



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

Implementación de una infraestructura de comunicación en sistemas
CCTV utilizando convertidores de medios para integrar cámaras IP

AUTOR/A

Vásquez Carvajal Carolina Jázmin

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del grado académico en
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR

Ing. Chamba Macas Fernando Vinicio Mgt.

La Libertad, Ecuador

2024-2

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Ronald Rovira Jurado, PhD.
DIRECTOR DE LA CARRERA



Ing. Fernando Chamba Macas, Mgt.
DOCENTE TUTOR



Ing. Luis Amaya Fariño, Mgt.
**DOCENTE GUÍA UIC/
ESPECIALISTA**



Ing. Corina Gonzabay De La A, Mgt.
SECRETARIA

DECLARACIÓN DE DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente tutor del trabajo de Integración Curricular denominado: **“Implementación de una infraestructura de comunicación en sistemas CCTV utilizando convertidores de medios para integrar cámaras IP”**, elaborado por **Carolina Jázmin Vásquez Carvajal**, estudiante de la Carrera de Telecomunicaciones, Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniería en Telecomunicaciones, me permito declara que, tras supervisar el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos. En consecuencia, lo considero apto en todos sus aspectos y listo para ser evaluado por el docente especialista.

Atentamente,



Ing. Fernando Chamba Macas, Mgt.

DOCENTE TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

El presente trabajo de Integración Curricular con el título “Implementación de una infraestructura de comunicación en sistemas CCTV utilizando convertidores de medios para integrar cámaras IP”, declaro que la concepción análisis y resultados son originales a la actividad educativa en el área de Telecomunicaciones.

Atentamente,



Carolina Jázmin Vásquez Carvajal

C.I. 0928071281

DECLARACIÓN DE DOCENTE ESPECIALISTA

En mi calidad de docente especialista del trabajo de Integración Curricular, "**Implementación de una infraestructura de comunicación en sistemas CCTV utilizando convertidores de medios para integrar cámaras IP**", elaborado por **Carolina Jázmin Vásquez Carvajal**, estudiante de la carrera de Telecomunicaciones, Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de **Ingeniería en Telecomunicaciones**, me permito declarar que, tras supervisar el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos. En consecuencia, lo considero apto en todos sus aspectos y listo para la sustentación del trabajo.

Atentamente,
LUIS MIGUEL AMAYA FARINO
Digitally signed
by LUIS MIGUEL
AMAYA FARINO
Date: 2024.12.19
10:36:05 -05'00'

Ing. Luis Amaya Fariño, Mgt.

DOCENTE GUÍA/ ESPECIALISTA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Carolina Jázmin Vásquez Carvajal

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, **“Implementación de una infraestructura de comunicación en sistemas CCTV utilizando convertidores de medios para integrar cámaras IP”** previo a la obtención del título en Ingeniera en Telecomunicaciones, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

Atentamente,



Carolina Jázmin Vásquez Carvajal

C.I: 0928071281

AGRADECIMIENTO

Agradecida con Dios, por la vida, las fuerzas, la sabiduría y la fortaleza brindada durante esta bonita etapa de mi vida.

A mi familia, sobre todo a mi mamita Norma que sin duda alguna sin su apoyo y cariño yo no hubiera logrado esta meta.

A mi tutor el Ing. Fernando Chamba por su paciencia y conocimientos compartidos para lograr terminar mi trabajo de titulación.

A mi docente guía el Ing. Luis Amaya por sus correcciones y tiempo brindado para que mi trabajo tenga una buena presentación.

A cada uno de los docentes de la carrera de Telecomunicaciones, por su tiempo brindado y sus conocimientos sabios que inculcaron en mí.

A mi querido Andrés, por su compañía como compañero y pareja durante todos estos años, por apoyarme y creer en mí.

A mis compañeros de la universidad y amigos Mayerly, Tatiana y Eddie por sus palabras de aliento y apoyo en esta trayectoria.

Carolina Jázmin Vásquez Carvajal

DEDICATORIA

Este logro es dedicado para todas aquellas personas que, en algún momento, se plantearon un objetivo y creyeron que no lo lograrían debido a diversas circunstancias.

Solo puedo decir que existe un Dios bondadoso dispuesto a ayudarnos, siempre y cuando pongamos nuestro esfuerzo en lo que hacemos y confiemos en Él.

Sé siempre agradecido, bondadoso y las bendiciones nunca faltarán. Cree en ti mismo y lucha por tus sueños, porque con constancia y disciplina lo lograrás.

“Los que sembraron con lágrimas, con regocijo segarán.”

Carolina Jázmin Vásquez Carvajal

ÍNDICE DE CONTENIDO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	II
DECLARACIÓN DE DOCENTE TUTOR.....	III
DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE.....	IV
DECLARACIÓN DE DOCENTE ESPECIALISTA.....	V
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
DEDICATORIA.....	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	9
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	11
ÍNDICE DE TABLAS.....	14
ÍNDICE DE ECUACIONES	15
INDICE DE ABREVIATURAS.....	16
I. Datos generales	18
RESUMEN.....	19
ABSTRACT.....	20
INTRODUCCIÓN	21
1. CAPÍTULO I.....	23
1.1 Título.....	23
1.2 Antecedentes	23
1.3 Descripción del proyecto.....	24
1.4 Objetivos del proyecto	25

1.4.1	Objetivo general	25
1.4.2	Objetivos específicos	25
1.5	Justificación del proyecto.....	26
1.6	Alcance del proyecto.....	26
1.7	Metodología	27
1.8	Resultados esperados	30
2.	CAPÍTULO II.....	31
1.1	Marco contextual.....	31
1.2	Marco conceptual	31
2.2.1	Medios de transmisión	32
2.2.2	Fibra óptica	34
2.2.3	Normas de cableado estructurado Ethernet y Fibra óptica	42
2.2.4	Componentes ópticos de transmisión	44
2.2.5	Sistemas de CCTV	50
2.2.6	Tipos de sistemas CCTV.....	52
3.	CAPÍTULO III.....	53
3.1	Desarrollo de la propuesta	53
3.2	Componentes físicos de la propuesta	53
3.2.1	Router Archer C50	53
3.2.2	Cloud Router Switch.....	56
3.2.3	Módulo SFP Mikrotik	58
3.2.4	Transceiver WI-TEK.....	59
3.2.5	Cámara IP Yi IoT	60
3.2.6	Patchcord de fibra óptica LC dúplex.....	62

3.2.7	Patchcord UTP CAT 6.....	64
3.3	Softwares usados en la propuesta.....	65
3.3.1	Software de diseño: SketchUp	65
3.3.2	Instalación del software SketchUp.....	66
3.3.3	Diseño de la infraestructura de red óptica en SketchUp	69
3.3.4	Software OptiSystem	74
3.3.5	Simulación de la red en OptiSystem	75
3.4	Implementación de la infraestructura de red óptica en el laboratorio de telecomunicaciones	77
3.4.1	Configuración del Router Archer C50	78
3.4.2	Configuración del Switch.....	81
3.4.3	Configuración de las Cámaras IP YI IOT	91
3.4.4	Estudio de factibilidad.....	93
4.	CAPÍTULO IV	95
4.1	Resultados de la implementación de la infraestructura.....	95
4.1.1	Mediciones de potencia óptica y cálculos teóricos	96
4.1.2	Pruebas y análisis de funcionamiento del sistema híbrido.....	103
	CONCLUSIONES	113
	RECOMENDACIONES	113
	RESULTADOS	114

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1.	Diseño lógico y físico de la infraestructura de comunicación.....	25
Figura 2.	Diagrama de flujo.	29

Figura 3. Cable UTP.....	33
Figura 4. Cable STP.	33
Figura 5. Cable FTP.	34
Figura 6. Estructura de la Fibra Óptica.	35
Figura 7. Cable con Estructura Holgada.	36
Figura 8. Cable con Estructura Ajustada.....	37
Figura 9. Estructura básica de los tipos de Fibras Ópticas.....	37
Figura 10. Luz propagada en la Fibra Monomodo.....	38
Figura 11. Luz propagada en la Fibra de índice Escalonado.	38
Figura 12. Luz propagada en Fibra de índice Gradual.....	38
Figura 13. Norma de cableado 568-A.	43
Figura 14. Norma de cableado 568-B.	44
Figura 15. Esquema de aplicación de los convertidores de medios.	45
Figura 16. Conversión de señales eléctricas a ópticas.	45
Figura 17. Uso de los convertidores de medios eléctricos.	46
Figura 18. Convertidor de medio óptico.	46
Figura 19. Tipos de Convertidores de Medios Ópticos.....	47
Figura 20. Módulos SFP.....	48
Figura 21. Router Archer C50.....	53
Figura 22. CRS112-8G-4S-IN Cloud Router Switch.....	56
Figura 23. Módulo SFP.	58
Figura 24. Transceiver WI-TEK.	59
Figura 25. Cámaras IP Yi IoT.....	60
Figura 26. Fibra óptica.	62
Figura 27. Patchcord UTP Cat 6.	64
Figura 28. SketchUp.	65
Figura 29. Página oficial SketchUp.	66
Figura 30. Descargar SketchUp.	67
Figura 31. Archivo de instalación.	67

Figura 32. Configuración previa antes de la instalación.	67
Figura 33. Instalación finalizada.	68
Figura 34. Inicio de sesión del software SketchUp.	68
Figura 35. Laboratorio de Telecomunicaciones.	69
Figura 36. Dispositivos duplicados en SketchUp.	70
Figura 37. Ubicación de las cámaras IP Yi IoT en el laboratorio de Telecomunicaciones.	71
Figura 38. Conexión entre el Switch principal y el Router TP-Link.	72
Figura 39. Conexión entre el Router TP-Link y el Cloud Router Switch Mikrotik.	72
Figura 40. Conexión de fibra óptica entre módulos SFP del switch y el media converter.	73
Figura 41. Conexión por cable Ethernet entre el convertidor de medio y la cámara IP.	73
Figura 42. Fibra óptica ubicada en escalerillas metálicas.	74
Figura 43. Software OptiSystem.	74
Figura 44. Simulación de la red en OptiSystem.	76
Figura 45. Tipo de conexión.	79
Figura 46. Dirección MAC.	79
Figura 47. Configuración del nombre y contraseña de la red.	80
Figura 48. Verificación de la configuración.	80
Figura 49. Tipo de modo de operación del Router.	80
Figura 50. Router configurado correctamente.	81
Figura 51. Aplicación winbox64.	81
Figura 52. Opción Refresh y Opción Connect.	82
Figura 53. Opción Interfaces.	82
Figura 54. Opción para crear nueva VLAN.	82
Figura 55. Configuración de VLAN en cada puerto SFP.	83
Figura 56. Opciones para asignar direcciones IP.	84

Figura 57. Asignación de direcciones IP a las interfaces VLAN.	85
Figura 58. Opciones para configurar un Bridge.	86
Figura 59. Bridge creado.	86
Figura 60. Opción Ports y opciones +.	87
Figura 61. Configuración de interfaces al Bridge.	88
Figura 62. Configuración de la Puerta de Enlace.	88
Figura 63. Configuración del servidor DHCP.	89
Figura 64. Opciones IP y DNS.	89
Figura 65. Configuración del DNS.	89
Figura 66. Agregando un Queue Tree.	90
Figura 67. Configuración de Queue en cada una de las VLAN.	90
Figura 68. Modo de conexión de la cámara.	91
Figura 69. Sincronización entre el switch y la cámara.	92
Figura 70. Configuración del nombre de la cámara.	92
Figura 71. Potencia del primer enlace de fibra óptica.	96
Figura 72. Potencia del segundo enlace de fibra óptica.	97
Figura 73. Potencia del tercer enlace de fibra óptica.	97
Figura 74. Diagrama de Ojo del Sistema de Comunicación Óptica.	104
Figura 75. Tráfico de las 3 interfaces SFP del switch.	106
Figura 76. Funcionamiento de la cámara 1.	108
Figura 77. Funcionamiento de la cámara 2.	108
Figura 78. Funcionamiento de la cámara 3.	109
Figura 79. Tx y Rx de datos de la cámara 1.	110
Figura 80. Tx y Rx de datos de la cámara 2.	111
Figura 81. Tx y Rx de datos de la cámara 3.	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros básicos de la Fibra índice Escalonada.	39
Tabla 2. Parámetros básicos de la Fibra índice Gradual.	39

Tabla 3. Ventanas de operación de la Fibra Óptica.	40
Tabla 4. Funciones y Ventajas de los Módulos SFP.	49
Tabla 5. Clasificación de las cámaras de seguridad.	51
Tabla 6. Tipos de sistemas CCTV.	52
Tabla 7. Especificaciones técnicas del Router Archer C50.	54
Tabla 8. Especificaciones Cloud Router Switch MikroTik.	56
Tabla 9. Especificaciones del Módulo SFP.	58
Tabla 10. Especificaciones del Transceiver WI-TEX.	60
Tabla 11. Especificaciones Cámara IP YI IOT.	61
Tabla 12. Presupuesto del material.	93
Tabla 13. Margen de error de potencias.	100
Tabla 14. Datos de Tx y Rx del puerto SFP 9.	110
Tabla 15. Datos de Tx y Rx del puerto SFP 11.	111
Tabla 16. Datos de Tx y Rx del puerto SFP 12.	112

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula de atenuación de fibra óptica.	98
Ecuación 2. Fórmula de atenuación total.	98
Ecuación 3. Fórmula de potencia recibida.	99
Ecuación 4. Fórmula del margen de error.	99
Ecuación 5. Fórmula de SNR en dB.	100
Ecuación 6. Fórmula para RL.	102
Ecuación 7. Fórmula para convertir Potencia de dBm a mW.	102
Ecuación 8. Fórmula del ancho de banda.	105
Ecuación 9. Capacidad disponible del ancho de banda.	107
Ecuación 10. Cantidad máxima para cámaras adicionales.	107

INDICE DE ABREVIATURAS

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
Auto MDI-X:	Automatic Medium-Dependent Interface Crossover (Interfaz Dependiente del Medio).
BPL:	Comunicación por Línea de Potencia.
CCTV:	Circuito Cerrado de Televisión.
EDFA:	Erbium Doped Fiber Amplifier (Amplificador de fibra dopada con erbio).
EMI:	Interferencia Electromagnética.
IEEE:	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos).
LAN:	Red de Área Local.
LC:	Lucent Connector (Conector Lucent).
LEDs:	Light Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz).
SFP:	Small Form-Factor Pluggable Transceiver (Transceptor enchufable de pequeña forma).
MPO:	Multi-fiber push on (Multi-fibra Push On).
MTP:	Multifiber Termination Push-on Push-off (Conector de Multifibra de Empuje).
MU-MIMO:	Multiple-User MIMO
OTDR:	Reflectómetro en el dominio del tiempo óptico.
SC:	Subscriber Connector (Conector de Suscriptor).

SCSI:	Small Computer System Interface (Interfaz de sistemas informáticos pequeños).
STP:	Par trenzado blindado.
TCP/IP:	Transmission Control Protocol (Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet).
TIA/EIA 568:	Estándar desarrollado por la Telecommunications Industry Association.
UTP:	Cable de Par Trenzado.
VCSEL:	Vertical Cavity Surface Emitting Laser (Láser de emisión superficial de cavidad vertical).
WAN:	Red de Área Amplia.
WDM:	Multiplexación por división de longitud de onda.

I. Datos generales

Estudiante:
Apellidos: Vásquez Carvajal
Nombres: Carolina Jázmin
Número de Cédula: 0928071281
Número de Matrícula: 12020050666
Carrera: Telecomunicaciones
Correo Electrónico: carolina.vasquezcarv@upse.edu.ec
Teléfono: 0988396825

Profesor o Tutor propuesto:
Apellidos: Chamba Macas
Nombres: Fernando Vinicio
Formación de Tercer Nivel: Ingeniero en telecomunicaciones con mención en gestión empresarial en telecomunicaciones
Formación de Cuarto Nivel: Magister en telecomunicaciones
Correo electrónico: fchamba@upse.edu.ec
Teléfono: 0992048331

RESUMEN

En muchas áreas alejadas, el acceso a internet es muy limitado o inexistente, lo que genera un gran problema de conectividad. Para resolverlo, esta propuesta presenta una forma de implementar una red de comunicación que combina diferentes tecnologías, utilizando convertidores de medios para facilitar la conexión en zonas donde es difícil acceder a internet.

La propuesta, es basada en un entorno controlado como lo es el laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Tomando en cuenta las características de cada enlace, normativas de cableado estructurado tanto de fibra óptica como de cable UTP y ajustes necesarios para su instalación, se podrán configurar las interfaces del switch y así lograr que haya conectividad que en este caso será en las cámaras que están en el laboratorio de Telecomunicaciones.

Esta propuesta tecnológica busca ofrecer una solución útil para un entorno controlado de conectividad a distancias largas y a mejores velocidades, las cuales se garantizan a través de este sistema híbrido, obteniendo incluso un mejor ancho de banda y una estabilidad en la transmisión de datos.

Palabras claves: convertidores de medios, sistema híbrido, conectividad.

ABSTRACT

In many remote areas, internet access is very limited or nonexistent, which creates a significant connectivity problem. To address this issue, this proposal presents a way to implement a communication network that combines different technologies, using media converters to facilitate connections in areas where internet access is challenging.

The proposal is based on a controlled environment, specifically the Telecommunications Laboratory at the Universidad Estatal Península de Santa Elena. Considering the characteristics of each link, structured cabling standards for both fiber optics and UTP cables, and the necessary adjustments for installation, the switch interfaces can be configured to establish connectivity, which, in this case, will support the cameras in the Telecommunications Laboratory.

This technological proposal aims to provide a practical solution for a controlled environment, ensuring long-distance connectivity at higher speeds. These benefits are guaranteed through this hybrid system, offering better bandwidth and stable data transmission.

Keywords: media converters, hybrid system, connectivity.

INTRODUCCIÓN

La presente propuesta se basara en un trabajo práctico en el cual se utilizaran redes híbridas, con el fin de comprender el funcionamiento y a su vez comportamiento de tecnologías Ethernet y Fibra óptica. Esta generara futuras prácticas mediante el uso de herramientas y equipos como medias converters, switch, router, modulos sfp, entre otros, los cuales se utilizaran para desarrollar la infraestructura de comunicación en el laboratorio de Telecomunicaciones, dicha implementacion se llevara a cabo bajo estandares y normativas que rigen el cableado estructurado.

En el capitulo I se analizaran los antecedentes y como los sistemas CCTV evolucionaron mediante el tiempo, al pasar de ser sistemas analógicos a digitales, justificando a su vez la importancia del uso de los convertidores de medios en estos mismos. Ademas, se estableceran los objetivos generales y especificos de la propuesta, en donde se definira si esta infraestructura se lograra implementar con mayores alcances en zonas rurales. Tambien se describira el tipo de metodologia que se usara para cumplir con cada uno de los objetivos, separandola por fases y mediante un diagrama de flujo. Finalmente se hablara del marco contextual en donde se hara énfasis en como se llevara a cabo la implementación y a su vez los beneficios que traera consigo en la Universidad.

El capitulo II del documento abordaran los elementos esenciales que se ocuparan para la implementación, se iniciara con un marco contextual que describira el entorno y las necesidades del proyecto. Luego, en el marco conceptual, se explican conceptos clave como cámaras de seguridad, su evolución y los sistemas CCTV. Se detallan los convertidores de medios eléctricos y ópticos, destacando sus usos y ventajas. Tambien se abordan los módulos SFP y sus aplicaciones, y se revisan los medios de transmisión, enfatizando en Ethernet y su normativa TIA/EIA 568 para el cableado estructurado, junto con la fibra óptica.

En el capitulo III se mencionaran los dos softwares a ocupar para viabilizar la propuesta, como lo son SkeptchUp y Optiystem, tambien se visualizaran las

diversas configuraciones que se le hicieron a cada uno de los componentes ocupados en la implementación, como la configuración del router para dar acceso a la conectividad al switch el cual sera el proveedor de este mismo hacia la infraestructura, la configuración del switch en donde se asignaron vlans a cada uno de los puertos SFP para dar acceso a las cámaras y la configuración de cada una de las anteriormente mencionadas.

En el capítulo IV, se presentaran los resultados obtenidos a través de la implementación de la propuesta, en donde la propuesta de la infraestructura para dar alcance de internet a largas distancias a traves de convertidores de medios que se implemento en un ambiente controlado como lo es el laboratorio de Telecomunicaciones tuvo éxito y es viable para futuros trabajos en donde la conectividad hacia el internet sea escasa.

CAPÍTULO I

1.1 Título

Implementación de una infraestructura de comunicación en sistemas CCTV utilizando convertidores de medios para integrar cámaras IP.

1.2 Antecedentes

La importancia que han tenido los sistemas CCTV es muy notoria sobre todo para la seguridad pública como privada, estos han tenido grandes evoluciones pasando de ser analógicos a actualmente digitales, lo que hace que la capacidad de transmisión y resolución de video sean mucho mejor por medio del internet. La integración de los convertidores de medios a estos sistemas garantiza que una infraestructura de comunicación más sustentable evitando migrar hacia otras tecnologías basadas en IP. [1]

En una propuesta que realizaron para el Gobierno Autónomo Municipal de la Paz, hicieron énfasis a un diseño de una red troncal de fibra óptica que se dedicaba a establecer una red redundante que cubriría la capa óptica y de servicios a través del análisis de estándares, protocolos de comunicación y especificaciones de equipos que garantizaron eficiencia y confiabilidad de la red. Lograron amplificar la capacidad de tráfico por medio la tecnología WDM, permitiendo la transmisión de voz, video y datos. [2]

En otra propuesta, implementaron un sistema de incidencias para gestionar conversores de medios en el Centro de Operaciones de Red de Telmex. Se enfocaron en monitorear estos conversores con el fin de evitar posibles fallas e interrupciones en el servicio que ellos brindan, además sugieren que realizar este sistema sirva como solución para agilizar los problemas en el NOC.[3]

En otra propuesta se enfocaron en una comunicación híbrida, que resultaría prometedora en áreas rurales en donde la comunicación puede ser limitada. Es por

eso que la tecnología de Comunicación por Línea de Potencia (BPL) proporcione conectividad en zonas donde la red es débil, gracias a la combinación de sistemas BPL y Ethernet, facilitando a su vez la implementación de sistemas de vigilancia en estas mismas. [4]

Entonces, se puede concluir diciendo que la implementación de una infraestructura híbrida propuesta en este documento, es una solución efectiva y a su vez prometedora, gracias a los estudios antes mencionados. Dando a entender que esta técnica puede lograr mejorar la funcionalidad, la flexibilidad y la escalabilidad de los sistemas CTTV a través de convertidores de medios, de tal manera que se contribuye al campo de la seguridad y las telecomunicaciones.

1.3 Descripción del proyecto

Este proyecto se basa en la necesidad de equipos electrónicos que tiene la universidad para proporcionar un entorno de aprendizaje práctico y teórico en las materias de Redes de Planta Externa, Comunicaciones Ópticas, entre otras. Con el fin de crear un módulo didáctico que permita obtener resultados basados en la trazabilidad híbrida de datos. Esto es crucial ya que, según la malla curricular, es indispensable que los estudiantes comprendan los sistemas híbridos y el tecnicismo de cómo se conectan los media converters entre otros dispositivos.

Para lograr lo dicho, se implementará una red híbrida usando módulos SFP y convertidores de medios, mezclando la fibra óptica con cableado Ethernet en distancias considerables. Esto no solo facilitará la comprensión de conceptos avanzados de telecomunicaciones, sino que también permitirá a los estudiantes desarrollar habilidades prácticas en la configuración y mantenimiento de infraestructura de comunicación. La red híbrida diseñada proporcionará un análisis detallado de la transmisión de datos, optimizando el rendimiento del sistema y asegurando que cada dispositivo utilice el ancho de banda de manera eficiente. La presentación del diseño lógico y físico de la infraestructura de comunicación propuesta se visualiza en la Figura 1.

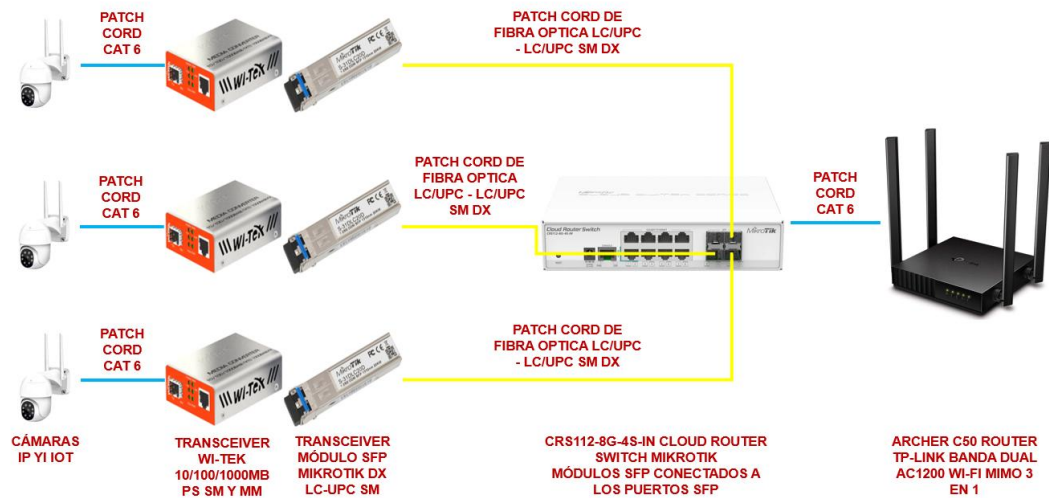


Figura 1. Diseño lógico y físico de la infraestructura de comunicación.

Asimismo, entre las metas planteadas se encuentra el análisis y la comparación de sistemas híbridos diseñados para cámaras IP en entornos de videovigilancia, empleando convertidores de medios ópticos. Además, se propone utilizar la herramienta SketchUp para examinar de manera virtual la factibilidad de la infraestructura planificada, avanzando posteriormente hacia la implementación de una red que asegure tanto la compatibilidad como un desempeño óptimo. Finalmente, se contempla la realización de un estudio comparativo entre los resultados obtenidos mediante simulaciones y las mediciones efectuadas en escenarios reales, con el propósito de garantizar una integración eficiente.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

Implementar una infraestructura de comunicación eficiente basada en sistemas híbridos CCTV mediante convertidores de medios ópticos para el análisis de la velocidad de down y upload del ancho de banda en el laboratorio de Telecomunicaciones.

1.4.2 Objetivos específicos

- Investigar la comparativa de sistemas híbridos para cámaras IP en un

sistema CCTV a través de convertidores de medio.

- Aplicar el simulador SketchUp para evaluar la viabilidad y el volumen de la obra mediante pruebas virtuales de la infraestructura de comunicación.
- Implementar una infraestructura en la red de comunicación CCTV, asegurando la compatibilidad y el rendimiento óptico.
- Realizar un análisis comparativo entre cálculos teóricos y herramientas de medición para asegurar la adecuada integración de cámaras IP en el sistema CCTV.

1.5 Justificación del proyecto

La implementación de la propuesta de este documento surge en demostrar la efectividad del sistema híbrido a realizar a través de los convertidores de medios con el fin de dar conectividad a las cámaras que se encuentran en el laboratorio. Para que así en un futuro se puedan integrar nuevas tecnologías y dispositivos a través de este mismo sistema.

La implementación será relevante para el comienzo de nuevas propuestas basadas en esta misma, fortaleciendo la capacidad ingeniosa de los estudiantes de la carrera de Telecomunicaciones, donde podrán realizar prácticas avanzadas relacionadas con la instalación y configuración de redes ópticas híbridas, lo cual es fundamental para su preparación en un mercado laboral cada vez más exigente en términos de habilidades técnicas especializadas.

1.6 Alcance del proyecto

La propuesta está orientada en dar acceso a la conectividad de internet a través de un sistema híbrido, en este caso se harán uso de cámaras dentro de sistemas tradicionales de videovigilancia CCTV. Este desarrollo resulta fundamental para la modernización de las infraestructuras de seguridad, al posibilitar que las cámaras funcionen utilizando convertidores de medios ópticos, los cuales se presentan como

una solución para ampliar la flexibilidad y mejorar la escalabilidad del internet, optimizando la capacidad de adaptación y expansión en zonas de difícil acceso a la conectividad. Esta característica permite que el sistema se pueda ampliar poco a poco según crezcan las necesidades de seguridad, sin tener que cambiar todo lo que ya este hecho. Además, tiene un gran potencial para usarse en el futuro en lugares alejados, si se prueba con éxito en un entorno controlado sería más fácil implementarlo en zonas remotas, lo que ayudaría a mejorar la seguridad y vigilancia en comunidades que antes no tenían acceso a estas tecnologías e incluso el internet.

1.7 Metodología

En esta propuesta se utilizan varios métodos, entre ellos están la investigación exploratoria y la investigación experimental.

Investigación exploratoria. Esta metodología se basa en buscar información y conocer más sobre el tema a través de fuentes como bases de datos digitales, trabajos de tesis anteriores, artículos, con el fin de conseguir datos claves sobre tecnologías de CCTV, cámaras IP y convertidores de medios, que se usarán para construir una base sólida que ayude a plantear y planear el proyecto en la universidad.

Investigación experimental. En esta fase se pone en práctica todo lo planificado. Primero se diseña la estructura de red usando herramientas como SketchUp para hacer simulaciones y modelos en 3D y ver cómo quedará todo. Luego, se lleva a cabo la instalación física en el laboratorio de Telecomunicaciones para comprobar que los equipos se integran bien y que todo funciona como se espera. Se realizan pruebas de velocidad de carga y descarga para comparar lo que se simula con lo que se mide en la realidad, así asegurando que las cámaras IP se integren sin problema al sistema de CCTV.

Tomando en consideración los dos métodos anteriormente explicados, la propuesta se llevará a cabo tal cual se visibiliza en el diagrama de flujo de la Figura 2.

Fases de la propuesta

FASE 1: Investigación exploratoria

- Se busca todo tipo de información relevante sobre las tecnologías que se usaran, como CCTV, cámaras IP y convertidores de medios.
- Se examina lo encontrado para tener un panorama claro de las tecnologías, su uso y cuáles han sido sus mejores aplicaciones.
- La información recopilada se emplea para definir los principios y fundamentos necesarios que servirán de base para la planificación del diseño y la ejecución de la propuesta.

FASE 2: Investigación experimental

- Se utiliza la herramienta SketchUp para elaborar un diseño visual detallado, en donde se modelarán los componentes a usar y la ubicación de estos mismos.
- Se realiza una simulación funcional del sistema, con el propósito de identificar posibles errores y efectuar los ajustes que se requieran antes de la implementación física.
- Se procede a implementar la infraestructura en el laboratorio, ubicando los componentes en su lugar siguiendo las normas correspondientes.
- Se realizan pruebas para medir cómo se comporta el sistema en cuanto a la velocidad de carga y descarga, y los resultados se comparan con los datos de las simulaciones.

FASE 3: Documentación del proyecto

- Se verifica que el sistema cumpla con lo que se había planteado en la etapa de planificación y se anotan y detallan todas las etapas del proceso, desde el diseño hasta la instalación y los resultados de las pruebas.

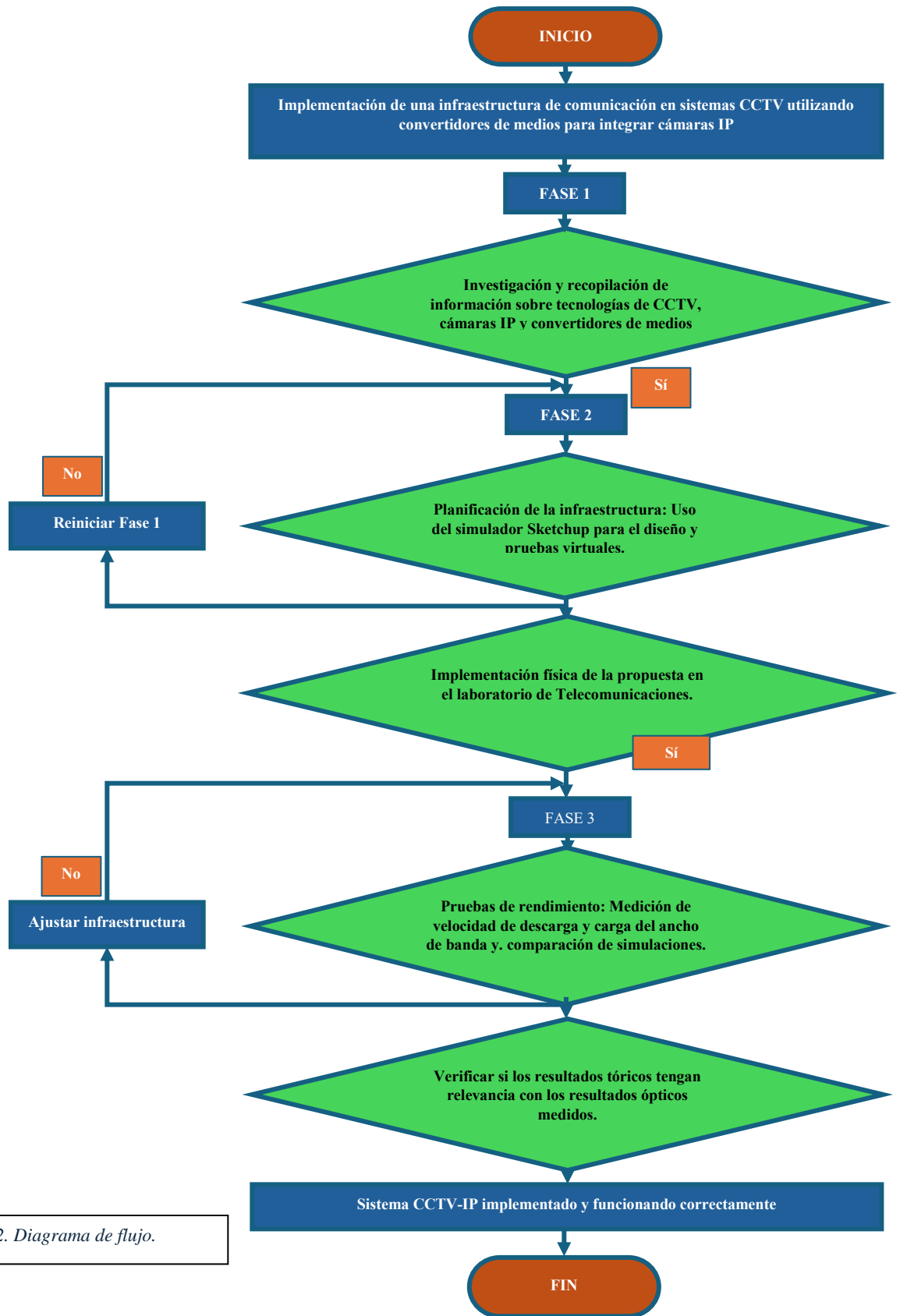


Figura 2. Diagrama de flujo.

1.8 Resultados esperados

- Como objetivo general se busca instalar un sistema híbrido funcional en el laboratorio, que sea eficiente para la transmisión de datos a través de convertidores de medios.
- Se busca realizar un análisis comparativo exhaustivo de diversos sistemas híbridos diseñados para cámaras, en donde se identificarán varios aspectos con el fin de determinar cuál es el más apto.
- Crear modelos 3D con SketchUp para planificar como se organizan los equipos y cables en el laboratorio. Esto debería ayudar a ver si el diseño es factible y que ajustes podrían hacerse antes de montar todo básicamente.
- Implementar la infraestructura en el laboratorio, asegurando que las cámaras IP, los convertidores de medios y el resto de los equipos estén bien conectados y funcionen sin problemas. El resultado debería ser un sistema que tenga un buen rendimiento y sea compatible en todas sus partes.
- Hacer una comparación entre los datos teóricos de las simulaciones y los resultados reales de las pruebas de medición, como la potencia de recepción que llega a cada una de las cámaras. Como también generar un resultado óptico por medio de una simulación en OptiSystem para ver si el sistema cumple con lo requerido para la integración de las cámaras.
- Se espera que los equipos adquiridos para esta propuesta permitan realizar prácticas en el laboratorio de Telecomunicaciones, como ponchados de cables UTP, fusión de fibra óptica, mediciones de potencia, entre otras. Con el fin de preparar a los estudiantes con habilidades practicas esenciales para su futuro como ingenieros.

CAPÍTULO II

1.1 Marco contextual

El estudio de sistemas híbridos para dar comunicación a diversos dispositivos como cámaras, es algo novedoso ya que nos inclina a conocer el proceso que conlleva este cambio de tecnología. La presente propuesta se llevará a cabo en el laboratorio de Telecomunicaciones de la UPSE. El objetivo principal es analizar la velocidad de descarga y subida del ancho de banda, utilizando como plataforma una infraestructura de comunicación híbrida CCTV. El estudio se enfoca en llevar a cabo una evaluación comparativa del desempeño de distintos modelos de convertidores de medios ópticos considerando parámetros claves como la latencia en la transmisión y el funcionamiento de los dispositivos conectados a esos mismos.

En donde, al final este permitirá un análisis sobre las recomendaciones que se deben destacar para el funcionamiento de las cámaras a integrar. Esta información será muy útil para trabajos futuros basados en esta propuesta, evitando márgenes de error en su implementación.

Además, se podrán desarrollar habilidades prácticas que son esenciales en el futuro de cada estudiante de la rama de la ingeniería, en donde podrán analizar problemas técnicos, hacer mediciones de potencias, talleres de ponchado de cable UTP, fusión de cables de fibra óptica, etc.

1.2 Marco conceptual

En esta propuesta el marco conceptual se basa de distintos temas que son fundamentales para entender lo que se va a implementar en el laboratorio, estas bases sólidas ayudaran en el desarrollo de esta misma. Se estudiaran los medios de transmisión que existen, sobre todo los más importantes para esta propuesta, los cuales son la fibra óptica y el cable UTP, también se tomaran en cuenta cómo podemos pasar de un medio a otro a través de convertidores de medios y a su vez lo que logra la integración de los módulos SFP en los equipos como en este caso el

Switch, los cuales hacen posible la transmisión de datos a distancias largas con el fin de dar conectividad a cámaras IP donde el internet no está a la mano. Siempre y cuando tomando en cuenta los estándares y normas para cada una de estas tecnologías.

2.2.1 Medios de transmisión

Para lograr una red de comunicación, son indispensables los medios de transmisión los cuales pueden ser tanto físicos como inalámbricos, estos proporcionan el envío de datos entre distintos dispositivos. Entre los medios físicos se destacan los cables de par trenzado y la fibra óptica, en donde los cables de par trenzado son conocidos por ser de fácil instalación y bajo costo con la desventaja de ser más vulnerables a interferencias, y la fibra óptica en cambio son de largo alcance, ofrecen mayor velocidad y tienen mínimas pérdidas en la señal, por eso se los considera ideales en donde la transmisión de datos requiera mejor calidad.

Cable par trenzado

Es uno de los tipos de cable más comunes y se originó para conectar varios dispositivos en un mismo cableado, están compuestos por una serie de pares de cables trenzados los cuales reducen interferencias entre ellos. Están hechos de cobre o aluminio y están cubiertos de un aislante de plástico. Existen 3 tipos de cables de par trenzado, estos se muestran en el siguiente apartado:

- **Cable UTP (Unshielded Twisted Pair – Par trenzado no apantallado)**

Este es el cable de pares trenzados más común, sin ninguna protección adicional aparte de la cubierta de PVC, con una impedancia de 100 Ohm. El conector más frecuente para este tipo de cable es el RJ45, similar al conector telefónico RJ11, pero más grande, aunque también puede usar otros conectores como RJ11, DB25 y DB11, según el adaptador de red. Es el más popular debido a su bajo costo y fácil instalación. No obstante, a altas velocidades puede ser susceptible a interferencias electromagnéticas del entorno.



Figura 3. Cable UTP.

Fuente: [5]

- **Cable STP (Shielded Twisted Pair – Par trenzado apantallado)**

En este tipo de cable, cada par está recubierto por una malla conductora que actúa como pantalla contra interferencias y ruido eléctrico, con una impedancia de 150 Ohm. El STP ofrece una mayor protección contra perturbaciones externas comparado con el UTP, pero es más caro y difícil de instalar. Los conectores comúnmente usados con STP son RJ49. Generalmente se utiliza en instalaciones de procesamiento de datos por su capacidad y excelente resistencia a radiaciones electromagnéticas. Sin embargo, es un cable robusto, caro y difícil de instalar.

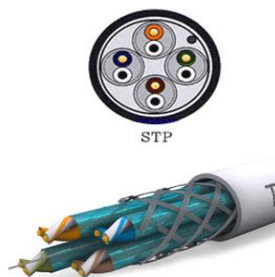


Figura 4. Cable STP.

Fuente: [5]

- **Cable FTP (Foiled Twisted Pair – Par trenzado con pantalla global)**

Similar al UTP, sus pares no están apantallados, pero tiene una pantalla global que mejora su protección contra interferencias externas, con una impedancia típica de

120 Ohm y propiedades de transmisión similares al UTP. Utiliza los mismos conectores RJ45. Tiene un costo intermedio entre el UTP y el STP. [5]

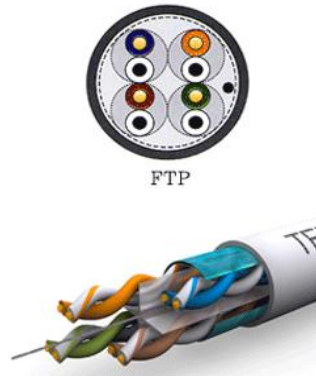


Figura 5. Cable FTP.

Fuente: [5]

2.2.2 Fibra óptica

La fibra óptica es un canal delgado de vidrio o silicio que permite la transmisión de luz. Para una comunicación unidireccional, se necesitan dos filamentos, mientras que, para una comunicación bidireccional, se utiliza un solo filamento que funciona como transmisor y receptor. Cada filamento tiene un grosor similar al cabello humano, aproximadamente 0.1 mm. Los transmisores comunes en estas redes son LEDs o diodos láser, y la luz infrarroja es la más utilizada debido a su menor atenuación y dispersión.

Estos cables de fibra óptica se utilizan tanto en redes LAN (Red de Área Local) como en redes MAN (Red de Área Metropolitana), que comparten recursos entre computadoras con una mayor cobertura que la LAN. Aunque tienen un funcionamiento similar, tienen estándares diferentes. [6]

Estructura de la Fibra Óptica

La fibra óptica está constituida por tres componentes: el núcleo, el revestimiento y la cubierta, tal y como se ilustra en la Figura 6.

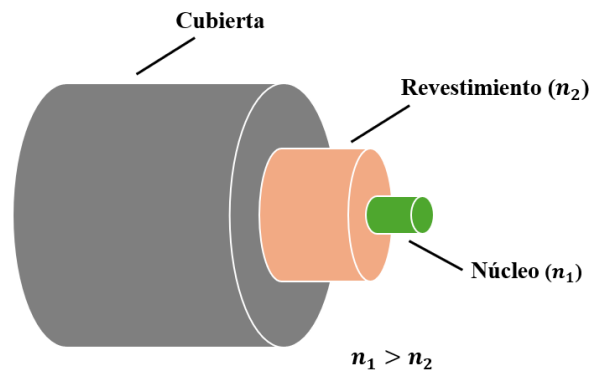


Figura 6. Estructura de la Fibra Óptica.

- **Núcleo (Core):** Es la parte por la cual la luz se transmite desde el emisor hasta cada uno de los receptores. Está hecho de un material dieléctrico, frecuentemente vidrio o silicio fundido. Su diámetro varía entre 50 y 62.5 micrómetros para fibras multimodo y es de 9 micrómetros para fibras monomodo.
- **Revestimiento (Cladding):** Rodea al núcleo y suele estar hecho de silicio con un índice de refracción menor que el del núcleo, lo que permite que la luz se mantenga dentro de la fibra mediante el fenómeno de reflexión.
- **Recubrimiento (Coat):** Es una capa que resguarda el núcleo de manera mecánica y puede estar fabricado con materiales como polietileno, acrilato o termoplásticos, según las condiciones y el uso en la instalación de esta misma.

Principio de la reflexión interna total

En una fibra óptica, el núcleo tiene un índice de refracción (n_1) mayor que el del revestimiento (n_2), esta diferencia asegura que la luz se refleje completamente dentro del núcleo, permitiendo que se propague a través de la fibra con muy pocas pérdidas. Un mayor índice de refracción en el núcleo garantiza que la luz se refleje internamente en lugar de escapar al revestimiento, disminuyendo así las pérdidas por dispersión y absorción, mejorando la eficiencia de la transmisión de datos. [6]

Estructura Holgada

Son varios conductos flexibles con un diámetro de entre 2 y 3 mm, que en su interior suelen llevar un gel diseñado para evitar la entrada de humedad. Estos conductos rodean un miembro central de refuerzo, generalmente de acero, y están cubiertos por una capa protectora hecha de materiales como polietileno, coraza de acero o goma, como se muestra en la Figura 7.

Este tipo de estructura se utiliza principalmente en instalaciones aéreas, canalizadas y de obra civil. No se recomienda su uso en instalaciones verticales, ya que la fibra puede desplazarse debido al gel en la cubierta. El miembro central de refuerzo también puede estar hecho de hilos de fibra, lo que requiere un manejo cuidadoso y el uso de equipo de protección personal adecuado para evitar daños.

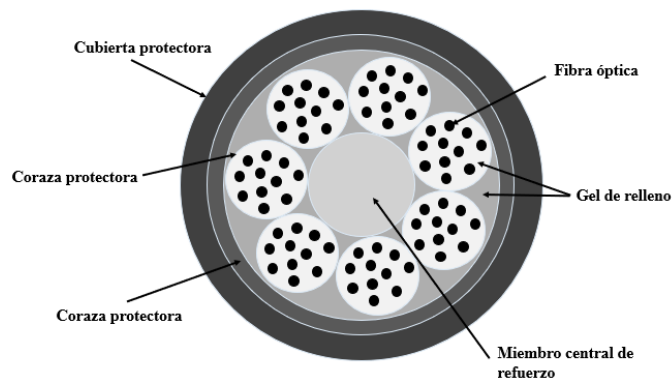


Figura 7. Cable con Estructura Holgada.

Estructura Ajustada

Cada hilo de fibra está protegido por una capa plástica secundaria de aproximadamente 900 micrómetros de diámetro que rodea la fibra y también cubre al miembro central de refuerzo, como se ilustra en la Figura 8. Esta estructura ofrece una protección adicional en comparación con la estructura holgada. Este tipo de cable es más flexible y tiene un diámetro de cobertura más pequeño que los cables de estructura holgada, lo que lo hace ideal para instalaciones interiores en edificios y aplicaciones verticales, gracias al soporte individual de cada fibra. [6]

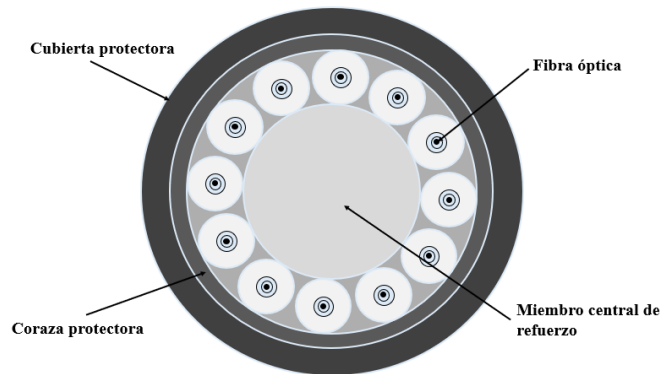


Figura 8. Cable con Estructura Ajustada.

Tipos de Fibra Óptica

La fibra óptica se divide en dos tipos:

- Fibra óptica monomodo
- Fibra óptica multimodo

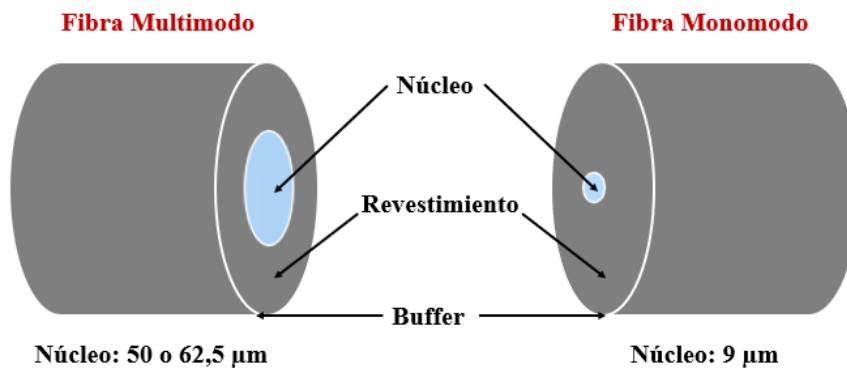


Figura 9. Estructura básica de los tipos de Fibras Ópticas.

Fibra Óptica Monomodo

Poseen un núcleo con un diámetro aproximado de 9 μm , lo que permite la propagación de un único haz de luz paralelo a la fibra, como se muestra en la Figura 10. Esto facilita la transmisión a mayores distancias y altas velocidades. Tienen un mayor ancho de banda y menores pérdidas debido a la ausencia de dispersión modal. Este tipo de cable opera a longitudes de onda de 1310 y 1550 nm. Además de ser ampliamente utilizadas en investigaciones científicas por su alta precisión.



Figura 10. Luz propagada en la Fibra Monomodo.

Fuente: [7]

Fibra Óptica Multimodo

Este cable cuenta con un diámetro de unos 50 y 62.5 μm de diámetro, lo que permite transmitir múltiples señales al mismo tiempo, aunque con un ancho de banda limitado. Por su menor costo, se usa en distancias cortas. Además, su núcleo más grande facilita los empalmes y las conexiones, permitiendo el uso de dispositivos como los VCSEL, que trabajan en longitudes de onda entre 850 y 1300 nm. Según su índice de refracción, se clasifica en multimodo escalonado y de índice gradual, tal y como se muestran en las Figuras 11 y 12.

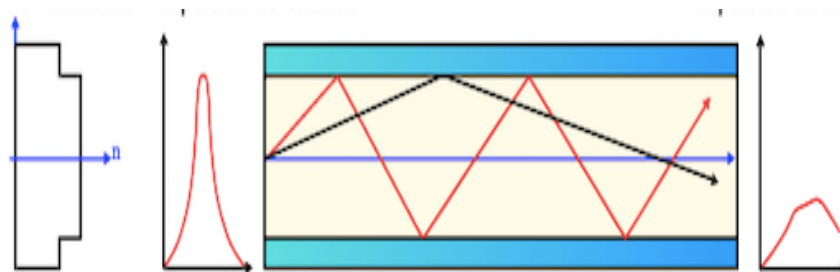


Figura 11. Luz propagada en la Fibra de índice Escalonado.

Fuente: [7]

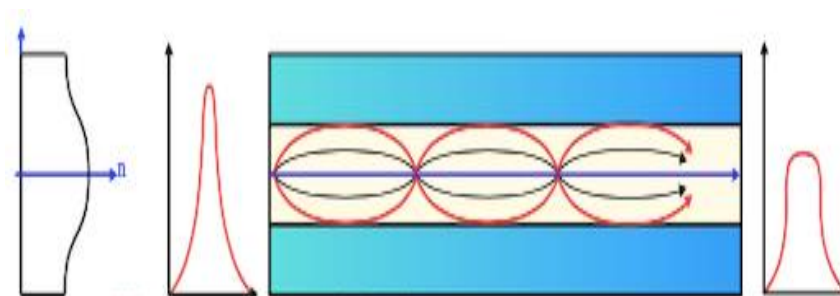


Figura 12. Luz propagada en Fibra de índice Gradual.

Fuente:[7]

Fibra Multimodo con índice escalonado: Cuando está fabricada de vidrio, tiene atenuaciones de aproximadamente 30 dB/Km, y si está hecha de plástico, su atenuación es de 100 dB/Km. En este tipo de fibra, el núcleo tiene un índice de refracción significativamente mayor que el de la cubierta ($n_1 \gg n_2$), lo que provoca cambios abruptos en el índice de refracción al pasar del núcleo a la cubierta.

Tabla 1. Parámetros básicos de la Fibra índice Escalonada.

Parámetros	Valores
Longitud de Onda	660 a 1060 nm
Ancho de banda	40 MHz
Fuente de luz	Led
Diámetro del núcleo	50 a 100 μm
Diámetro del revestimiento	$\approx 140 \mu\text{m}$

Fibra Multimodo con índice gradual: En esta fibra, la luz se propaga de manera ondulada porque el índice de refracción disminuye gradualmente desde el centro del núcleo hacia el revestimiento. Esto resulta en un mayor ancho de banda, llegando aproximadamente a 500 MHz/Km, debido a la menor cantidad de modos de propagación en comparación con la fibra de índice escalonado. [7]

Tabla 2. Parámetros básicos de la Fibra índice Gradual.

Parámetros	Valores
Longitud de Onda	Entre 1330 a 1550 nm
Capacidad de ancho de banda	500 MHz
Tipo de fuente luminosa	Emisiones específicas
Diámetro del núcleo óptico	50 μm
Diámetro del revestimiento	Aproximadamente 125 μm

Ventanas de operación de la fibra óptica

Las ventanas de operación de la fibra son rangos específicos de colores de luz conocidas como longitudes de onda, donde la fibra funciona mejor dependiendo si es monomodo o multimodo. En estos rangos, la señal de luz pierde menos intensidad (atenuación) y se distorsiona menos (dispersión), lo que ayuda a transmitir datos de manera más eficiente. Estas ventanas son muy importantes para que se dé la comunicación por fibra óptica, estas se muestran en la Tabla 4.

Tabla 3. Ventanas de operación de la Fibra Óptica.

Ventana	Longitud de Onda (nm)	Uso	Aplicaciones	Ventajas
Primera ventana	850 nm	Principalmente en fibras multimodo	Redes de área local (LAN) como Ethernet de corto alcance	Menor costo de los componentes ópticos
Segunda ventana	1310 nm	Fibras monomodo y multimodo	Redes metropolitanas (MAN) y sistemas de comunicación de mediana distancia	Baja de dispersión cromática
Tercera ventana	1550 nm	Principalmente en fibras monomodo	Redes de larga distancia y sistemas de telecomunicaciones	Muy baja atenuación y posibilidad de amplificación óptica (EDFA)
Cuarta ventana	1625 nm	Aplicaciones de monitoreo y	Mantenimiento y diagnóstico de	Permite la supervisión sin

		supervisión de redes (OTDR)	redes de fibra óptica	interferir con el tráfico de datos.
--	--	-----------------------------	-----------------------	-------------------------------------

Emisores y detectores ópticos

Emisores ópticos

Los emisores ópticos son dispositivos que generan luz, y los más comunes son los diodos LED y los diodos LASER. [8]

- **Diodos LED.** Los LED producen luz de manera natural y dispersa (no coherente), son dispositivos hechos de materiales semiconductores que necesitan una corriente eléctrica en una dirección específica para encenderse y emitir luz. [8]
- **Diodos LASER.** Los diodos láser generan luz enfocada y sincronizada (coherente) a través de un proceso controlado. Utilizan espejos que reflejan parcialmente para crear un espacio donde la luz se amplifica y se mantiene en una misma frecuencia y fase. [8]

Detectores ópticos

Los detectores ópticos convierten la luz en señales eléctricas, en los sistemas analógicos estas señales eléctricas necesitan amplificarse y luego procesarse para recuperar la información original y en los sistemas digitales el detector genera una serie de pulsos unos y ceros que contienen el mensaje transmitido. Se caracterizan por:

- Alta sensibilidad al rango de luz utilizado.
- Contribuyen muy poco al ruido general del receptor.
- Responden rápidamente, gracias a su amplio rango de operación, es decir su ancho de banda.[8]

Factores que influyen en la transmisión de la fibra óptica

- **Apertura numérica.** Es la capacidad de la fibra para capturar la luz desde distintos ángulos. Si esta capacidad es mayor, la fibra recoge más luz, pero también puede provocar que la señal se disperse y pierda claridad.[9]

- **Ancho de banda.** Es la cantidad de información que la fibra puede transportar al mismo tiempo, un mayor ancho de banda significa que se puede transmitir más datos de manera más rápida.[9]
- **Atenuación.** Es la pérdida de intensidad de la luz mientras viaja por la fibra, esto ocurre por materiales de la fibra, imperfecciones o desvió de la luz dentro de ella. [9]
- **Potencia.** Es la fuerza de la luz que se envía por la fibra, si la potencia es adecuada la señal llegara con suficiente fuerza al final del recorrido, incluso después de las pérdidas. [9]
- **Dispersión.** Es cuando la luz se extiende a medida que viaja por la fibra, esto puede hacer que los datos lleguen mezclados o menos claros dificultando su interpretación. [9]

2.2.3 Normas de cableado estructurado Ethernet y Fibra óptica

Norma TIA/EIA 568 para cableado Ethernet

La norma EIA/TIA 568 establece dos configuraciones estándar, denominadas 568-A y 568-B, para el cableado Ethernet en donde se asignan colores correspondientes a cada pin del conector RJ-45. Por lo general, los cables de parcheo se confeccionan con la misma configuración, ya sea 568-A o 568-B en ambos extremos. Estos cables se utilizan para:

- Conectar estaciones de trabajo a las rosetas de instalaciones de cableado estructurado.
- Conectar paneles de parcheo con hubs o switches en los armarios de cableado.
- Conectar directamente estaciones de trabajo con hubs o switches.
- Conectar hubs con puertos "crossover" de otros dispositivos.

Cable Cruzado

Se denomina "cable cruzado" al parche armado usando el estándar A en un extremo y el B en el otro, es decir es un tipo de cable Ethernet que tiene sus cables internos

cruzados para permitir la comunicación directa entre dos dispositivos del mismo tipo. Esto es necesario porque los pines de transmisión (TX) de un dispositivo deben estar conectados a los pines de recepción (RX) del otro dispositivo y viceversa.

El cable cruzado, que alguna vez fue necesario para conectar dispositivos de red del mismo tipo (como dos computadoras o dos switches) sin un hub o switch intermedio, ha caído en desuso debido a la tecnología Auto MDI-X (Automatic Medium – Dependent Interface Crossover).

Norma de cableado estructurado TIA/EIA 568-A y TIA/EIA 568-B

Estas especificaciones, desarrolladas por las organizaciones TIA y EIA, establecen los parámetros para el uso de cables de par trenzado y conectores RJ-45, asegurando tanto la compatibilidad como el óptimo desempeño en las redes. Comprenden esquemas de codificación por colores para la correcta terminación de los cables, a incluir categorías como Cat 5 y 6, estas se ilustran en las Figuras 13 y 14. [10]

Pin#	Par#	Función	Color del Cable	10/100 Base-T Ethernet	100 Base-T4 y 1000 Base-T Ethernet
1	3	Transmite	Blanco/Verde	SI	SI
2	3	Recibe	Verde/Blanco	SI	SI
3	2	Transmite	Blanco/Naranja	SI	SI
4	1	Telefonía	Azul/Blanco	No	SI
5	1	Telefonía	Blanco/Azul	No	SI
6	2	Recibe	Naranja/Blanco	SI	SI
7	4	Respaldo	Blanco/Marrón	No	SI
8	4	Respaldo	Marrón/Blanco	No	SI

Figura 13. Norma de cableado 568-A.

Fuente: [10]

Pin#	Par#	Función	Color del Cable	10/100 Base-T Ethernet	100 Base-T4 y 1000 Base-T Ethernet
1	2	Transmite	Blanco/Naranja	SI	SI
2	2	Recibe	Naranja/Blanco	SI	SI
3	3	Transmite	Blanco/Verde	SI	SI
4	1	Telefonía	Azul/Blanco	No	SI
5	1	Telefonía	Blanco/Azul	No	SI
6	3	Recibe	Verde/Blanco	SI	SI
7	4	Respaldo	Blanco/Marrón	No	SI
8	4	Respaldo	Marrón/Blanco	No	SI

Figura 14. Norma de cableado 568-B.

Fuente: [10]

Norma TIA/EIA 568 para cableado de fibra óptica

La norma TIA/EIA-568-C.3 es parte del conjunto de estándares de cableado para redes de telecomunicaciones, esta se enfoca en las instalaciones de fibra. Es complementario a otros estándares como la TIA/EIA[11]-568-C.1 que se trata del cableado de cobre. Esta normativa establece los procedimientos para la instalación y estructura de la fibra óptica, con el fin de garantizar conexiones de calidad, sus principales características son:

- Utilizan conectores como SC, LC y MTP/MPO.
- Usadas en enlaces largos de atenuación baja.
- Recomiendan el uso de bandejas en los racks, conductos protectores, entre otros.
- Se realizan para pruebas para verificar la calidad de la instalación, evaluando aspecto como la pérdida de señal, atenuación, etc. [11]

2.2.4 Componentes ópticos de transmisión

Convertidores de medios

Son equipos que permiten conectar distintos tipos de cables en una red, transformando las señales de un medio a otro. Son fundamentales para unir cables de cobre, como ethernet con fibra óptica, lo que ayuda a extender y adaptar las redes actuales. En la Figura 17 se muestra cómo se realiza esta conversión de señales. [12]

Usos y funciones de los convertidores de medios

Los convertidores de medios tienen diferentes usos, los cuales se destacan en la Figura 15.

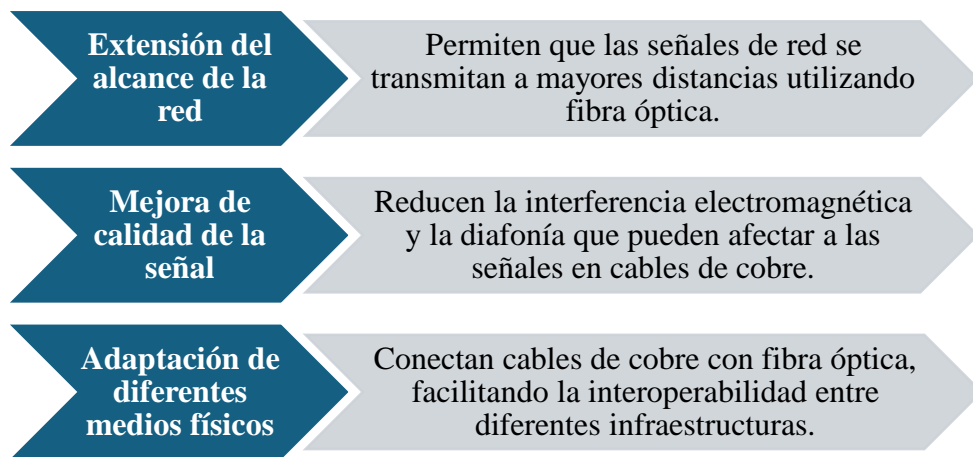


Figura 15. Esquema de aplicación de los convertidores de medios.

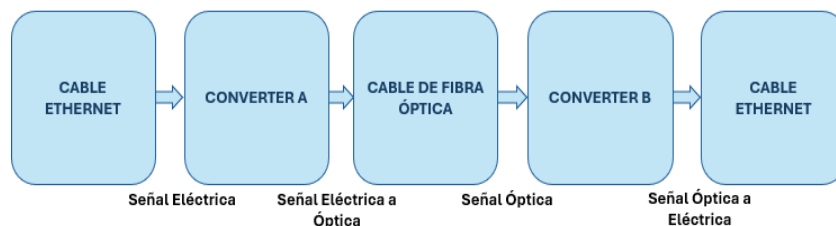


Figura 16. Conversión de señales eléctricas a ópticas.

En la Figura 16 se muestra como una señal eléctrica se transforma en una señal de luz, primero recibe una señal eléctrica que viene de un cable Ethernet, luego un dispositivo la convierte en una señal de luz, esta señal de luz viaja por un cable de fibra óptica que tiene la ventaja de ser más resistente a las interferencias y puede cubrir distancias mucho mayores que los cables de cobre. Al llegar al destino, otro convertidor pasa la señal óptica a eléctrica, la cual se transmite por un cable de

cobre al dispositivo final. Así, los convertidores de medios ayudan a extender las redes más allá de los límites de los cables de cobre, minimizando la pérdida de señal y mejorando la calidad de la transmisión. Esto facilita la adopción de nuevas tecnologías al permitir la integración de infraestructuras de cobre con fibra óptica.

Convertidores de medios eléctricos

Estos dispositivos convierten señales eléctricas entre diferentes tipos de cables o interfaces, siendo importantes para conectar redes o equipos de distintas categorías de cableado de par trenzado, como de Cat 5e a Cat 6.

Funcionamiento y uso de los convertidores de medios eléctricos

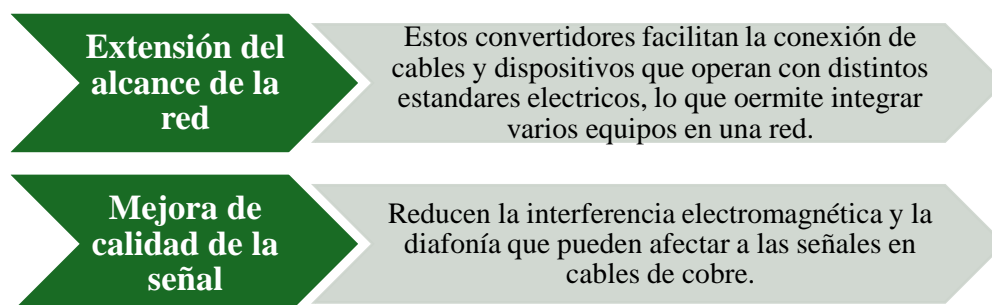


Figura 17. Uso de los convertidores de medios eléctricos.

Como se explica en la Figura 17, los convertidores de medios eléctricos reciben señales de cables de cobre, la cual es ajustada a otro estándar eléctrico por medio de un convertidor, lo que puede implicar cambios en el voltaje, la frecuencia o la forma de la señal.

Convertidores de medios ópticos



Figura 18. Convertidor de medio óptico.

Fuente: [13]

Estos dispositivos son importantes para conectar diferentes tipos de señales, como las de fibra óptica y cables de cobre, mejorando las capacidades de la red y aumentando las velocidades de transferencia de datos, las cuales permiten integrar tecnologías distintas garantizando una comunicación eficaz y fiable en la red. [12]

Tipos de convertidores de medios ópticos

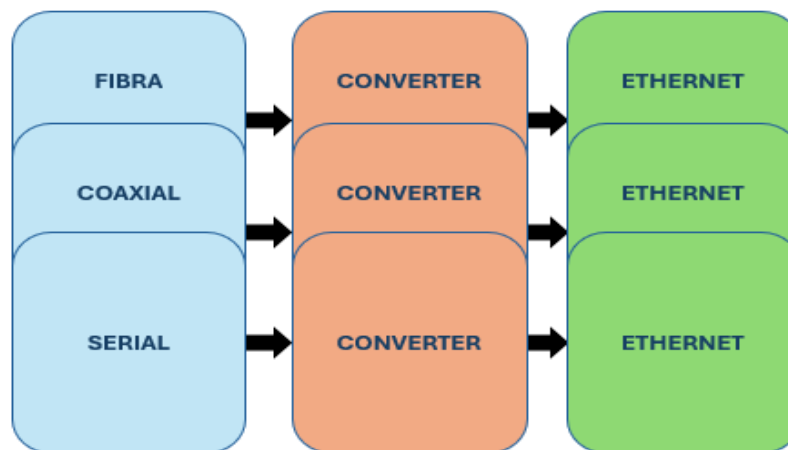


Figura 19. Tipos de Convertidores de Medios Ópticos.

- **Convertidores de Fibra a Ethernet:** Son equipos que cambian la señal de luz a señales eléctricas, lo que hace posible conectar dispositivos de fibra óptica a redes Ethernet. Esto permite que las redes que eran más cortas puedan alcanzar distancias mayores.
- **Convertidores de Coaxial a Ethernet:** Estos dispositivos toman las señales de los cables coaxiales y las adaptan para que funcionen con redes Ethernet, lo que ayuda a modernizar la red sin necesidad de reemplazar todo el cableado ya existente.
- **Convertidores de Serial a Ethernet:** Permiten conectar dispositivos seriales a una red IP, facilitando la integración de equipos de control industrial o cualquier otro dispositivo serial en redes Ethernet. Ideales para aplicaciones que requieren conectar dispositivos seriales a una infraestructura de fibra óptica. [14]

Ventajas de los convertidores de medios de fibra óptica

- Capacidad para extraer el alcance de la red a distancias considerablemente mayores, a diferencias considerablemente mayores del cableado de cobre convencional, la fibra óptica permite transmitir señales sin degradación significativa a través de largas distancias.
- Ofrecen mejor ancho banda a diferencia del cableado de cobre.
- Permite transferencias de datos rápidas en la red.
- No les afecta la interferencia electromagnética (EMI).

Módulos SFP



Figura 20. Módulos SFP.

Fuente: [15]

Son transceptores de tamaño reducido que se pueden intercambiar sin tener que apagar los equipos como routers, switches, estos facilitan la transmisión de datos a través de cables de cobre y fibra óptica brindando suficiente expansión para las redes.

Tipos de módulos SFP

- **Módulos SFP de cobre.** Usados en distancias de hasta 100 metros, en donde permiten realizar conexiones Ethernet a través de cables de cobre.
- **Módulos SFP de Fibra Óptica Monomodo.** Usados en distancias grandes logrando transmisiones de gran alcance y se usan con cables monomodo de fibra óptica.

- **Módulos SFP de Fibra Óptica Multimodo.** Usados en distancias medias y cortas por ende usan cables multimodo de fibra óptica.
- **Módulos SFP + (Enhanced Small Form – Factor Pluggable).** Versión avanzada del SFP, soporta velocidades de hasta 10 Gbps, y se emplean en centros de datos y redes de alta velocidad, donde es necesaria una mayor capacidad de transmisión.
- **Módulos SFP28.** Diseñados para soportar velocidades de 25 Gbps, utilizándose en centros de datos de última generación y aplicaciones que requieren alta velocidad para una transmisión eficiente y rápida.

Funciones y ventajas de los módulos SFP

Su capacidad para adaptarse a diferentes tipos de cables y admitir varias velocidades de transmisión hace que se adapten fácilmente, estas características hacen de los módulos SFP una elección preferida para una amplia gama de aplicaciones en redes. A continuación, se presentan en la Tabla 5 las principales funciones y ventajas de los módulos SFP. [15]

Tabla 4. Funciones y Ventajas de los Módulos SFP.

Función	Ventaja
Intercambiabilidad en Caliente	Permite actualizaciones y mantenimiento sin interrupciones
Flexibilidad	Compatibles con una variedad de estándares de red
Escalabilidad	Permite ampliar la red de manera sencilla
Compatibilidad	Funciona con equipos de diferentes fabricantes
Distancias de Transmisión Variables	Ofrecen cobertura que va desde distancias cortas de unos metros hasta kilómetros

2.2.5 Sistemas de CCTV

Los sistemas de CCTV, o circuito cerrado de televisión, son tecnologías de vigilancia utilizadas para monitorear y grabar imágenes en lugares fijos, estos sistemas se componen de cámaras de seguridad, cables de transmisión, dispositivos de grabación y monitores que son los que controlan lugares fijos.[16]

Componentes fundamentales de un sistema CCTV

- Las cámaras de seguridad se usan para captar imágenes y videos de las áreas vigiladas y pueden ser de distintas tecnologías como analógicas, IP o híbridas.
- Los monitores permiten ver en tiempo real lo que captan las cámaras de seguridad y tienen la capacidad de mostrar múltiples cámaras al mismo tiempo.
- Los grabadores de video se usan para almacenar y gestionar las grabaciones captadas por las cámaras, como por ejemplo los DVR (cámaras analógicas) y los NVR (cámaras IP).
- Los cables y conectores se usan para transmitir datos entre las cámaras, monitores y grabadoras. [17]

Cámaras de seguridad

Las cámaras de seguridad son herramientas diseñadas para monitorear y registrar lo que ocurre en lugares específicos, pueden funcionar con tecnología analógica o digital y su capacidad de grabar imágenes y videos con alta claridad es clave tanto para prevenir problemas como para recopilar información útil en caso de investigaciones. [18] En la Tabla 6 se muestra una clasificación completa de los diferentes tipos de cámaras de seguridad. [19]

Tabla 5. Clasificación de las cámaras de seguridad.

Clasificación	Tipo
Según su Tecnología	Cámaras Analógicas
	Cámaras Digitales (IP)
Según su Instalación	Cámaras de Interior
	Cámaras de Exterior
Según su Forma y Diseño	Cámaras Bullet
	Cámaras Domo
	Cámaras PTZ (Pan-Tilt-Zoom)
Según su Funcionalidad	Cámaras con Visión Nocturna
	Cámaras con Audio
	Cámaras Térmicas
Según su aplicación	Cámaras Alámbricas
	Cámaras Inalámbricas
	Cámaras de Vigilancia para el Hogar
	Cámaras de Vigilancia para Empresas
	Cámaras de Vigilancia para Tráfico

Evolución de los sistemas de vigilancia

Los sistemas de vigilancia han avanzado considerablemente desde su creación. Inicialmente, eran analógicos y usaban cintas de video para grabar imágenes, requiriendo monitoreo continuo y grandes espacios de almacenamiento físico. Con la tecnología digital, surgieron los grabadores de video digital (DVR) y más tarde los sistemas de videovigilancia en red (NVR). [20]

2.2.6 Tipos de sistemas CCTV

Entre los diversos tipos de sistemas CCTV, se encuentran los analógicos, los IP y los híbridos, en donde cada uno de estos se adaptan a distintas necesidades las cuales se describen en la Tabla 7.

Estos sistemas permiten una mejor integración y flexibilidad en la infraestructura de vigilancia, asegurando una cobertura y eficiencia adecuadas para diversas aplicaciones. [16]

Tabla 6. Tipos de sistemas CCTV.

Tipo de sistema CCTV	Descripción
CCTV analógico	Usa cámaras tradicionales que envían señales de video por cables hacia grabadoras y pantallas, es una alternativa económica y muy popular en diferentes entornos.
CCTV IP	Funciona con cámaras digitales que envían las imágenes mediante redes IP, lo que permite una mejor calidad de vídeo y la posibilidad de monitorear desde dispositivos conectados a internet.
CCTV híbrido	Combina cámaras analógicas y digitales, permitiendo aprovechar las ventajas de ambos sistemas, es ideal para modernizar redes sin tener que reemplazar todo el equipo.

CAPÍTULO III

3.1 Desarrollo de la propuesta

El presente trabajo tiene como objetivo la implementación de una infraestructura de comunicación en sistemas CCTV utilizando convertidores de medios para integrar cámaras IP, con el fin de analizar la velocidad de down y upload del ancho de banda en el laboratorio de Telecomunicaciones, además de cumplir con cada uno de los objetivos específicos planteados en el Capítulo I. El desarrollo de la propuesta se llevará a cabo a través de tres partes, la primera se basa en realizar un diseño de la infraestructura de la red en el software SketchUp para ver qué tan viable será la implementación, en la segunda parte se simulará la infraestructura de la red de fibra óptica y ethernet en el software OptiSystem y en la tercera parte se implementará esta misma en donde se utilizaran distintos componentes físicos de los cuales en el siguiente apartado se indicaran datos y características importantes, entre ellos están: Router, Switch, Cámaras, Transceivers, Módulos SFP, Patchcords de fibra y Patchcords UTP Cat 6, que estarán ubicados en el laboratorio de Telecomunicaciones, mismos que servirán de mucha utilidad para futuras prácticas de los estudiantes de la carrera de Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

3.2 Componentes físicos de la propuesta

3.2.1 Router Archer C50



Figura 21. Router Archer C50.

Fuente: [21]

El Router Archer C50 de doble banda de la marca Tp-Link es un router inalámbrico que permite establecer una red Wi-Fi, es considerado como uno de los mejores para la transmisión de video en 4K y descarga de alta velocidad se logran gracias a la tecnología de este dispositivo, que cuenta con cuatro antenas para ofrecer una cobertura de largo alcance lo cual es óptimo para ampliar coberturas de señal Wi-Fi, asegurando que sean confiables junto con la tecnología Beamforming que detecta dispositivos y concentra señales inalámbricas hacia los dispositivos. El Router Archer C50 es multimodo, ya que posee tres modos de uso como:

- Modo de enrutador: Este modo se logra a través de cable Ethernet, el cual crea una red inalámbrica privada y a su vez poder compartir el acceso a Internet con cualquier dispositivo que disponga Wi-Fi.
- Modo de punto de acceso: Este modo permite transformar la red cableada existente en una red inalámbrica.
- Modo extensor de rango: Este modo es para tener mayor flexibilidad y aumentar la cobertura inalámbrica ya existente en cualquier lugar. [21]

Tabla 7. Especificaciones técnicas del Router Archer C50.

Router Archer C50		
Wireless	Normas	IEEE 802.11ac/n/a 5 GHz IEEE 802.11n/b/g 2.4 GHz
	Velocidades de WiFi	5 GHz: 867 Mbps 2.4 GHz: 300 Mbps
	Capacidad WiFi	Doble banda Asigna dispositivos a diversas bandas para un rendimiento óptimo MU-MIMO Se comunica simultáneamente con múltiples clientes MU-MIMO
Seguridad	Seguridad de red	Control de acceso al firewall SPI

		Enlace de IP y MAC Capa de aplicación Puerta de enlace
	Encriptación WiFi	WEP, WPA, WPA2 y WPA/WPA2- Empresa (802.1x)
Hardware	Procesador	CPU de un solo núcleo
	Puertos Ethernet	1 puerto WAN de 10/100 Mbps 4 puertos LAN de 10/100 Mbps
	Potencia	9 V = 0.85 A
Software	Protocolos	IPv4 e IPv6
	Tipos de WAN	IP dinámica IP, estática, PPPoE, PPPTP, L2TP
	Calidad del servicio	QoS por dispositivo
Datos de la prueba	Potencia de transmisión WiFi	CE EIRP: < 20dBm (2.4GHz), < 23dBm (5GHz) FCC: < 30dBm (2.4GHz & 5GHz)
	Sensibilidad de recepción de WiFi	5GHz: 11a 6Mbps: -93dBm; 11a 54Mbps: - 78dBm; 11ac HT20 mcs8:69dBm; 11ac HT40 mcs9: -66dBm; 11ac HT80 mcs9: - 62dBm 2.4GHz: 11g 54Mbps: -78dBm; 11n HT20 mcs7: - 74dBm; 11n HT40 mcs7: -71dBm

Este Router es perfecto para la creación de una red privada mediante el modo de enrutador, permitiendo dar servicio a internet al Cloud Router Switch Mikrotik a través de uno de sus puertos Gigabit Ethernet, conectando un debido patchcord UTP

Extras	Botón de reinicio, Beeper, Monitoreo de temperatura y voltaje
Energía PoE	10 – 57 V sobre Ether1 (802.3af/at o PoE pasivo)
Consumo máximo de energía	10 W
Dimensiones	200 x 143 x 44 mm
Temperatura de Operación	-40°C a 70°C

Ventajas del Cloud Router Switch

- Gracias a que funciona como enrutador y conmutador simultáneamente, simplifica la infraestructura de red, reduce costos y permite una mejor administración.
- Para segmentar la red y proteger los datos de esta misma, los CRS soportan VLAN lo cual hace que permita priorizar el tráfico crítico y a su vez mantener un rendimiento mucho mejor.
- A través de sus puertos SFP, los CRS facilitan que se integren redes de fibra óptica para extender la cobertura de red a mayores distancias sin involucrar la velocidad.

Este enrutador conmutador cumple los requisitos que se necesitan para la propuesta dicha, a través de sus compartimientos SFP se podrá colocar módulos SFP que a su vez pasarán por un sistema híbrido los cuales permitirán dar internet a largas distancias por medio de patchcords de fibra óptica, obteniendo una red robusta, flexible y segura. [22]

3.2.3 Módulo SFP Mikrotik



Figura 23. Módulo SFP.

Fuente: [23]

Los módulos SFP son transceptores ópticos compactos y extraíbles usados para conectar equipos de red mediante fibra o cables de cobre, permitiendo una conexión rápida y flexible entre conmutadores, enrutadores, medias converters entre otros dispositivos de red.

El S-31DLC20D es de la marca Mikrotik fabricado para dar conectividad a través de la fibra óptica en redes que necesitan enlaces a distancias considerablemente largas., este dispositivo es garantizado para conexiones de hasta 20 kilómetros siempre y cuando se utilice fibra monomodo lo que hace que su uso sea conveniente en infraestructuras de redes exigentes. Opera a una velocidad de 1.25 Gbps y usa conectores duales LC para la transmisión de datos. [23]

Tabla 9. Especificaciones del Módulo SFP.

Modulo SFP Mikrotik	
Temperatura de funcionamiento	-40°C a 70°C
Unidades	1 pcs
Tipo de SFP	SFP
Medios soportados	Monomodo
Tipo de conector	Dual LC UPC
Longitud de onda TX	1310 nm
Velocidad de datos	1.25 Gbps
Distancia de cable	20 km

Ventajas de los módulos SFP

- Son compatibles con diversos dispositivos y se adaptan a cualquier tipo de red y velocidad de transmisión, ya sea con fibra óptica o cobre.
- Se pueden cambiar y actualizar con módulos SFP con mayor ancho de banda sin ningún problema.
- Son intercambiables en caliente lo que permite que se instalen y se reemplacen sin molestar la operación del dispositivo, lo que facilita el mantenimiento de la red. [23]

3.2.4 Transceiver WI-TEK



Figura 24. Transceiver WI-TEK.

Fuente: [24]

Los convertidores de medios son dispositivos que permiten convertir señales de un tipo de medio a otro. En este caso, son utilizados para convertir señales de Ethernet sobre cable de cobre, es decir categoría 5e a fibra óptica y viceversa. Son muy útiles para extender las distancias de comunicación en redes gracias a que la fibra óptica puede transmitir datos a distancias largas sin degradación de la señal. El transceiver o conversor Fast Ethernet WI-MC111G toma una señal óptica proveniente de un switch mediante un puerto SFP, para proceder a convertirla en una señal Ethernet, y así sirva para una instalación de cámaras IP de seguridad con acceso inalámbrico o cableado. [24]

Ventajas de los transceiver WI-TEX

- Permiten transmisión sin degradación de la señal a mayores distancias, cubriendo grandes áreas.

- Mantienen una alta velocidad de la red, reduciendo el retardo de la transmisión lo que es importante para aplicaciones que requieren tiempo real como es el caso de esta propuesta, video vigilancia.
- Son de fácil instalación y configuración, permitiendo la integración de fibra óptica en redes de cobre de una manera menos compleja sin tener que cambiar toda la infraestructura de red. [24]

Tabla 10. Especificaciones del Transceiver WI-TEK.

Transceiver WI-TEK	
SFP	1 x SFP 1G
Longitud de onda	Depende del tipo de modulo SFP (850/1310/1550nm)
Medios de transmisión	Monomodo y Multimodo
Potencia máxima	3.5W
Dimensiones del producto	9.9x7x2.7cm
Puerto RJ45	1 x ethernet 10/100/1000 Mbps
Fuente de alimentación	5V DC 1A

3.2.5 Cámara IP Yi IoT



Figura 25. Cámaras IP Yi IoT.

Fuente: [25]

La cámara IP Yi IoT son dispositivos de seguridad inteligentes modernos que utilizan la tecnología Internet of Things (IoT) para conectarse a redes Wi-Fi y

permitir el acceso remoto a través de aplicaciones móviles o plataformas web. Estos tipos de cámaras permiten la transmisión de video en tiempo real, grabación de video, audio bidireccional en tiempo real con micrófono y altavoz integrados, visión nocturna, entre otros que pueden ser controlados por medio de un dispositivo móvil o computadora. [25]

Tabla 11. Especificaciones Cámara IP YI IOT.

Cámara IP YI IOT			
AI funciones	De seguimiento inteligente	Material del armazón	Plástico
Temperatura de trabajo	-10°-60°	Clasificación IP	Other
Modo de potencia	Electricidad de la red	Interior/Exterior	Interior
Alcance de movimiento (inclinación)	0°-360°	Megapíxeles	2 MP
Tarjeta microSD	Ninguno	Fuente de alimentación	Normal
Almacenamiento	128 GB	Color	Blanco
Se puede personalizar	Si	Salida de audio	Audio bidireccional
Iluminación mínima (Lux)	0.01 LUX	Formato de comprensión del vídeo	H.264
Acción de la alarma	Foto por correo electrónico	Sistemas móviles compatibles	Android, IOS
Características especiales	A prueba de vandalismo	Sistemas operativos compatibles	No

Lente (mm)	2 MM	Conectividad	IP/red inalámbrica
Alta definición	NONE	Estilo	Cámara doméstica
Nombre de la marca	Elinksmart	Origen	CN (Origen)
Certificación	CE	Plataforma de casa inteligente	Other

Ventajas de las cámaras IP Yi IoT

- Se pueden visualizar las cámaras en tiempo real desde cualquier lugar y desde cualquier dispositivo.
- Las cámaras pueden diferenciar personas, objetos y otros movimientos, lo cual hace que reduzcan falsas alarmas.
- Recibe actualidades de firmware para mejorar su rendimiento y agregar nuevas funcionalidades.
- Pueden ser empleadas tanto en entornos domésticos como en espacios comerciales, para aplicaciones como videovigilancia de personas y animales, seguridad perimetral, entre otros. [25]

3.2.6 Patchcord de fibra óptica LC dúplex



Figura 26. Fibra óptica.

Fuente: [26]

Los patchcord de fibra óptica dúplex LC UPC, está constituida por dos fibras, una usada para transmitir y otra recibir la información a través de pulsos de luz, permitiendo que entre ambas haya comunicación en un mismo instante de tiempo. Los conectores que usan estos patchcords son LC, se los diferencia entre los otros por ser pequeños y muy usados en distintos centros de datos ya que ocupan menos espacio. La terminación UPC significa que la superficie de conexión es muy pulida, lo que reduce la pérdida de señal.

Este tipo de patchcord es ideal para interconectar equipos que utilizan fibra óptica, como conmutadores, enrutadores y servidores en redes de alta velocidad. Se usa mucho en centros de datos y en instalaciones de telecomunicaciones, donde se necesita estabilidad y transmisión de datos a alta velocidad. [26]

Aplicaciones comunes

- Para conectar servidores, conmutadores y otros equipos en redes que requieren una transmisión rápida y estable.
- En redes de telecomunicaciones que necesitan transmitir grandes cantidades de datos a larga distancia.
- Para conectar edificios separados en una misma red.
- En redes que llevan la fibra óptica directamente a hogares o empresas.

Ventajas de los patchcords de fibra óptica

- Pueden transmitir grandes cantidades de datos a velocidades extremadamente rápidas, mucho más que los cables de cobre.
- Son capaces de viajar en distancias largas sin perder calidad al contrario de los cables de cobre.
- Su resistencia a interferencias electromagnéticas permite que la transmisión de datos sea más estable, sobre todo en espacios donde abundan los equipos eléctricos.
- Los conectores LC son pequeños, lo cual hace que se ahorre espacio.

- Al ser UPC reduce la pérdida de la señal, gracias a que sus conectores son más pulidos. [26]

3.2.7 Patchcord UTP CAT 6



Figura 27. Patchcord UTP Cat 6.

Fuente: [27]

Uno de los medios de transmisión comúnmente usados son los patchcords UTP categoría 6, estos son una evolución de la categoría 5e, ya que soportan mayores velocidades al igual que las frecuencias, lo que hace que sean óptimos para transmisiones de videos a largas distancias. En su diseño físico consta de 4 pares de conductores de cobre trenzados, cuya estructura minimiza las interferencias externas y la diafonía entre los pares, no incluye capas de blindaje externo, lo que lo hace más liviano y fácil de manipular en instalaciones. Su rendimiento técnico funciona a frecuencias de hasta 250 MHz, permite velocidades de transferencia de 1 Gbps en distancias de hasta 100 metros y puede alcanzar velocidades de 10 Gbps en distancias más cortas.

Estos cables están hechos con hilos de cobre más gruesos, de calibre 23 AW, y tienen un recubrimiento que puede ser de PVC o materiales especiales como LSZH, según el lugar donde se los instalen. Su material interno puede estar compuesto de polietileno, además son compatibles con categorías anteriores como Cat 5 y Cat5e y cumplen con normas específicas como TIA/EIA-568A y B. [27]

Ventajas del Cable UTP Cat6

- Es más eficiente que categorías anteriores, por lo cual es perfecto para redes que exigen mayor velocidad y estabilidad.
- Gracias a su diseño mejorado del trenzado de sus pares de hilos, hace que mejore la calidad de la señal y el ruido eléctrico.
- Funciona en redes que usan velocidades avanzadas y soportan aplicaciones que necesitan un gran ancho de banda.
- Aunque son un poco más caros que las categorías anteriores, su durabilidad y prestaciones justifican lo dicho. [27]

3.3 Softwares usados en la propuesta

Con el fin de cumplir cada uno de los objetivos planteados en esta propuesta se utilizaron diversas herramientas, como lo son los softwares SketchUp y OptiSystem. Para así evaluar la viabilidad y el diseño físico de la infraestructura mediante simulaciones tridimensionales y simulaciones ópticas para ser comparadas con los resultados obtenidos por herramientas de medición reales.

3.3.1 Software de diseño: SketchUp



Figura 28. SketchUp.

Fuente: [28]

SketchUp es un programa de modelado 3D que sirve para crear y desarrollar diseños tridimensionales, gracias a su variedad de herramientas y opciones, es posible construir diferentes formas y volúmenes para armar proyecto 3D en espacios y objetos con mayor realismo y contexto. Por eso, este programa se ha convertido en una herramienta muy útil en diversas profesiones ya que ayuda a

mejorar la presentación visual de trabajos y proyectos para su mejor comprensión visual.

Ventajas de usar SketchUp

- Su interfaz intuitiva hace que diseñar sea más rápido y fácil de aprender.
- Los proyectos se pueden exportar a varios formatos 3D.
- Los diseños pueden tener medidas exactas, asegurando precisión en estos mismos.
- Permite importar archivos DWG de CAD y exportarlos en el mismo formato.

Por lo que en esta propuesta al SketchUp se lo utiliza como una herramienta clave para el diseño y simulación virtual de la infraestructura de comunicación, su capacidad para crear modelos tridimensionales detallados permite evaluar la viabilidad de la propuesta en términos de espacio y disposición de los elementos a ocupar, como cámaras IP, convertidores de medios y cableado. Además, el uso de SketchUp, facilita la identificación de posibles desafíos en el diseño físico antes de la implementación, optimizando los recursos y asegurando que la instalación sea eficiente y funcional.

3.3.2 Instalación del software SketchUp

1. Abrimos el **navegador web** y nos dirigimos a la **página oficial** de SketchUp: <https://www.sketchup.com> tal y como se muestra en la Figura 29.

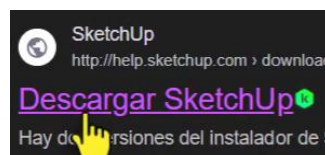


Figura 29. Página oficial SketchUp.

Fuente: [28]

2. En la página principal, seleccionamos la opción **Descargar SketchUp** y elegimos la versión que mejor nos convenga.

3. Seleccionamos el sistema operativo compatible con nuestra computadora, en este caso es **Windows** como se muestra en la Figura 30 y **descargamos** el archivo de instalación.



Figura 30. Descargar SketchUp.

Fuente: [28]

4. Damos clic en el archivo descargado y damos doble clic para ejecutar este mismo como se muestra en la Figura 31.

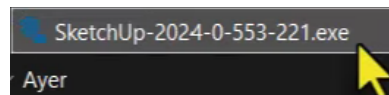


Figura 31. Archivo de instalación.

Fuente: [28]

5. Aparece una ventana con un mensaje del Control de Cuentas de Usuario, damos clic en **Sí** para permitir que el instalador realice cambios.
6. Seleccionamos el idioma preferido, en este caso es **español** tal y como se muestra en el apartado **Cambiar** de la Figura 32 y damos clic en **siguiente**.
7. Leemos y **aceptamos** los términos del acuerdo de licencia, elegimos la carpeta de destino donde se instalará SketchUp y damos clic en **Instalar** para comenzar la instalación.

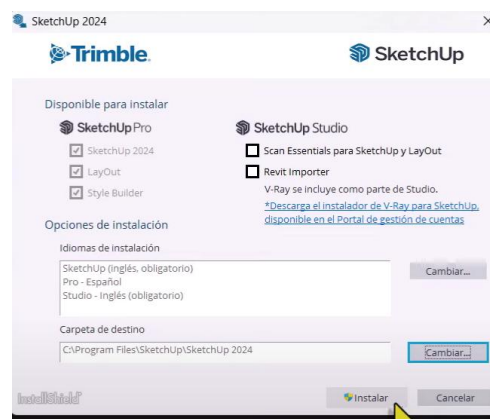


Figura 32. Configuración previa antes de la instalación.

Fuente: [28]

- Esperamos unos momentos mientras carga la instalación y una vez que nos salga la pantalla de la Figura 33 terminamos dando clic en **Finalizar**.

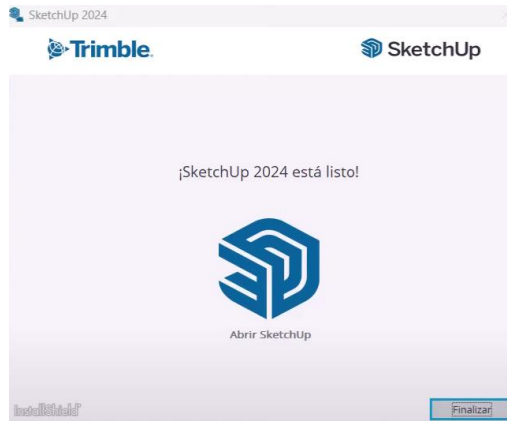


Figura 33. Instalación finalizada.

Fuente: [28]

- Procedemos abrir el software SketchUp como se visualiza en la pantalla de la Figura 34, este nos da la bienvenida y nos pide que nos registremos para poder iniciar sesión y comenzar a trabajar.

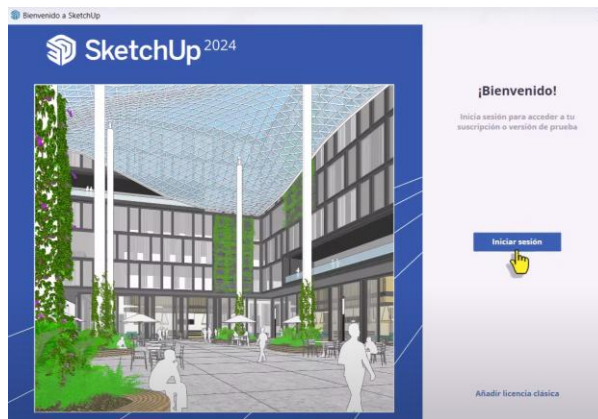


Figura 34. Inicio de sesión del software SketchUp.

Fuente: [28]

- Creamos una cuenta en SketchUp, o iniciamos sesión ya sea a través de una cuenta de Gmail, Apple o Microsoft, después de esto nos aparecerá un mensaje en donde nos indica que ya podemos acceder a usar este software.

3.3.3 Diseño de la infraestructura de red óptica en SketchUp

Comenzamos abriendo el software SketchUp en nuestro computador, en este encontraremos diversas herramientas que nos ayudaran a realizar cada uno de los componentes que necesitamos. Comenzamos realizando el laboratorio de Telecomunicaciones perteneciente a la universidad como se muestra en la Figura 35, dentro de este se colocó el mismo escenario real de un laboratorio educativo, es decir se diseñó: sillas, escritorios, ventanas, puerta, pantalla táctil, computadoras, racks, bandejas, equipos electrónicos, escalerillas, cables, entre otros.

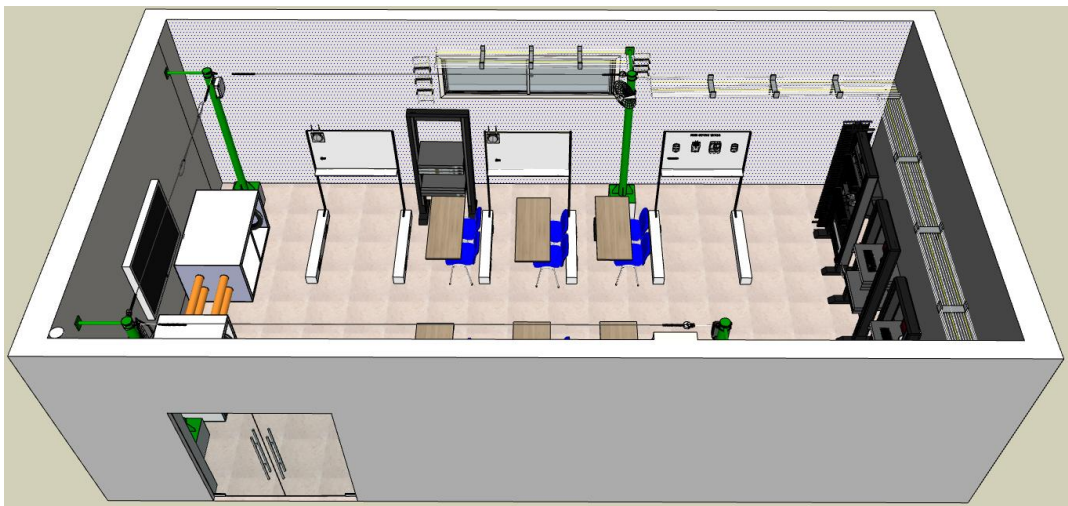


Figura 35. Laboratorio de Telecomunicaciones.

Dentro de este laboratorio se realizó un estudio en donde se tomaron en cuenta varios parámetros como el tamaño, la distancia, la posición de cada uno de los componentes que se iban a ocupar con el fin de cumplir con uno de los objetivos específicos, evaluando la viabilidad y volumen de la obra mediante el software de diseño SketchUp.

Se procedió a realizar cada uno de los componentes a utilizar a cabo para la implementación de una infraestructura de comunicación en sistemas CCTV utilizando convertidores de medios para integrar cámaras IP, por lo tanto, se diseñaron: cámaras IP Yi IoT, convertidores de medios WI-TEK, switch Mikrotik, router TP-Link, patchcords Cat 6 y patchcords de fibra óptica como se muestran en

la Figura 36 tomando en cuenta cada uno de los parámetros antes medidos en el software SketchUp.

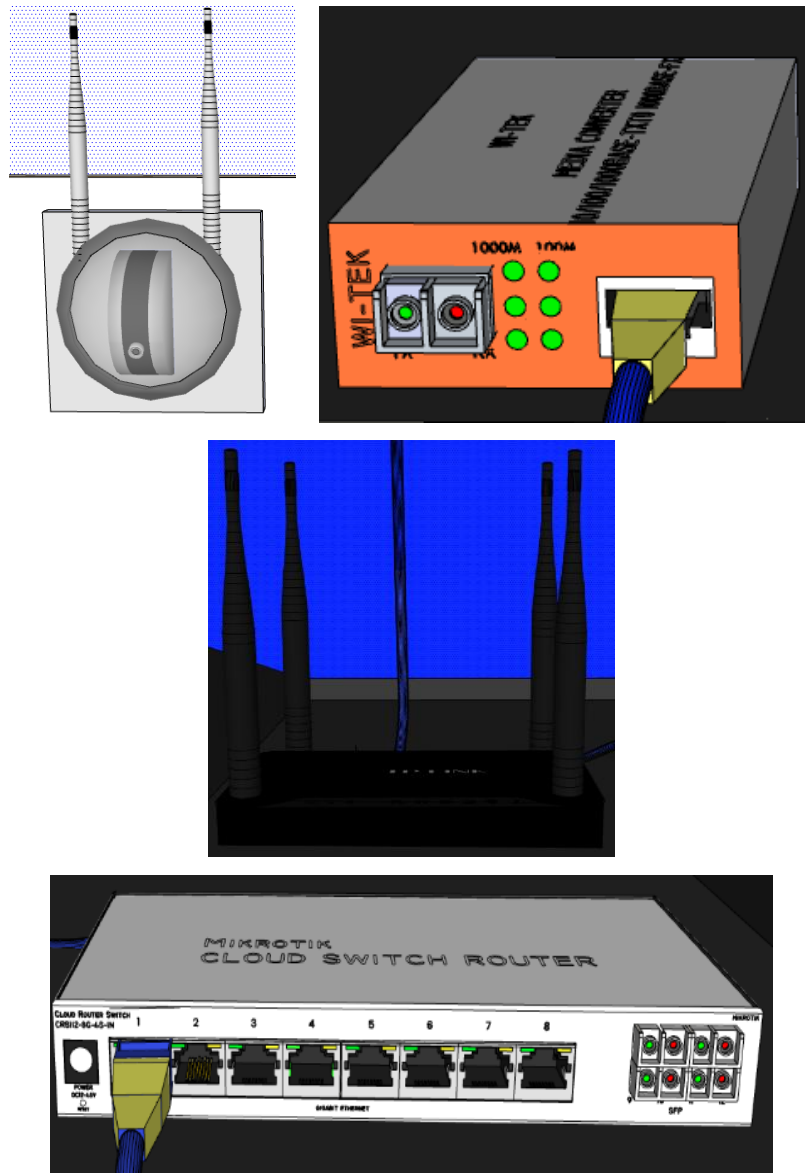


Figura 36. Dispositivos duplicados en SketchUp.

Iniciando con la ubicación de los dispositivos, comenzamos con la posición y lugar donde estarán puestas las cámaras IP Yi IoT que en este caso será en cada uno de los tableros que están dentro del laboratorio de telecomunicaciones, cada una

conecta con su fuente de alimentación ubicada en la parte de atrás de estos tal y como se visualiza en la Figura 37.

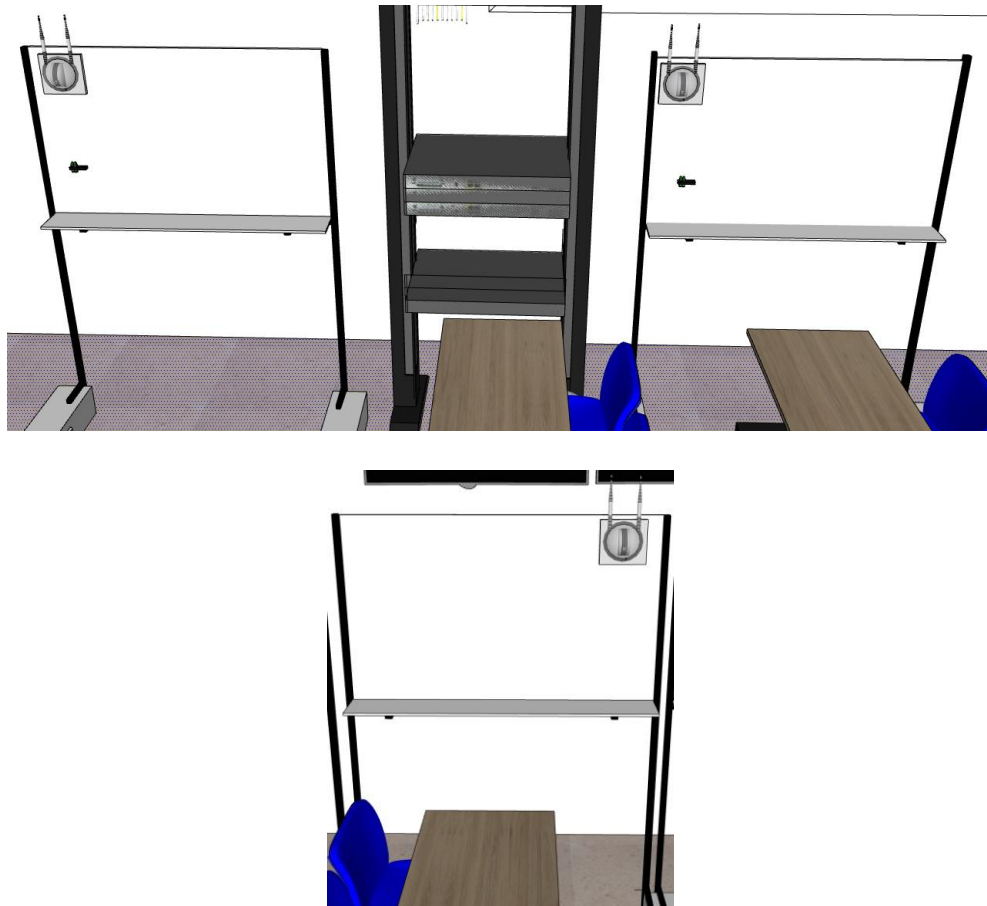


Figura 37. Ubicación de las cámaras IP Yi IoT en el laboratorio de Telecomunicaciones.

Se hizo la verificación de que equipo íbamos a obtener el ancho de banda necesario para darle internet a las tres cámaras IP Yi IoT a través del sistema híbrido a implementar, una vez identificada procedimos a conectar por medio de un patchcord Cat 6 desde un puerto Gigabit Ethernet del Switch principal del laboratorio de Telecomunicaciones al puerto WAN del Router TP-Link donde llega el internet como se visualiza en la Figura 38, para así garantizar que la red tenga un direccionamiento fijo y evitar que haya cambios no deseados en la asignación de direcciones IP en cada una de las cámaras IP Yi IoT ya que al ser un Switch perteneciente a la Universidad este bloqueaba destinatarios desconocidos.

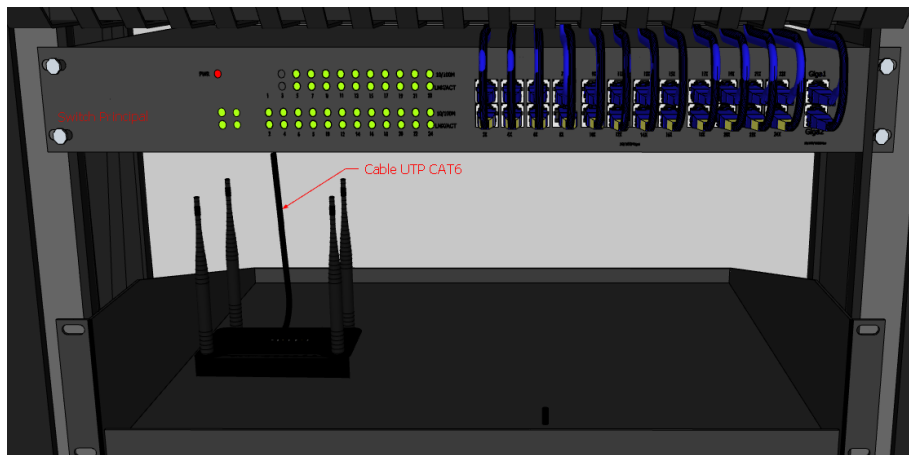


Figura 38. Conexión entre el Switch principal y el Router TP-Link.

Luego se procedió a conectar desde el puerto LAN del Router TP-Link mediante un patchcord CAT6 al primer puerto Gigabit Ethernet del Cloud Router Switch Mikrotik funcionando como una puerta de enlace, esta conexión se puede observar en la Figura 39, de esta manera la señal de internet se distribuye hacia el conmutador y a los dispositivos que se conectaran en este mismo como las cámaras, y así estas puedan ser visualizadas y controladas desde un dispositivo móvil u otro.

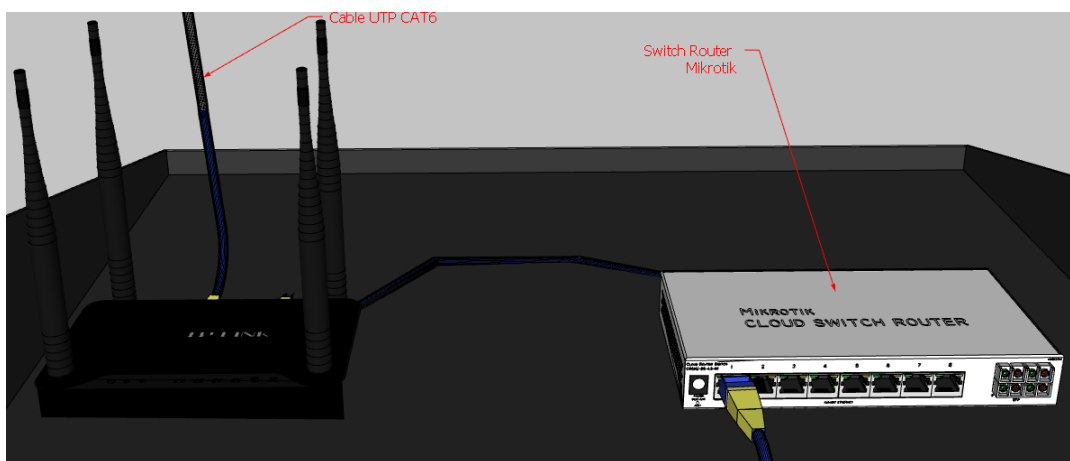


Figura 39. Conexión entre el Router TP-Link y el Cloud Router Switch Mikrotik.

Una vez configurado el acceso a Internet en el Cloud Router Switch MikroTik CRS112-8G-4S-IN, se procedió con la instalación del sistema híbrido. Este sistema consiste en insertar los tres módulos SFP en los puertos vacíos del switch. Posteriormente, se conectaron los patchcords de fibra óptica monomodo (LC/UPC

SM DX) a las entradas de dichos módulos SFP, mientras que las salidas de los patchcords se conectaron a los módulos SFP instalados en los puertos correspondientes de los convertidores de medios WI-TEK tal y como se muestra en la Figura 40. Este enlace de fibra óptica es responsable de transmitir los datos provenientes de las cámaras IP en formato óptico hacia el switch central.

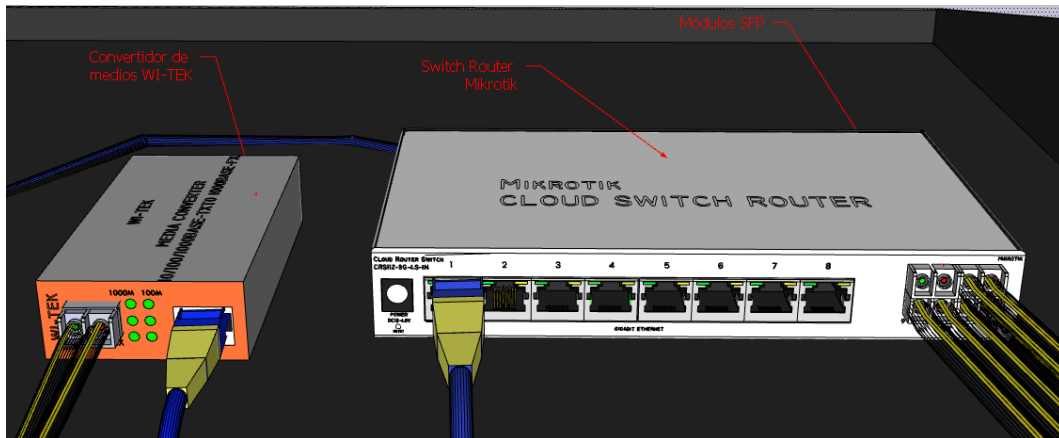


Figura 40. Conexión de fibra óptica entre módulos SFP del switch y el media converter.

Los convertidores de medios WI-TEK permiten la comunicación bidireccional entre los extremos Ethernet y fibra óptica. Convierten la señal óptica recibida a través de la fibra en una señal eléctrica, que se transmite a través de un patchcord Cat6 conectado al puerto RJ45 del convertidor. El otro extremo de este patchcord se conecta a las cámaras IP Yi IoT, completando la comunicación, tal y como se muestra en la línea azul de la Figura 41.

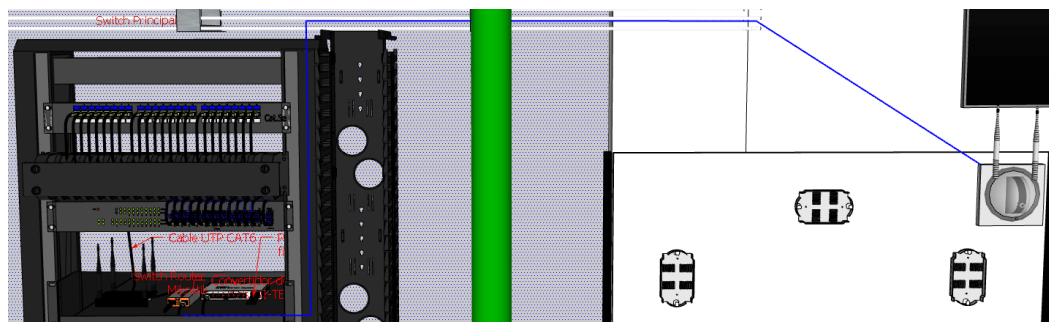


Figura 41. Conexión por cable Ethernet entre el convertidor de medio y la cámara IP.

Con el fin de asegurar la protección y buen estado de los cables, se colocaron tanto los patchcords de fibra óptica como los de Cat6 dentro de canaletas metálicas

instaladas en la pared superior del laboratorio de Telecomunicaciones, como se ilustra en la Figura 42. Asimismo, los patchcords de fibra óptica se cubrieron con mangueras corrugadas lo que atribuye a evitar daños físicos como cortes o doblados, de manera que se mantienen en buenas condiciones para futuros usos, reduciendo su desgaste.

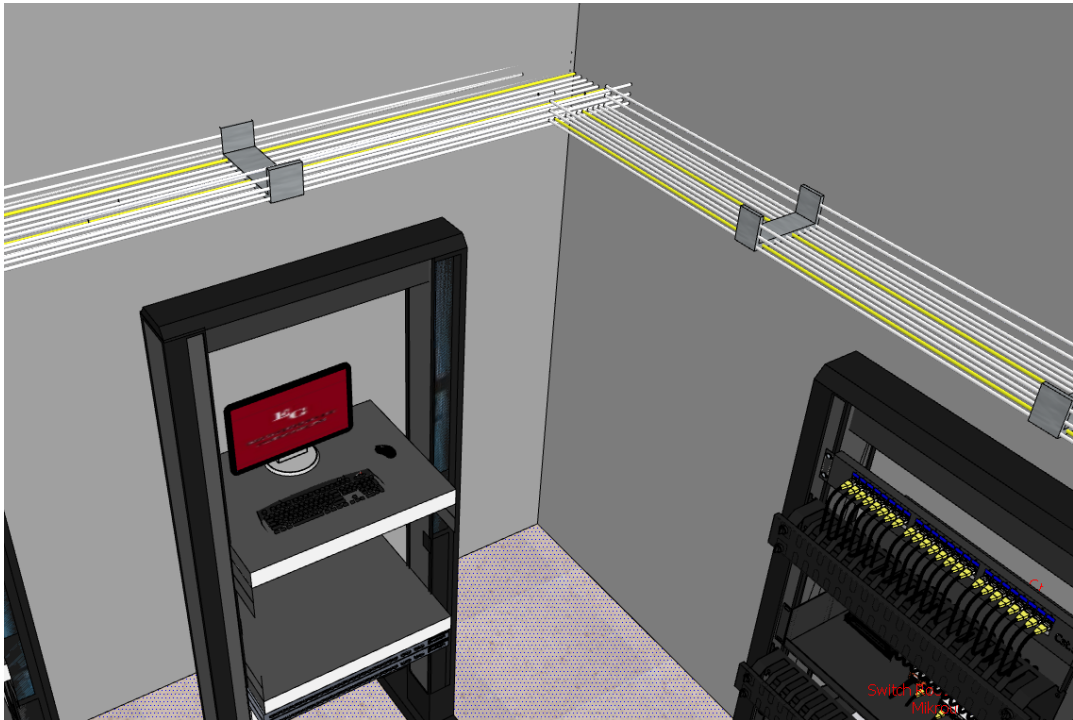


Figura 42. Fibra óptica ubicada en estanterías metálicas.

3.3.4 Software OptiSystem

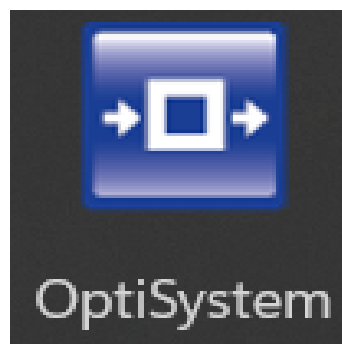


Figura 43. Software OptiSystem.

Fuente: [29]

OptiSystem es un programa muy útil y moderno que ayuda a crear, probar y simular conexiones ópticas para diferentes tipos de redes, desde las más pequeñas a las más grandes. En este podemos usar distintos componentes y realizar configuraciones que permitan visualizar y analizar gráficos.

Beneficios específicos

- Brinda una visión global del desempeño del sistema.
- Evalúa la sensibilidad de los parámetros, ayudando a definir las tolerancias del diseño.
- Ofrece opciones de diseño visuales para mostrar a clientes potenciales.
- Da acceso directo a amplios datos de caracterización del sistema.
- Permite el ajuste y optimización automática de parámetros.
- Se integra con otros productos de la familia Optiwave.

Aplicaciones

Con esta herramienta se puede trabajar con tecnologías importantes como OTDM, CWDM y PON. Además de su capacidad para replicar transmisiones en fibra óptica tanto en modo monomodo como multimodo, OptiSystem es fundamental para simular las conexiones ópticas necesarias en la integración de cámaras, posibilitando el análisis de parámetros críticos de calidad de red. Este enfoque busca garantizar un diseño eficiente, compatible para la implementación de la propuesta que se quiere hacer.

3.3.5 Simulación de la red en OptiSystem

Durante el proceso de simulación realizado en OptiSystem, se simuló un sistema de comunicación óptica con el propósito de evaluar la calidad del enlace de fibra óptica. La finalidad principal fue examinar la transmisión de datos mediante una secuencia de bits a través de un canal óptico, proporcionando una base técnica para valorar el desempeño del diseño de integración de cámaras IP conectadas por fibra óptica.

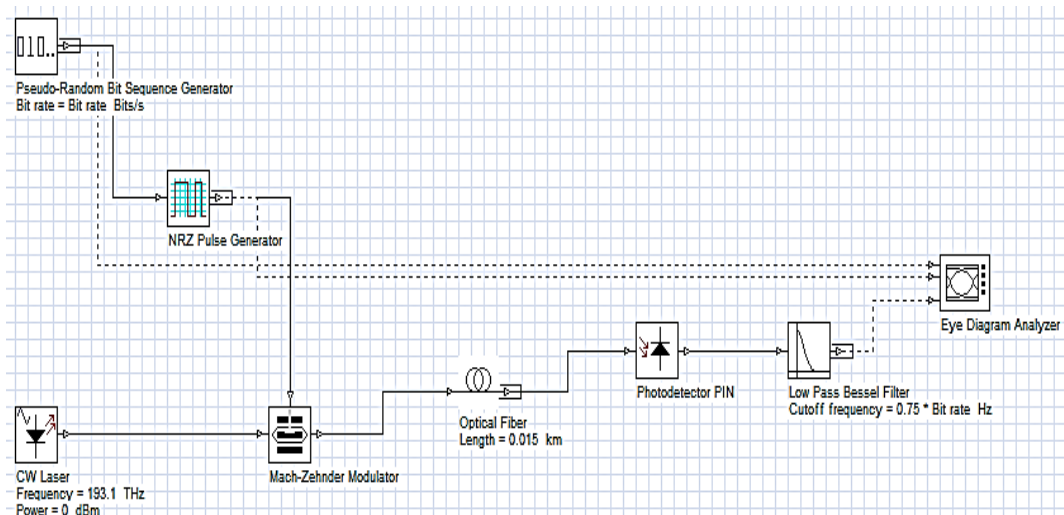


Figura 44. Simulación de la red en OptiSystem.

El procedimiento inicia con la generación de una secuencia de bits, empleando el Pseudo Random Bit Sequence Generator, que emula la información a transmitir. Esta secuencia se codifica utilizando un generador de pulsos NRZ (Non- Return-to-Zero), obteniendo una señal que posteriormente modula la portadora óptica generada por un láser de onda continua es decir un CW Laser.

La señal modulada pasa por un modulador Mach-Zehnder, que introduce la información eléctrica en el canal óptico. Mas adelante la señal se transmite a través de un enlace de fibra óptica simulado con una distancia de 0.015km, en donde esta llega al receptor encontrándose con un fotodetector PIN que lo que hace es convertir los pulsos de luz en una señal eléctrica, es decir en la señal que ingreso al sistema, esta es pasada por un filtro paso bajo tipo Bessel con el fin de eliminar el ruido de alta frecuencia. Este proceso se ve reflejado en un analizador de ojo el cual permite evaluar que tan optima es la calidad de la señal que se obtiene al final, ya que es una herramienta fundamental para evaluar la transmisión y detectar posibles problemas como distorsiones, perdidas de sincronización y errores.

3.4 Implementación de la infraestructura de red óptica en el laboratorio de telecomunicaciones

Una vez culminado la evaluación de viabilidad y volumen de la obra mediante pruebas virtuales de la infraestructura de comunicación en el simulador SketchUp y de haber realizado la simulación de esta misma en el software OptiSystem, se pudo garantizar que la implementación iba hacer viable.

La implementación de la infraestructura involucro varias etapas técnicas y prácticas, las cuales se llevaron a cabo de forma meticulosa tomando en cuenta cada mínimo detalle para que a simple vista tuviera una buena imagen y a su vez garantizara la funcionalidad y durabilidad del sistema en el laboratorio de Telecomunicaciones.

Como primer punto, se comenzó por la configuración de cada uno de los dispositivos principales de la red, los cuales fueron el Router Archer C50, el Switch Mikrotik y las cámaras IP Yi IoT. Para establecer que haya comunicación entre estos dos últimos dispositivos mencionados se hizo uso de convertidores de medios ópticos WI-TEK, los cuales permitieron la integración de la fibra óptica con el cableado Ethernet Cat6. Durante esta etapa se aseguró una correcta configuración de direcciones IP, la asignación de puertos en el switch y la conectividad entre todos los dispositivos.

Como segundo punto, se realizaron las instalaciones físicas del cableado, comenzando por el ponchado de los cables UTP Cat6 con sus respectivos conectores ópticos teniendo en cuenta la norma de cableado estructura TIA-568B, para asegurar las conexiones requeridas entre las cámaras y los convertidores de medios, además de hacer uso de estos mismos para las conexiones mediante cable UTP entre el switch principal del laboratorio, el Router y el switch Mikrotik. Además, se hizo uso de bandejas de racks especialmente diseñadas para proporcionar un acceso ordenado y seguro de los equipos, optimizando el espacio físico disponible.

Por otro lado, se integraron los patchcords de fibra óptica los cuales tenían como recepción los medias converters y como transmisión los puertos SFP del Switch (cada puerto con un módulo SFP). Con el propósito de proteger la fibra óptica se colocaron estas mismas dentro de mangueras corrugadas, para prevenir posibles daños físicos o dobleces que podrían afectar el rendimiento de la red a lo largo del tiempo.

Tanto para el tendido de los cables UTP como para la fibra óptica se hizo uso de escalerillas metálicas del laboratorio, asegurando que los trayectos por los cuales pasarían estuvieran limpios y sin interferencias.

Finalmente, se realizó el etiquetado a cada uno de los equipos y cables que forman parte de la infraestructura de comunicación, para así poder identificar claramente las conexiones, los puertos y los dispositivos que estaban conectados entre sí. Este proceso de implementación no solo permitió establecer una red funcional, sino también garantizó la adopción de buenas prácticas en la gestión de infraestructura de redes, manteniendo el orden en el entorno del laboratorio de Telecomunicaciones.

3.4.1 Configuración del Router Archer C50

Para garantizar que el Router Archer C50 tenga acceso a internet y a su vez provea el mismo, se necesita realizar la configuración de la siguiente manera.

1. Procedemos a encender el Router Archer C50 conectando mediante su fuente de poder, una vez hecho esto accedemos a la configuración de este mismo a través de la aplicación móvil llamada “**Tether**”, en esta iniciamos sesión con nuestra información personal.
2. Seleccionamos el tipo de conexión que deseamos que tenga nuestro enrutador, ya sea una IP dinámica, estática, PPPoE, L2TP o PPTP. En este caso seleccionamos **IP Estática** para garantizar que la red tenga un direccionamiento fijo, lo cual es crucial en una red CCTV por lo que evita

que haya cambios no deseados en la asignación de direcciones IP. Luego hacemos clic en **Siguiente** como se muestra en la Figura 45.



Figura 45. Tipo de conexión.

3. Aparecerá una ventana donde nos preguntan si deseamos clonar o cambiar la dirección MAC, en esta Figura 46 seleccionamos **NO** y damos clic en **Siguiente**.

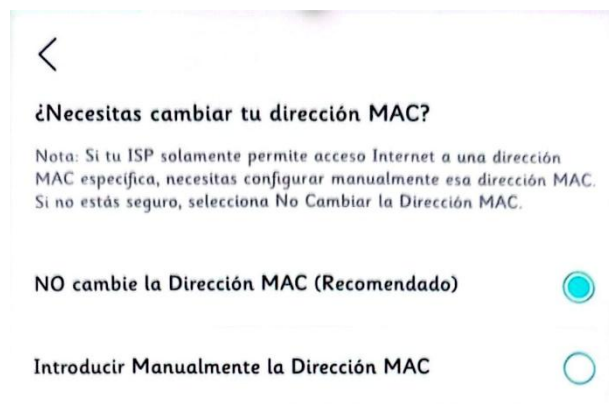


Figura 46. Dirección MAC.

4. Ingresamos un **nombre** (SSID) y una **contraseña** para cada red inalámbrica (2.4 GHz y 5GHz), y así poder identificar cada una de las redes configuradas. Damos clic en **Siguiente** como se muestra en la Figura 47.

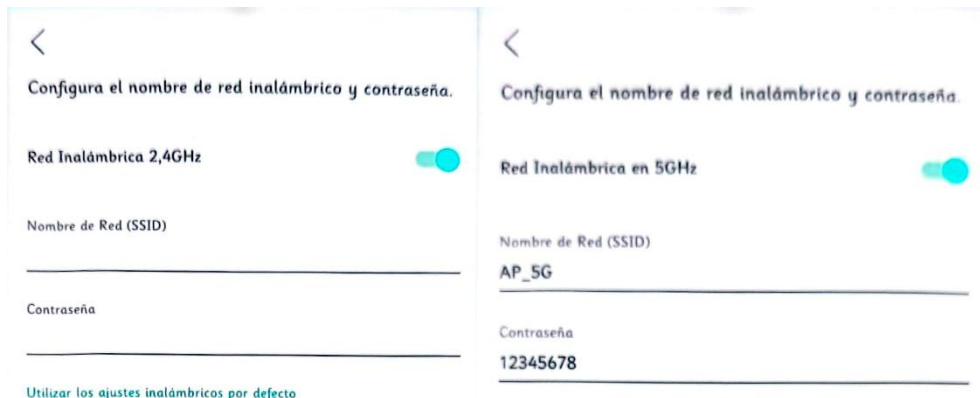


Figura 47. Configuración del nombre y contraseña de la red.

- Nos aparecerá una ventana como la Figura 48 donde se visualicen todas las configuraciones que acabamos de hacer, **verificamos** que todo este correcto y damos clic en **siguiente**.

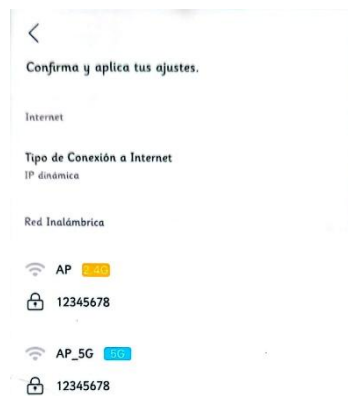


Figura 48. Verificación de la configuración.

- Le asignamos el modo de operación que requerimos para el funcionamiento de nuestro enrutador como se muestra en la Figura 49, que en este caso será el modo: **Router inalámbrico** y finalizamos dando clic en **Guardar**.



Figura 49. Tipo de modo de operación del Router.

7. Verificamos que el router tenga acceso a internet conectándonos en la red Wi-Fi que acabamos de configurar y visualizamos los dispositivos conectados a este mismo en una pantalla como la de la Figura 50.

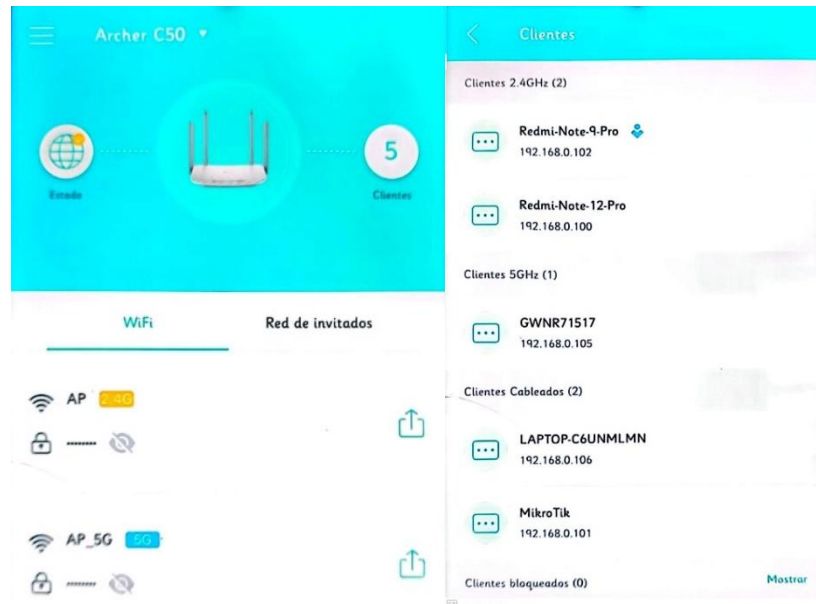


Figura 50. Router configurado correctamente.

3.4.2 Configuración del Switch

Para llevar a cabo el desarrollo de la configuración en la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) del Cloud Router Switch Mikrotik, se deben seguir los pasos que se van a explicar a continuación:

1. Ingresar al **Winbox** desde la computadora, damos clic en **Refresh** como aparece en la Figura 52, en este aparecerán varios dispositivos Mikrotik, seleccionamos el dispositivo identificado como **CRS112-8G-4S-IN** y hacemos clic en **Connect**.



Figura 51. Aplicación winbox64.

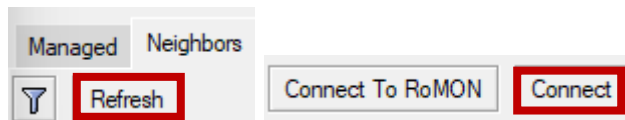


Figura 52. Opción Refresh y Opción Connect.

- Nos dirigimos a **Interfaces** como se muestra en la Figura 53, seleccionamos la pestaña **VLAN** y hacemos clic en el símbolo + para agregar una nueva VLAN como en la Figura 54, para así segmentar el tráfico de red de manera lógica asignando a cada cámara una VLAN es específico.

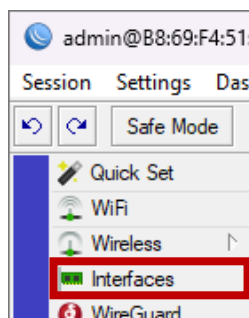


Figura 53. Opción Interfaces.

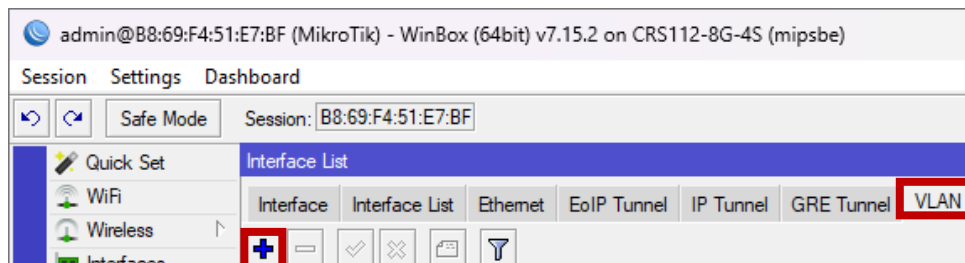


Figura 54. Opción para crear nueva VLAN.

- Configuramos los siguientes campos mostrados. Hacemos clic en **Apply** y luego en **OK**, como se muestran en la Figura 55, en donde se puede visualizar la MAC Address por predeterminedo de cada puerto configurado.
 - Name:** asignamos un nombre descriptivo a la VLAN.
 - VLAN ID:** Especificamos el ID correspondiente.
 - Interface:** Seleccionamos el puerto Ethernet o SFP al que se asociara la VLAN.

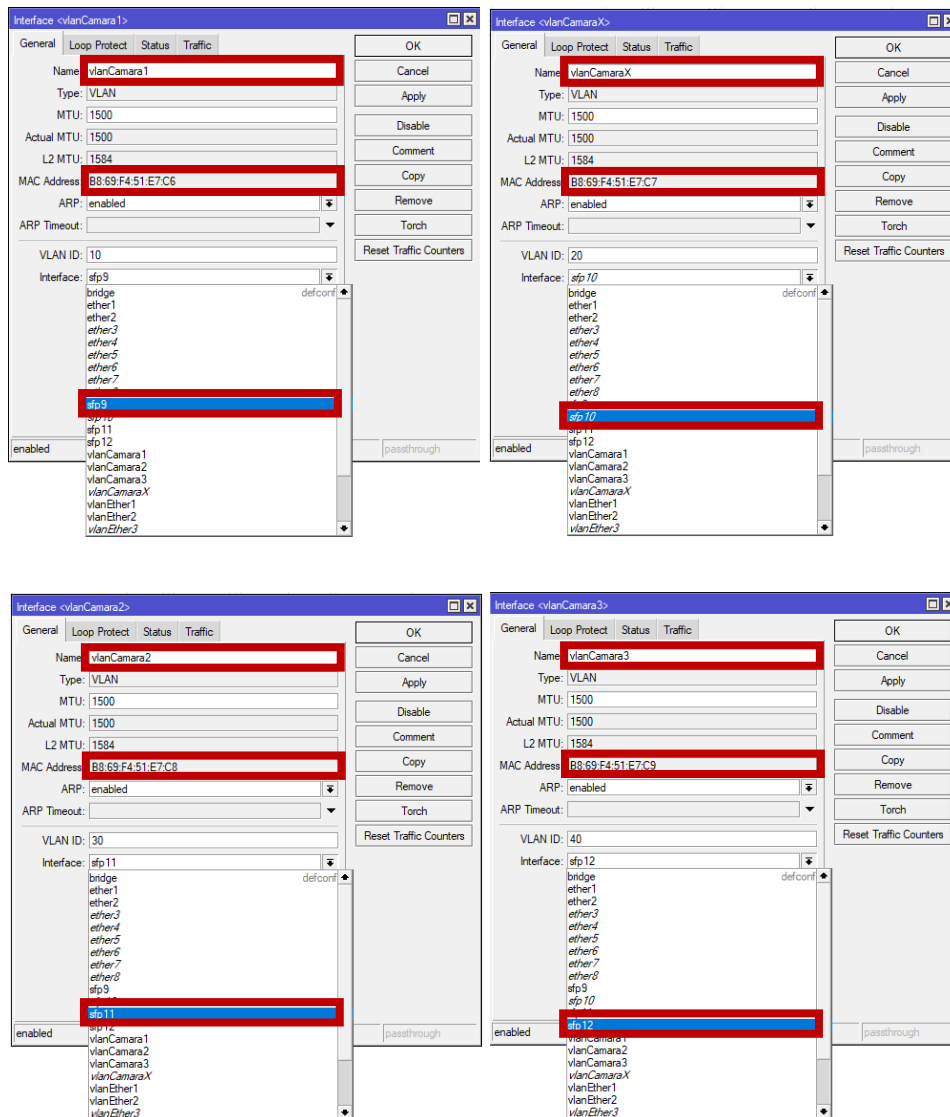


Figura 55. Configuración de VLAN en cada puerto SFP.

- Se procede asignar direcciones IP a las interfaces VLAN, para esto nos dirigimos a **IP** luego **Addresses** y hacemos clic en el símbolo + para agregar una nueva dirección IP, estas opciones se visualizan en la Figura 56.

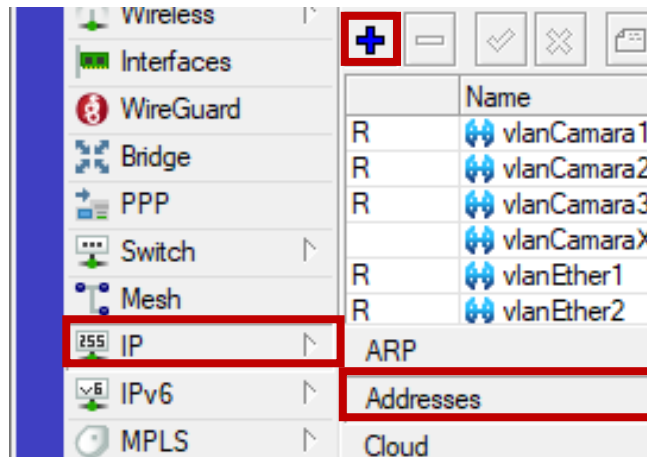
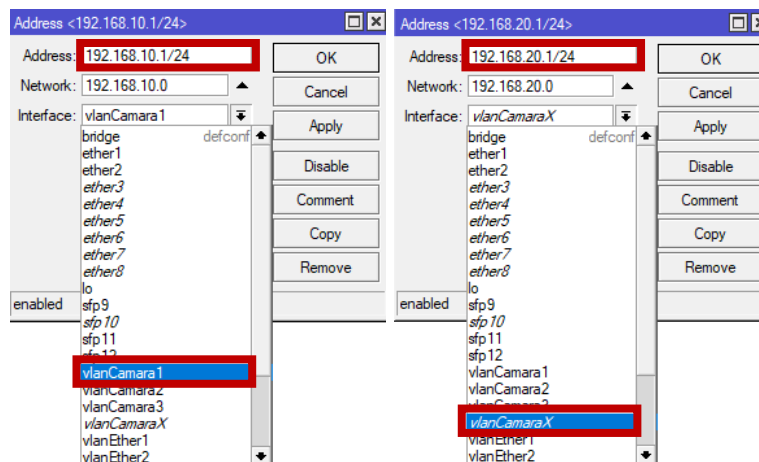


Figura 56. Opciones para asignar direcciones IP.

5. Configuramos los siguientes campos: En **Address** colocamos la IP que se le requiera asignar a cada una de las VLAN y en **Interface** se selecciona la interfaz VLAN correspondiente como se muestran en las Figuras 57, en esta también podemos ver cómo se le asigna una red automáticamente a cada una de las VLAN, se pulsa en **Apply** y **OK** para guardar.



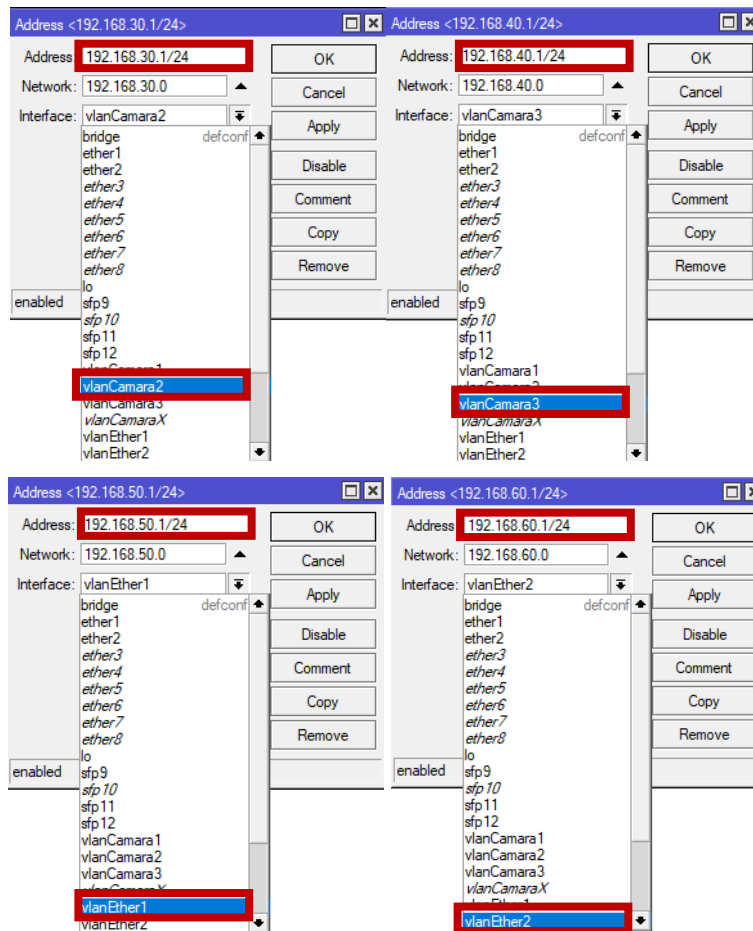


Figura 57. Asignación de direcciones IP a las interfaces VLAN.

6. Se procede a crear y configurar el puente (Bridge) para agrupar varias interfaces permitiendo que todas trabajen como una sola entidad lógica y así conseguir que las cámaras conectadas por fibra óptica y por cable Ethernet se comuniquen sin problemas. Para esto no dirigimos a **Bridge** como se visualiza en la Figura 58, damos clic en el símbolo + para agregar un nuevo puente, en el campo **Name** se escribe el nombre del puente y damos clic en **Ok** para crear el puente y en la Figura 59 podemos ver el Bridge creado, listo para poder usarlo en la configuración.

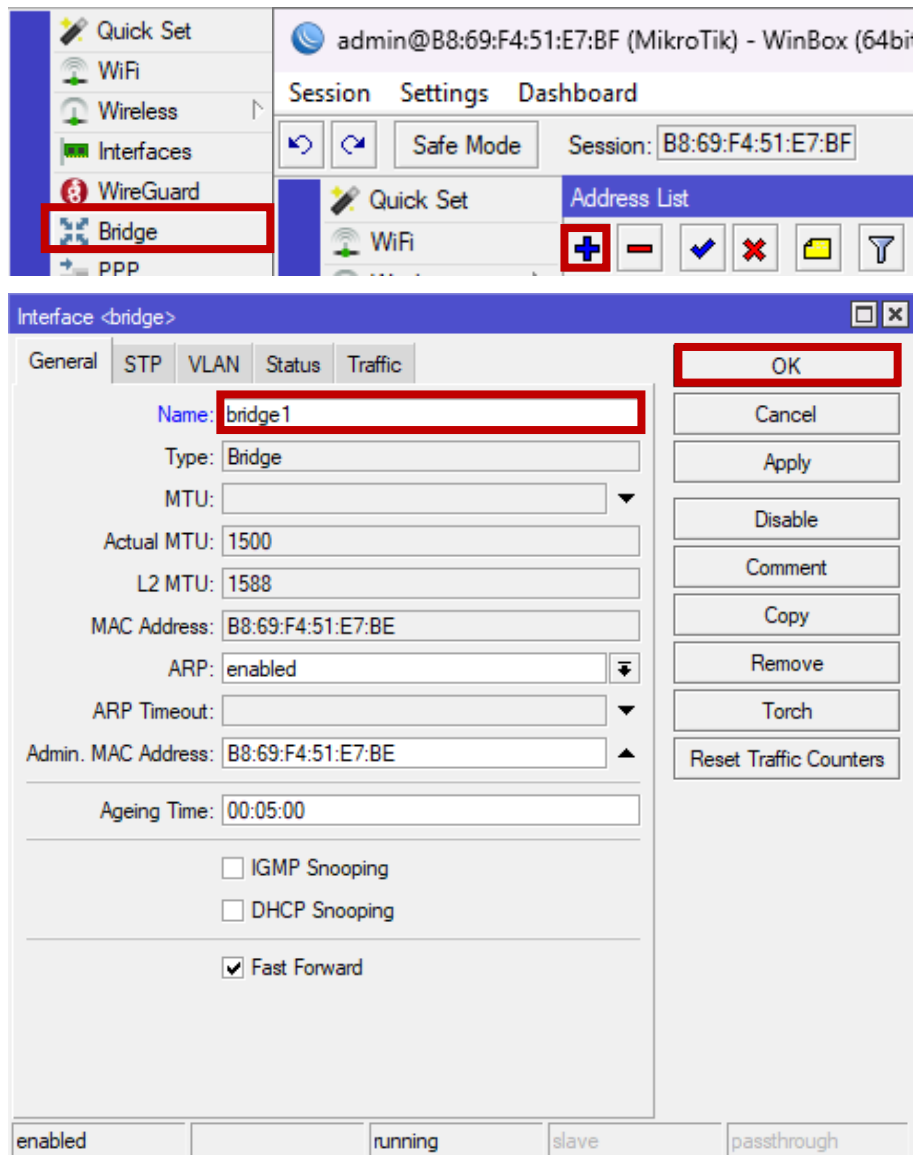


Figura 58. Opciones para configurar un Bridge.

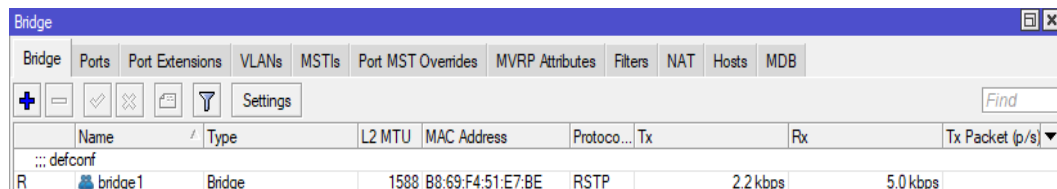


Figura 59. Bridge creado.

7. Agregamos las interfaces al Bridge, para eso en la sección **Bridge**, seleccionamos la pestaña **Ports** y damos clic en el símbolo + como se muestra en la Figura 60.

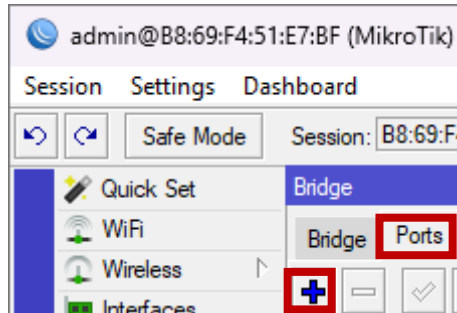
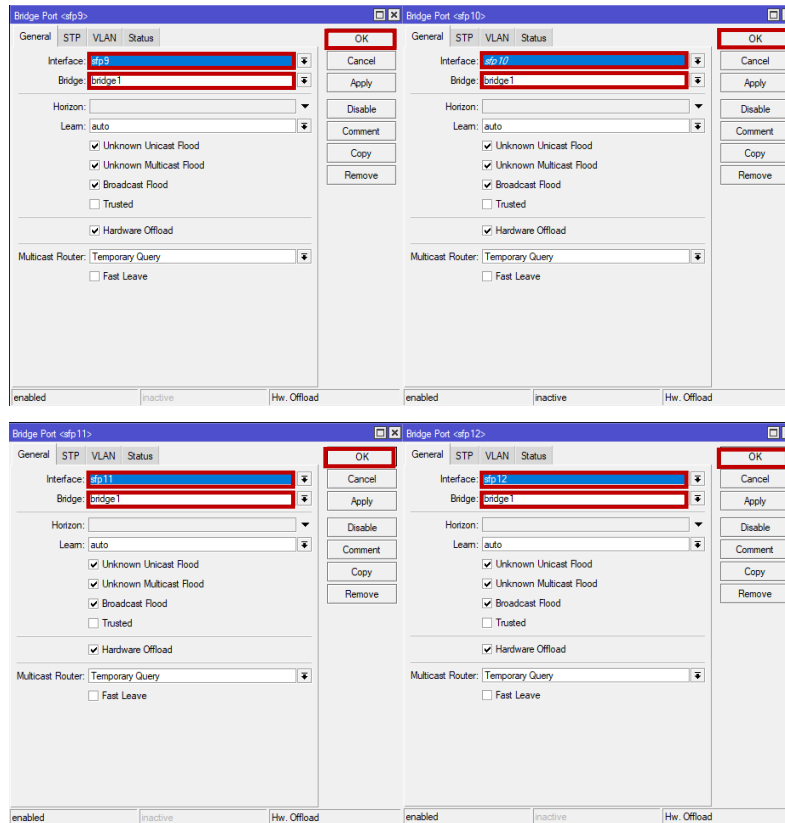


Figura 60. Opción Ports y opciones +.

8. En **Interface** seleccionamos la interfaz que deseamos agregar, es decir los puertos Ethernet y los puertos SFP, en **Bridge** seleccionamos el nombre del bridge que creamos anteriormente y damos clic en **OK**, como la Figura 61.



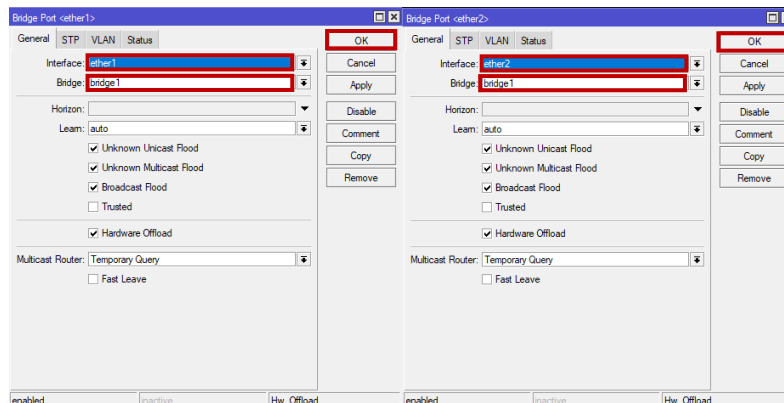


Figura 61. Configuración de interfaces al Bridge.

- Configuramos la puerta de enlace (Gateway) y el DNS, para agregar una puerta de enlace nos dirigimos a **IP** y a **Routes**, damos clic en el símbolo +, en el campo **Gateway** ingresamos la **IP** de la puerta de enlace (192.168.1.1) y **OK** para guardar, tal y como se señala en la Figura 62.

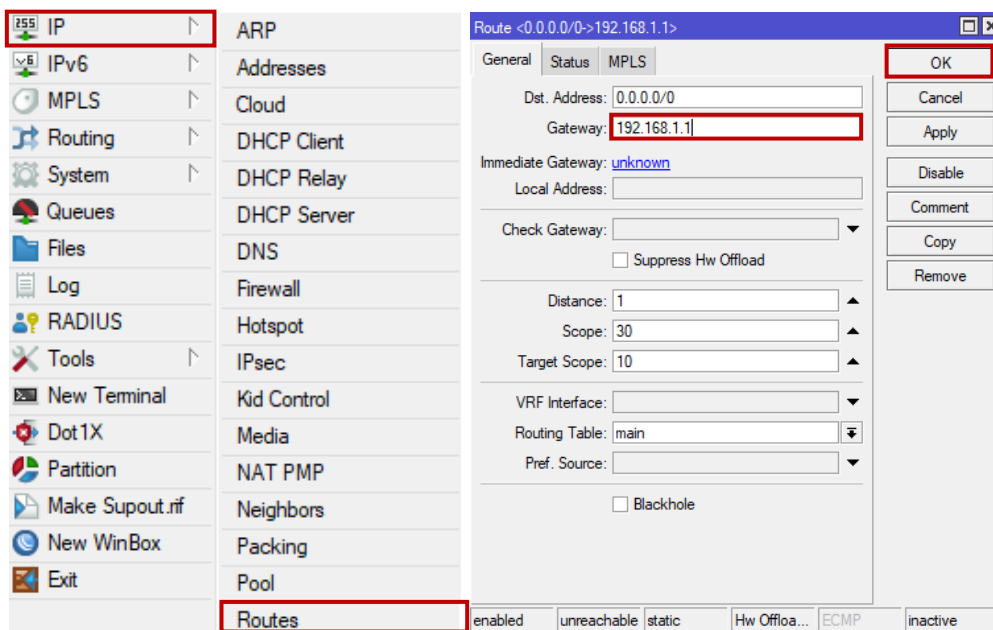


Figura 62. Configuración de la Puerta de Enlace.

- Procedemos a crear y configurar un servidor **DHCP**, nos dirigimos a **IP** y **DHCP Server**, este tendrá el nombre “dhcp_bridge” y damos clic en **OK** tal y como se ilustra en la Figura 63.

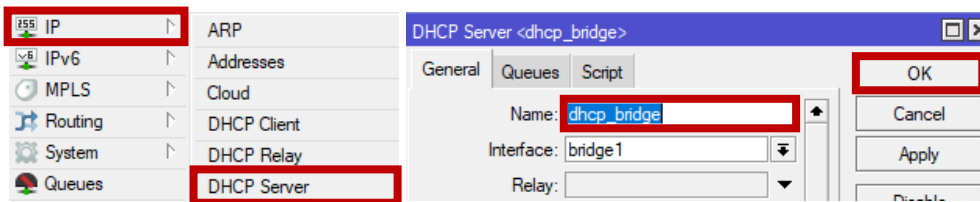


Figura 63. Configuración del servidor DHCP.

11. Procedemos a establecer los servidores DNS, para esto nos dirigimos a **IP** y **DNS** como se muestra en la Figura 64, se abre la ventana de configuración **DNS Settings** como en la Figura 65, en esta colocamos **8.8.8.8 8.8.4.4** en Servers y damos clic en **OK** para guardar la configuración.

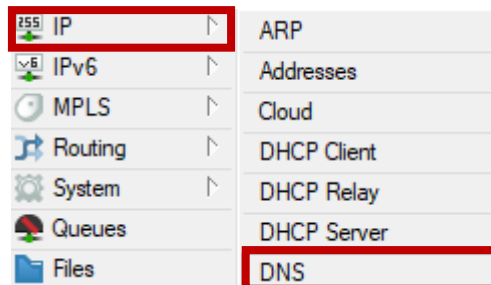


Figura 64. Opciones IP y DNS.

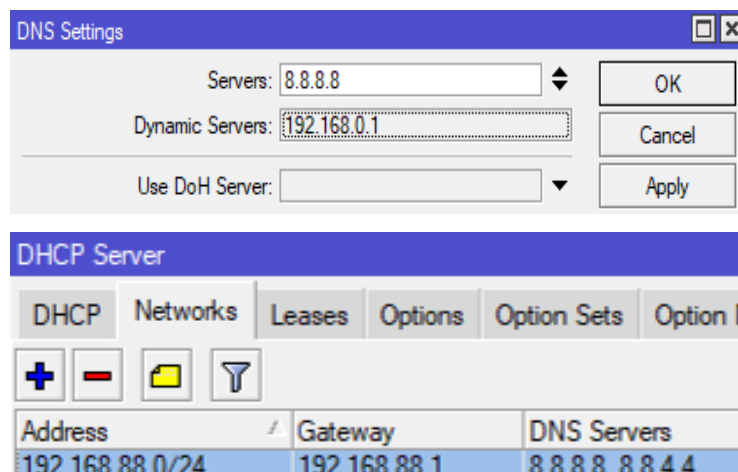


Figura 65. Configuración del DNS.

12. Para evitar que haya congestiones y pérdida de conexión en cada una de las cámaras configuradas, se procedió a crear una cola que priorice el tráfico de cada una de las VLAN por separado, para eso nos dirigimos hacia **Queues** en el menú principal, seleccionamos **Queue Tree** y hacemos clic en “+”

como en la Figura 66 y configuramos la cola siguiendo los parámetros correspondientes tal y como se muestra la Figura 67 y luego damos clic en Ok.

- **Name:** Escribimos el nombre que le queremos dar al Queue.
- **Target:** Ingresamos la dirección IP de cada una de las cámaras.
- **Max Limit:** Definimos el ancho de banda máximo de subida y bajada.

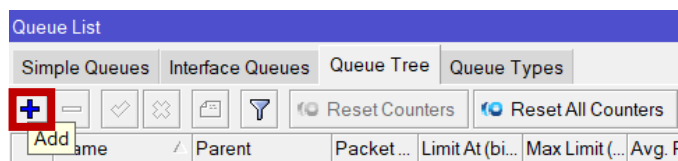


Figura 66. Agregando un Queue Tree.

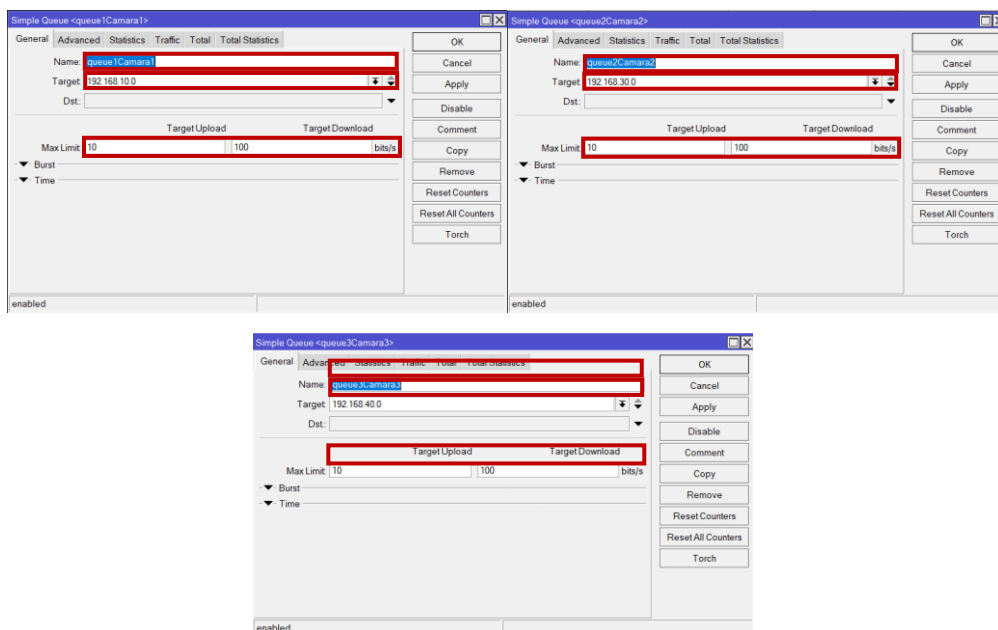


Figura 67. Configuración de Queue en cada una de las VLAN.

3.4.3 Configuración de las Cámaras IP YI IOT

Para llevar a cabo la configuración de las Cámaras IP YI IOT a través de cable Ethernet Cat6, se deben tomar en cuenta los siguientes pasos se explicarán a continuación.

1. Alimentamos la cámara IP YI IOT utilizando su adaptador de corriente.
2. Conectamos el cable Ethernet Cat6 en el puerto Ethernet de la cámara.
3. Instalamos la aplicación Yi IoT en nuestro móvil desde la Google Play Store, en esta crearemos una cuenta e iniciamos sesión a través de nuestra cuenta de Gmail.
4. Reiniciamos la cámara, dando clic en el botón de reinicio que se encuentra en el interior de esta misma y esperamos hasta que emita un sonido indicando que esta lista para emparejarse.
5. Abrimos la aplicación Yi IoT, seleccionamos **Añadir dispositivo** y damos clic en el modo de conexión que queremos configurar la cámara, en este caso será **Conectarse a través de un cable de red** como se muestra en la Figura 68.



Figura 68. Modo de conexión de la cámara.

6. La aplicación detectara automáticamente la **dirección IP** de la cámara gracias a la configuración anteriormente realizada del switch donde se configuro el DHCP y damos clic en Siguiente.
7. Esperamos la obtención del resultado, este proceso de sincronización entre el switch y la cámara suele tardar entre 1 a 2 minutos (Figura 69).

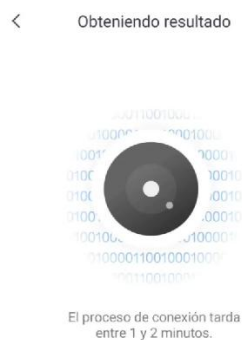


Figura 69. Sincronización entre el switch y la cámara.

8. Nos aparecerá una ventana como en la Figura 70 donde nos indica que la sincronización fue exitosa y colocamos un nombre para poder identificar la cámara configurada.

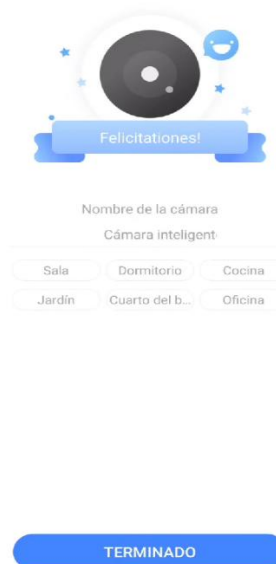


Figura 70. Configuración del nombre de la cámara.

3.4.4 Estudio de factibilidad

La implementación de la infraestructura realizada en el laboratorio de Telecomunicaciones perteneciente a la Universidad Estatal Península de Santa Elena permitió garantizar ser una propuesta viable garantizando que pueda ser considerada en zonas rurales donde el acceso a internet es escaso, donde esta implementación pueda cubrir distancias mayores a las previstas en este documento.

Presupuesto

En este apartado se muestran los costos de cada equipo, dispositivo y elemento que fue utilizado para la implementación de la propuesta, estos se detallan a continuación en la Tabla 12.

Tabla 12. Presupuesto del material.

ELEMENTOS	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	PRECIO TOTAL
Router Archer TP-Link	1	\$35,00	\$35,00
Patchcord LC/UPC – LC/UPC SM DX 15 Metros	3	\$12,18	\$36,54
Patchcord 50FT Cat6	3	\$14,20	\$42,60
WI-TEK W-MC111G Transceiver SM/MM	3	\$27,75	\$83,25
Módulos SFP Mikrotik 20 km LC-SM	6	\$31,95	\$191,70

Cloud Router Switch Mikrotik	1	\$208,04	\$208,04
Cámaras Ip Yi IoT	4	\$28	\$112,00
Manguera corrugada 10 Metros	1	\$8,00	\$8,00
Cable UTP Cat6 2 Metros	1	\$1,00	\$1,00
Conectores ópticos	4	\$0,15	\$0,60
Amarras	1	\$2,50	\$2,50
PRESUPUESTO TOTAL			\$721,23

CAPÍTULO IV

4.1 Resultados de la implementación de la infraestructura

En esta parte se muestran los resultados tras llevar a cabo la instalación de la infraestructura de comunicación híbrida para el sistema CCTV. Se ha verificado el funcionamiento correcto de las cámaras integradas mediante el sistema híbrido conformado por medias converters el cual hace posible la conversión de señales eléctricas que pasan por el cable UTP provenientes del Switch a pulsos de luz mediante fibra óptica, garantizando mediciones de potencia de recepción en cada uno de los medias converters con ayuda del medidor de potencia Power Meter Optical, los cuales se compararon con cálculos matemáticos a través de fórmulas de atenuación de fibra (conectores y empalmes) y de potencia óptica, para validar el correcto rendimiento del sistema híbrido del cual llegara conectividad a las cámaras.

Además, se visualizará una simulación en OptiSystem en donde a través de esta se pueden ver datos importantes como la Tasa de Error de Bit (BER) y el Factor de Calidad (Q Factor) por medio de un diagrama de ojo, con el fin de determinar si a la distancia de 15 metros de un ambiente controlado el sistema óptico simulado es óptimo para la implementación en un ambiente real a distancias más largas.

Por último, se realizó un análisis que constaba en validar que el sistema híbrido funcionaba correctamente igual o mejor que un sistema Ethernet, corroborándolo a través de un análisis de velocidad de down y upload del ancho de banda en el laboratorio de Telecomunicaciones, esto se realizó mediante la GUI del Cloud Switch Router Mikrotik, en donde a través de cada una de las interfaces de los puertos SFP (9, 11 y 12) a los que estaban conectadas las cámaras se pudo tomar estos datos en tiempo real del tráfico de la tasa de transmisión y recepción de bits por segundos visualizados por medio de picos en cada una de las gráficas de estos puertos.

4.1.1 Mediciones de potencia óptica y cálculos teóricos

En esta sección se mostrarán los valores medidos con el Power Meter Optical, para esto tomamos en cuenta que el valor de la potencia óptica de transmisión de los puertos SFP del switch se basan en el tipo de módulo que se esté usando, en este caso los módulos Mikrotik S-31DLC20D tienen una potencia de transmisión en el rango de -5 dBm a -1dBm y una sensibilidad de recepción entre -21 dBm y -3 dBm, permitiendo una transmisión eficiente hasta 20 km, por ende tanto los cálculos matemáticos como los cálculos tomados con el medidor de potencia deben de cumplir y estar en el rango planteado. Además, el margen de error que debe haber entre los cálculos matemáticos de potencia receptora y los evaluados con el medidor de potencia deben de estar entre ± 2 dBm, para así garantizar que las mediciones y el desempeño del enlace óptico es confiable.

Los valores de potencia en los puertos SFP del Switch, así como los valores de potencia que llegan a cada uno de los convertidores de medios, fueron medidos utilizando un medidor óptico de potencia (Power Meter Optical) a una longitud de onda de 1310nm. Para la medición de la potencia de los puertos SFP del Switch se hizo uso de un patch cord de fibra óptica LC-FC y para la medición de la potencia que llega a los medias converters se hizo uso de lo antes mencionado además de una unión LC. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

- En la Figura 71 se visualiza la potencia de transmisión de -5.94 dBm y la potencia de recepción de -6.71 dBm, correspondiente al primer enlace de fibra óptica.



Figura 71. Potencia del primer enlace de fibra óptica.

- En la Figura 72 se visualiza la potencia de transmisión de -5.02 dBm y la potencia de recepción de -6.53 dBm, correspondiente al segundo enlace de fibra óptica.



Figura 72. Potencia del segundo enlace de fibra óptica.

- En la Figura 73 se visualiza la potencia de transmisión de -4.58 dBm y la potencia de recepción de -6.46 dBm, correspondiente al tercer enlace de fibra óptica.



Figura 73. Potencia del tercer enlace de fibra óptica.

Cálculo de pérdida por atenuación en el enlace de fibra óptica

La atenuación de un enlace de fibra óptica se refiere a la pérdida de potencia óptica a medida que la señal se propaga a través de la fibra y los componentes asociados a esta misma, como conectores y empalmes. Este parámetro es esencial para garantizar un adecuado desempeño del sistema de transmisión.

En este caso, se calculó la atenuación total considerando los valores de atenuación inherentes de la fibra óptica monomodo, conectores y empalmes. Según la recomendación ITU-T 6.652, la fibra utilizada presenta una atenuación de 0.3 dB/km al operar a una longitud de onda de 1310 nm. Dado que el enlace tiene una

longitud de 15 metros, se emplea la Ecuación 1 para calcular la atenuación de la fibra óptica:

Ecuación 1. Fórmula de atenuación de fibra óptica.

$$A_{Fibra} = \alpha \cdot L$$
$$A_{Fibra} = 0.35 \frac{dB}{km} \cdot 0.015 km$$
$$A_{Fibra} = 0.00525 dB$$

A continuación, se calcula la atenuación total del enlace sumando las contribuciones de la fibra óptica, los conectores y los empalmes, según la Ecuación 2:

Ecuación 2. Fórmula de atenuación total.

$$A_{Total} = A_{Fibra} + A_{Conectores} + A_{empalmes}$$
$$A_{Total} = 0.00525 dB + 0.5 dB(4) + 0.1dB(1)$$
$$A_{Total} = 0.0045 dB + 2 dB + 0.1dB$$
$$A_{Total} = 2.10525 dB$$

Los resultados obtenidos muestran una pérdida total de 2.10525 dB, un valor que coincide con las características técnicas de los componentes utilizados, como los conectores LC-FC y la unión LC utilizados para las pruebas. Este nivel de atenuación garantiza que la señal que se recibe conserva una calidad adecuada para el enlace evaluado.

Cálculo de potencia recibida en los convertidores de medios

La potencia que se recibe (P_r) en los convertidores de medios se calculó usando la Ecuación 3, la cual relaciona la potencia transmitida (P_t) en los puertos SFP con la atenuación total del enlace (A_{Total}). Esta fórmula permite estimar la potencia teórica que debería llegar a los convertidores y la compararla con las mediciones obtenidas, que se resumen en la Tabla 14.

Los resultados muestran un margen de error muy bajo, con un valor máximo de -0.1 dBm, debido a factores como la limpieza de los conectores y posibles curvaturas en la fibra. Estos márgenes se encuentran dentro del rango aceptable de ± 2 dBm, lo que respalda la exactitud de los cálculos hechos con la Ecuación 4.

Ecuación 3. Fórmula de potencia recibida.

$$P_r = P_t - A_{Total}$$

Ecuación 4. Fórmula del margen de error.

$$\text{Margen de error} = P_{medida} - P_{teórica}$$

- **Potencia de recepción teórica: Rack 4 Swit ch SFP Puerto 9**

$$P_r = P_t - A_{Total}$$

$$P_r = -5.94 \text{ dBm} - 2.10525 \text{ dB}$$

$$P_r = -8.04525 \text{ dBm}$$

$$\text{Margen de error} = -6.9445 \text{ dBm} - (-8.04525 \text{ dBm}) = 1.1 \text{ dBm}$$

- **Potencia de recepción teórica: Rack 4 Switch SFP Puerto 11**

$$P_r = P_t - A_{Total}$$

$$P_r = -5.02 \text{ dBm} - 2.10525 \text{ dB}$$

$$P_r = -7.12525 \text{ dBm}$$

$$\text{Margen de error} = -6.0245 \text{ dBm} - (-7.12525 \text{ dBm}) = -1.1 \text{ dBm}$$

- **Potencia de recepción teórica: Rack 4 Switch SFP Puerto 12**

$$P_r = P_t - A_{Total}$$

$$P_r = -4.58 \text{ dBm} - 2.10525 \text{ dB}$$

$$P_r = -6.68525 \text{ dBm}$$

$$\text{Margen de error} = -5.5845 \text{ dBm} - (-6.68525 \text{ dBm}) = 1.1 \text{ dBm}$$

Los márgenes de error en los tres puertos SFP son pequeños, es decir están dentro de lo esperado (± 2 dBm), lo que indica una alta precisión en los cálculos y mediciones. Esto confirma la efectividad del enlace óptico y la importancia de un mantenimiento adecuado, como la limpieza y correcta instalación de los conectores y la fibra óptica, para mantener la calidad de la señal recibida por los convertidores de medios antes de su envío a las cámaras.

Tabla 13. Margen de error de potencias.

Puerto SFP	Potencia Teórica (dBm)	Potencia Medida (dBm)	Margen de Error (dBm)
9	-6.9445 dBm	-8.04525 dBm	1.10 dBm
11	-6.0245 dBm	-7.12525 dBm	1.10 dBm
12	-5.5845 dBm	-6.68525 dBm	1.10 dBm

Cálculo de la Relación Señal-Ruido (SNR)

El cálculo de la relación señal-ruido es un ítem necesario que nos sirve para evaluar la calidad de un enlace óptico, ya que realiza una comparación entre la potencia de la señal utilizada para transmitir información, con la potencia del ruido no deseado presente en el sistema híbrido. Una relación alta indica que el enlace tiene una calidad superior, con una menor probabilidad de errores debido a interferencias. La SNR se calcula usando la Ecuación 5, expresada en decibelios (dB).

Ecuación 5. Fórmula de SNR en dB.

$$SNR = P_{señal(dBm)} - P_{ruido(dBm)}$$

En donde, la $P_{señal(dBm)}$ es la potencia medida en los puertos SFP del Switch, representando la señal útil y la $P_{ruido(dBm)}$ es la potencia referencial del ruido, definida como -40 dBm en este cálculo, ya que este valor se considera estándar en

enlaces ópticos debido a la baja incidencia de ruido en sistemas de fibra óptica bien diseñados.

Tomando en cuenta la potencia de la señal medida en los puertos SFP y el valor referencial de ruido, se calculó la SNR para cada enlace. Los valores obtenidos son mayores a 30 dB, lo que, según los estándares, representa una excelente relación señal-ruido, asegurando una transmisión confiable y sin interferencias significativas.

- **SNR en el enlace de fibra óptica 1**

$$SNR = -6.71dBm - (-40dBm)$$

$$SNR = 33.29 dB$$

- **SNR en el enlace de fibra óptica 2**

$$NR = -6.53dBm - (-40dBm)$$

$$SNR = 33.47 dB$$

- **SNR en el enlace de fibra óptica 3**

$$NR = -6.46dBm - (-40dBm)$$

$$SNR = 33.54 dB$$

Cálculo de las Pérdidas por retorno (RL)

El cálculo de las pérdidas por retorno (RL) son medidas que indican la cantidad de potencia que se pierde a través de la reflexión de la señal en los enlaces de fibra óptica, esto normalmente se da en empalmes y en conectores, donde la señal de estos se refleja en el transmisor y no continúan hacia el receptor. Para calcular la RL se utiliza la Ecuación 6.

Ecuación 6. Fórmula para RL.

$$RL = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_{incidente}}{P_{reflejada}} \right)$$

En donde la $P_{incidente}$ es la potencia incidente es la potencia de transmisión que ingresa al sistema y la $P_{reflejada}$ es la potencia reflejada debida a las imperfecciones en los conectores y empalmes, ambas potencias deben estar en unidades de medidas de mili watts (mW) o dBm, pero para el desarrollo del cálculo de las perdidas por retorno deben de convertirse en valores lineales (mW). Para convertir los valores a lo requerido se utiliza la Ecuación 7.

Ecuación 7. Fórmula para convertir Potencia de dBm a mW.

$$P_{(mW)} = 10^{\frac{P(dBm)}{10}}$$

Tomando en cuenta lo dicho se procedió a calcular las perdidas por retorno en cada uno de los enlaces, en donde los valores oscilan entre 24.06 dB y 25.42 dB, confirmando que el nivel de potencia reflejada en los conectores y empalmes es mínimo y no afecta el desempeño del sistema. Según la norma TIA/EIA-455-107, un rango de pérdidas de retorno entre 20 dB y 40 dB es aceptable para garantizar una comunicación óptica de calidad.

- **RL en el enlace de fibra óptica 1**

$$P_{incidente} = -5.94 \text{ dBm} \rightarrow P_{(mW)} = 10^{\frac{-5.94}{10}} = 0.2546 \text{ mW}$$

$$P_{reflejada} = -30 \text{ dBm} \rightarrow P_{(mW)} = 10^{\frac{-30}{10}} = 0.001 \text{ mW}$$

$$RL = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{0.2546}{0.001} \right)$$

$$RL = 10 \cdot \log_{10}(254.6)$$

$$RL = 24.0586 \text{ dB}$$

- **RL en el enlace de fibra óptica 2**

$$P_{incidente} = -5.02 \text{ dBm} \rightarrow P_{(mW)} = 10^{\frac{-5.02}{10}} = 0.3147 \text{ mW}$$

$$P_{reflejada} = -30 \text{ dBm} \rightarrow P_{(mW)} = 10^{\frac{-30}{10}} = 0.001 \text{ mW}$$

$$RL = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{0.3147}{0.001}\right)$$

$$RL = 10 \cdot \log_{10}(314.7)$$

$$RL = 24.9789 \text{ dB}$$

- **RL en el enlace de fibra óptica 3**

$$P_{incidente} = -4.58 \text{ dBm} \rightarrow P_{(mW)} = 10^{\frac{-4.58}{10}} = 0.3483 \text{ mW}$$

$$P_{reflejada} = -30 \text{ dBm} \rightarrow P_{(mW)} = 10^{\frac{-30}{10}} = 0.001 \text{ mW}$$

$$RL = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{0.3483}{0.001}\right)$$

$$RL = 10 \cdot \log_{10}(348.3)$$

$$RL = 25.4195 \text{ dB}$$

4.1.2 Pruebas y análisis de funcionamiento del sistema híbrido

En esta sección, se describen las pruebas realizadas y los resultados obtenidos para evaluar el desempeño del sistema híbrido en la vida real, en este caso en el laboratorio el cual se considera como entorno controlado en esta propuesta, que en este caso se reflejan en el correcto funcionamiento de las cámaras.

Para validar que el sistema óptico se realizó una simulación de este mismo en el software OptiSystem, en el cual se obtuvieron resultados exitosos en el que se indica que el sistema óptico es eficiente en la distancia de 15 metros que tiene cada enlace de fibra óptica del entorno controlado. Por ende, se puede considerar que esta propuesta es viable en zonas de difícil acceso a conexión de internet ya que no solo se hizo una simulación a esa distancia sino también a distancias mayores en donde la tasa de error bit y el factor de calidad se mantenían en buena posición garantizando un correcto funcionamiento del sistema óptico a implementar.

También se hizo un cálculo de ancho de banda de cada una de las cámaras, en donde se indica el total de este mismo ocupado en la propuesta y poder concluir diciendo

que en esta misma pueden abarcar un total de 165 cámaras funcionando simultáneamente sin ningún problema, lo cual es satisfactorio ya que esta infraestructura está enfocada en dar conectividad a zonas donde no hay por ende se determinó que existe una transmisión y una recepción de datos con pocas perdidas.

Resultados obtenidos en el simulador OptiSystem

Para corroborar que exista una buena implementación en el laboratorio de Telecomunicaciones, se realizó una simulación en el software OptiSystem en el cual se evaluó la calidad de la señal en un sistema de comunicación óptico, esta se visualiza en la Figura 44. En los resultados de la Figura 74 se muestra un diagrama de ojo con una apertura amplia, con un Q Factor (factor de calidad) elevado de 650.676 y una BER (Tasa de error de bits) mínima de 0, significando que no se registran errores en la transmisión. El diagrama presenta una forma amplia y sin distorsiones notables, lo que sugiere que la señal es de buena calidad, sin interferencias ni ruido apreciables. Estas características demuestran que la opción de implementar un sistema de comunicación óptica con fibra y convertidores de medios es efectiva y confiable. Esto asegura que la señal transmitida conserve su calidad a lo largo de todo el enlace, garantizando una comunicación estable y eficiente, lo cual es crucial para la gestión en este caso de las cámaras en tiempo real.

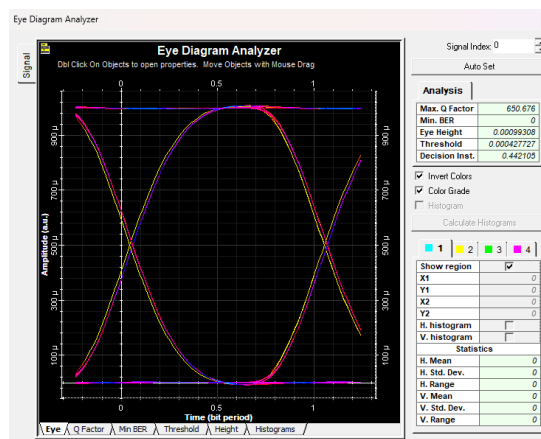


Figura 74. Diagrama de Ojo del Sistema de Comunicación Óptica.

Estimación del ancho de banda de las cámaras

Para asegurar que el sistema de comunicación híbrido funcione correctamente, se evaluó su rendimiento tanto con pruebas prácticas a través de la interfaz del switch como con cálculos teóricos. El objetivo era comprobar si la red instalada puede manejar el tráfico generado por las cámaras conectadas mediante un sistema híbrido con convertidores de medios y fibra óptica.

El ancho de banda es una medida que indica la capacidad máxima de transmisión de datos de una conexión en un tiempo específico, se mide en bps, kbps, Mbps y Gbps. En las redes de telecomunicaciones, es un factor importante para entender cuánta información puede enviarse y recibirse al mismo tiempo en un dispositivo o puerto de red.

El cálculo del ancho de banda real usada toma en cuenta tanto el tráfico que entra como el sale de un puerto en específico, estos valores se obtienen al sumar las tasas de bits recibidos y enviados. Analizar el ancho de banda ayuda a verificar si una conexión puede manejar más dispositivos sin presentar problemas de rendimiento y se calcula usando la Ecuación 8.

Ecuación 8. Fórmula del ancho de banda.

$$\text{Ancho de banda} = \text{Tráfico recibido} + \text{Tráfico transmitido}$$

Los valores obtenidos de las estadísticas del tráfico para cada puerto SFP en el switch Mikrotik CRS112-8G-4S-IN se muestran en la Figura 75, este tráfico se obtuvo mediante la línea de comando: `interface monitor-traffic interface=sfp#`.

```

[admin@MikroTik] > interface monitor-traffic interface=sfp9
      name: sfp9 - CAMARA 1
rx-packets-per-second:      81
rx-bits-per-second:        474.4kbps
fp-rx-packets-per-second:   0
fp-rx-bits-per-second:      0bps
tx-packets-per-second:      46
tx-bits-per-second:        26.7kbps
fp-tx-packets-per-second:   0
fp-tx-bits-per-second:      0bps
tx-queue-drops-per-second:  0

[admin@MikroTik] > interface monitor-traffic interface=sfp11
      name: sfp11 - CAMARA 2
rx-packets-per-second:      70
rx-bits-per-second:        364.8kbps
fp-rx-packets-per-second:   57
fp-rx-bits-per-second:      271.3kbps
tx-packets-per-second:      48
tx-bits-per-second:        31.1kbps
fp-tx-packets-per-second:   0
fp-tx-bits-per-second:      0bps
tx-queue-drops-per-second:  0

[admin@MikroTik] > interface monitor-traffic interface=sfp12
      name: sfp12 - CAMARA 3
rx-packets-per-second:      128
rx-bits-per-second:        850.1kbps
fp-rx-packets-per-second:   0
fp-rx-bits-per-second:      0bps
tx-packets-per-second:      52
tx-bits-per-second:        32.4kbps
fp-tx-packets-per-second:   0
fp-tx-bits-per-second:      0bps
tx-queue-drops-per-second:  0

```

Figura 75. Tráfico de las 3 interfaces SFP del switch.

- **Cámara 1 (Puerto SFP 9)**

Trafico recibido (rx-bits-por-segundo): 474,4 kbps

Trafico transmitido (tx-bits-por-segundo): 26,7 kbps

Ancho de banda = Tráfico recibido + Tráfico transmitido

Ancho de banda = 474,4 kbps + 26,7 kbps

Ancho de banda = 501,1 kbps

- **Cámara 2 (Puerto SFP 11)**

Trafico recibido (rx-bits-por-segundo): 364,8 kbps

Trafico transmitido (tx-bits-por-segundo): 31,1 kbps

Ancho de banda = Tráfico recibido + Tráfico transmitido

Ancho de banda = 364,8kbps + 31,1 kbps

$$\text{Ancho de banda} = 395,9 \text{ kbps}$$

- **Cámara 3 (Puerto SFP 12)**

Trafico recibido (rx-bits-por-segundo): 850,1 kbps

Trafico transmitido (tx-bits-por-segundo): 32,4 kbps

$$\text{Ancho de banda} = \text{Tráfico recibido} + \text{Tráfico transmitido}$$

$$\text{Ancho de banda} = 850,1 \text{ kbps} + 32,4 \text{ kbps}$$

$$\text{Ancho de banda} = 882,5 \text{ kbps}$$

Sumando el ancho de banda de las cámaras que funcionan a través del sistema híbrido nos da un total de 1779,5 kbps lo que equivale a 1.7795 Mbps (representa menos del 2%) es un ancho de banda pequeño a comparación del ancho de banda soportado por el switch que (100 Mbps). Por lo tanto, todavía existe suficiente capacidad para añadir más cámaras o dispositivos, dependiendo de su consumo de ancho de banda, en el caso de las cámaras se pueden conectar 165 cámaras adicionales, este proceso se puede ver en el siguiente apartado el cual fue calculado por las siguientes ecuaciones.

El consumo promedio de cada cámara se puede calcular sumando el ancho de banda de las tres cámaras y dividiéndolo por 3:

Ecuación 9. Capacidad disponible del ancho de banda.

$$\text{Capacidad disponible} = \text{Capacidad total del switch} - \text{Ancho de banda utilizado}$$

$$\text{Capacidad disponible} = 100 \text{ Mbps} - 1,7795 \text{ Mbps} = 98,2205 \text{ Mbps}$$

El número máximo de cámaras adicionales que se podrían añadir es:

Ecuación 10. Cantidad máxima para cámaras adicionales.

$$\text{Cámaras adicionales} = \frac{\text{Capacidad disponible}}{\text{Consumo promedio por cámara}}$$

$$\text{Cámaras adicionales} = \frac{98,2205 \text{ Mbps}}{0,5932 \text{ Mbps}} = 165 \text{ cámaras adicionales}$$

Funcionamiento de las cámaras en el sistema híbrido

Las cámaras conectadas al sistema híbrido mantienen una transmisión de video en tiempo real que es estable y continua, como se puede ver en las Figuras 76, 77 y 78. El flujo de datos de las cámaras, que pasa por los convertidores de medios y los puertos SFP del switch, asegura que las imágenes se envíen de manera fluida y sin pérdidas de calidad.

El tráfico generado por las cámaras se encuentra dentro de los valores esperados, ya que los cálculos anteriores indican que el uso promedio de ancho de banda por cámara es bajo (menos del 2% del total disponible), dejando suficiente margen para agregar más dispositivos sin afectar el rendimiento.

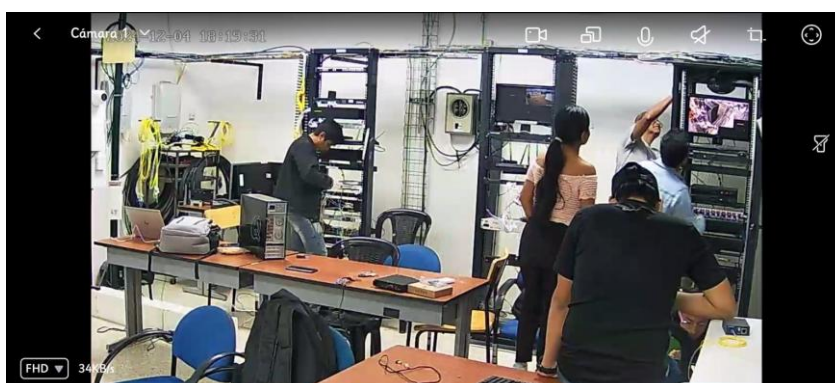


Figura 76. Funcionamiento de la cámara 1.

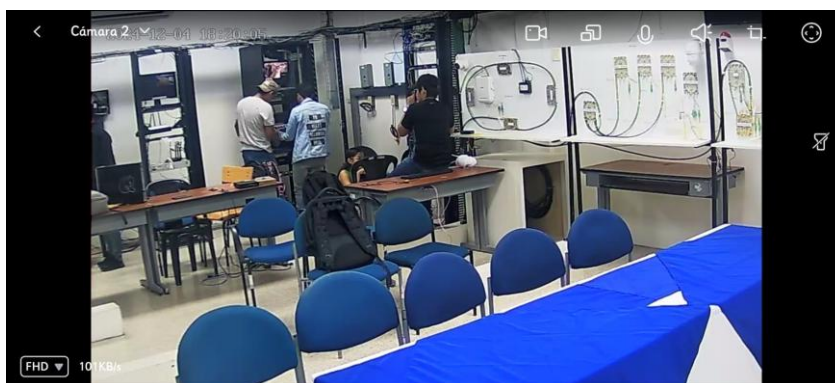


Figura 77. Funcionamiento de la cámara 2.



Figura 78. Funcionamiento de la cámara 3.

A continuación, se muestran gráficas de los picos obtenidos del monitor de tráfico del switch Mikrotik, en donde se valida la estabilidad y capacidad de cada uno de los enlaces híbridos. Estos picos representan momentos específicos de alta actividad en la red, los cuales son normales en sistemas de videovigilancia que operan en tiempo real manteniéndose muy por debajo del ancho de banda total disponible del switch (100 Mbps), demostrando que el sistema tiene margen de sobra para manejar el tráfico generado por las cámaras sin saturaciones.

Además, la ausencia de errores en los contadores de paquetes y la estabilidad en el tráfico reflejan que la comunicación es confiable tanto en la transmisión de datos como en la recepción.

- **Primer enlace híbrido: Cámara 1**

La Figura 79 que representa la cámara 1 muestra un rendimiento estable y eficiente dentro del sistema híbrido implementado, los datos de la Tabla 14 reflejan que la cámara opera con un flujo constante de transmisión y recepción con una velocidad promedio de 574 kbps en transmisión y 708.2 kbps en recepción. Mientras que el análisis de los paquetes procesados por segundo registra 95 paquetes por segundo en transmisión y 115 paquetes por segundo en recepción, además los datos acumulados muestran un tráfico significativo de 17 MiB transmitidos y 68.7 MiB recibidos, valores que corroboran la actividad constante de la cámara.

Tabla 14. Datos de Tx y Rx del puerto SFP 9.

Interface SFP 9 – Cámara 1		
Tx/Rx Rate	57.4 kbps	708.2 kbps
Tx/Rx Packet Rate	95 p/s	115 p/s
Tx/Rx Bytes	17.0 MiB	68.7 MiB
Tx/Rx Packets	211.042	124.563



Figura 79. Tx y Rx de datos de la cámara 1.

- **Segundo enlace híbrido: Cámara 2**

La Figura 80 que representa la cámara 2 registra una tasa de transmisión de datos de 32.1 kbps y una tasa de recepción de 192.5 kbps. El tráfico total acumulado en transmisión es de 19.6 MiB, mientras que en recepción alcanza los 72.2 MiB. Además, se han procesado 235.670 paquetes en total sin pérdidas o errores, lo que

indica estabilidad en el enlace. Los picos observados en la gráfica reflejan el comportamiento característico de los datos enviados y recibidos, estos valores son consistentes y muestran un flujo continuo de información con un promedio de 56 paquetes por segundo (p/s) en transmisión y 41 p/s en recepción, reflejando una buena integración con la infraestructura de red, estos datos se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Datos de Tx y Rx del puerto SFP 11.

Interface SFP 11 – Cámara 2		
Tx/Rx Rate	32.1 kbps	192.5 kbps
Tx/Rx Packet Rate	56 p/s	41 p/s
Tx/Rx Bytes	19.6 MiB	72.2 MiB
Tx/Rx Packets	235.670	123.680

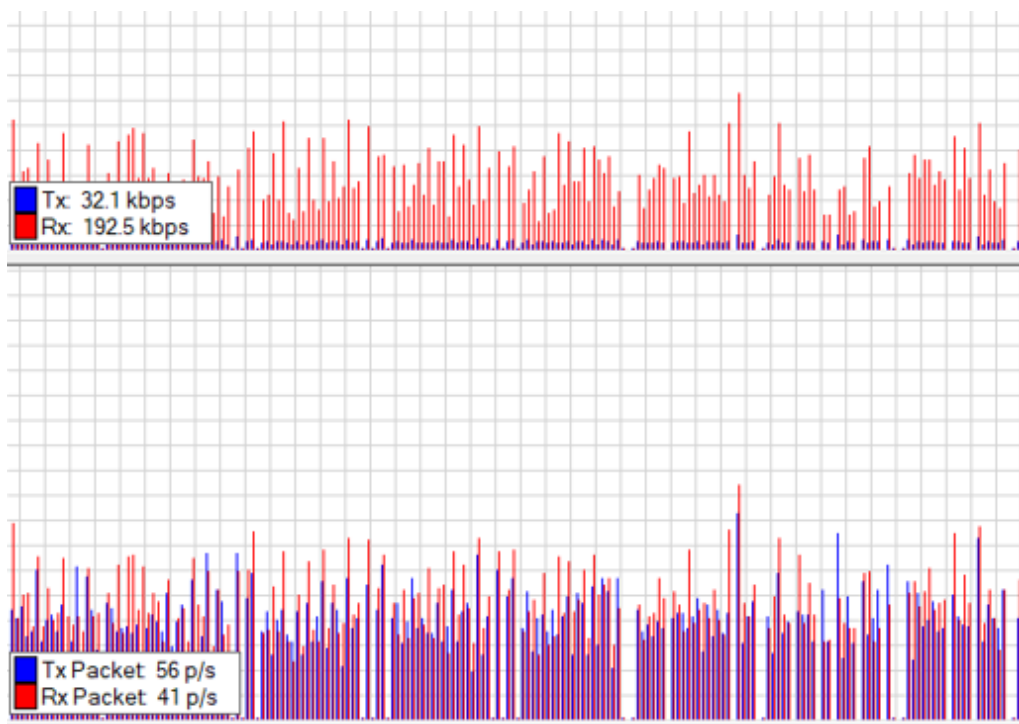


Figura 80. Tx y Rx de datos de la cámara 2.

- **Tercer enlace híbrido: Cámara 3**

La Figura 81 que representa la cámara 3 se registran valores ligeramente inferiores en transmisión, con una tasa de 26.3 kbps, mientras que la recepción alcanza los 469.3 kbps. Los datos acumulados indican un tráfico total de 5.5 MiB en transmisión y 47.1 MiB en recepción. El número total de paquetes procesados asciende a 77.115, nuevamente sin pérdidas ni errores registrados, asegurando un enlace confiable. En términos de frecuencia se promedian 42 p/s en transmisión y 81 p/s en recepción lo cual los picos muestran una actividad de red constante y sin interrupciones, estos datos se detallan en la Tabla.

Tabla 16. Datos de Tx y Rx del puerto SFP 12.

Interface SFP 12 – Cámara 3		
Tx/Rx Rate	26.3 kbps	469.3 kbps
Tx/Rx Packet Rate	42 p/s	81 p/s
Tx/Rx Bytes	5.5 MiB	47.1 MiB
Tx/Rx Packets	73.963	77.115

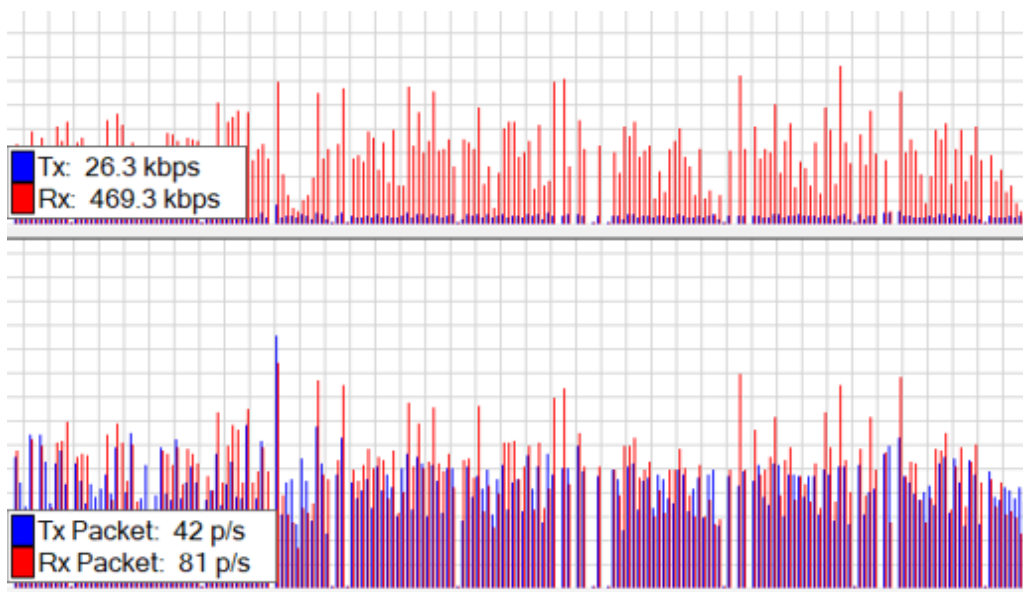


Figura 81. Tx y Rx de datos de la cámara 3.

CONCLUSIONES

- La implementación de la infraestructura de un sistema híbrido en un ambiente controlado resultó tener un incremento en la velocidad de transmisión a diferencia de la configuración de la cámara con solo ethernet, logrando velocidades de hasta un 1Gbps gracias a los componentes usados como es el caso de los módulos SFP, lo que garantiza una mayor calidad de vídeo en tiempo real.
- La comparativa que se realizó mediante los cálculos teóricos y los medidos con el Power Meter Optical en los puertos SFP del switch indicaron un margen de error de 1.1 dBm lo que indica que el enlace de 15 metros de fibra óptica que forma parte del sistema híbrido es óptimo.
- Se concluye que mediante la simulación realizada en el software OptiSystem se indica la viabilidad referente al sistema híbrido en donde este iba a seguir siendo óptimo a una distancia máxima de 30 kilómetros obteniendo una tasa de error de bit baja o nula.
- Los cálculos teóricos realizados de ancho de banda mostraron que el sistema es capaz de integrar un máximo de 165 cámaras, manteniendo un ancho de banda de 0.5932 Mbps por cada una de estas, como cualquier otro dispositivo que necesite transmitir datos a distancias largas.

RECOMENDACIONES

- Para asegurar que la calidad del video en tiempo real se mantiene al usar muchas cámaras, es importante hacer un análisis de costo-beneficio, aplicando la fibra óptica en las zonas más importantes y manteniendo conexiones Ethernet en áreas donde no se necesite tanta velocidad, de esta manera se ahorraría dinero sin que la calidad se vea afectada.
- Es importante revisar constantemente la señal de cada uno de los puertos del equipo que se esté usando para evitar márgenes de errores físicos y

calculados con cualquier medidor, por eso es crucial que el laboratorio de telecomunicaciones adquiriera microscopios digitales para asegurar que el sistema funcione correctamente a lo largo del tiempo y se deteriore fácilmente.

- Si se necesita que el sistema funcione a distancias mayores de 30 kilómetros, es aconsejable utilizar amplificadores de señal o repetidores de fibra óptica estos ayudan a mantener la señal fuerte y de buena calidad, evitando problemas en la transmisión.
- De acuerdo con la última conclusión de que en un futuro se podrían integrar 165 cámaras o equipos que ocupen un ancho de banda de 100 Mbps, se recomienda que se busque un método diferente ya que la integración de los módulos SFP es costoso para dichos números de cámaras y que solo se requiera el uso de los módulos SFP siempre y cuando se busque un enlace fijo y estable.

RESULTADOS

La implementación de la infraestructura de comunicación híbrida para conectar cámaras IP fue un éxito y cumplió con los objetivos propuestos. En un entorno controlado, como el laboratorio de Telecomunicaciones, se pudo probar que esta solución es confiable y efectiva, brindando conectividad a largas distancias al combinar tecnologías Ethernet y fibra óptica. En este sistema las señales transmitidas por cables UTP Cat 6 se convierten en pulsos de luz gracias a los convertidores de medios ópticos, lo que permite que se desplacen por la fibra sin interrupciones.

El uso de módulos SFP en los puertos del switch Mikrotik contribuyó a mantener una transmisión estable y veloz, alcanzando velocidades de hasta 1 Gbps. Durante las pruebas con herramientas de medición como el Power Meter Optical, se verificó que la conexión de 15 metros de fibra óptica funcionaba correctamente, con un margen de error pequeño de solo 1.1 dBm, esto demuestra que el sistema instalado es confiable y adecuado para entornos donde se necesita una conexión de calidad.

También se utilizó el software OptiSystem para simular el rendimiento del sistema en distancias mayores, confirmando que podría funcionar bien incluso a 50 kilómetros, manteniendo una buena calidad de conexión y sin errores en la transmisión de datos.

Por otro lado, los cálculos realizados mostraron que el sistema tiene la capacidad de soportar hasta 165 cámaras IP, asignando un ancho de banda de aproximadamente 0.5932 Mbps a cada cámara. Esto significa que el sistema puede crecer para incluir más dispositivos sin afectar la calidad de transmisión, siempre y cuando se controle adecuadamente el tráfico de datos.

Por ende, se puede decir que esta propuesta es apta para ser aplicada en zonas remotas donde no tengan acceso a internet a través de este sistema híbrido y usando estos mismos componentes como convertidores de medios y módulos SFP, de esta manera no solo se cubrirían necesidades de videovigilancia sino también escenarios donde se requieran conexiones a largas distancias ofreciendo calidad y estabilidad en la transmisión de datos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. E. Electrónica, I. J. Fernando, y A. Pizarro, «UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES TRABAJO DE TITULACIÓN Propuesta Tecnológica, previa a la obtención de Título de».
- [2] L. Paz-Bolivia, «UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES FACULTAD DE TECNOLOGIA CARRERA: ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES Postulante: JOSSETT ELIZABETH TRUJILLO FLORES».
- [3] Á. E. Escobar y M. E. Herrera, «SISTEMA DE INCIDENCIAS Y GESTIÓN REMOTA DE CONVERTORES DE MEDIO: DOS PROYECTOS PROACTIVOS PARA MEJORAR LA OPERACIÓN DE EL CENTRO DE GESTION CORPORATIVO DE TELMEX COLOMBIA WILLIAM CAMILO FORERO MARTINEZ 2070476 Monografía para optar al Título de Ingeniero Electrónico Asesor Final», 2012.
- [4] P. De Doctorado, A. Avanzada, Y. Robótica, y F. Angulo García, «UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA», 2004.
- [5] Telecable, «Diferencias entre los cables de par trenzado UTP, STP y FTP». Accedido: 17 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.telecable.com/blog/diferencias-entre-cable-utp-stp-y-ftp/1374>
- [6] ARIANNA VERONICA PARDO RIOS y BRÁULIO DAMIAN SANTOS SUAREZ, «Diseñar e implementar una red GPON y Arquitectura FTTH aplicando los estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3 y TIA 598-A, en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones.», UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA, La Libertad, 2024.

- [7] Héctor Martínez, «Sistemas de transmisión por fibra óptica». Accedido: 17 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos99/principios-fibra-optica/principios-fibra-optica>
- [8] Telecomunicaciones TICS, «Transmisores y receptores ópticos.» Accedido: 10 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://telecomunicaciones2.webnode.mx/unidad-6/a6-5-transmisores-y-receptores-opticos/>
- [9] MERCEDES VICTORIA JIJÓN MONTERO y STALYN LENIN ROJAS CARRIÓN, «ANÁLISIS DE FACTORES QUE INFLUYEN EN LA TRANSMISIÓN DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA». Accedido: 10 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/129115/D-CD106458.pdf#page=17&zoom=100,222,612>
- [10] unacar, «Cableado Estructura: Norma EIA/TIA 568». Accedido: 22 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.unacar.mx/contenido/coordinacion2017/normatividad/norma568.pdf>
- [11] Tatiana Rojas, «Norma TIA 568 C». Accedido: 1 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://prezi.com/p/wejgrope3kph/norma-tia-568-c/>
- [12] AscentOptics, «Convertidor de medios: la guía definitiva». Accedido: 15 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ascentoptics.com/blog/es/media-converter-the-ultimate-guide/>
- [13] tp-link, «Convertor de medios Gigabit Ethernet». Accedido: 21 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.tp-link.com/ec/business-networking/accessory/mc200cm/>

- [14] Lucero Artemio, «DESCUBRA LOS DIFERENTES TIPOS DE CONVERTIDORES DE MEDIOS DE FIBRA». Accedido: 15 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://fiberroad.com/es/resources/tech-notes/types-of-fiber-media-converters/>
- [15] AscentOptics, «Módulo SFP: todo lo que necesita saber». Accedido: 2 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ascentoptics.com/blog/es/sfp-module-everything-you-need-to-know/>
- [16] Jairo Rojas Campo, «CCTV: Qué es, sus tipos y equipos que lo componen». Accedido: 13 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.tecnoseguro.com/faqs/cctv/que-es-cctv>
- [17] Polaridad.es, «Los componentes esenciales de un sistema CCTV: todo lo que necesitas saber». Accedido: 14 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://polaridad.es/componentes-de-un-sistema-cctv/>
- [18] Grupo Control Seguridad, «Qué son las cámaras de seguridad». Accedido: 15 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.grupocontrol.com/camaras-seguridad-que-son/>
- [19] IMSEL, «Tipos de Cámaras de Seguridad: Una Guía Completa». Accedido: 2 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.imsel.com/tipos-camaras-seguridad/>
- [20] T-Systems, «Así han evolucionado los sistemas de videovigilancia junto con la tecnología». Accedido: 13 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.t-systemsblog.es/sistemas-videovigilancia-tecnologia/>
- [21] TP-LINK, «Routers Inalámbricos: Archer C50». Accedido: 13 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.tp-link.com/ec/home-networking/wifi-router/archer-c50/>

- [22] SinCablesEC, «CRS112-8G-4S-IN Cloud Router Switch MikroTik». Accedido: 13 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.sincables.com.ec/product/mikrotik-crs112-8g-4s-in-cloud-router-switch-8puertos-gigabit-4sfp/>
- [23] Telematics Telematica & IoT, «MikroTik Transceiver S-31DLC20D». Accedido: 13 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mctelematics.com/producto/transceiver-mikrotik-sfp-20km-125g-lc-monomodo/>
- [24] SinCablesEC, «WI-MC111G Transceiver Wi-Tek 10/100/1000Mbps SM y MM», Accedido: 14 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.sincables.com.ec/product/wi-mc111g-transceiver-wi-tek-10-100mbps-sm-y-mm/>
- [25] CalmeTecno, «Cámara de seguridad IP Wifi 2.4G 1080P Auto Seguimiento». Accedido: 14 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://colmetecno.com/products/copia-de-camara-de-seguridad-ip-wifi-5g-1080p-auto-seguimiento-qc6?srsltid=AfmBOoqZCLZULIMPqqw4zBGIB_ogV8HfzYZvavtBYy2reWybQc2Vj pz4
- [26] HENTEL, «Cable de conexión de 20 m, LC/UPC-LC/UPC, conector SM DX». Accedido: 17 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://hentel.com.ec/tiendaenlinea/fibra-optica/connection_accesorios/3547_pc-lc-upclc-upc-sm-dx-20m/
- [27] HENTEL, «CABLE UTP CATEGORIA 5E NEGRO (305M) EXTERIOR SIN GEL». Accedido: 17 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://hentel.com.ec/tiendaenlinea/wire-cable/connection_cobre/5589_bob-utp-cat-5e-negro-exts-gel/

- [28] Trimble, «SketchUp». Accedido: 1 de diciembre de 2024. [En línea].
Disponible en: <https://www.sketchup.com/es>
- [29] Optiware, «OptiSystem». Accedido: 1 de diciembre de 2024. [En línea].
Disponible en: <https://optiwave.com/optisystem-overview/>