar el servidor Asterisk hacia la PSTN realizaremos los cálculos dividiendo a los usuarios que utilizarán el servicio en dos grupos: Docentes y Administrativos, para lo cual se asignarán valores promedios. Esto en ausencia de registros históricos de llamadas en el laboratorio de Ingeniería Electrónica.

¿En promedio, cuantas llamadas externas recibe en un día normal de trabajo?

Para esto el 50% de los usuarios (docentes) recibe 2 llamadas externas en un día normal de trabajo, el otro 50% (administrativos) recibe 5 llamadas externas en un día normal de trabajo. Con estos resultados se obtiene el número de llamadas externas que los usuarios del laboratorio de Ingeniería Electrónica reciben en promedio por hora, considerando un día de 8 horas de trabajo:

$$\text{Llamadas entrantes por hora} = \frac{(0.5 \times 5) + (0.5 \times 2)}{8 \text{ horas}}$$

$$\text{Llamadas entrantes por hora} = 0.44$$

¿En promedio cuantas llamadas externas realiza en un día normal de trabajo?

³⁸ [PSTN]: Public Switched Telephone Network

Para esto el 50% de los usuarios (docentes) realiza 2 llamadas en un día normal, el otro 50% (administrativos) realiza 4 llamadas en un día normal. Con estos resultados se obtiene el número de llamadas en promedio que realizan los usuarios del laboratorio de Ingeniería Electrónica por hora:

$$\text{Llamadas salientes por hora} = \frac{(0.5 \times 2) + (0.5 \times 4)}{8 \text{ horas}}$$

$$\text{Llamadas salientes por hora} = 0.38$$

3.5.6.1 Cálculo del Número de Líneas Troncales

Para el cálculo de líneas troncales hacia la PSTN se utiliza la siguiente fórmula de Erlang B con los datos obtenidos anteriormente.

$$Pb = \frac{\frac{E^m}{m!}}{\sum_{i=0}^m \frac{E^i}{i!}}$$

En donde:

- Pb = Probabilidad de bloqueo
- m = Número de líneas troncales hacia la PSTN
- E = Cantidad total de tráfico ofrecido en Erlangs

Debido a la complejidad en la resolución de esta fórmula para encontrar el número de troncales hacia la PSTN (variable m), se utilizó una herramienta online³⁹ ofrecida por el sitio web www.erlang.com sitio especializado en el diseño de la PBX. La cantidad de datos se obtiene de los cálculos realizados anteriormente, en donde el número de llamadas externas recibidas en una hora es 0.44 y el número de llamadas externas entrantes es 0.38, sumando estos valores se obtiene 0.82 Erlangs; para la probabilidad de bloqueo se debe establecer el grado de servicio (GOS) a ofrecer en la PBX, el laboratorio de Ingeniería Electrónica requiere que el 99.9% de las llamadas sean concretadas, con lo cual obtenemos una probabilidad de bloqueo del 0.1%, es decir que de cien llamadas una de estas no sea exitosa en concretarse.

³⁹ <http://www.erlang.com/calculator/erlb/>

La Figura 3.12 muestra el cálculo del número de enlaces troncales necesarios hacia la PSTN, dando como resultado un total de 3 líneas.

Figura 3.12 Cálculo del número de líneas troncales hacia la PSTN

3.5.6.2 Tarjeta de Conexión Hacia la PSTN

Para la conexión a la PSTN, se empleará una tarjeta con puertos FXO⁴⁰, esta deberá proveer las siguientes características:

- Conexión PCI⁴¹
- 4 u 8 puertos FXO
- Cancelación de ECO

3.6 SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA IP

Para brindar un nivel de seguridad a la infraestructura física, bienes y también a empleados dentro del laboratorio de Ingeniería Electrónica se establece la necesidad de incorporar a la red IP un sistema de videovigilancia confiable y sencillo para el monitoreo en tiempo real y almacenamiento de video por un periodo de tiempo adecuado.

El laboratorio de Ingeniería Electrónica no requiere un sistema de videovigilancia demasiado complejo, en comparación con otros sistemas como por ejemplo entidades bancarias o entidades gubernamentales de mayor rango que si lo requieren; esto se tomara en cuenta para la especificación de características de equipos y aplicaciones que conformen este sistema.

⁴⁰ [Puerto FXO]: [Foreign Exchange Office]. Puerto necesario para conectar la PBX con la PSTN.

⁴¹ [PCI]: [Peripheral Component Interconnect]. Puerto de conexión estándar para periféricos en el computador

3.6.1. TOTAL DE CAMARAS PARA EL EDIFICIO

EL número de cámaras en el laboratorio de Ingeniería Electrónica varía en cada uno de los pisos, dependiendo de los requerimientos de cobertura y la naturaleza de las labores que se desempeñan en cada ambiente, como se muestra en la Tabla 3.24.

PISO	CAMARAS
Primer Piso	8
Segundo Piso	3
Tercer Piso	12
TOTAL	23

Tabla 3.24 Cámaras de videovigilancia IP por piso

3.6.2 UBICACIÓN Y COBERTURA ESTIMADA DE CAMARAS EN EL EDIFICIO

Las cámaras en el laboratorio de Ingeniería Electrónica se localizaran en puntos estratégicos, en el primer piso se ubicaran en el centro de producción, los laboratorios y se tomara en cuenta el monitoreo a los accesos del edificio.

En el segundo piso se ubicaran cámaras en el laboratorio de computación.

En el tercer piso se ubicaran cámaras en la sala de profesores, en el área de investigación y desarrollo, en el departamento de escuela, en la dirección de escuela y en los laboratorios. Adicionalmente se ubicara una cámara en la azotea para cubrir el área de estacionamiento e ingreso principal hacia el laboratorio. Para la estimación de la cobertura de las cámaras se utilizó la herramienta de diseño IP Video System Design Tool⁴². De la Figura 3.13 a la Figura 3.15 se puede observar la ubicación de dichas cámaras conjuntamente con su cobertura estimada.

⁴² <http://www.jvsg.com/ip-video-system-design>

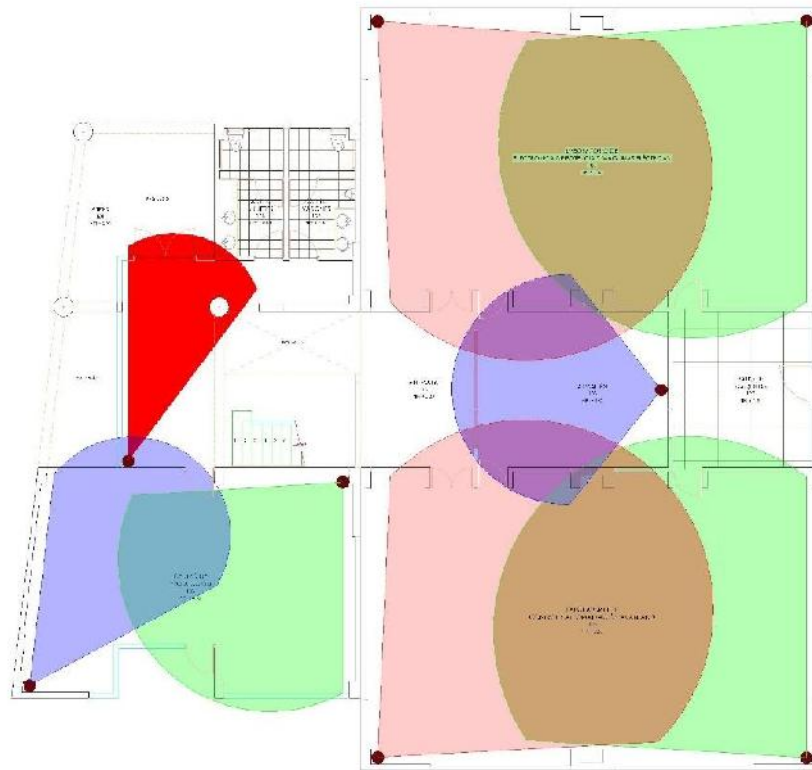


Figura 3.13 Ubicación y cobertura estimada de cámaras en el primer piso

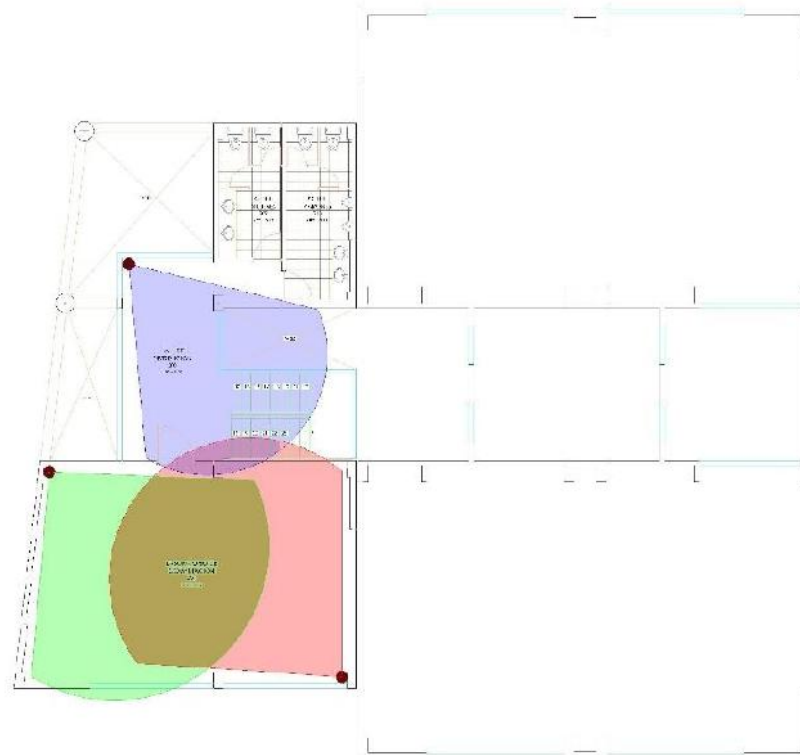


Figura 3.14 Ubicación y cobertura estimada de cámaras en el segundo piso

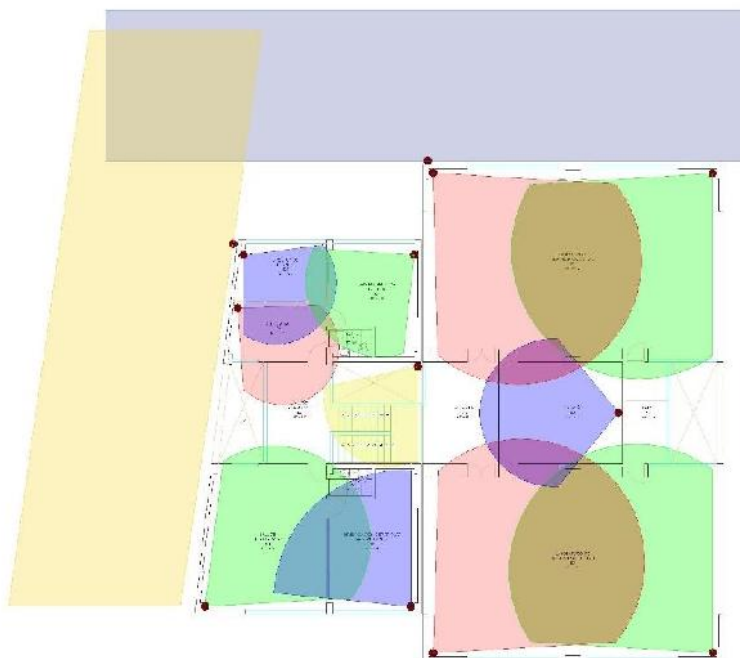


Figura 3.15 Ubicación y cobertura estimada de cámaras en el tercer piso

3.6.3 ESTIMACION DE CONSUMO DE CAPACIDAD DE CANAL

La transmisión de video sobre IP es una de las aplicaciones que mayor capacidad de canal requiere en la red, es necesario establecer un valor estimado de la capacidad de canal requerida por el tráfico de videovigilancia de acuerdo a las características del sistema. Para realizar esta estimación se toman en cuenta los siguientes parámetros:

- Resolución o tamaño de la imagen a ser utilizado.
- Esquema de compresión y nivel de compresión factor de calidad.
- Velocidad de cuadro o número de imágenes por segundo.
- Numero de cámaras IP en cada piso del edificio.
- Transmisión de audio.
- Proceso de encapsulación en el stack de protocolos TCP/IP.

Para transportar datos de video IP se tiene protocolos definidos en capa de transporte dentro de TCP/IP, estos son TCP y UDP. TCP al ser un protocolo orientado a conexión que garantiza la entrega de datos y fiabilidad a través de retransmisiones, produce retrasos significativos no adecuados para un sistema de videovigilancia IP. Por otra parte UDP es un protocolo no orientado a conexión

que no ofrece retransmisión de datos perdidos y consecuentemente no genera mayores retrasos, por lo que es el más adecuado para el transporte de datos IP.

Para realizar una estimación de la capacidad de canal necesaria por cada cámara, se toma en consideración un escenario para transmisión y grabación de video digital con imágenes de una resolución de 640 x 480 pixeles a full color, se empleara el códec MPEG-4 a 30 cuadros por segundo (fps), y para la transmisión de audio se emplear el códec G.711 a 64 kbps.

3.6.3.1 Cálculo del Tamaño de cada Imagen de Acuerdo a su Resolución.

El tamaño en bytes de una imagen se obtiene al multiplicar el número total de pixeles por la profundidad de codificación o tamaño de cada pixel, siendo este número de bits que determinan el color o la intensidad de pixel.

Cantidad de pixeles de la imagen: $640 \times 480 = 307200$ pixeles

Tamaño de cada de cada pixel: $1 \text{ pixel} = 24 \text{ bits} = 3 \text{ bytes}$

El tamaño de la imagen será igual a:

$$307200 \text{ pixels} \times \frac{3 \text{ bytes}}{1 \text{ pixel}} = 921600 \text{ bytes} \times \frac{1 \text{ byte}}{1024 \text{ KBytes}} = 900 \text{ KBytes}$$

En la Tabla 3.25 se presenta el tamaño de una imagen para varias resoluciones y composición de color.

RESOLUCION	BLANCO Y NEGRO (1 bit)	256 COLORES (8 bits)	65000 COLORES (16 bits)	FULL COLOR (24 bits)
320 x 200	7.8 KB	62.5 KB	125 KB	187.5 KB
640 x 480	37.5 KB	300 KB	600 KB	900 KB
800 x 600	58.6 KB	468.7 KB	937.5 KB	1.4 MB
1024 x 768	96 KB	768 KB	1.5 MB	2.3 MB
1280 x 720	112.5 KB	900 KB	1.8 MB	2.7 MB

Tabla 3.25 Tamaño en Kilobytes de imágenes con diferentes resoluciones

3.6.3.2 Cálculo de Capacidad de canal para Video sin Compresión

El ancho de banda por datos en bruto se determina de acuerdo al tamaño de la imagen multiplicado por el número de imágenes por segundo o cuadros por segundo (fps). En el caso de que se transmita una sola imagen por segundo a full color con una resolución de 640 x 480 se tendrá:

$$\text{Tamaño de imagen} = 307200 \text{ pixeles} \times \frac{24 \text{ bits}}{1 \text{ pixel}} = 7372800 \text{ bits}$$

$$\text{Capacidad} = \frac{7372800 \text{ bits}}{1 \text{ imagen}} \times \frac{1 \text{ imagen}}{1 \text{ s}} = 7372800 \text{ bps} = 7.37 \text{ Mbps}$$

Para este ejemplo, 7.37 Mbps es el requisito de capacidad de canal, que representa la exigencia de una sola fuente que genera el contenido de video en este caso una cámara de videovigilancia IP y se transmite una sola imagen por segundo. En la Tabla 3.26 se presenta la capacidad de canal para datos de video en bruto para las resoluciones de la tabla anterior, en los casos en que se transmite 15 y 30 imágenes por segundo y a full color, valores usualmente usados en este tipo de sistemas. Se considera que a 30 fps se percibirá los movimientos en el video de forma real, sin pausas.

RESOLUCION	ANCHO DE BANDA A 15 FPS	ANCHO DE BANDA A 30 FPS
320 X 200	23.0 Mbps	46.1 Mbps
640 X 480	110.6 Mbps	221.2 Mbps
800 X 600	172.8 Mbps	345.6 Mbps
1024 X 768	283.1 Mbps	566.2 Mbps
1028 X 720	331.8 Mbps	663.6 Mbps

Tabla 3.26 Capacidad de canal requerida por datos de video en bruto

Con esto se muestra que con una sola cámara con resolución VGA de 640 x 480 se saturaría un enlace Fast Ethernet y sería necesario usar enlaces Gigabit Ethernet.

3.6.3.3 Cálculo de Capacidad de canal para Video con Compresión

En este punto se toma en cuenta la compresión que permiten los formatos o códecs de video MJPEG, MPEG-4 y H.264; además se considera los bits que se añaden por las cabeceras en el encapsulamiento de datos en el stack de TCP/IP.

El detalle del proceso y algoritmos utilizados en cada formato esta fuera del alcance y objetivos de este proyecto, pero gracias a la compresión de video es posible tener una reducción del ancho de banda entre el 80 y 99%. Para el efecto de la estimación se utilizó la herramienta IP Video System Design Tool que

permite determinar el ancho de banda para cada formato, considerando la resolución, velocidad de cuadro y nivel de compresión.

Para los distintos formatos o códecs de compresión de video, existe un factor o nivel para dicha compresión el cual está directamente ligado con la calidad de la imagen que percibirá el usuario. Este factor establece un porcentaje de compresión, cuyo valor puede ser modificado en las distintas herramientas de diseño existentes, como se muestra en la Tabla 3.27.

NIVEL DE COMPRESION	CALIDAD
10	Alta
20	Buena
30	Promedio
40	Bajo el Promedio
50	Baja
70	Pobre
90	Mala

Tabla 3.27 Niveles de compresión para códecs de video

Cuanto mayor sea el nivel de compresión, la calidad de la imagen se decrementa, y a pesar de que mediante técnicas de compresión puede lograrse una significativa reducción en el consumo de capacidad de canal, es necesario establecer un parámetro intermedio de acuerdo a las necesidades en lo referente a capacidad de canal y calidad de la imagen deseada.

Adicionalmente se toma en cuenta el número de bytes que son incorporados a los datos de video en el proceso de encapsulación por cada protocolo, a pesar de que estos valores pueden ser depreciables. Para el presente proyecto se toma en consideración los bytes que se aumentan por los protocolos presentados en la Tabla 3.28.

ENCAPSULADO	TAMAÑO (bytes)
RTP	12
UDP	8
IP	20
Ethernet	26
TOTAL	66

Tabla 3.28 Bytes adicionales por cabeceras de protocolos

En la Tabla 3.29 se muestra los valores de capacidad de canal de video con compresión y tomando en cuenta los bytes adicionales por encapsulamiento, de acuerdo a la herramienta IP Video Design Tool, para imágenes de 640 x 480 VGA y 1280 x 720 HD, a 15 y 30 fps.

RESOLUCION	CALIDAD	15 CUADROS POR SEGUNDO (fps)			30 CUADROS POR SEGUNDO (fps)		
		MJPEG (Mbps)	MPEG-4 (Mbps)	H.264 (Mbps)	MJPEG (Mbps)	MPEG-4 (Mbps)	H.264 (Mbps)
640 x 480	Alta (10)	5.65	1.35	0.49	11.3	2.21	0.74
640 x 480	Promedio (30)	3.93	0.86	0.37	7.86	1.47	0.49
640 x 480	Baja (50)	3.07	0.61	0.3	6.14	0.98	0.4
1280 x 720	Alta (10)	17.08	4.18	1.47	34.16	6.88	2.46
1280 x 720	Promedio (30)	11.98	2.7	0.98	23.84	4.42	1.47
1280 x 720	Baja (50)	9.34	9.34	0.9	18.68	3.19	1.4

Tabla 3.29 Tráfico en Mbps generado por una cámara IP para distintos formatos de video

Los formatos MPEG-4 y H.264 Utilizan algoritmos de compresión tanto espacial como temporal, es por esto que permiten una mayor compresión. El formato MJPEG únicamente realiza compresión espacial. Para tener un video fluido se preferirá el uso de 30 fps. En el caso de usar resoluciones HD, será necesario el uso de formatos como MPEG-4 o H.264 que permiten una mayor compresión y ahorro de capacidad de canal. Para determinar la capacidad de canal total para videovigilancia IP se considera el tráfico generado por todas las cámaras a ser instaladas en el edificio. En este diseño se tiene 23 cámaras. Es así que en el peor escenario con video en alta calidad (nivel de compresión 10), se tendrá un requerimiento de capacidad de canal total de acuerdo a la Tabla 3.30.

RESOLUCION	ANCHO DE BANDA TOTAL (23 CAMARAS A 30 FPS)		
	MJPEG (Mbps)	MPEG-4 (Mbps)	H.264 (Mbps)
640 X 480 VGA	259.9	50.83	17.02
1280 X 720 HD	785.68	158.24	56.58

Tabla 3.30 Capacidad de canal total estimada por tráfico de videovigilancia

3.6.4 ESTIMACION DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO REQUERIDO

Para estimar el espacio de almacenamiento necesario para datos de videovigilancia se toma en cuenta los siguientes factores:

- El número de cámaras.
- El número de horas diarias que cada cámara estará grabando.
- El tiempo durante el cual los datos deban ser guardados.
- Grabación por detección de movimiento únicamente o grabación continua.
- Otros parámetros como resolución, velocidad de cuadro, compresión y calidad.

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo de espacio de almacenamiento requerido para una cámara, considerando video con resolución de 640 x 480 pixeles a 30 fps y grabación continua durante el día.

Como se determinó anteriormente, para estas condiciones se tiene un ancho de banda de 221,2 Mbps, sin compresión, con lo cual se tiene:

$$Capacidad = \frac{221,2 \text{ Mbits}}{1 \text{ s}} \times \frac{1000000 \text{ bits}}{1 \text{ Mbit}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \times \frac{1 \text{ Byte}}{8 \text{ bits}} \times \frac{1 \text{ KByte}}{1024 \text{ bytes}}$$

$$Capacidad = 23322968750 \text{ KBytes} = 2224,89 \text{ GBytes}$$

En la Tabla 3.31 se encuentran los valores requeridos para una cámara IP tomando en cuenta imágenes de 640 x 480 VGA y 1280 x 720 HD, a 15 y 30 fps, con compresión, diferentes calidades y considerando que se tenga grabación continua. Además se considera que los datos de video son almacenados durante 8 días; esto de acuerdo a la herramienta de diseño señalada anteriormente.

RESOLUCION	CALIDAD	15 CUADROS POR SEGUNDO (fps)			30 CUADROS POR SEGUNDO (fps)		
		MJPEG (Gigabytes)	MPEG-4 (Gigabytes)	H.264 (Gigabytes)	MJPEG (Gigabytes)	MPEG-4 (Gigabytes)	H.264 (Gigabytes)
640 x 480	Alta (10)	488.4	116.8	42.5	976.7	191.1	63.7
640 x 480	Promedio (30)	339.7	74.3	31.9	679.5	127.4	42.5
1280 x 720	Alta (10)	1475.7	361	127.4	2951.5	594.5	212.3
1280 x 720	Promedio (30)	1029.8	233.6	84.9	2059.7	382.2	127.4

Tabla 3.31 Capacidad de almacenamiento estimada para una cámara

Se requieren 23 cámaras en el edificio con lo cual el peor escenario usando video en HD con alta calidad (nivel de compresión 10), con grabación continua, almacenando datos de video durante un periodo de 8 días; el requerimiento total para espacio de almacenamiento será:

RESOLUCION	ESPACIO DE ALMACENAMIENTO REQUERIDO (23 CAMARAS A 30 FPS, GRABACION CONTINUA- 8 DIAS)		
	MJPEG (Terabytes)	MPEG-4 (Terabytes)	H.264 (Terabytes)
640X 480 VGA	22.46	4.39	1.47
1280 X 720 HD	67.88	13.67	4.88

Tabla 3.32 Capacidad de almacenamiento total estimada para datos de video con grabación continua

Para la solución de videovigilancia para el laboratorio de Ingeniería Electrónica se optara por el uso de grabación por detección de movimiento ya que con esto se prevé una considerable disminución en consumo de espacio para almacenamiento, especialmente debido a que la jornada de trabajo en la institución es de 11 horas al día, 5 días a la semana, reflejándose al menos en una reducción del 75% con respecto al uso del sistema con grabación continua. En este contexto, el espacio total requerido para almacenamiento de datos de videovigilancia se presenta en la Tabla 3.33.

RESOLUCION	ESPACIO DE ALMACENAMIENTO REQUERIDO (23 CAMARAS A 30 FPS, DETECCION DE MOVIMIENTO-8 DIAS)		
	MJPEG (Terabytes)	MPEG-4 (Terabytes)	H.264 (Terabytes)
640X 480 VGA	5.62	1.09	0.36
1280 X 720 HD	16.97	3.42	1.22

Tabla 3.33 Capacidad de almacenamiento total estimada para datos de video con detección de movimiento

Debido al gran espacio de almacenamiento requerido por el formato MJPEG, se preferirá el uso de cámaras que contemplen formatos como MPEG-4 o H.264. Se optara preferentemente por el formato H.264 ya que permite ahorrar ancho de banda así como espacio de almacenamiento, lo cual es de vital importancia.

3.6.5 TOPOLOGIA DEL SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA IP

En la Figura 3.16 se muestra la topología que tendrá el sistema de videovigilancia IP, considerando las cámaras para interiores y exteriores, cuyo flujo de video será transmitido al servidor conectado al switch core.

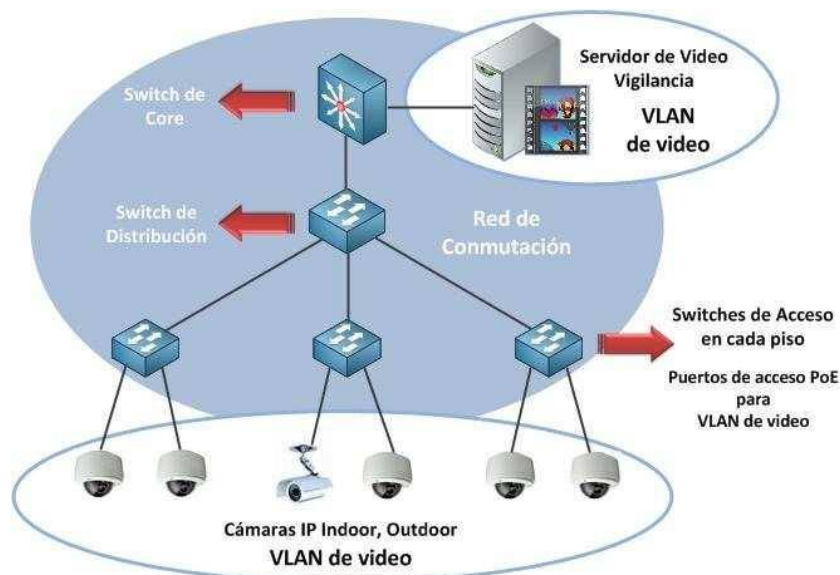


Figura 3.16 Topología de la red de videovigilancia

3.6.6 CARACTERISTICAS DE CAMARAS IP

Es necesario tomar en cuenta que para el laboratorio de Ingeniería Electrónica se requieren dos equipos de cámaras con características específicas de acuerdo a los ambientes en las cuales tendrán cobertura. De acuerdo a esto se especifican las características mínimas para cámaras tanto en ambientes indoor (locaciones dentro del edificio), y outdoor (para cubrir zonas en el exterior).

Entre las características principales a tomar en cuenta estarán la resolución que puede manejar, formatos de compresión, ángulo de cobertura, detección de movimiento, visión nocturna y soporte para tecnología PoE.

3.6.6.1 Cámaras IP Indoor.

Las cámaras IP de este tipo serán ubicadas en el interior del edificio; deberán soportar visión nocturna, detección de movimiento, un mínimo de dos formatos de compresión y necesariamente deben soportar PoE. Las características de este tipo de cámaras se detallan en la Tabla 3.34.

CARACTERISTICAS	REQUERIMIENTOS
Ambiente	Indoor
Resolución	Mínimo 640 x 480
Formato de compresión	Mínimo 2, H.264 y otro adicional (MPEG-4, MJPEG)
Angulo de cobertura	Mínimo 60°
velocidad de cuadro	Soporte de 2 velocidades: 30 fps y otro valor menor (15,18 fps)
Soporte PoE	Si (802.3af)
Detección de movimiento	Si
Visión nocturna	Si
PTZ	Si
Registro de audio	Si
Interfaces	Mínimo una interfaz Fast Ethernet
Protocolos	TCP/IP, DHCP, HTTP, DNS, ICMP
Ingreso con contraseña	Si
Acceso remoto	Si

Tabla 3.34 Características de cámaras IP Indoor

3.6.6.2 Cámaras IP Outdoor

Se requiere una cámara IP para cubrir la zona del parqueadero del edificio, esta cámara debe tener características especiales para trabajar en el exterior ya que estará expuesta a condiciones de medio ambiente como lluvia, calor y frío.

Las características para esta cámara se especifican en la Tabla 3.35.

CARACTERISTICAS	REQUERIMIENTOS
Ambiente	Indoor
Resolución	Mínimo 640 x 480
Formato de compresión	Mínimo 2, H.264 y otro adicional (MPEG-4, MJPEG)
Angulo de cobertura	Mínimo 70°
velocidad de cuadro	Soporte de 2 velocidades: 30 fps y otro valor menor (15,18 fps)
Soporte PoE	Si (802.3af)
Detección de movimiento	Si
Visión nocturna	Si
PTZ	Si
Registro de audio	Si
Interfaces	Mínimo una interfaz Fast Ethernet
Protocolos	TCP/IP, DHCP, HTTP, DNS, ICMP
Ingreso con contraseña	Si
Acceso remoto	Si
Protección contra medio ambiente	Si

Tabla 3.35 Características de cámaras IP outdoor**3.6.7 SERVIDOR PARA GESTION DE VIDEO**

Igualmente, para el servidor de videovigilancia se priorizara el uso de software libre, por esto se utilizará un sistema operativo bajo GNU/Linux, de libre distribución, el cual albergara un software para motorización que sea compatible con este tipo de sistemas. Las soluciones privadas para este campo son más costosas y muchas veces solo pueden ser adaptadas a una misma marca o proveedor, sin compatibilidad con otro tipo de hardware de marcas diferentes.

Para el software de videovigilancia se utilizara ZoneMinder, el cual es la mejor opción en lo referente a este tipo de sistemas que pueden encontrarse como software libre, es muy completo y además compatible con un sinnúmero de dispositivos de captura de video.

3.6.7.1 Características de ZoneMinder

ZoneMinder es el software de código abierto más divulgado para usarse como servidor de videovigilancia. Puede ejecutarse en la mayoría de distribuciones de Linux y es compatible con cámaras IP y también con cámaras USB. Presenta una interfaz gráfica de usuario basada en web para realizar tareas de configuración y poder visualizar, almacenar y reproducir video. Cuenta también con múltiples niveles de acceso para usuarios concurrentes además de soporte para varios idiomas.

A continuación muestran las características fundamentales de este software:

- Trabaja con la mayoría de distribuciones de Linux.
- Es compatible con un gran número de cámaras de CCTV, cámaras de video IP y cámaras USB incluyendo a las principales marcas del mercado.
- Soporta características PTZ para cámaras que disponen de esta opción.
- Base de datos MySQL.
- Permite definir zonas de interés con diferentes grados de sensibilidad.
- Presenta una interfaz de usuario web.
- Admite la reproducción de eventos junto a diversas estadísticas.

- Notifica de eventos vía correo electrónico, incluyendo imágenes de los acontecimientos.
- Posibilita el almacenamiento automático de los eventos en espacio de disco local o servidores FTP.
- Presenta diferentes opciones para captura de video con grabación continua y por detección de movimiento.
- Tiene soporte multiusuario.
- Maneja Múltiples idiomas.

3.6.7.2 Requerimientos del Servidor de Videovigilancia

Es necesario que el servidor de videovigilancia tenga buenas características en procesamiento, memoria RAM, y espacio de disco. Al ser un servidor que procesará y almacenará datos de video, es necesario que tenga un buen desempeño al trabajar con este tipo de datos, especialmente si se realiza captura de video en alta definición. Este servidor también se encargara de controlar la captura en caso de usar detección de movimiento. Además se requiere que tenga instalada una distribución de Linux con la cual el software de videovigilancia sea compatible. Dentro de las necesidades de conectividad de red, se requiere una interfaz Gigabit Ethernet, debido al volumen de tráfico estimado el cual para el formato H.264 con buena calidad llegaría a 160 Mbps. Para espacio de almacenamiento en este caso usando detección de movimiento se requiere de un espacio de mínimo 4 TB de acuerdo a lo estimado en ítems anteriores. En la Tabla 3.36 se resumen las características de hardware que debe cumplir este servidor.

CARACTERISTICAS	REQUERIMIENTOS
Procesador	Intel Xeon
Memoria RAM	16 GB
Capacidad de almacenamiento	4 TB (SATA)
Tarjeta de red	Gigabit Ethernet 10/100/1000 Mbps
Sistema operativo	Distribución Linux compatible

Tabla 3.36 Características físicas del servidor de videovigilancia

3.7 CONTROLADOR DE DOMINIO

3.7.1 SELECCIÓN DEL SOFTWARE PARA EL CONTROLADOR DE DOMINIO

Para realizar esta selección, se tomara en cuenta dos sistemas para la implementación de un controlador de dominio en la red, la primera OpenLDAP una solución de código abierto, y por otro lado Active Directory, una solución desarrollada por Microsoft para entornos Windows, siendo ambos sistemas una interpretación del protocolo LDAP (Lightweight Directory Access Protocol).

Disponer de un controlador de dominio en la red mejora significativamente la seguridad y el manejo eficiente de los equipos, centralizando aquí la información y políticas para los usuarios. La elección de la mejor alternativa estará basada en las necesidades específicas de la organización; para el caso del laboratorio de Ingeniería Electrónica debido a que casi la totalidad de los equipos de usuarios maneja un entorno Windows, se optara por el desarrollo de este servicio en base a Active Directory, ya que provee un mayor grado de personalización para las políticas requeridas por la administración.

Si se tratara de un ambiente heterogéneo con clientes Windows y Linux, y solo se requiriese brindar un sistema básico de autenticación para ingresar a la red, bien se pudiera usar cualquiera de esas dos implementaciones, pero debido a las políticas y funcionalidades a nivel más específico que se necesita implementar en los equipos de usuario del laboratorio de Ingeniería Electrónica se opta por el uso de Active Directory.

3.7.2 DISTRIBUCION DEL CONTROLADOR DE DOMINIO

3.7.2.1 Dominio Raíz

La base de datos del controlador de dominio previsto para el laboratorio de Ingeniería Electrónica contara de una Unidad Organizativa (OU) principal llamada LAELECTRONICAOU, siendo el dominio raíz del bosque (Forest Root Domain) laelectronica.gob.pe; esta unidad organizativa principal almacenara 211 cuentas para usuarios, subdivididas en 3 grupos con características semejantes, los cuales serán asignados a múltiples Unidades Organizativas detalladas posteriormente.

En la Figura 3.17 se aprecia el árbol principal para el controlador de dominio del laboratorio de Ingeniería Electrónica.

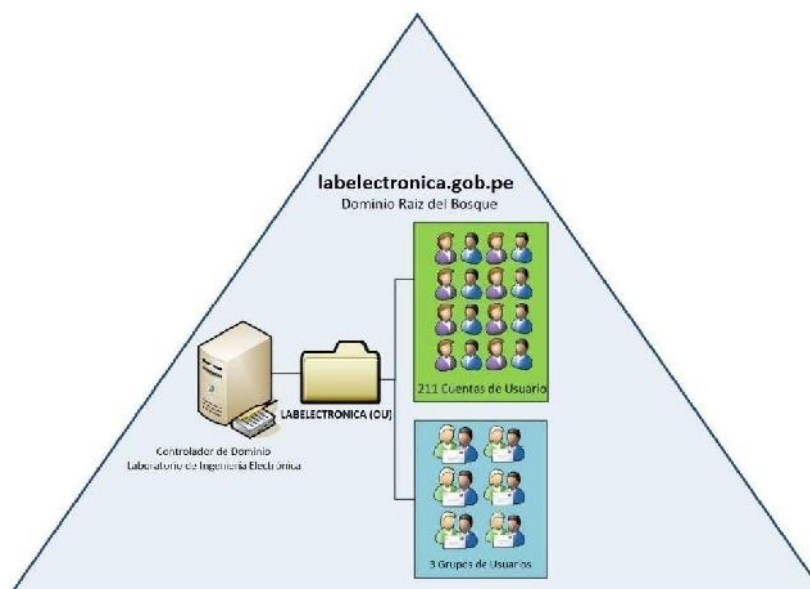
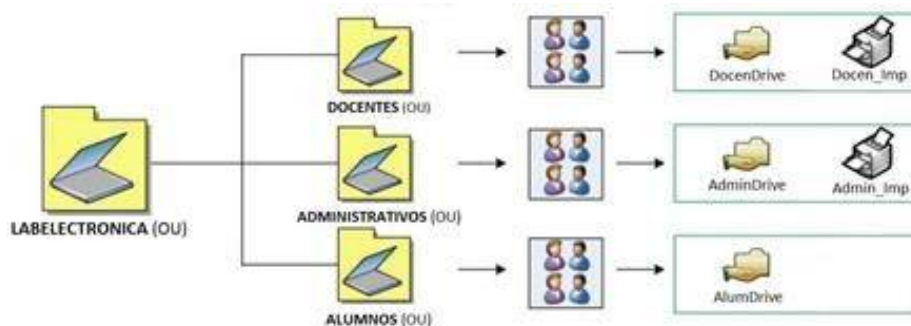


Figura 3.17 Dominio Raíz del Laboratorio de Ingeniería Electrónica

3.7.2.2 División en Unidades Organizativas (OU)

Una Unidad Organizativa (OU⁴³), es una subdivisión realizada dentro del dominio, la cual representa un contenedor para agrupar múltiples objetos que comparten una política de grupo común (GPO⁴⁴). Para el caso del laboratorio de Ingeniería Electrónica los distintos usuarios estarán agrupados según la división propuesta en la Figura 3.18, los usuarios de las diferentes OU tendrán acceso a un repositorio común para almacenamiento de archivos, acceso a recursos para impresión, entre otros.



⁴³ [OU]: Organizational Unit

⁴⁴ [GPO]: Group Policy Object

Figura 3.18 División de Unidades Organizativas

3.7.2.3 Políticas de Grupo (GPO)

Las políticas de grupo dispuestas por la administración se encuentran detalladas en la Tabla 3.37.

Política de Grupo (GPO)	Características	Unidades Administrativas Aplicables
GPO 1	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Acceso a todos los recursos del equipo 	Docentes (OU)
GPO 2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Restricción en la instalación de software no especificado ➤ Restricción de acceso al panel de control ➤ Restricción para acceder a la terminal de comandos CMD 	Administrativos (OU)
GPO 3	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Restricción en la instalación de software no especificado ➤ Restricción de acceso al panel de control ➤ Restricción para acceder a la terminal de comandos CMD ➤ Restricción para conectar dispositivos de almacenamiento, bloqueando los puertos USB del equipo ➤ Restricción para el uso de la unidad de CD/DVD ➤ Restricción para realizar cambios en el escritorio del equipo 	Alumnos (OU)

Tabla 3.37 Políticas de grupo en el controlador de dominio

3.7.2.4 Cuentas de Usuario

Para ingresar a un determinado equipo del dominio, cada usuario en la red dispondrá de una cuenta con la siguiente nomenclatura:

Jooooooo@labelectronica.gob.pe

En donde J representa la inicial del primer nombre del usuario, ooooooo el apellido del usuario, y @labelectronica.gob.pe el nombre asociado al controlador de dominio. Al usuario se le asignara una contraseña inicial para acceder al dominio, la cual deberá ser cambiada basada en los siguientes parámetros:

- Debe tener una longitud de 10 caracteres alfanuméricos.
- Debe contener al menos un carácter en mayúscula.
- Debe contener al menos un carácter numérico.

3.7.2.5 Cuentas de Equipo

Estas cuentas a diferencia de las cuentas de usuario, permiten llevar un control para que solo los equipos autorizados en el controlador de dominio del laboratorio de Ingeniería Electrónica accedan a la red. Estas cuentas serán creadas automáticamente cuando los usuarios accedan por primera ocasión al dominio, ya que estarán vinculadas con la asignación provista por el servicio DHCP el cual se detallara posteriormente. La nomenclatura que llevara este tipo de cuentas estará asociada al nombre del equipo, mediante la siguiente convención:

EQ # - LABELECTRONICA – W (XP-V-7-8-8.1-10)

En donde EQ # representa el número de equipo y W (XP-V-7-8-8.1-10) representa la versión del sistema operativo Windows utilizado, sea este XP, Vista, 7, 8, 8.1 o 10.

3.7.3 SERVICIO DHCP Y DNS

3.7.3.1 Servicio DHCP

El servicio DHCP estará asociado al controlador de dominio, para lo cual la administración del laboratorio de Ingeniería Electrónica requiere se maneje una reserva de direcciones IP en base a las direcciones MAC de los equipos en la red, con asignación ilimitada de tiempo, según como se detalla a continuación:

Cuenta de Equipo xxx ➡ Dirección IP xxx ➡ Mac-Address xxx

El pool que maneja el servicio DHCP será el comprendido entre las direcciones 192.168.1.20 y 192.168.2.50.

3.7.3.2 Servicio DNS

Para este servicio se dispondrá de un primer servidor DNS creado implícitamente en el controlador de dominio, y de un segundo servidor externo manejado con el paquete BIND sobre Linux, según se detalla en la Figura 3.17 para los servidores web: Archivos, Base de datos y documentos.

3.8 SERVIDOR PROXY

Este servicio estará basado en la herramienta Squid para Linux, en base a los parámetros que se detallan a continuación.

3.8.1 POLITICAS DE ACCESO EN BASE A LISTAS BLANCAS

Mediante el control de acceso en base a listas blancas, se especifica únicamente los sitios web permitidos para los usuarios en la institución.

La implementación de listas blancas permite tener una administración más eficiente y segura, reduciendo así el nivel de procesamiento que tenga que realizar el servidor proxy atendiendo con mayor rapidez las solicitudes de navegación de los usuarios.

3.8.2 DEFINICION DE GRUPOS DE ACCESO

La segmentación en grupos de acceso a internet se desarrollará mediante la agrupación de usuarios con requerimientos similares en la institución. La definición de estos grupos se exhibe en la Tabla 3.38.

GRUPO DE ACCESO	SITIOS PERMITIDOS	USUARIOS
GRUPO 1	➤ Sin Restricción de Acceso	Docentes (OU)
GRUPO 2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dominios *.gob.pe ➤ www.google.com.pe ➤ www.unprg.edu.pe ➤ www.gmail.com ➤ www.outlook.com ➤ www.facebook.com ➤ www.twitter.com ➤ www.dropbox.com 	Administrativos (OU)
GRUPO 3	<ul style="list-style-type: none"> ➤ www.google.com.pe ➤ www.edx.org ➤ www.coursera.org ➤ www.dropbox.com ➤ www.gmail.com ➤ www.outlook.com 	Alumnos (OU)

Tabla 3.38 Definición de grupos de acceso en el servido proxy

3.8.3 DEFINICION DE GRUPOS SEGÚN ANCHO DE BANDA

De igual forma se conformarán grupos en el servidor proxy conforme al ancho de banda de acceso a internet requerido para cada grupo de usuarios acorde a la Tabla 3.39.

LIMITADOR DE ANCHO DE BANDA	VELOCIDAD MAXIMA DE ACCESO A INTERNET	USUARIOS
Clase 1	Ilimitada	Docentes (OU)
Clase 2	700 kbps	Administrativos (OU)
Clase 3	500 kbps	Alumnos (OU)

Tabla 3.39 Definición de grupos según ancho de banda en el servidor proxy

3.8.4 PROXY TRANSPARENTE

El diseño contemplará la opción de manejar este servicio como un proxy transparente, efectuando una redirección de puertos firewall como se detalla en la Figura 3.19. Esto será de gran beneficio para la administración ya que no tendrá que especificar la dirección IP y puerto proxy en el navegador del usuario u otra aplicación que requiera de acceso a internet, manejando esta configuración de forma totalmente transparente.

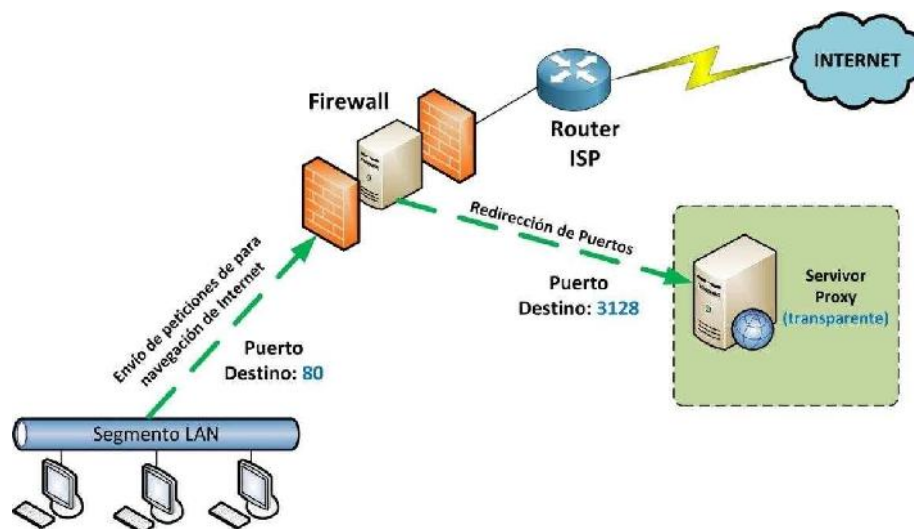


Figura 3.19 Esquema de proxy transparente para el laboratorio de Ingeniería Electrónica

3.9 SEGURIDAD EN LA RED

Para la seguridad de la red se propone el uso de un esquema de seguridad perimetral con una zona desmilitarizada DMZ mediante el uso de un firewall, en el cual se integraran todos los servicios que deban ser accedidos desde internet, con lo cual se logra un nivel de seguridad que permite salvaguardar la red local interna contra ataques externos ya que desde internet únicamente se permitirá el acceso a ciertos servicios en el segmento DMZ.

3.9.1 DISEÑO DE LA DMZ

Al presentarse la necesidad de que ciertos servicios de la institución como son los servidores, sean expuestos a redes externas no confiables, generalmente el internet; es necesarios crear una nueva subred o segmento de red separado al que se pueda tener acceso tanto desde la red interna, como vía externa, sin correr el peligro de comprometer la seguridad de la red interna de la institución. Este nuevo segmento de red separado constituye la zona desmilitarizada o DMZ, siendo una parte importante para la seguridad de la red que se basa en las siguientes premisas:

- Se autoriza el tráfico desde la red externa hacia la DMZ.
- Se prohíbe el tráfico desde la red externa hacia la red interna.
- Se autoriza el tráfico desde la red interna hacia la DMZ.
- Se autoriza el tráfico desde la red interna hacia la red externa.
- Se prohíbe el tráfico desde la DMZ hacia la red interna.
- Se prohíbe el tráfico desde la DMZ a la red externa.

Uno de los principios básicos en el diseño de la DMZ es separar los dispositivos, sistemas, servicios y aplicaciones basados en el riesgo. El objetivo es aislar dichos componentes de riesgo, de forma que al presentarse cualquier tipo de ataque a uno de estos componentes se puede limitar el ataque a la DMZ y proteger de esta forma la red interna, con un mejor control.

3.9.2 SERVICIOS A SER INTEGRADOS EN LA DMZ

Para brindar un adecuado nivel de seguridad se recomienda que en lo posible todos los servicios para los cuales se requiera tener acceso a través de internet, formen parte de la zona desmilitarizada o en su defecto tengan un gateway en la misma, que permita la comunicación con redes externas a determinados servicios.

Para el presente diseño se considera que los siguientes elementos de la red formen parte de la DMZ:

- Servidor Proxy
- Servidor Web
- DNS Secundario

Para el servidor proxy es necesario permitir las conexiones desde la red interna hacia dicho servidor para que a través del mismo se pueda navegar en internet. Solo se permiten las conexiones desde la red local a puertos específicos del proxy y este permite la navegación. De esta forma al presentarse un ataque, únicamente se perdería momentáneamente la navegación en internet.

Es necesario el uso de un DNS secundario que pueda que pueda resolver los nombres para los servicios web. Para los servicios de DNS y web que se encuentran en la DMZ se realiza un proceso NAT entre las IPs privadas usadas

para el segmento DMZ, con las respectivas IPs públicas para que puedan ser accedidos desde internet. Para esto es necesario el uso de un firewall en el cual sean creadas las políticas de seguridad y NAT adecuadas.

3.9.3 ESQUEMA LOGICO DE LA DMZ

En la Figura 3.20 se presenta la topología lógica que permite comprender de mejor manera la integración y funcionamiento del segmento DMZ empleado como seguridad perimetral para la red del laboratorio de Ingeniería Electrónica.

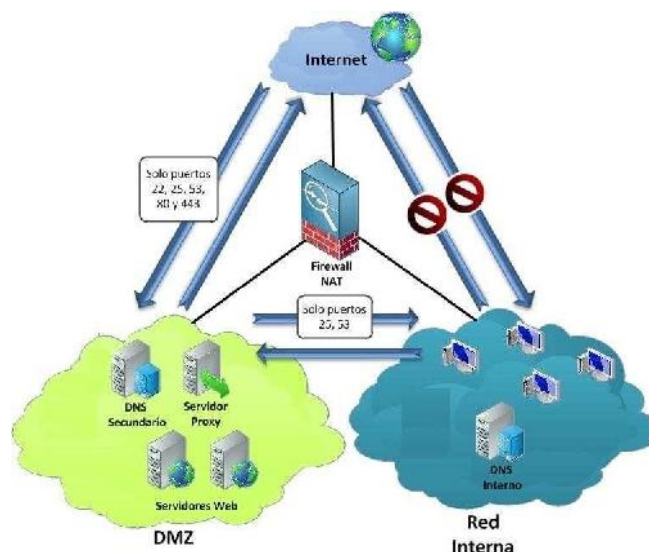


Figura 3.20 Esquema lógico del diseño de la DMZ

3.9.4 FIREWALL

Mediante este dispositivo se analizará y filtrará el tráfico de acuerdo a reglas y políticas de red tanto para acceso, reenvío de puertos y NAT; impidiendo que tráfico no deseado y malicioso pueda circular hacia y a través del firewall. Todo esto se realiza mediante el bloqueo de protocolos, puertos y de direcciones IP, incluso con un análisis de patrones de tráfico que pueda ser identificado como malicioso. Para el esquema de DMZ presentado se requerirá que el firewall tenga al menos tres interfaces de red 10/100/1000 Base-T para que pueda satisfacer el volumen de tráfico y los requerimientos de diseño planteados, en los cuales surge la necesidad que una interfaz sea conectada a la red interna, otra interfaz al segmento DMZ y al menos una a internet. Además es necesario que tenga capacidades para su administración de manera que se pueda controlar

parámetros como conexiones concurrentes y throughput, ya sea mediante SNMP⁴⁵ u otro tipo de herramientas.

3.9.4.1 Políticas de Seguridad en Firewall

Para un correcto funcionamiento del esquema de seguridad perimetral es necesario establecer las políticas de acceso adecuadas en el firewall, partiendo de una política restrictiva y permitir únicamente lo que sea necesario.

Las reglas aplicadas en el firewall pueden designarse para el tráfico entrante, saliente o que atraviesa el dispositivo. Además cada regla puede ser configurada para especificar el usuario, la dirección IP, el servicio, o bien el puerto y el protocolo; incluso es posible señalar el adaptador de red al que se aplicara la regla: ya sea red local interna (LAN), zona desmilitarizada (DMZ), o internet. Con estos particulares, se constituyen en resumen las reglas presentadas en la Tabla 3.40 para el esquema DMZ.

REGLAS DE FIREWALL					
FUENTE	DESTINO	SERVICIO	PUERTO	ACCION	DESCRIPCION
Red Local	Firewall	SSH	TCP 22	Permitir	Aceptar conexiones SSH desde red local a firewall
DMZ	Firewall	SSH	TCP 22	Permitir	Aceptar conexiones SSH desde DMZ a firewall
Red Local	DMZ	DNS	UDP 53	Permitir	Aceptar peticiones DNS desde el servidor interno hacia forwarder en DMZ
DMZ	Internet	DNS	UDP 53	Permitir	Aceptar peticiones DNS desde DMZ hacia el exterior
Red Local	Proxy	Proxy	TCP 3128	Permitir	Aceptar conexiones desde red local a servidor proxy para la navegación
Proxy	Internet	HTTP/HTTPS	TCP 80/443	Permitir	Aceptar navegación web de servidor proxy en internet

⁴⁵ [SNMP]: Simple Network Management Protocol

REGLAS DE FIREWALL					
FUENTE	DESTINO	SERVICIO	PUERTO	ACCION	DESCRIPCION
Internet	Servidores Web	HTTP/HTTPS	TCP 80/443	Permitir	Aceptar conexiones vía web desde internet a servidores de base de datos
Internet	Servidores Web	HTTP/HTTPS	TCP 80/443	Permitir	Aceptar conexiones vía web desde internet a servidores Archivos
Internet	Servidores Web	HTTP/HTTPS	TCP 80/443	Permitir	Aceptar conexiones vía web desde internet a servidor de Documentos
Internet	DNS Secundario	DNS	TCP/UDP 53	Permitir	Aceptar peticiones DNS desde internet a servidor DNS Externo en DMZ
Red Local	Firewall	SNMP	TCP 161/162	Permitir	Aceptar conexiones SNMP al firewall desde red local para administración

Tabla 3.40 Reglas de acceso para la DMZ

3.9.5 DIRECCIONAMIENTO IP PARA EL SEGMENTO DMZ

Los servidores dentro de la DMZ requieren de direcciones IP en un rango distinto a los establecidos para la red interna. Para el presente diseño se requieren 6 direcciones IP, de las cuales 5 pertenecen a servidores y una dirección adicional se destina a la interfaz DMZ de firewall. Para cumplir este requerimiento adicional se utilizara el rango de direcciones IP establecidos por la sub red 192.168.10.0/28, el cual brinda 14 direcciones IP utilizables. Con esto se satisface el posible incremento de servidores que se pueda tener en un futuro dentro de la DMZ.

A continuación en la Tabla 3.41 se detalla el esquema de direccionamiento para la DMZ.

Subred 192.168.10.0/28			
Rango de Direcciones IP Utilizables	Dirección de Red	Dirección de Broadcast	Total de Direcciones IP Utilizables
De la 192.168.10.1 a la 192.168.10.14	192.168.10.0	192.168.10.15	14
Asignación de Direcciones IP			
Equipo	Dirección IP		Mascara de Subred
Interfaz DMZ Firewall	192.168.10.1		255.255.255.240
DNS Externo	192.168.10.2		255.255.255.240
Servidor Proxy	192.168.10.3		255.255.255.240
Servidor Web 1	192.168.10.4		255.255.255.240
Servidor Web 2	192.168.10.5		255.255.255.240
Servidor Web 3	192.168.10.6		255.255.255.240
Total de Direcciones IP Utilizadas			6
Direcciones IP Disponibles			8

Tabla 3.41 Direccionamiento IP para zona desmilitarizada DMZ

3.9.6 NAT

Para la utilización de direcciones IP privadas en el segmento DMZ y proveer además conectividad con internet se debe usar en el firewall la función de traducción de direcciones de red o NAT (Network Address Translation). Mediante este proceso se traducirán las direcciones IP privadas de los servidores en la DMZ con las respectivas IPs públicas de la institución. Se utilizará el proceso NAT estático, no es necesario traducir puertos ya que se cuenta con varias direcciones IP públicas con la cuales se puede realizar el proceso de NAT entre una IP privada y la correspondiente pública a ser asignada de acuerdo a la Tabla 3.42.

SERVIDOR	DIRECCION INTERNA	DIRECCION EXTERNA
DNS Externo	192.168.10.2	190.152.220.196
Proxy	192.168.10.3	190.152.220.195
Web 1 Archivos	192.168.10.4	190.152.220.194
Web 2 Base de Datos	192.168.10.5	190.152.220.197
Web 3 Documentos	192.168.10.6	190.152.220.193

Tabla 3.42 Direcciones de NAT estático para servidores en DMZ

3.10 ADMINISTRACION DE LA RED DEL LABORATORIO DE INGENIERIA ELECTRONICA

La administración y gestión de la red es un proceso conjunto, no solamente aplicado al monitoreo de equipos. En esta sección se presentara los lineamientos a considerar para el monitoreo de equipos en la red del laboratorio de Ingeniería Electrónica.

3.10.1 MONITOREO DE EQUIPOS ACTIVOS Y SERVIDORES

La administración de la red es un aspecto fundamental a considerar en el diseño de la red del laboratorio de Ingeniería Electrónica definiendo procedimientos y métodos para mantener la red y sus servicios operando correctamente, mediante mantenimiento del tipo preventivo y correctivo en los componentes.

Los aspectos básicos a considerar son los siguientes para el caso de servidores:

- Monitoreo de tráfico
- Monitoreo de uso de CPU
- Monitoreo de uso de memoria RAM
- Monitoreo de uso de disco duro

Se debe tener en cuenta el impacto que tendrá la habilitación del protocolo SNMP en el monitoreo de los equipos de red, por lo que el monitoreo de tráfico se puede habilitar en los equipos activos llevando un sistema de incidencias.

3.10.2 PROTOCOLO DE ADMINISTRACION DE RED

Para la administración de la red se plantea el uso del protocolo SNMP en los equipos ya que es un protocolo ampliamente desarrollado y se puede encontrar en una amplia gama de dispositivos de networking, se prioriza la utilización de la versión 3 del mismo si el dispositivo lo permite, ya que no ha sido mayoritariamente aceptado por la industria, esta versión presenta mayor seguridad, con opciones de autenticación y confidencialidad en el envío de notificaciones.

3.10.3 ALERTAS DE MONITOREO

Se debe configurar alertas de monitoreo en el gestor para notificar al administrador sobre el estado de los equipos que están a su cargo, definiendo umbrales de los aspectos más importantes, como incremento de tráfico, incremento de uso de memoria RAM, incremento de uso de la CPU, y también alertas sobre posibles saturaciones del uso de disco duro.

En los switches de la red se deberá configurar alertas con umbrales de tráfico sobrepasado, para cada interfaz. También se deberá llevar estadísticas del tráfico de la salida a internet y los principales enlaces, conformando un registro histórico que permita analizar las tendencias de crecimiento que se presente en el volumen del tráfico a lo largo del tiempo.

3.10.4 SOFTWARE DE GESTION

Para el software de gestión de la red del laboratorio de Ingeniería Electrónica se propone el uso de la herramienta CACTI, la cual es una herramienta gráfica para generación de datos de red desarrollada para ser utilizada por administradores de red, dispone de poderosos recursos para monitorear dispositivos de red como medición de tráfico de interfaces, carga de procesamiento en la CPU, utilización de memoria entre otros.

Presenta múltiples métodos de adquisición de datos mediante el uso del protocolo SNMP en todas sus versiones y dispone de una interfaz web para monitoreo y obtención de estadísticas de los equipos monitoreados.

3.10.5 SISTEMA UPS⁴⁶

Este sistema es necesario para garantizar la disponibilidad de los equipos del cuarto de telecomunicaciones del laboratorio de Ingeniería Electrónica cuando se presenten fallas en el suministro de energía eléctrica, este sistema además regula la tensión evitando los picos de voltaje que pueda traer la red y proporciona un tiempo de autonomía por medio de baterías.

⁴⁶ [UPS]: Uninterruptible Power Supply

La unidad de potencia para configurar un SAI es el voltiamperio (VA), que es la potencia aparente, o el vatio (W), que es la potencia activa, también denominada potencia efectiva o eficaz, consumida por el sistema. Para calcular cuanta energía requiere un SAI, se debe conocer el consumo del dispositivo. Si la que se conoce es la potencia efectiva o eficaz, en vatios, se multiplica la cantidad de vatios por 1,4 para tener en cuenta el pico máximo de potencia que puede alcanzar el equipo. Por ejemplo: $(200 \text{ vatios} \times 1.4) = 280 \text{ VA}$. Si lo que se conoce es la tensión y la corriente nominales, para calcular la potencia aparente (VA) hay que multiplicar la corriente (amperios) por la tensión (voltios), por ejemplo: $(3 \text{ amperios} \times 220 \text{ voltios}) = 660 \text{ VA}$.

Para calcular la potencia nominal del UPS para el laboratorio de Ingeniería Electrónica DELL nos proporciona una herramienta on-line (UPS Selector)⁴⁷ para hacer este cálculo, es una herramienta muy sencilla de utilizar nos da dos opciones para configurar: Por Carga o Por Dispositivo. En este caso hicimos el cálculo por dispositivo ya que nos permite seleccionar los equipos que se utilizarán en este proyecto, los cuales están detallados en el capítulo 4 de este informe, dicha herramienta nos arrojó que la suma de la potencia aparente (VA) de todos los equipos de la red es de 4,682 W o su equivalente en voltiamperios que sería 6,555 VA, por lo que el UPS para el cuarto de telecomunicaciones debe poseer las siguientes características:

- Potencia Aparente > 6,555 VA
- Capacidad de arranque en frío
- Regulación de tensión y frecuencia
- Entrada 220 V

⁴⁷ <http://www.dellups.com/es/ups-selector>

CAPITULO IV

DISEÑO 3D Y COSTO REFERENCIAL PARA EL PROYECTO

En este capítulo se presenta el diseño en 3D de la red propuesta para el laboratorio de Ingeniería Electrónica, con los componentes señalados en el alcance del proyecto. Finalmente se presenta el costo referencial para la implementación del diseño propuesto.

4.1 DISEÑO 3D

4.1.1 SOFTWARE PARA EL DISEÑO 3D

Para el diseño 3D se usó el software SketchUp Pro. SketchUp (o Trimble SketchUp) es un programa de diseño gráfico y modelado en (3D) tres dimensiones basado en caras. Para entornos de arquitectura, ingeniería civil, diseño industrial, diseño escénico, GIS, videojuegos o películas. Es un programa desarrollado por @Last Software, empresa adquirida por Google en 2006 y finalmente vendida a Trimble en 2012.

4.1.2 DISEÑO 3D DEL EDIFICIO CON LA RED IMPLEMENTADA

Para elaborar el diseño de la red, se construyó en 3D el edificio del laboratorio de Ingeniería Electrónica con el programa SketchUp. Para luego implementar la red propuesta con los componentes señalados en el desarrollo del proyecto. En la Figura 4.1 se presenta una vista panorámica del edificio construido en 3D.



Figura 4.1 Vista panorámica del edificio de Ingeniería Electrónica en 3D

A continuación se presentarán unas instantáneas de los ambientes en cada piso con la red implementada:

4.1.2.1 Primer Piso

En el primer piso se contará con 106 salidas de telecomunicaciones, 10 terminales de voz (teléfonos IP) y 8 terminales de video (cámaras IP), 1 de estas 8 cámaras se encontrará vigilando el acceso principal al edificio. Todos estos elementos estarán distribuidos en los diferentes ambientes de este piso, a continuación se detalla la distribución de estos terminales en cada ambiente:

4.1.2.1.1 Laboratorio de Electrónica de Potencia y Maquinas Eléctricas

En la Figura 4.2 se puede apreciar la disposición de la red en este ambiente. En este ambiente se tendrán 39 puntos para datos, 1 punto de acceso telefónico y 2 cámaras IP para la seguridad. La distribución del cableado se hará por bandeja rejilla y canaletas.



Figura 4.2 Disposición de la red en el laboratorio de Electrónica de Potencia y Maquinas Eléctricas

4.1.2.1.2 Laboratorio de Control y Automatización Avanzado

En la Figura 4.3 se puede apreciar la disposición de la red en este ambiente. En este ambiente se tendrán 39 puntos para datos, 1 punto para acceso telefónico y 2 cámaras IP para la seguridad. La distribución del cableado se hará por bandeja rejilla y canaletas.



Figura 4.3 Laboratorio de Control y Automatización Avanzado

4.1.2.1.3 Centro de Producción

En la Figura 4.4 se puede apreciar la disposición de la red en este ambiente. En este ambiente se contará con 7 puntos para datos, 7 puntos para acceso

telefónico y 2 cámaras IP para la seguridad. La distribución del cableado se hará con canaleta.



Figura 4.4 Disposición de la red en el Centro de Producción

4.1.2.1.4 Almacén

En la Figura 4.5 se puede apreciar la disposición de la red en este ambiente. En este ambiente se contará con 3 puntos para datos, 1 punto para acceso telefónico y 1 cámara IP para la seguridad. La distribución del cableado se hará por canaleta.

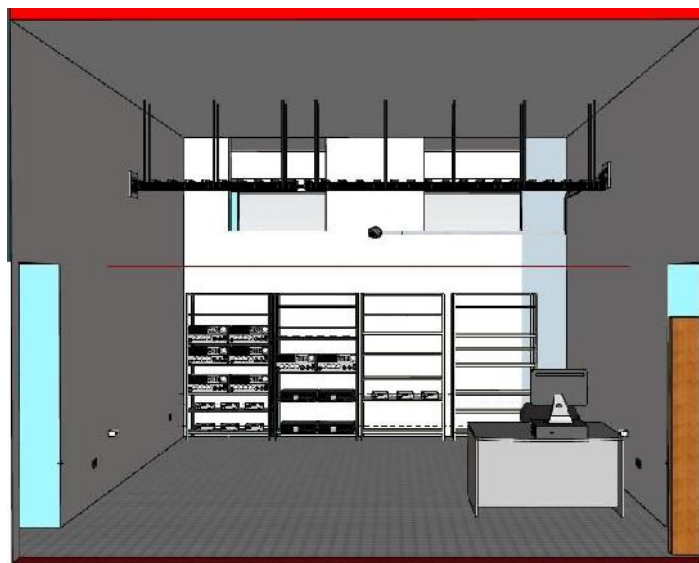


Figura 4.5 Disposición de la red en el Almacén

4.1.2.2 Segundo Piso

En el segundo piso se contará con 47 salidas de telecomunicaciones, 1 terminal de voz (teléfono IP) y 3 terminales de video (cámaras IP), 1 de estas 3 cámaras se encontrará en el hall de este piso para vigilar el acceso a este piso y al tercer piso respectivamente. Todos estos elementos estarán distribuidos en los diferentes ambientes de este piso, a continuación se detalla la distribución de estos terminales en cada ambiente:

4.1.2.2.1 Laboratorio de Computación

En la Figura 4.6 se puede apreciar la disposición de la red en este ambiente así como el gabinete que contiene los switches de la capa acceso que darán cobertura a los ambientes del primer y segundo piso. En este ambiente se contará con 20 puntos en piso para datos, 2 puntos dobles en pared, uno de los cuales contiene una salida para acceso telefónico y 2 cámaras IP para la seguridad. La distribución del cableado se hará por medio de bandeja rejilla y canaletas.



Figura 4.6 Disposición de la red en el laboratorio de Computación

4.1.2.3 Tercer Piso

En el tercer piso se contará con 132 salidas de telecomunicaciones, 8 terminales de voz (teléfonos IP) y 12 terminales de video (cámaras IP), de estas 12 cámaras una vigilara el parqueadero y otra vigilará todas las escaleras y el acceso a la azotea. A continuación se detalla la distribución de estos terminales en este piso:

4.1.2.3.1 Laboratorio de Electrónica Digital

En la Figura 4.7 se puede apreciar la disposición de la red en este ambiente. En este ambiente se contará con 39 puntos para datos, 1 punto para acceso telefónico y 2 cámaras IP para la seguridad. La distribución del cableado se hará por medio de bandeja rejilla y canaletas.



Figura 4.7 Disposición de la red en el laboratorio de Electrónica Digital

4.1.2.3.2 Laboratorio de Telecomunicaciones

En la Figura 4.8 se puede apreciar la disposición de la red en este ambiente. En este ambiente se contará con 24 puntos en piso para datos, 8 puntos dobles en pared para datos, 1 punto para acceso telefónico y 2 cámaras IP para la seguridad. La distribución del cableado se hará por medio de bandeja rejilla y canaletas.



Figura 4.8 Disposición de la red en el laboratorio de Telecomunicaciones

4.1.2.3.3 Investigación Desarrollo – Sala de Reuniones

En la Figura 4.9 se puede apreciar la disposición de la red en este ambiente. En este ambiente se contará con 4 puntos dobles para datos, uno de los cuales contiene una salida para acceso telefónico y 1 cámara IP para la seguridad. La distribución del cableado se hará por medio de canaletas.



Figura 4.9 Departamento de Investigación Desarrollo - Sala de Reuniones

4.1.2.3.4 Sala de Profesores

En la Figura 4.10 se puede apreciar la disposición de la red en este ambiente. En este ambiente se contará con 6 puntos dobles para datos, uno de los cuales contiene una salida para acceso telefónico y 1 cámara IP para la seguridad. La distribución del cableado se hará por medio de canaletas.

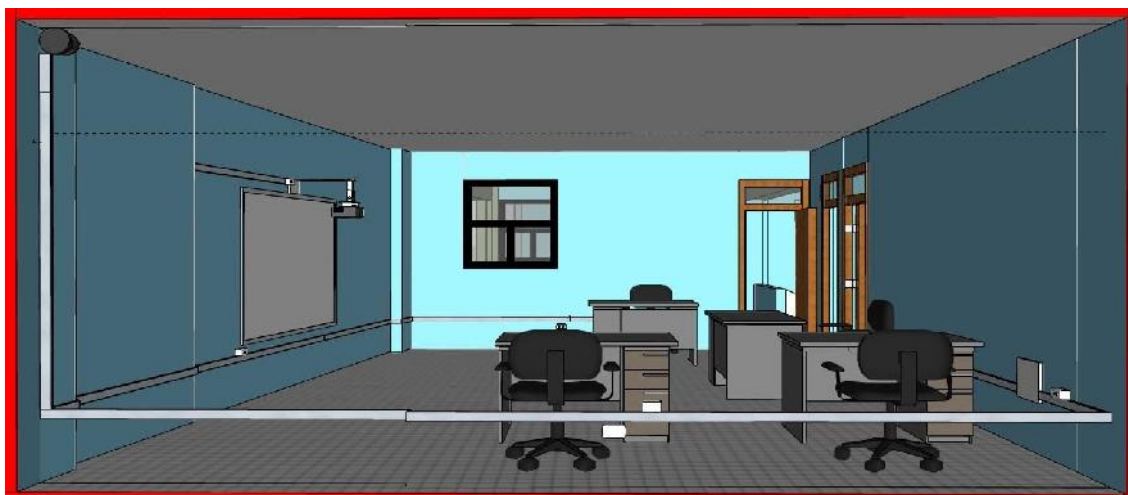


Figura 4.10 Disposición de la red en la Sala de Profesores

4.1.2.3.5 Departamento de Escuela

En la Figura 4.11 se puede apreciar la disposición de la red en este ambiente. En este ambiente se contará con 3 puntos dobles para datos, uno de los cuales contiene una salida para acceso telefónico y 1 cámara IP para la seguridad. La distribución del cableado se hará por medio de canaleta.



Figura 4.11 Disposición de la red en el Departamento de Escuela

4.1.2.3.6 Dirección de Escuela y Secretaria

En la Figura 4.12 se aprecia la disposición de la red en estos ambientes. Estos ambientes contarán con 4 puntos dobles, de los cuales 6 puntos serán para datos y 2 puntos serán para acceso telefónico y un punto simple para 1 cámara IP en cada ambiente para la seguridad. La distribución del cableado se hará por medio de canaletas.



Figura 4.12 Disposición de la red en la Dirección de Escuela y Secretaria

4.2 COSTO REFERENCIAL DEL PROYECTO

En esta sección se presenta el costo referencial para la implementación del proyecto. Dentro de la red pasiva se contempla el costo de los elementos planteados en el diseño, así como también el costo de instalación y certificación del cableado.

Dentro de la red activa se presentan alternativas para los equipos de conmutación, además se incluye el costo de los equipos terminales para telefonía IP y videovigilancia IP, servidores y licenciamiento de software.

4.2.1 RED PASIVA

A continuación se detallan los elementos necesarios para la implementación del diseño propuesto de la red pasiva.

4.2.1.1 Costo de los Elementos Seleccionados

En el diseño se contempla el uso de cable UTP y accesorios categoría 6A de las marcas Panduit, Siemon, Famsa y Dixon. Fibra Óptica y accesorios de las marcas Helucom y Panduit. Canaletas y bandejas de las marcas Dexson-Schneider y Satra. Gabinetes de la marca Polinomio.

Todos estos elementos fueron cotizados por las empresas: Siel Electric S.R.L., Electrodata S.A.C., Lamba S.A.C., La Casa de la Telefonía Electrónica S.A. y Tecsystem E.I.R.L.

En la Tabla 4.1 se presenta el costo de los elementos pasivos de la red de las marcas escogidas.

ELEMENTOS PASIVOS DE LA RED			
RACKS Y ACCESORIOS			
DESCRIPCION	MARCA	CANTIDAD	PRECIO C/U
Gabinete de Piso 19" x 42U 800x1000	Polinomio	2	S/. 3,355.00
Gabinete para Servidores 19" x 42U	Polinomio	1	S/. 3,600.00
Patch Panel 48 Puertos Categoría 6A (Incluye Jack)	Siemon	8	S/. 1035.00
Bandeja de Fibra Óptica Precargada con 12 LC Duplex	Panduit	3	S/. 1,100.04
Organizador Horizontal de Cable 2U	Panduit	8	S/. 183.48
Organizador Vertical para Rack 42U Ranurado	Panduit	3	S/. 375.18
Regleta de Energía para Rack 220V/15A -16 Tomas 1U	Tripp Lite	3	S/. 196.87
FACEPLATES Y ACCESORIOS			
Faceplate Horizontal Doble	Siemon	118	S/. 10.00

Faceplate Horizontal Simple	Siemon	49	S/. 10.00
Caja de Montaje en Superficie para Faceplate 2"x4"	Panduit	167	S/. 14.34
Jack RJ45 Categoría 6A con Etiqueta de Identificación	Siemon	285	S/. 26.50
Conector RJ45 Cat. 6A (Cajax100 Unidades)	Dixon	285	S/. 80.00
Conector LC 62.5/125 Multimodo Enchavetado	Panduit	24	S/. 95.72
CABLEADO			
Cable UTP 4P Cat. 6A 23 AWG LSZH, Azul (CajaX305m)	Siemon	35	S/. 500.00
Fibra Optica OM1 62.5/125 MM, 2 Fibras (x100m)	Helucom	1	S/. 333.03
Patch Cord Categoría 6A de 10 Pies Certificado	Panduit	285	S/. 25.64
Patch Cord Categoría 6A de 7 Pies Certificado	Panduit	78	S/. 23.16
CANALETAS, BANDEJAS Y ACCESORIOS			
Bandeja Rejilla Zinc Plus 75x200x3000 mm	Schneider	30	S/. 149.01
Soportes de Suspensión para Bandeja Rejilla	Schneider	240	S/. 9.80
Unión Lateral Zinc Plus (Paquete x 25 und)	Schneider	2	S/. 288.00
Canaleta 60x40 mm	Dexson	75	S/. 20.40
Canaleta 40x25 mm	Dexson	30	S/. 12.90
Canaleta 60x 16 mm	Satra	28	S/. 10.80
Canaleta 15x10 mm	Satra	40	S/. 0.65
Canaleta de Piso 60x13 mm	Dexson	23	S/. 37.90
Angulo Externo 60x40 mm	Dexson	12	S/. 8.90
Angulo Interno 40x25 mm	Dexson	14	S/. 3.99
Angulo Externo 40x25 mm	Dexson	13	S/. 3.99
Angulo Interno 60x16 mm	Satra	12	S/. 3.99
Angulo Externo 60x16 mm	Satra	9	S/. 3.99
Angulo Plano 60x40 mm	Dexson	16	S/. 8.90
Caja de Pase Galvanizada 76mm 290x290x115mm S/T	Famsa	16	S/. 220.28
		TOTAL	S/. 80,656.18

Tabla 4.1 Costo de los elementos pasivos de la red

4.2.2 RED ACTIVA

4.2.2.1 Equipos de Conmutación

A continuación se presentan las alternativas para equipos de conmutación.

4.2.2.1.1 Alternativa Cisco

Los equipos de la alternativa cisco se presentan en la Tabla 4.2.

EQUIPO	CANTIDAD	VALOR
➤ Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L	7	S/. 12,100.45
➤ Garantía Smartnet Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L	7	S/. 1,183.03
➤ Cisco Catalyst 3560X-24P-S	2	S/. 10,871.01
➤ Garantía Smartnet Cisco Catalyst 3560X-24P-S	2	S/. 1,460.17
➤ Cisco Catalyst 3750X-24S-S	1	S/. 35,796.03
➤ Garantía Smartnet Cisco Catalyst 3750X-24P-S	1	S/. 2,363.32
	Total	S/. 155,806.07

Tabla 4.2 Equipos de conmutacion de la alternativa Cisco

La alternativa Cisco cuenta con la garantia Smarnet, la cual provee de soporte tecnico especializado en caso de fallas en la configuracion para cada equipo las 24 horas del dia los 365 dias del año por un lapso de 3 años, ademas en caso de defectos de fabrica del equipo este es remplazado inmediatamente.

4.2.2.1.1.1 Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L

En la Figura 3.10 se presenta el switch Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L.



Figura 3.10 Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L

En la Tabla 4.3 se presentan las características del switch Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L seleccionado para la capa de acceso.

Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L
➤ Funcionalidades a nivel de capa 2 y capa 3.
➤ 48 puertos Auto-MDI/MDI-X 10/100/1000 PoE + 4 puertos SFP.
➤ Velocidad de conmutación: 32 Gbps.
➤ MTBF: 205.052 horas.
➤ Soporte para VLAN.
➤ Protocolo de acceso: Telnet, SSH, HTTP, HTTPS.
➤ Protocolos de administración y gestión: SNMP (V1, V2c, V3), RMON.
➤ Asignación de prioridades de tráfico (CoS).
➤ Seguridad de puerto.
➤ Soporte para STP (Spanning Tree Protocol) y RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol).
➤ Estándares IEEE soportados: 802.3u, 802.3ab, 802.3af, 802.3z, 802.1q, 802.1d, 802.1w, 802.1p.

Tabla 4.3 Características del switch Cisco Catalyst 2960S-48LPS-L

4.2.2.1.1.2 Cisco Catalyst 3560X-24P-S

En la Figura 3.11 se presenta el switch Cisco Catalyst 3560X-24P-S.



Figura 3.11 Cisco Catalyst 3560X-24P-S

En la Tabla 4.4 se presentan las características del switch Cisco Catalyst 3560X-24P-S seleccionado para operar en la capa de distribución.

Cisco Catalyst 3560X-24P-S
➤ Funcionalidades a nivel de capa 2 y capa 3.
➤ 24 puertos Auto-MDI/MDI-X 10/100/1000 + 2 SFP.
➤ Velocidad de conmutación: 32 Gbps.
➤ MTBF: 181.370 horas.
➤ Soporte para VLAN.
➤ Protocolo de acceso: Telnet, SSH, HTTP, HTTPS.
➤ Protocolos de administración y gestión: SNMP (V1, V2c, V3), RMON.
➤ Asignación de prioridades de tráfico (CoS).
➤ Seguridad de puerto.
➤ Balanceo de carga.
➤ Agregación de enlaces.
➤ Soporte para STP (Spanning Tree Protocol) y RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol).
➤ Estándares IEEE soportados: 802.3u, 802.3ab, 802.3af, 802.3z, 802.1q, 802.1d, 802.1w, 802.1p.

Tabla 4.4 Características del switch Cisco Catalyst 3560X-24P-S

4.2.2.1.1.3 Cisco Catalyst 3750X-24P-S

En la Figura 4.12 se presenta el switch Cisco Catalyst 3750X-24P-S.



Figura 4.12 Cisco Catalyst 3750X-24P-S

En la Tabla 4.5 se presentan las características del switch Cisco Catalyst 3750X-24P-S elegido para operar en la capa de núcleo.

Cisco Catalyst 3750X-24P-S
➤ Funcionalidades a nivel de capa 2 y capa 3.
➤ 24 puertos Auto-MDI/MDI-X 10/100/1000 + 2 SFP.
➤ Velocidad de conmutación: 64 Gbps.
➤ MTBF: 188.574 horas.
➤ Soporte para VLAN.
➤ Protocolo de acceso: Telnet, SSH, HTTP, HTTPS.
➤ Protocolos de administración y gestión: SNMP (V1, V2c, V3), RMON.
➤ Calidad de servicio (QoS).
➤ Asignación de prioridades de tráfico (CoS).
➤ Seguridad de puerto.
➤ Balanceo de carga.
➤ Agregación de enlaces.
➤ Incluye tecnología Stackwise ⁴⁸ de Cisco
➤ Soporte para STP (Spanning Tree Protocol) y RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol).
➤ Estándares IEEE soportados: 802.3u, 802.3ab, 802.3af, 802.3z, 802.1q, 802.1d, 802.1w, 802.1p.

Tabla 4.5 Características del switch Cisco Catalyst 3750X-24P-S

4.2.2.1.2 Alternativa HP

Los equipos de conmutación de la alternativa HP se presentan en la Tabla 4.6.

EQUIPO	CANTIDAD	VALOR
➤ HP 5120-48G-SFP	7	S/. 12,216.59
➤ HP 1y Support Plus24 5120 Switch SVC	7	S/. 594.95
➤ HP 5500-24G-SFP	3	S/. 11,621.14
➤ HP 1y Support Plus24 5500-24 Switch SVC	3	S/. 1,228.80
Total		S/. 128,230.6

Tabla 4.6 Equipos de conmutación alternativa HP

Los equipos de la alternativa Hp cuentan con soporte técnico y garantía de un año para reparación, mantenimiento o cambio de los mismos en caso de algún defecto fábrica. A continuación se detallan las principales características que posee.

⁴⁸ Stackwise: Tecnología desarrollada por Cisco que permite conectar hasta 9 switches para operar como un solo equipo para aumentar las capacidades de operación.

4.2.2.1.2.1 HP 5120-48G-SFP

En la Figura 4.13 se presenta el switch HP 5120-48G-SFP.

En la Tabla 4.7 se presentan las características del switch HP 5120-48G-SFP elegido para operar en la capa de acceso.

HP 5120-48G-SFP
➤ Funcionalidades a nivel de capa 2, 3 y 4.
➤ 48 puertos Auto-MDI/MDI-X 10/100/1000 + 4 SFP (con soporte hasta 10 Gbps).
➤ Velocidad de conmutación: 96 Gbps.
➤ MTBF: no especificado.
➤ Soporte para VLAN.
➤ Protocolo de acceso: Telnet, SSH, HTTP, HTTPS.
➤ Calidad de servicio avanzada en base a criterios a nivel de capa 2, 3 y 4.
➤ Control de tráfico de broadcast.
➤ Agregación de enlaces hasta 10 Gbps.
➤ Protocolo de administración y gestión: SNMP (V1, V2c, V3), RMON.
➤ Soporte para STP (Spanning Tree Protocol) y RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol).
➤ Estándares IEEE soportados: 802.3u, 802.3ab, 802.3af, 802.3z, 802.1q, 802.1d, 802.1w, 802.1p.

Tabla 4.7 Características del switch HP 5120-48G-SFP

4.2.2.1.2.2 HP 5500-24G-SFP

En la Figura 4.14 se presenta el switch HP 5500-24G-SFP.

En la Tabla 4.8 se presentan las características del switch HP 5500-24G-SFP elegido para operar en la capa de distribución y núcleo.

HP 5500-24G-SFP
➤ Funcionalidades a nivel de capa 2, 3 y 4.
➤ 24 puertos Auto-MDI/MDI-X 10/100/1000 + 4 puertos SFP (con soporte hasta 10 Gbps).
➤ Velocidad de conmutación: 144 Gbps.
➤ MTBF: no especificado.
➤ Soporte para VLAN.
➤ Protocolo de acceso: Telnet, SSH, HTTP, HTTPS.
➤ Calidad de servicio avanzada en base a criterios a nivel de capa 2, 3 y 4.
➤ Control de tráfico de broadcast.
➤ Agregación de enlaces hasta 10 Gbps.

➤ Protocolo de administración y gestión: SNMP (V1, V2c, V3), RMON.
➤ Soporte para STP (Spanning Tree Protocol) y RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol).
➤ Estándares IEEE soportados: 802.3u, 802.3ab, 802.3af, 802.3z, 802.1q, 802.1d, 802.1w, 802.1p.

Tabla 4.8 Características del switch HP 5500-24G-SFP

4.2.2.1.3 Selección de la Mejor Alternativa para los Equipos de Conmutación

Para realizar la selección de la mejor alternativa se tomará en cuenta aspectos como características funcionales con las que cuentan cada uno de los equipos, en base a los requerimientos planteados y aspectos adicionales como garantía y servicio técnico. En la Tabla 4.9 se presenta una comparativa de los equipos de conmutación.

CAPA	MARCA	MODELO	VELOCIDAD DE CONMUTACION	MTBF	GARANTIA
Acceso	Cisco	Catalyst 2960S-LPS-L	32 Gbps	205.052 horas	3 Años
	HP	5120-48G-SFP	96 Gbps	No especificado	1 Año
Distribución	Cisco	Catalyst 3560X-24P-S	32 Gbps	181.370 horas	3 Años
	HP	5120-48G-SFP	96 Gbps	No especificado	1 Año
Núcleo	Cisco	Catalyst 3750X-24P-S	64 Gbps	188.574 horas	3 Años
	HP	5500-24G-SFP	144 Gbps	No especificado	1 Año

Tabla 4.9 Comparativa de los equipos de conmutación

En base a esta comparativa se elige la alternativa Cisco como la mejor opción para el equipamiento de la red activa del laboratorio de Ingeniería Electrónica, esta alternativa esta cubierta por la alternativa Smartnet la cual ofrece el mayor nivel de servicio en comparación a las otras alternativas. Además el switch de núcleo cuenta con la tecnología Stackwise que le permite ser fácilmente escalable, para aumentar sus capacidades de ser necesario, cabe destacar que

la velocidad de conmutación de los equipos en todas las alternativas presentadas excede a la velocidad necesaria calculada en el capítulo 3.

4.2.2.2 Teléfonos IP

4.2.2.2.1 Alternativa Cisco

Para los terminales de telefonía IP se seleccionó el teléfono IP Cisco SPA514G para extensiones, conforme a la Tabla 4.10.

EQUIPO	CANTIDAD	VALOR
➤ Teléfono IP Cisco SPA514G	19	S/. 549.68
Total		S/. 10,443.92

Tabla 4.10 Costo del teléfono IP de la alternativa Cisco

A continuación se detallan las características de cada uno de estos equipos:

4.2.2.2.1.1 Teléfono IP Cisco SPA514G

En la Figura 4.15 se presenta el teléfono IP Cisco SPA514G.



Figura 4.15 Teléfono IP Cisco SPA514G

En la Tabla 4.11 se presentan las características del teléfono IP Cisco SPA514G.

Teléfono IP Cisco SPA514G
➤ Display para menú/navegación
➤ Soporte de SIP V2
➤ Soporte para conferencia multipartidaria
➤ Manejo para cuatro líneas telefónicas
➤ Códecs soportados: G.711, G.726, G.729A, G.722
➤ Soporte para CID (Caller ID)
➤ Dos puertos R-J45 10/100/1000Base-T
➤ Compatible con PoE (802.3af)
➤ Administrable vía web
➤ Altavoz incluido

Tabla 4.11 Características del teléfono IP Cisco SPA514G

4.2.2.2.2 Alternativa HP

Para los terminales de telefonía IP de esta alternativa se seleccionó el teléfono IP HP 4110 (J9765A) para extensiones, conforme a la Tabla 4.12.

EQUIPO	CANTIDAD	VALOR
➤ Teléfono IP HP 4110 (J9765A)	19	S/. 477.31
Total		S/. 9,068.89

Tabla 4.12 Costo del teléfono IP de la alternativa HP

A continuación se detallan las características de cada uno de estos equipos:

4.2.2.2.2.1 Teléfono IP HP 4110 (J9765A)

En la Figura 4.16 se presenta el teléfono IP HP 4110 (J9765A).



Figura 4.16 Teléfono IP HP 4110 (J9765A)

En la Tabla 4.13 se presentan las características del teléfono IP HP 4110 (J9765A).

HP 4110 (J9765A)
➤ Display para menú/navegación
➤ Soporte de SIP
➤ Manejo para dos líneas telefónicas
➤ Códecs soportados: G.711, G.722
➤ Soporte para CID (Caller ID)
➤ Dos puertos R-J45 10/100Base-Tx PoE (802.3af)
➤ Administrable vía web
➤ Altavoz incluido

Tabla 4.13 características del teléfono IP HP 3102 BUSINESS PHONE

4.2.2.2.3 Selección de la mejor Alternativa para Terminales de Telefonía IP

Para realizar la selección de la mejor alternativa para los terminales de telefonía se tomará en cuenta la comparativa presentada en la Tabla 4.14.

Tipo de Teléfono	Marca	Modelo	Códecs Soportados	Número de Puertos RJ45	Número de Líneas
Terminal	Cisco	SPA514G	G.711, G.726, G.729A, G-722	2	4
	HP	4110 (J9765A)	G.711, G.722	2	2

Tabla 4.14 Comparativa de las alternativas para terminales de telefoía IP

Conforme a la comparativa presentada se seleccionará la alternativa Cisco para terminales de telefonía, ya que este equipo presenta mayores prestaciones que el equipo de la marca HP.

4.2.2.3 Cámaras IP

4.2.2.3.1 Alternativa AXIS

Para los equipos terminales de videovigilancia IP de esta alternativa se seleccionó la cámara AXIS M5014-V para interiores y la cámara IP AXIS P1428-E para exteriores según la Tabla 4.15, ambas compatibles con Zoneminder.

EQUIPO	CANTIDAD	VALOR
➤ Cámara IP Axis M5014-V (Indoor)	21	S/. 1,418.20
➤ Cámara IP Axis P1428-E (Outdoor)	2	S/. 2,700.40
Total		S/. 35,183.00

Tabla 4.15 Costo de cámaras IP alternativa AXIS

4.2.2.3.1.1 Cámara IP AXIS M5014-V

En la Figura 4.17 se presenta la cámara IP AXIS M5014-V.



Figura 4.17 Cámara IP AXIS M5014-V

En la Tabla 4.16 se presentan las características de la cámara IP AXIS M5014-V.

AXIS 5014-V
➤ 1 puerto RJ45 - PoE
➤ Funciones PTZ
➤ Resoluciones de video: 640x480 @30 fps, 1280x720 @ 30 fps
➤ Compresión de video: H.264/MJPEG
➤ Zoom óptico de 22X
➤ Giro de 0° a 180°
➤ Visión nocturna
➤ Detección de movimiento
➤ Altavoz incluido

Tabla 4.16 Características de la cámara IP HK- DS2AF1534

4.2.2.3.1.2 Cámara IP AXIS P1428-E

En la Figura 4.18 se presenta la cámara IP AXIS P1428-E.



Figura 4.18 Cámara IP AXIS P1428-E

En la Tabla 4.17 se resentan las características de la cámara IP AXIS P1428-E.

AXIS P1428-E
➤ 1 puerto RJ45 - PoE
➤ Funciones PTZ
➤ Resoluciones de video: 640x480 @30 fps, 1280x720 @ 30 fps, 4K Ultra HD @ 30 fps
➤ Compatible con calidad de servicio (QoS)
➤ Compresión de video: H.264/MJPEG
➤ Visión nocturna
➤ Detección de movimiento
➤ Protección contra la intemperie: IP66

Tabla 4.17 Características de la cámara IP AXIS P1428-E

4.2.2.3.2 Alternativa D-Link

Para los equipos terminales de videovigilancia IP de la alternativa D-Link se seleccionó la cámara IP DCS-522L para interiores y la cámara IP DCS-7110 para exteriores según la Tabla 4.18, ambas compatibles con Zoneminder.

EQUIPO	CANTIDAD	VALOR
➤ D-Link DCS - 5222L	21	S/. 1,020.04
➤ D-Link DCS - 7110	2	S/. 1,319.35
Total		S/. 24,059.54

Tabla 4.18 Costo de cámaras IP alternativa D-Link

4.2.2.3.2.1 Cámara IP D-Link DCS-5222L

En la Figura 4.19 se presenta la cámara IP D-Link DCS-5222L.



Figura 4.19 Cámara IP D-Link DCS-5222L

En la Tabla 4.19 se presentan las características de la cámara IP D-Link DCS-5222L.

D-Link DCS-5222L
➤ 1 puerto RJ45 - PoE
➤ Funciones PTZ
➤ Resoluciones de video: 640x480 @30 fps, 1280x720 @ 30 fps
➤ Compresión de video: H.264/MJPEG
➤ Zoom óptico de 10X
➤ Visión nocturna
➤ Detección de movimiento

Tabla 4.19 Características de la cámara IP D-Link 5222L

4.2.2.3.2.2 Cámara IP D-Link DCS-7110

En la Figura 4.20 se presenta la cámara IP D-Link DCS-7110.



Figura 4.20 Cámara IP D-Link 7110

En la Tabla 4.20 se presentan las características de la cámara IP D-Link DCS-7110.

D-Link DCS-7110
➤ 1 puerto RJ45 - PoE (802.3af)
➤ Resoluciones de video: 1280x8000 @ 30 fps
➤ Compresión de video: H.264/MJPEG
➤ Visión nocturna
➤ Detección de movimiento
➤ Protección contra la intemperie

Tabla 4.20 Características de la cámara IP D-Link DCS-7110

4.2.2.3.3 Selección de la mejor Alternativa para los Terminales de Videovigilancia IP

Para realizar la selección de la mejor alternativa para los terminales de videovigilancia IP, se tomara en cuenta la comparativa presentada en la Tabla 4.21.

Tipo de Cámara	Marca	Modelo	Formato de Compresión	Resolución	Funciones PTZ	Costo (Inc. IGV)
Indoor	AXIS	M5014-V	H.264 MJPEG	Hasta 1280x720 @30 fps	SI	2,318.50
	D-Link	DCS-5222L	H.264 MJPEG	Hasta 1280x720 @30 fps	SI	1.020,04
Outdoor	AXIS	P1428-E	H.264 MJPEG	Hasta 4K Ultra HD @30 fps	SI	3,239.26
	D-Link	DCS-7110	H.264 MJPEG	Hasta 1280x800 @30 fps	SI	1.319,35

Tabla 4.21 Comparativa de las alternativas para terminales de videovigilancia IP

Conforme a la comparativa presentada se seleccionará la alternativa AXIS para terminales de videovigilancia IP, ya que estas cámaras presentan mayores prestaciones que la alternativa D-Link en cuanto a resolución y funciones PTZ, las cuales son funciones importantes a tener en cuenta para el sistema de videovigilancia IP.

4.2.2.4 Servidores

4.2.2.4.1 Alternativa Dell

Esta alternativa presenta los servidores de la generación PowerEdge según la Tabla 4.22.

EQUIPO	CANTIDAD	VALOR
➤ Dell PowerEdge R630	5	S/. 17,448.00
➤ Dell 1 TB SATA 6G 7.2 RPM 2.5 INCH SC	8	S/. 1,657.00
Total		S/. 100,496.00

Tabla 4.22 Servidores de la Alternativa Dell

En la Figura 4.21 se presenta el servidor Dell PowerEdge R630.



Figura 4.21 Servidor Dell PowerEdge R630

En la Tabla 4.23 se presentan las características del servidor Dell PowerEdge R630.

Dell PowerEdge R630
➤ Procesador Intel Xeon E5-2637 v3 de 3.5 GHz
➤ 15 MB L3 cache
➤ 16 GB de RAM
➤ Disco duro de conexión en marcha de 250 GB
➤ Adaptador Intel X520 SFP de 10 Gbps
➤ 8 Bahías HDD SATA/SSD SATA
➤ Montaje en Rack (1U)
➤ Fuente de 490 W (conexión en caliente) redundante
➤ Garantía de 3 años

Tabla 4.23 Características del servidor Dell PowerEdge R630

4.2.2.4.2 Alternativa HP

Esta alternativa presenta los servidores de última generación (G9) de la gama HP según la Tabla 4.24.

EQUIPO	CANTIDAD	VALOR
➤ HP ProLiant DL360 Gen9	5	S/. 16,505.25
➤ HP 1 TB SATA 6G 7.2K RPM 2.5 INCH SC	8	S/. 1,788.00
Total		S/. 96,830.25

Tabla 4.24 Servidores de la alternativa HP

En la Figura 4.22 se presenta el servidor HP ProLiant DL360 Gen9.



Figura 4.22 Servidor HP ProLiant DL360 Gen9

En la Tabla 4.25 se presentan las características del servidor HP ProLiant DL360 Gen9.

HP ProLiant DL630 Gen9
➤ Procesador Intel Xeon E5-2630 v3 de 2.4 GHz
➤ 20 MB L3 cache
➤ 16 GB de RAM
➤ Disco duro de conexión en marcha de 250 GB
➤ 8 Bahías HDD SATA/SSD SATA
➤ Montaje en Rack (1U)
➤ Fuente de 500 W (conexión en caliente) redundante
➤ Garantía de 3 años

Tabla 4.25 Características del servidor HP ProLiant DL630 Gen9

4.2.2.4.3 Selección de la mejor Alternativa para Servidores

La selección de la mejor alternativa para servidores estará guiada por la comparativa presentada en la Tabla 4.26.

MARCA	MODELO	PROCESADOR	MEMORIA RAM	DISCO DURO	BAHIAS SATA	FUENTE	GARANTIA	COSTO (Inc. IGV)
Dell	PowerEdge R630 (1U)	Intel Xeon E5-2637 v3 3.5 GHz	16 GB	250 GB SATA	8	490 W	3 años	S/. 17,448.00
HP	DL360 Gen9 (1U)	Intel Xeon E5-2630 v3 2.4 GHz	16 GB	250 GB SATA	8	500 W	3 años	S/. 16,505.25

Tabla 4.26 Comparativa de las alternativas para servidores

Ambas alternativas presentan costos similares, se optará por la alternativa Dell ya que cuenta con especificaciones mas robustas que la alternativa HP.

4.2.2.5 Tarjeta de Telefonía Analógica para Conexión a la PSTN

Para la conexión de la central telefónica con la PSTN se seleccionó la tarjeta Digium TDM800P compatible con Asterisk. La Tabla 4.27 presenta el costo de la tarjeta Digium.

EQUIPO	CANTIDAD	VALOR
➤ Tarjeta Digium TDM800P	1	S/. 952.77
Total		S/. 952.77

Tabla 4.27 Costo de tarjeta de telefonía analógica

La tarjeta Digium TDM800P (Figura 4.23), presenta las siguientes características:

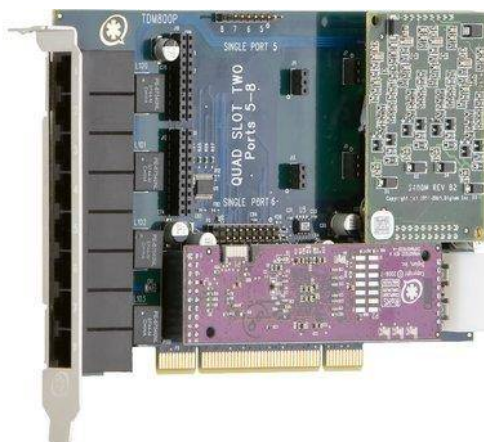


Figura 4.23 Tarjeta Digium TDM800P

- Compatible 100% con Asterisk
- 8 puertos FXO con conectores RJ11
- Cancelación de Eco
- Conexión PCI 2.2

4.2.2.6 Sistema UPS

Para este sistema se selecciono el UPS APC Symmetra SYA12K16I. La tabla 4.28 presenta el costo del UPS APC Symmetra.

EQUIPO	CANTIDAD	VALOR
➤ UPS APC Symmetra SYA12K16L	1	S/. 30,138.23
Total		S/. 30,138.23

Tabla 4.28 Costo del UPS APC Symmetra SYA12K16I

El UPS APC Symmetra SYA12K16I (Figura 4.24), presenta las siguientes características:



Figura 4.24 UPS APC Symmetra SYA12K16I

- Capacidad de potencia de salida: 8400 Vatios / 12 Kva
- Máxima potencia configurable: 11.2 Kw / 16 Kva
- Tensión de salida nominal: 230V
- Tensión de entrada: 220V, 240V, 380V
- Topología: Doble conversión en línea
- Baterías pre-instaladas: 3
- Tiempo de autonomia calculada para el cuarto de telecomunicaciones: 212 Minutos
- Capacidad máxima utilizada con los equipos del cuarto de telecomunicaciones: 70%
- Se entrega con los modulos de baterias instalados

4.2.2.7 Licenciamiento de Software

En la Tabla 4.29 se preseta el costo de la licencia de Windows Server 2012 R2, en donde se implementara el controlador de dominio del laboratorio de Ingeniería Electrónica con Active Directory.

EQUIPO	CANTIDAD	VALOR
➤ Windows Server 2012 R2 64 Bit	1	2,628.36
	Total	2,628.36

Tabla 4.29 Costo de licenciamiento de Windows Server

4.2.2.8 Costo Referencial del Proyecto

Finalmente en la Tabla 4.30 se presenta el costo total como base para la implementación de un proyecto de estas características, en base a las alternatinas seleccionadas anteriormente.

DETALLE	VALOR
➤ Elemento del Sistema de Cableado Estructurado	S/. 80,656.18
➤ Equipos de Conmutación (Alternativa Cisco con garantía Smartnet)	S/. 155,806.07
➤ Equipos Terminales de Telefonía IP (Alternativa Cisco)	S/. 10,443.92
➤ Equipos Terminales de Videovigilancia IP (Alternativa AXIS)	S/. 35,183.00
➤ Servidores (Alternativa Dell)	S/. 100,496.00
➤ Tarjeta de Telefonía Analógica	S/. 952.77
➤ Sistema UPS	S/. 30,138.23
➤ Licenciamiento de Software	S/. 2,628.36
	Total
	S/. 416,304.53

Tabla 4.30 Costo referencial total del proyecto

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El laboratorio de Ingeniería Electrónica es una institución pública y está sujeta a ciertas normas gubernamentales para el uso de tecnologías de la información como es el uso de software libre. En este contexto muchas de las soluciones presentadas en el diseño en su mayoría cumplen con estos requerimientos, concluyendo que en muchos casos se tiene las mismas bondades que brindaría una aplicación o software propietario; es posible justificar el uso de software propietario en el caso de que las ventajas y facilidades del mismo no puedan suplirse con software libre.

El sistema de cableado estructurado, al ser la base fundamental para la transmisión de información en una red, y más aún si la misma posee características convergentes, debería poseer un apropiado diseño, ajustado a las necesidades de la institución, considerando apropiadamente sus necesidades a futuro, se puede concluir que existe la necesidad que el diseño satisfaga los requerimientos para un largo periodo de tiempo y tenga la suficiente flexibilidad y estabilidad para que a futuro sea factible una posible expansión, sin la necesidad de tener que modificar por completo el sistema.

Es posible concluir que un diseño de red que contempla redundancia ya sea a nivel de equipos o a nivel de enlaces aumenta el grado de disponibilidad en la red; además haciendo uso de la tecnología Spanning-Tree conjuntamente con manejo de VLAN es posible contrarrestar posibles lazos, a la vez que se provee de redundancia.

El diseño jerárquico de red contemplado en este proyecto, presenta diversas ventajas ya que distribuye de una forma ecuánime la carga de procesamiento en cada uno de los equipos en la red, en donde cada uno de estos está destinado a cumplir funciones específicas, optimizando así el rendimiento y administración de la red.

Se concluye que el uso de un controlador de dominio simplifica y optimiza el control tanto de usuarios como de equipos en la red, creando un directorio para mantener una correcta organización, formando grupos de usuarios con características similares y estableciendo políticas de acceso a diferentes recursos.

El sistema de videovigilancia IP que se integra al diseño de la red convergente, los sistemas operativos y software de administración de tipo código abierto presentan un amplio rango de capacidades y pueden ser adaptados para mercados específicos, se determina que el uso de las soluciones de seguridad basadas en tecnología IP se convierte en una opción evidente como medida frente a problemas delictivos.

El acoplamiento de una zona desmilitarizada o DMZ planteado en el proyecto permite consolidar un apropiado nivel de seguridad perimetral, formando un sistema de aislamiento que evita comunicaciones indeseadas. El concepto de DMZ permite potencializar el uso del firewall, ya que agrega un nivel de seguridad sin la necesidad de usar más equipos o software de seguridad.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar un gestor de red de manera primordial dentro de la red del laboratorio de Ingeniería Electrónica para así proveer de un sistema de estadísticas de tráfico, y uso de recursos como memoria RAM, cantidad de

procesamiento, espacio en disco duro en los servidores, para poder tomar medidas preventivas antes de que se pueda producir un fallo en la red.

Se debe llevar acabo un historial de las configuraciones aplicadas a los diferentes dispositivos de la red, y asignar personal específico designando responsabilidades para el manejo y mantenimiento de cada uno de estos equipos, por medio de informes de configuración, actualizaciones realizadas, e informes de rendimiento periódicos.

Se recomienda implementar de forma prioritaria el manejo en base a listas blancas en el servidor proxy, para que se pueda atender con mayor eficiencia las peticiones de los usuarios.

Se recomienda implementar de igual forma el controlador de dominio mencionado en el diseño, ya que esto disminuirá la cantidad de personal a desplegar por motivos de fallas de configuración en los equipos terminales, ya que se dispondrán de políticas de grupo definidas para cada usuario, además se podrá instalar de forma más eficiente paquetes de software en estos equipos, manteniendo un control centralizado de los usuarios de la red del laboratorio de Ingeniería Electrónica.

Es recomendable además llevar estadísticas de tráfico en los principales enlaces de la red, llevar un registro histórico, lo cual permitirá establecer tendencia de crecimiento en el uso de la capacidad y de esta manera planificar correctamente posibles implementaciones de equipos con mejores prestaciones que puedan satisfacer las necesidades antes de que se tenga en laces completamente saturados y se torne emergente realizar una ampliación.

Se recomienda el uso continuo de respaldos en los servidores de la institución ya que el valor más importante de la red es la información necesaria para la operación normal del laboratorio de Ingeniería Electrónica, de esta forma contrarrestar cualquier tipo de inconveniente que pueda suceder.

Es recomendable realizar un mantenimiento preventivo en la red, en todos los aspectos principales, revisión de logs en servidores, uso de recursos, tomando en cuenta el crecimiento del tráfico especialmente en enlaces troncales y salida a internet, y determinar los puntos más importantes a ser inspeccionados regularmente para evitar fallos y la indisponibilidad parcial o total de los componentes, servicios y recursos de red.

Los encargados de los sistemas de la institución deben llevar a cabo un correcto y organizado manejo de procesos, asignando adecuadamente responsabilidades específicas a cada uno de los miembros que lo conforman, para así dotar de servicios y asistencia necesaria de manera oportuna a los alumnos y docentes de la institución favoreciendo al óptimo cumplimiento de sus actividades diarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

LIBROS

- [L1] Pérez, D. M. T. (2010). *Redes convergentes: Diseño e implementación*. Alfaomega.
- [L2] Barnett, D., Groth, D., & McBee, J. (2006). *Cabling: the complete guide to network wiring*. John Wiley & Sons.
- [L3] Oliviero, A., & Woodward, B. (2014). *Cabling: the complete guide to copper and fiber-optic networking*. John Wiley & Sons.

TESIS

- [T1] Vázquez Curiel, R. E. (2014). IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE REDES CONVERGENTES.
- [T2] Conde Castillo, J. N., & Landeta Tobar, C. E. (2010). Diseño de una red convergente de servicios integrados de voz, datos y video para las diferentes dependencias de la Industria Textil Indutexma aplicando tecnología IP.
- [T3] Gutiérrez Chávez, A., & Pinargote Castro, M. (2012). *Aplicación de la Norma EIA/TIA 568B en la reestructuración de la red de área local del Hospital León Becerra de Guayaquil* (Doctoral dissertation).
- [T4] Barreno Masabanda, F. M. (2013). Diseño de prototipo doméstico de video vigilancia con cámaras IP por internet.
- [T5] Olver, N. K. (2010). *Robust network design* (Doctoral dissertation, Department of Mathematics and Statistics, McGill University, Montréal Québec, Canada).
- [T6] FLORES, Luis y GARCÍA, Jorge. Integración de Voz y Datos en Minera Yanacocha S.R.L. Lugar: Universidad Privada Antenor Orrego – UPAO. 2003.322p

INTERNET

[W1] “Modelos de Referencia”, [En línea]

Disponible: http://wikitel.info/wiki/Modelos_de_referencia

[W2] “Modelo ISO/OSI”, [En línea]

Disponible: http://es.wikibooks.org/wiki/Redes_inform%C3%A1ticas/Modelo_OSI_de_ISO

[W3] “Modelo TCP/IP”, [En línea]

Disponible: http://docente.ucol.mx/al970310/public_html/Red.html

[W4] “Topología de Red de Area Local”, [En línea]

Disponible: <http://es.kioskea.net/contents/295-redes-de-area-local>

[W5] “Topología Lógica”, [En línea]

Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_%C3%A1rea_local

[W6] “Topología Física”, [En línea]

Disponible: <http://es.kioskea.net/contents/256-topologia-de-red>

[W7] “Redes Ethernet”, [En línea]

Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Ethernet>

[W8] “Redes Fast Ethernet”, [En línea]

Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Fast_Ethernet

[W9] “Redes Gigabit Ethernet”, [En línea]

Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Gigabit_Ethernet

[W10] “Modelo de Red Jerárquico”, [En línea]

Disponible: <http://ipref.wordpress.com/2008/11/28/modelo-jerarquico-de-red/>

[W11] “Capa de Acceso”, [En línea]

Disponible: <http://aprenderedes.com/2006/06/las-tres-capas-del-modelo-jerarquico-de-cisco/>

- [W12] “Capa de Distribución”, [En línea]
Disponibile: <http://aprenderedes.com/2006/06/las-tres-capas-del-modelo-jerarquico-de-cisco/>
- [W13] “Capa de Core”, [En línea]
Disponibile: <http://aprenderedes.com/2006/06/las-tres-capas-del-modelo-jerarquico-de-cisco/>
- [W14] “Redes Convergentes”, [En línea]
Disponibile: <http://conceptoredes.blogspot.com/2011/02/que-es-una-red-convergente.html>
- [W15] “Elementos de una Red Convergente”, [En línea]
Disponibile: <http://laurapita.blogspot.com/2009/03/arquitectura-de-red.html>
- [W16] “Servidores”, [En línea]
Disponibile: http://www.aprenderaprogramar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=542:que-es-un-servidor-y-cuales-son-los-principales-tipos-de-servidores-proxydns-webftppop3-y-smtp-dhcp&catid=57:herramientas-informaticas&Itemid=179
- [W17] “Switches”, [En línea]
Disponibile: [http://es.wikipedia.org/wiki/Conmutador_\(dispositivo_de_red\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Conmutador_(dispositivo_de_red))
- [W18] “Switch Capa 2”, [En línea]
Disponibile: http://www.infcr.uclm.es/www/edguez/rap_0506/Transparencias/Conmutacion-Ethernet-Sesion1.pdf
- [W19] “Switch Capa 2”, [En línea]
Disponibile: [http://es.wikipedia.org/wiki/conmutador_\(dispositivo_de_red\)#conmutadores_de_la_capa_2](http://es.wikipedia.org/wiki/conmutador_(dispositivo_de_red)#conmutadores_de_la_capa_2)
- [W20] “Switch Capa 3”, [En línea]
Disponibile: [http://es.wikipedia.org/wiki/Conmutador_\(dispositivo_de_red\)#Conmutadores_de_la_capa_3](http://es.wikipedia.org/wiki/Conmutador_(dispositivo_de_red)#Conmutadores_de_la_capa_3)
- [W21] “Router”, [En línea]
Disponibile: <http://es.wikipedia.org/wiki/Router>

[W22] “Tarjeta de Red”, [En línea]

Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Tarjeta_de_red

[W23] “Cableado Estructurado”, [En línea]

Disponible: <http://definicion.de/cableado-estructurado/>

[W24] “Ventajas y Desventajas de las Redes Convergentes”, [En línea]

Disponible: https://prezi.com/up_h8brsgx1f/redes-convergentes/

[W25] “Subsistemas del Cableado Estructurado”, [En línea]

Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Cableado_estructurado

[W26] “Subsistemas del Cableado Estructurado”, [En línea]

Disponible: http://www.ciacom.com.mx/cableado_estructurado.html

[W27] “Subsistemas del Cableado Estructurado”, [En línea]

Disponible: <http://ices02052.blogspot.com/2013/09/r.html>

[W28] “Ventajas de la Telefonía IP”, [En línea]

Disponible: <http://www.todostartups.com/bloggers/22-motivos-y-ventajas-para-usar-telefonía-ip-en-tu-empresa-por-artaiasesoria>

[W29] “Ventajas de la Telefonía IP”, [En línea]

Disponible: <http://www.telefoniavoip.com/voip/ventajas-de-la-telefonía-ip.html>

[W30] “Desventajas de la Telefonía IP”, [En línea]

Disponible: <http://www.telefoniavoip.com/voip/desventajas-de-la-telefonía-ip.html>

[W31] “MJPEG”, [En línea]

Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/MJPEG>