

FRANK EDISON HIRPANOCA PINEDA

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA E...

 TESIS DE MAESTRIAS

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::13016:527367751

Fecha de entrega

13 nov 2025, 10:43 GMT-5

Fecha de descarga

13 nov 2025, 12:16 GMT-5

Nombre del archivo

T036_72220061_T.docx

Tamaño del archivo

16.2 MB

134 páginas

22.683 palabras

123.626 caracteres

19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 16%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 11%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 16% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 11% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.undac.edu.pe	2%
2	Internet	repositorio.uch.edu.pe	<1%
3	Internet	docplayer.es	<1%
4	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
5	Internet	hdl.handle.net	<1%
6	Internet	repositorio.uancv.edu.pe	<1%
7	Internet	www.coursehero.com	<1%
8	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2024-10-31	<1%
9	Internet	fibrapedia.puntanetwork.com	<1%
10	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	<1%
11	Internet	repositorio.ucsg.edu.ec	<1%

12	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-11-08	<1%
13	Internet	upc.aws.openrepository.com	<1%
14	Internet	repositorio.unac.edu.pe	<1%
15	Internet	www.ptolomeo.unam.mx:8080	<1%
16	Internet	repositorio.itm.edu.co	<1%
17	Internet	repositorio.utn.edu.ec	<1%
18	Trabajos del estudiante	Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2024-09-22	<1%
19	Internet	bibdigital.epn.edu.ec	<1%
20	Publicación	Cely Mancipe, Manuel Arturo. "Generación De señales WDM Utilizado Fuentes An...	<1%
21	Trabajos del estudiante	Universidad de Guayaquil on 2023-03-12	<1%
22	Internet	repositorio.uisrael.edu.ec	<1%
23	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2023-12-25	<1%
24	Trabajos del estudiante	Universidad Católica Boliviana "San Pablo" on 2024-11-04	<1%
25	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Mayor de San Marcos on 2025-06-27	<1%

26	Internet	xdoc.mx	<1%
27	Internet	dokumen.pub	<1%
28	Internet	ebin.pub	<1%
29	Internet	repositorio.upla.edu.pe	<1%
30	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-21	<1%
31	Trabajos del estudiante	Universidad Distrital FJDC on 2023-05-12	<1%
32	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE o...	<1%
33	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-21	<1%
34	Internet	cybertesis.uach.cl	<1%
35	Internet	repositorio.untels.edu.pe	<1%
36	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2024-10-15	<1%
37	Trabajos del estudiante	Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2025-09-02	<1%
38	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE o...	<1%
39	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE o...	<1%

40	Internet	risisbi.uqroo.mx	<1%
41	Trabajos del estudiante	UNIV DE LAS AMERICAS on 2018-09-12	<1%
42	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2024-10-31	<1%
43	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-10-04	<1%
44	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Tecnologica De Lima Sur on 2024-12-02	<1%
45	Trabajos del estudiante	Universidad TecMilenio on 2024-01-20	<1%
46	Internet	es.slideshare.net	<1%
47	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE on 2023-04-05	<1%
48	Trabajos del estudiante	Universidad de Pamplona on 2023-08-14	<1%
49	Internet	patents.google.com	<1%
50	Internet	repositorio.ug.edu.ec	<1%
51	Internet	repositorioacademico.upc.edu.pe	<1%
52	Internet	www.dspace.espol.edu.ec	<1%
53	Trabajos del estudiante	Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2025-04-18	<1%

54	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2016-03-03	<1%
55	Internet	repositorio.uladech.edu.pe	<1%
56	Publicación	Mendoza Claros, María Fernanda Zúñiga Lobatón de Colacci, María Adriana. "Est...	<1%
57	Internet	optiwave.com	<1%
58	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2023-11-14	<1%
59	Trabajos del estudiante	UNIV DE LAS AMERICAS on 2016-10-06	<1%
60	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2023-03-30	<1%
61	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-22	<1%
62	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD, UNAD on 2025-10-28	<1%
63	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo on 2020-08-27	<1%
64	Internet	dspace-uh-tmp.igniteonline.la	<1%
65	Internet	repositorio.upea.bo	<1%
66	Trabajos del estudiante	tec on 2019-04-06	<1%
67	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-21	<1%

68	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-11-09	<1%
69	Trabajos del estudiante	Universidad Santo Tomas on 2015-04-28	<1%
70	Trabajos del estudiante	Universidad de Guayaquil on 2024-02-02	<1%
71	Internet	microbiologynote.com	<1%
72	Internet	www.tutesis.com	<1%
73	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD on 2024-03-15	<1%
74	Internet	www.slideshare.net	<1%
75	Publicación	Cuesta Quintero, Fabian Ranulfo. "Diseño de un sistema de transmisión WDM-SC..."	<1%
76	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2024-10-31	<1%
77	Trabajos del estudiante	Universidad TecMilenio on 2024-01-31	<1%
78	Internet	munisunampe.gob.pe	<1%
79	Internet	oa.upm.es	<1%
80	Internet	repositorio.unesum.edu.ec	<1%
81	Internet	repositorio.unsch.edu.pe	<1%

82	Trabajos del estudiante tec on 2020-08-06	<1%
83	Trabajos del estudiante FIEC on 2025-09-04	<1%
84	Trabajos del estudiante Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-01-22	<1%
85	Trabajos del estudiante Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-10-20	<1%
86	Trabajos del estudiante Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-11-03	<1%
87	Trabajos del estudiante Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD on 2025-10-23	<1%
88	Trabajos del estudiante Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2024-09-16	<1%
89	Trabajos del estudiante Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador on 2025-08-12	<1%
90	Trabajos del estudiante Universidad TecMilenio on 2024-01-20	<1%
91	Trabajos del estudiante Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC on 2025-11-09	<1%
92	Trabajos del estudiante Universidad de Guayaquil on 2023-03-10	<1%
93	Trabajos del estudiante University of Wales central institutions on 2023-09-12	<1%
94	Internet dspace.utb.edu.ec	<1%
95	Internet or.revistapasajes.com	<1%

96	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%
97	Internet	repositorio.usanpedro.edu.pe	<1%
98	Internet	repositorio.utesup.edu.pe	<1%
99	Internet	s78aq.gch2020.eu	<1%
100	Internet	sessionId=EDZOIRMFYDQHGCTFR0HHJGQKMWHI0TNS	<1%
101	Trabajos del estudiante	uncedu on 2024-02-06	<1%
102	Internet	www.colmich.edu.mx	<1%
103	Internet	www.univerciudad.net	<1%
104	Internet	1library.co	<1%
105	Trabajos del estudiante	Atlantic International University on 2010-09-03	<1%
106	Trabajos del estudiante	Corporación Universitaria del Sucre - Corposucre on 2024-08-20	<1%
107	Publicación	Imene Sekkiou. "Design of communication systems based on broadband sources ...	<1%
108	Publicación	Romero Melo, Daniel Eduardo. "Diseño de una Red de Acceso Basada en GPON/SC...	<1%
109	Trabajos del estudiante	Universidad Americana on 2025-10-15	<1%

110	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-08-07	<1%
111	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-22	<1%
112	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-10-21	<1%
113	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-11-08	<1%
114	Trabajos del estudiante	Universidad Distrital FJDC on 2023-05-15	<1%
115	Trabajos del estudiante	Universidad Libre - Sede Bogota on 2025-10-30	<1%
116	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD on 2025-10-28	<1%
117	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Educacion Enrique Guzman y Valle on 2021-12-21	<1%
118	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2023-07-03	<1%
119	Trabajos del estudiante	Universidad TecMilenio on 2024-02-01	<1%
120	Trabajos del estudiante	Universidad TecMilenio on 2024-10-25	<1%
121	Internet	intellectum.unisabana.edu.co	<1%
122	Internet	intranet.aidimme.es	<1%
123	Internet	repositorio.continental.edu.pe	<1%

124	Internet	repositorio.unicauca.edu.co:8080	<1%
125	Internet	repositorio.unprg.edu.pe	<1%
126	Internet	rraae.cedia.edu.ec	<1%
127	Trabajos del estudiante	uaq on 2023-04-14	<1%
128	Trabajos del estudiante	ucb on 2025-07-25	<1%
129	Trabajos del estudiante	uncedu on 2024-10-01	<1%
130	Internet	www.aregional.com	<1%
131	Internet	www.askaamc.org	<1%
132	Internet	www.congresobc.gob.mx	<1%
133	Internet	www.fibernet.es	<1%
134	Internet	www.programadeseguridad.com	<1%

43

UNIVERSIDAD ANDINA**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ****FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES****ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON
MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD
DE ONDA EN CÁMARAS DE SEGURIDAD
EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**

110

TESIS PRESENTADA POR:**Bach. FRANK EDISON HIRPANOCA PINEDA****PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES**

61

JULIACA – PERÚ**2025**

UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

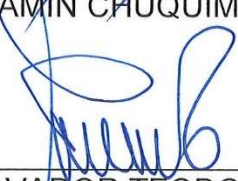
ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON
MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD
DE ONDA EN CÁMARAS DE SEGURIDAD
EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. FRANK EDISON HIRPANOCA PINEDA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE	:  Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
PRIMER MIEMBRO	:  Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
SEGUNDO MIEMBRO	:  Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS
ASESOR DE TESIS	:  Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES – P19

UNIVERSIDAD ANDINA

“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1007-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-7157 presentado por el (la) Bachiller: **FRANK EDISON HIRPANOCA PINEDA** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **FRANK EDISON HIRPANOCA PINEDA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA EN CÁMARAS DE SEGURIDAD EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES** para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
- * **1er Miembro** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * **2do Miembro** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Ing. **ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **FRANK EDISON HIRPANOCA PINEDA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA EN CÁMARAS DE SEGURIDAD EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL** para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 11 de septiembre del 2025
- * **HORA** : 14:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 204 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. OSCAR V. VAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

cc.
Archivo
interesado (a)


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 007-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 06 de enero del 2025

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 15582 por el señor (a): **FRANK EDISON HIRPANOCA PINEDA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1572- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 011- 2024 del integrante del comité de investigación **EPIET** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **FRANK EDISON HIRPANOCA PINEDA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA EN CÁMARAS DE SEGURIDAD EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Ing. **Adwar Ranulfo Sanchez Carreón** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 011- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA EN CÁMARAS DE SEGURIDAD EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

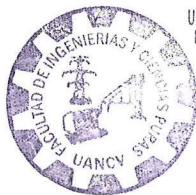
RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **FRANK EDISON HIRPANOCA PINEDA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA EN CÁMARAS DE SEGURIDAD EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la, Ing. **ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
Dr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA

“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 777-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-07693, presentado el señor (a) **FRANK EDISON HIRPANOCA PINEDA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 574 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 001 -2024 del integrante del comité de investigación **EPIET** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **FRANK EDISON HIRPANOCA PINEDA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA EN CÁMARAS DE SEGURIDAD EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreón** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 001 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA EN CÁMARAS DE SEGURIDAD EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **FRANK EDISON HIRPANOCA PINEDA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA EN CÁMARAS DE SEGURIDAD EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MATHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



Dr. Frank Edilson Posa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



Metadatos Complementarios

TÍTULO DE LA TESIS	
ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA EN CÁMARAS DE SEGURIDAD EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Frank Edison Hirpanoca Pineda
Tipo de documento de identidad	DNI
Numero de documento de identidad	72220061
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0001-3676-3099
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Adwar Ranulfo Sanchez Carreon
Tipo de documento de identidad	DNI
Numero de documento de identidad	02064066
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8065-6533
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Benjamin Chuquimamani Quinto
Tipo de documento	DNI
Numero de documento de identidad	02406088
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Salvador Teodoro Valdivia Cardenas
Tipo de documento	DNI
Numero de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Carlos Alejandro Caceres Vargas
Tipo de documento	DNI
Numero de documento de identidad	29591476

Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de las telecomunicaciones - P19
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Longitud oeste: -15.531950102419549, Latitud sur: -70.11880345244266  Url: https://maps.app.goo.gl/ZPcmdLZG2ntpnkep8
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2024 – Setiembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html -Librería	Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.00 Telecomunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05



Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo FRANK EDISON HIRPANOCA PINEDA, identificado con DNI
Nro. 72220061, en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad,**

☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

informo que he elaborado el/la ☒ **Tesis** o ☐ **Trabajo de Investigación**, ☐ **Trabajo Académico**
denominada:

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON MULTIPLEXACIÓN
POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA EN CÁMARAS DE SEGURIDAD EN EL
DISTRITO DE SAN MIGUEL

Asesorado por: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 22 de Octubre del 2025

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, quienes me han brindado los recursos necesarios para estudiar permitiéndome alcanzar mis objetivos y lograr cumplir una más de mis metas y aumentar el deseo de esforzarme más y cumplir muchas metas más.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, por su gran apoyo incondicional y por orientarme constantemente.

Su confianza que me brindan han sido fundamentales para alcanzar este logro,

agradezco a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez por toda la enseñanza que

me brindaron y finalmente extendiendo mi gratitud a

mis amigos por su compañerismo y aliento.

111

42

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Análisis de la situación problemática	1
1.2. Planteamiento del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Justificación del estudio	3
1.3.1. Justificación técnica	3
1.3.2. Justificación económica	4
1.3.3. Justificación social	4
1.4. Objetivos de la investigación	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Delimitación del estudio	5
1.5.1. Geográfica	5
1.5.2. Temporal	5

1.5.3. Tecnológica.....	5
23 1.6. Hipótesis de la investigación.....	5
1.6.1. Hipótesis general.....	5
1.6.2. Hipótesis específicas.....	6
1.7. Variables	6
56 1.7.1. Operacionalización de las variables de estudio	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedes del estudio	8
2.1.1. Antecedentes Internacionales	8
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	9
22 2.2. Marco Teórico.....	11
2.2.1. Fibra Óptica.....	11
2.2.2. Tipos de Fibra Óptica	15
2.2.3. Propiedades de transmisión de la Fibra Óptica	24
2.2.4. Parámetros específicos de fibra óptica.....	27
96 2.2.5. Ventajas de la Fibra Óptica	28
2.2.6. Fundamentos de la transmisión por fibra óptica	29
2 2.2.7. Frecuencias para la Transmisión con Fibra Óptica.....	30
2.2.8. Fiber to the home (FTTH).....	33
2.2.9. Características	34
108 2.2.10. Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM)	35
29 2.3. Marco Conceptual.....	41
2.3.1. Cámaras de Seguridad.....	41
2.3.2. Densidades de Canales	42

8

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de Investigación.....	43
3.2. Tipo de Investigación.....	43
3.3. Nivel de Investigación.....	44
3.4. Diseño de Investigación.....	44
3.5. Método de Investigación.....	44
3.6. Descripción del ámbito de la Investigación.....	45
3.7. Ubicación geográfica de la investigación.....	45
3.8. Población y muestra.....	45
3.8.1. Población.....	45
3.8.2. Muestra.....	45
3.9. Técnicas e instrumentos.....	46
3.9.1. Técnicas.....	46
3.9.2. Instrumentos.....	46
3.10. Recolección y procesamiento de la información.....	46

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Identificación de los puntos de acceso para las cámaras de seguridad.....	48
4.2. Arquitectura de la red de fibra óptica WDM.....	52
4.3. Diseño de la red de fibra óptica WDM.....	57
4.4. Discusión.....	89
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS.....	97

59

58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Figura 1 Crímenes con mayor tasa de víctimas en áreas urbanas de Perú.....	2
35	Figura 2 Análisis de la Estructura Transversal de una Fibra Óptica	11
	Figura 3 Perfil escalonado de una fibra óptica.....	12
47	Figura 4 Componentes de la Fibra Óptica.....	14
	Figura 5 Fibra Multimodo con índice Escalonado.....	16
	Figura 6 Dispersión por Polarización en Fibra Monomodo de Geometría Asimétrica	18
	Figura 7 Clasificación y Características de las Fibras Ópticas	19
	Figura 8 Fibra Óptica Monomodo de Alta Precisión	20
	Figura 9 Cable de estructura holgada	23
47	Figura 10 Tubo Suelto para Cable de Fibra Óptica	23
	Figura 11 Estudio de las Ventanas de Transmisión en Fibra Óptica	25
	Figura 12 Espectro Luminoso en Relación con la Frecuencia	31
1	Figura 13 Relación entre Colores y Longitud de Onda en el Espectro de Luz Visible.....	32
	Figura 14 Arquitectura de Redes FTTH.....	33
3	Figura 15 Sistema de Multiplexación por División en Longitud de Onda (WDM)	36
	Figura 16 Multiplexación por división de longitud de onda	38
	Figura 17 Monitoreo Masivo.....	41
	Figura 18 Localización de las cámaras de seguridad Zona A.....	49
	Figura 19 Localización de las cámaras de seguridad Zona B.....	50
17	Figura 20 Diagrama de bloques de la red de fibra óptica DWM	52
	Figura 21 Flujo de procesos para la generación y transmisión de datos de cámaras.....	55

Figura 22	Generación y modulación de señales ópticas mediante NRZ y láser CW	58
Figura 23	Configuración del generador de pulsos NRZ.....	59
Figura 24	Parámetros de simulación del sistema óptico.....	61
Figura 25	Configuración de los cuatro puntos de acceso	64
Figura 26	Configuración del láser CW para los cuatro canales	66
Figura 27	Espectro de potencia de la señal en el analizador RF Spectrum Analyzer	68
Figura 28	Arquitectura de transmisión en fibra óptica WDM: Mux, Fibra y Demux	70
Figura 29	Configuración de la fibra óptica: parámetros de longitud y atenuación	72
Figura 30	Análisis espectral óptico de señales multiplexadas de Fibra Óptica	73
Figura 31	Análisis de señal en el receptor óptico	75
Figura 32	Configuración de parámetros de simulación en el sistema óptico	76
Figura 33	Demultiplexación de señales ópticas en los cuatro receptores.....	78
Figura 34	Espectro óptico de los cuatro canales tras la demultiplexación	80
Figura 35	Diagrama de ojo del canal 1 para evaluación de calidad de la señal óptica	82
Figura 36	Diagrama de ojo del canal 2 para evaluación de calidad de la señal óptica	84
Figura 37	Diagrama de ojo del canal 3 para evaluación de calidad de la señal óptica	86
Figura 38	Diagrama de ojo del canal 4 para evaluación de calidad de la señal óptica	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Cuadro de Operacionalización de Variables</i>	7
Tabla 2 <i>Clasificación de la fibra óptica monomodo</i>	20

RESUMEN

La presente investigación se enfoca en el diseño y simulación de una red de fibra óptica con tecnología de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) para optimizar la transmisión de datos en cámaras de seguridad en el distrito de San Miguel. El objetivo principal fue analizar y diseñar un sistema que mejore la eficiencia y confiabilidad de la videovigilancia mediante soluciones teóricas desarrolladas en el software OptiSystem. En el desarrollo, se identifican los requisitos técnicos necesarios para las cámaras de seguridad, como resolución, ancho de banda y capacidad de transmisión. Estos parámetros sirvieron como base para el diseño de una arquitectura de red óptica capaz de gestionar múltiples señales simultáneamente. El sistema se simuló empleando componentes como generadores de pulsos, moduladores analíticos, láseres CW, multiplexores y demultiplexores WDM. Además, se realizaron análisis detallados de desempeño utilizando herramientas del software, como diagramas de ojo y análisis espectrales, para evaluar la calidad de la señal en cada etapa del proceso. Los resultados de las simulaciones mostraron que el diseño propuesto garantiza una transmisión de datos confiable y de alta calidad, con factores como el Factor Q elevado y tasas de error insignificantes ($BER = 0$). Estos resultados respaldan la viabilidad teórica del sistema y demuestran que el diseño puede satisfacer las necesidades de videovigilancia en el distrito. En conclusión, este estudio aporta una solución viable para optimizar la transmisión de datos en redes de cámaras de seguridad utilizando tecnología WDM, validada mediante simulaciones, sentando las bases para futuras implementaciones prácticas.

Palabras Claves: Análisis espectral, Cámaras de seguridad, Fibra óptica, Multiplexación WDM, Simulación OptiSystem.

123

ABSTRACT

84

This research focuses on the design and simulation of a fiber optic network with wavelength division multiplexing (WDM) technology to optimize data transmission in security cameras in the district of San Miguel. The main objective was to analyze and design a system that improves the efficiency and reliability of video surveillance through theoretical solutions developed in OptiSystem software. In the development, the necessary technical requirements for security cameras were identified, such as resolution, bandwidth and transmission capacity. These parameters served as the basis for the design of an optical network architecture capable of handling multiple signals simultaneously. The system was simulated using components such as pulse generators, analytical modulators, CW lasers, multiplexers and WDM demultiplexers. In addition, detailed performance analysis was performed using software tools such as eye diagrams and spectral analysis to evaluate the signal quality at each stage of the process. Simulation results showed that the proposed design ensures reliable and high quality data transmission, with factors such as high Q-Factor and negligible error rates ($BER = 0$). These results support the theoretical feasibility of the system and demonstrate that the design can meet the video surveillance needs in the district. In conclusion, this study provides a viable solution for optimizing data transmission in security camera networks using WDM technology, validated by simulations, laying the groundwork for future practical implementations.

Keywords: Spectral analysis, Security cameras, Optical fiber, WDM multiplexing, OptiSystem simulation.

INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de garantizar la seguridad en entornos urbanos ha llevado al desarrollo de sistemas de videovigilancia más eficientes y confiables. En este contexto, las redes de fibra óptica con tecnología de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) representan una solución para la transmisión de datos de cámaras de seguridad, permitiendo manejar grandes volúmenes de información de forma simultánea y con alta calidad.

Este estudio tiene como objetivo principal diseñar y simular una red óptica WDM adaptada para optimizar el desempeño de las cámaras de seguridad en el distrito de San Miguel. Para ello, se utilizó el software OptiSystem, que permitió realizar simulaciones detalladas del sistema, evaluar su rendimiento y validar su viabilidad teórica. La investigación no solo aborda la identificación de requisitos técnicos clave, sino que también desarrolla una arquitectura de red que integra tecnologías que permitan garantizar una transmisión eficiente y confiable.

La relevancia de esta investigación radica en que proporciona un diseño teórico que podría ser implementado en futuras infraestructuras de seguridad, fortaleciendo los sistemas de vigilancia urbana y mejorando la capacidad de respuesta ante incidentes. Desde este enfoque, se busca contribuir al desarrollo de redes ópticas que respondan a las crecientes demandas de seguridad en entornos urbanos.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Análisis de la situación problemática

En un mundo cada vez más urbanizado, la seguridad ciudadana se ha convertido en una prioridad crítica. Las poblaciones urbanas están creciendo rápidamente, y las ciudades enfrentan desafíos significativos para mantener a sus habitantes seguros.

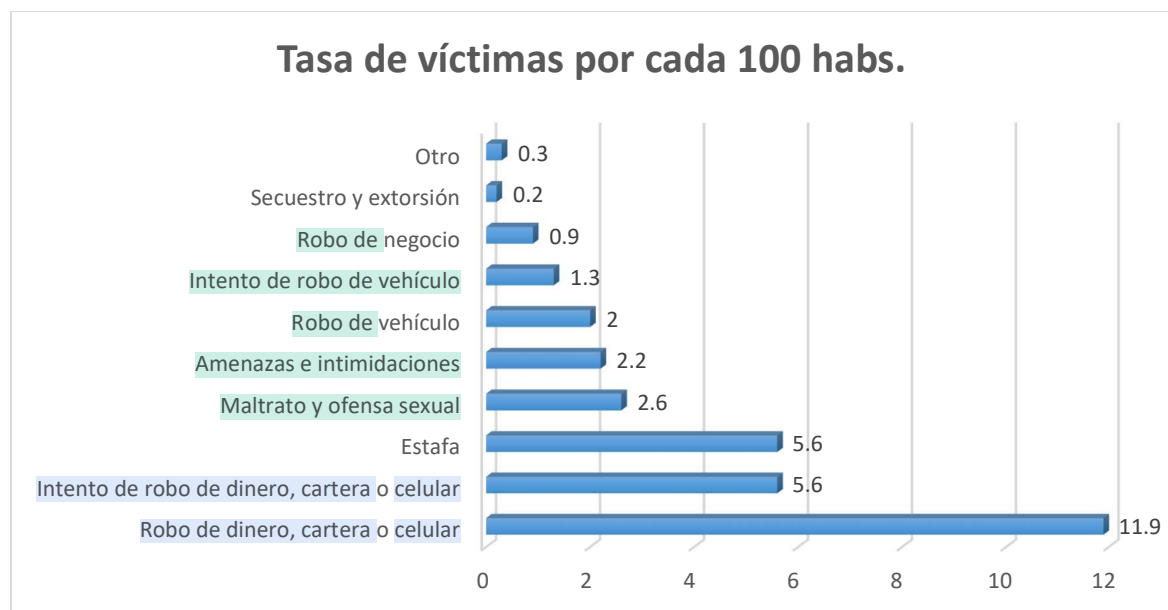
A nivel Mundial, las ciudades alrededor del mundo están experimentando un rápido crecimiento urbano, con una población urbana proyectada que aumentará en 1.56 mil millones para 2040 (Rishi, 2021). Este crecimiento demográfico trae consigo el desafío significativo de mantener la seguridad pública. Las amenazas varían desde delitos menores hasta ataques terroristas, y los entornos urbanos se ven constantemente desafiados a responder y prevenir incidentes. La tecnología juega un papel crucial en la creación de ciudades inteligentes, donde la implementación de cámaras de vigilancia puede mejorar considerablemente la seguridad pública. Las soluciones tecnológicas avanzadas permiten una vigilancia eficiente, la recopilación de datos en tiempo real y una respuesta rápida a incidentes, lo cual es esencial para proteger a los residentes de las ciudades (Rishi, 2021).

A nivel Nacional, en el Perú, los datos indican un aumento significativo en los delitos en áreas urbanas. Entre enero y junio de 2023, Lima Metropolitana, Puno y Tacna presentaron los mayores porcentajes de víctimas de hechos delictivos. Lima Metropolitana reportó un 33.6% de víctimas de delitos, lo que refleja un incremento notable respecto al año anterior. El tipo de delito más común fue el robo de dinero, carteras o celulares,

afectando al 11.9% de los habitantes urbanos entre julio y diciembre de 2023 (Statista, 2024). Además, existe un problema de confianza en las autoridades, con aproximadamente el 39% de las personas que no denuncian los crímenes por considerarlo una pérdida de tiempo (Statista, 2024). Este contexto subraya la necesidad urgente de mejorar las medidas de seguridad y la confianza pública en el sistema de justicia.

Figura 1

Crímenes con mayor tasa de víctimas en áreas urbanas de Perú



Nota. Elaboración Propia realizada a partir de los datos obtenidos por (Statista, 2024).

A nivel Local, en el distrito de San Miguel, la municipalidad implementa diversas acciones anuales para prevenir y combatir la delincuencia, conforme al “Plan de Acción Distrital de Seguridad Ciudadana”. Una medida importante es el uso de cámaras de videovigilancia, respaldada por la Ley N.º 30120, que regula el uso de cámaras de seguridad públicas y privadas. Sin embargo, las cámaras actuales son insuficientes para cubrir todas las necesidades del distrito. La mejora en la infraestructura de videovigilancia es esencial, y aquí es donde entra en juego la tecnología de comunicación por fibra óptica. Esta tecnología garantiza un escalamiento rentable del tráfico de red, permitiendo una transmisión de datos de alta capacidad y baja latencia, esencial para una vigilancia efectiva y en tiempo real (Winzer, 2015).

Es por ello que el uso de una red de fibra óptica con multiplexación por división de longitud de onda (WDM) puede transformar la capacidad de San Miguel para gestionar la seguridad pública. Esta tecnología permite el transporte de múltiples señales ópticas a altas velocidades, asegurando una transmisión de datos eficiente y confiable. Esto no solo mejora la calidad de la vigilancia, sino que también facilita una respuesta más rápida y coordinada ante incidentes de seguridad, mejorando la seguridad general del distrito.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

- **PG:** ¿Cómo analizar y diseñar una red de fibra óptica con multiplexación por división de longitud de onda (WDM) en cámaras de seguridad para el distrito de San Miguel?

1.2.2. Problemas específicos

- **PE1:** ¿Cuáles son los requisitos técnicos necesarios para implementar un sistema de cámaras de seguridad eficiente en el distrito de San Miguel?
- **PE2:** ¿Cómo debe diseñarse la arquitectura de la red de fibra óptica WDM para optimizar la transmisión de datos de las cámaras de seguridad?
- **PE3:** ¿Qué resultados se obtienen al validar el diseño de la red de fibra óptica WDM mediante pruebas y análisis de desempeño utilizando el software OptiSystem?

1.3. Justificación del estudio

1.3.1. Justificación técnica

La propuesta se justifica técnicamente porque permite mejorar la calidad de transmisión de los sistemas de videovigilancia mediante el uso de fibra óptica con tecnología WDM. Este tipo de red soporta un mayor ancho de banda, baja latencia y mínima pérdida de señal, garantizando la transmisión simultánea de múltiples flujos de video con buena calidad. Además, el uso del software OptiSystem permite analizar y simular el comportamiento de la red antes de su implementación, verificando parámetros como la

atenuación, dispersión y factor Q. Con ello, se asegura que el diseño cumpla con los requerimientos técnicos necesarios para una comunicación óptica estable y confiable en el distrito de San Miguel.

1.3.2. Justificación económica

Desde el punto de vista económico, el diseño de la red WDM representa una solución eficiente a largo plazo, ya que reduce costos de mantenimiento, reemplazo de equipos y ampliaciones futuras. La fibra óptica tiene una vida útil prolongada y puede reutilizarse al incorporar nuevas longitudes de onda sin necesidad de instalar más cables. Esto optimiza la inversión inicial y mejora el aprovechamiento de recursos municipales destinados a la seguridad. Además, una transmisión confiable evita pérdidas por fallos del sistema y permite una gestión más rentable de la infraestructura de videovigilancia.

1.3.3. Justificación social

La justificación social se basa en la mejora directa de la seguridad ciudadana. El diseño de la red óptica con tecnología WDM permitirá un monitoreo continuo, estable y de alta resolución en las cámaras del distrito, facilitando una respuesta rápida ante incidentes. Con ello se incrementa la protección de los habitantes y se fortalece la confianza de la población en las acciones de vigilancia y control. También contribuye a la prevención del delito y al mejor funcionamiento del sistema de seguridad distrital.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

- **OG:** Analizar y diseñar una red de fibra óptica con multiplexación por división de longitud de onda (WDM) en cámaras de seguridad para el distrito de San Miguel.

1.4.2. Objetivos específicos

- **OE1:** Identificar y especificar los requisitos técnicos para las cámaras de seguridad en el distrito de San Miguel.
- **OE2:** Diseñar la arquitectura de la red de fibra óptica WDM para optimizar la transmisión de datos de las cámaras de seguridad.

- **OE3:** Validar el diseño mediante pruebas y análisis de desempeño utilizando el software OptiSystem.

1.5. Delimitación del estudio

1.5.1. Geográfica

Este estudio se llevará a cabo en el distrito de San Miguel, uno de los cinco distritos que conforman la provincia de San Román, ubicada en el departamento de Puno, al sur del Perú.

1.5.2. Temporal

El estudio se desarrollará durante un período de 5 meses, comprendiendo desde junio de 2024 hasta octubre del 2024. Este período incluye las fases de planificación, análisis de requisitos, diseño de la red y validación mediante pruebas de desempeño. El marco temporal también abarca la recopilación y análisis de datos necesarios para evaluar la efectividad de la red de videovigilancia.

1.5.3. Tecnológica

El estudio se centrará en el análisis y diseño de una red de fibra óptica utilizando la tecnología de multiplexación por división de longitud de onda (WDM). Esta tecnología permitirá la transmisión eficiente y de alta capacidad de los datos generados por las cámaras de seguridad. Además, se utilizará el software OptiSystem para simular y validar el diseño de la red, asegurando que cumple con los requisitos técnicos y operativos necesarios para mejorar la seguridad en el distrito de San Miguel.

1.6. Hipótesis de la investigación

1.6.1. Hipótesis general

- **HG:** El análisis y diseño de una red de fibra óptica con multiplexación por división de longitud de onda (WDM) mejorará la capacidad de transmisión de datos y la eficiencia de cámaras de seguridad en el distrito de San Miguel.

8

1.6.2. Hipótesis específicas

- **HE1:** La identificación y especificación de los requisitos técnicos para las cámaras de seguridad en el distrito de San Miguel permitirá un diseño más eficiente y eficaz.
- **HE2:** El diseño de una arquitectura de red de fibra óptica WDM optimizará la transmisión de datos, mejorando la cobertura y calidad de las cámaras de seguridad.
- **HE3:** La validación del diseño de la red mediante pruebas y análisis de desempeño utilizando el software OptiSystem demostrará que la red de fibra óptica WDM mejora la de transmisión de datos y la eficiencia de las cámaras de seguridad.

5

80

1.7. Variables

- a) **Variable Independiente:** Red de fibra óptica con multiplexación por división de longitud de onda (WDM)

Indicadores:

- Ancho de banda
- Pérdida de señal
- Tiempo medio entre fallos (MTBF)
- Tiempo de latencia
- Retardo en la transmisión de datos

- b) **Variable Dependiente:** Cámaras de seguridad para el distrito de San Miguel

Indicadores:

- Tasa de cuadros por segundo
- Ángulo de visión
- Distancia de alcance efectiva
- Tiempo de respuesta

9

12

1.7.1. Operacionalización de las variables de estudio

Tabla 1

Cuadro de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	TIPO	MEDICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Red de fibra óptica con multiplexación por división de longitud de onda (WDM)	Una red de fibra óptica (WDM) utiliza múltiples longitudes de onda de luz para transmitir datos simultáneamente por una sola fibra óptica, optimizando la capacidad y eficiencia en la transmisión de información a alta velocidad y larga distancia.	La red de fibra óptica con multiplexación por división de longitud de onda (WDM) será implementada y evaluada en San Miguel, midiendo la capacidad de transmisión (Mbps), la pérdida de señal (dB/km), y la latencia (ms) para garantizar una videovigilancia eficiente.	Independiente	Razón	Capacidad de Transmisión de Datos	Ancho de banda	(Mbps)
					Calidad de la Señal	Pérdida de señal	(dB/km)
					Fiabilidad	Tiempo medio entre fallos (MTBF)	(h)
					Latencia y Retardo	Tiempo de latencia	(ms)
						Retardo en la transmisión de datos	(ms)
Cámaras de seguridad para el distrito de San Miguel	Son dispositivos de videovigilancia instalados en áreas críticas para monitorear y grabar actividades, mejorando la seguridad pública mediante la disuasión de delitos y la provisión de evidencia visual para la respuesta y resolución de incidentes.	El uso de estos dispositivos en el software se validará mediante su resolución, ángulo de visión, y tasa de cuadros por segundo para asegurar una cobertura efectiva y la calidad de las imágenes para la vigilancia y seguridad pública.	Dependiente	Razón	Calidad de la Imagen	Tasa de cuadros por segundo	(fps)
					Cobertura y Alcance	Ángulo de visión	(°)
						Distancia de alcance efectiva	(m)

18

45

125

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedes del estudio

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Soto J. (2023) en su tesis de maestría “*Conversor modal óptico sintonizable basado en una red de difracción grabada en fibra óptica de pocos modos para su uso en sistemas de multiplexación por división moda*”, tuvo como objetivo desarrollar un conversor modal para redes de fibra óptica de pocos modos, utilizando una red de difracción grabada en la fibra. La metodología incluyó el diseño y construcción del conversor, con un enfoque en la automatización mediante el desarrollo del sistema OptiGUI DataCollector para monitorear y procesar datos. Los resultados mostraron una eficiencia de conversión superior al 93.7% y una eficiencia máxima del 98.74%. Además, se demostró la sensibilidad del conversor a la longitud de onda del láser, la orientación del polarizador y la temperatura, confirmando su capacidad de sintonización. El sistema de automatización mejoró la repetibilidad y precisión de los datos, facilitando su uso en futuros proyectos de investigación.

Soto M. (2022) en su tesis “*Diseño e implementación de una red CWDM para el monitoreo de servicios*”, tuvo como objetivo explorar alternativas para satisfacer la creciente demanda de ancho de banda en telecomunicaciones mediante el uso de fibra óptica, especialmente en redes metropolitanas. La metodología consistió en evaluar tres métodos para aumentar la capacidad: instalación de más cables, incremento de la tasa de

bits y multiplexación por división de longitud de onda (WDM). Los resultados mostraron que la multiplexación por longitud de onda, especialmente Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM), es la tecnología más eficaz para enlaces de larga distancia (más de 50 km), ofreciendo una transmisión rápida, eficiente y fiable a un costo menor. La implementación de DWDM permitió a los proveedores mejorar significativamente la capacidad y calidad del servicio, satisfaciendo las necesidades de los clientes de manera eficiente.

Cely (2022) en su tesis de maestría *“Generación de señales WDM utilizando fuentes anchas y multiplexación por división de polarización para sistemas de radio sobre fibra”*, tuvo como objetivo diseñar una arquitectura para la generación de señales WDM utilizando fuentes anchas y multiplexación por división de polarización para sistemas de radio sobre fibra. La metodología incluyó la identificación de características de enlaces ópticos, reconocimiento de propiedades de polarización de la luz en fibras ópticas, y la propuesta de un sistema WDM para radio sobre fibra utilizando moduladores externos. Los resultados mostraron que el sistema propuesto mejoró significativamente la calidad de la señal, con parámetros de BER y OSNR dentro de los estándares de la ITU. Además, la simulación validó que el esquema era efectivo para incrementar el ancho de banda y reducir costos de implementación, especialmente en redes metropolitanas y de transporte.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Manrique y Anaya (2021) en su tesis *“Diseño de una red de transporte con tecnología DWDM para brindar banda ancha al departamento de Ancash 2021”*, tuvieron como objetivo implementar una red de transmisión óptica punto a punto utilizando tecnología DWDM para brindar servicio de banda ancha al departamento de Ancash, mitigando así la escasez de este servicio. La metodología incluyó el análisis de características técnicas, como la ubicación de los equipos, el recorrido de la fibra óptica, y la elección de tarjetas DWDM. Además, se consideraron lugares de transición para instalar

amplificadores de potencia y se realizaron cálculos matemáticos para determinar la relación señal-ruido, dispersión cromática y atenuaciones del enlace. Los resultados mostraron que la red propuesta es segura, estable y escalable, facilitando la presencia de operadores de telecomunicaciones y beneficiando a los pobladores de Ancash.

Puente y Ortega (2023) en su tesis *“Propuesta de Diseño de una red de Fibra Óptica y Cámaras de Video Vigilancia que permitan mejorar la visualización de los eventos bajo el concepto Smart City en el distrito de Miraflores”*, tuvieron como objetivo diseñar una red de fibra óptica y cámaras de videovigilancia para mejorar la visualización de eventos bajo el concepto de Smart City en el distrito de Miraflores. La metodología incluyó el análisis de características técnicas, determinación de ubicaciones de equipos, y el recorrido de la fibra óptica. También se consideraron la instalación de amplificadores de potencia y se realizaron cálculos matemáticos para la relación señal-ruido, dispersión cromática y atenuaciones del enlace. Los resultados mostraron que la red propuesta es segura, estable y escalable, mejorando la calidad de la transmisión de imágenes en tiempo real y facilitando la presencia de operadores de telecomunicaciones en la zona, beneficiando así a los pobladores de Miraflores.

Quiroz (2023) en su tesis *“Diseño de una red de transporte por fibra óptica y acceso inalámbrico para mejoras de telecomunicaciones de la región de Huancavelica”*, tuvo como objetivo diseñar una red de transporte con tecnología de fibra óptica y enlaces microondas para mejorar la calidad de banda ancha en la región. La metodología incluyó un análisis de la situación actual de telecomunicaciones, crecimiento debido a la pandemia, y un estudio demográfico y geográfico. Se diseñó una red ramificada con 72 nodos de transporte, 28 nodos de acceso y 7 repetidoras, utilizando Google Earth Pro para el análisis satelital. Los resultados mostraron un diseño viable con análisis Capex y Copex detallados, evaluando la rentabilidad a través del VAN, TIR y TCO, confirmando su viabilidad y beneficio para la región.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Fibra Óptica

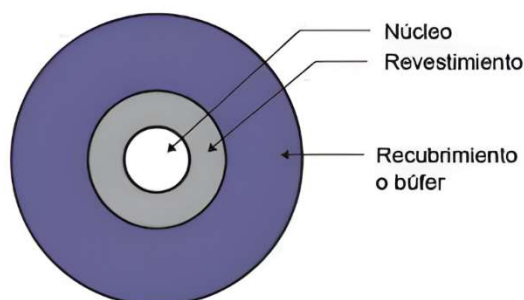
Es un recurso desarrollado específicamente para garantizar mayor rapidez y protección en el sector de las telecomunicaciones. Hoy en día, la fibra óptica se asocia principalmente con conexiones de alta velocidad y el uso de banda ancha para acceder a Internet (ABC, 2018).

La fibra óptica consiste en una delgada hebra, comparable en grosor a un cabello humano, fabricada de vidrio o silicio. El cable de fibra óptica se conforma de varios componentes como el manto, el recubrimiento, la chaqueta, los tensores y el núcleo. La información se transmite mediante pulsos luminosos que representan bits, mientras que la intensidad de la luz distingue entre diferentes bits (Martín, 2005).

Una fibra óptica es un medio de transmisión de ondas con forma cilíndrica, hecha de materiales dieléctricos de baja pérdida, como el vidrio de sílice. Está compuesta por un núcleo central por donde se propaga la luz, rodeado por una capa externa cuyo índice de refracción es ligeramente menor que el del núcleo. Los rayos de luz que llegan a la frontera entre el núcleo y el revestimiento con un ángulo mayor que el crítico experimentan reflexión total interna, lo que les permite avanzar por el núcleo sin dispersarse. En cambio, los rayos que no cumplen con esta condición pierden energía cada vez que atraviesan la interfaz entre el núcleo y el revestimiento, lo que les impide seguir siendo guiados (Beléndez, 1996).

Figura 2

Análisis de la Estructura Transversal de una Fibra Óptica



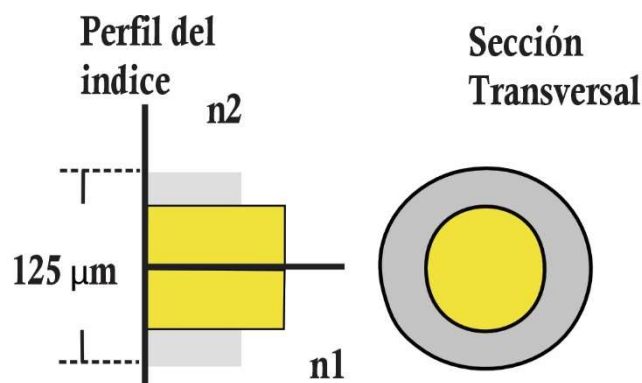
Nota. Tomado de (Calua, 2020).

La figura 2, muestra una representación de la estructura transversal de una fibra óptica, destacando sus tres componentes principales: el núcleo, el revestimiento, y el recubrimiento o búfer.

- a. **Núcleo:** Es la parte central de la fibra óptica y está hecho de un material de vidrio o plástico con un índice de refracción más alto. Es el medio por el cual viaja la luz, que transporta la información en forma de pulsos luminosos.
- b. **Revestimiento:** Rodeando el núcleo, se encuentra el revestimiento, también hecho de un material dieléctrico, pero con un índice de refracción más bajo que el del núcleo. Este revestimiento es esencial para la reflexión interna total, un fenómeno que asegura que la luz permanezca confinada en el núcleo mientras se propaga a través de la fibra óptica, reduciendo la pérdida de señal.
- c. **Recubrimiento o búfer:** Es la capa exterior que protege la fibra de daños físicos, como la humedad, la suciedad o la tensión mecánica. Aunque no participa directamente en la transmisión de la luz, el recubrimiento es crucial para garantizar la durabilidad y resistencia de la fibra óptica en entornos adversos (Calua, 2020).

Figura 3

Perfil escalonado de una fibra óptica



$n1$ - índice de refracción del núcleo

$n2$ - índice de refracción del revestimiento

Nota. Tomado de (Rivero, 2005).

La figura 3, muestra de forma clara y precisa la estructura básica y el funcionamiento de una fibra óptica, dividida en dos secciones principales: el perfil del índice de refracción y la sección transversal de la fibra.

En el perfil del índice, se muestra la diferencia en los índices de refracción entre el núcleo y el revestimiento. El índice de refracción del núcleo, identificado como n_1 , es mayor que el índice de refracción del revestimiento, n_2 . Esta diferencia es fundamental, ya que permite que la luz que viaja por el núcleo se mantenga confinada dentro de él, a través del fenómeno de reflexión total interna. Esto asegura que la luz no se escape hacia el revestimiento y pueda ser guiada de manera eficiente a lo largo de la fibra.

La sección transversal muestra la forma circular de la fibra óptica. El núcleo, representado en amarillo, es la parte central de la fibra, a través del cual se propagan los pulsos de luz. Este núcleo tiene un diámetro de 125 μm . Alrededor del núcleo se encuentra el revestimiento (en gris), cuya función es proteger el núcleo y proporcionar el contraste necesario en el índice de refracción que permite la reflexión total interna (Rivero, 2005).

Para que la transmisión de luz sea efectiva y cubra largas distancias, es fundamental que el ángulo de incidencia permita el rebote de la luz. Si la luz no rebota adecuadamente, esta se refracta y se dispersa, provocando su pérdida (Martín, 2005).

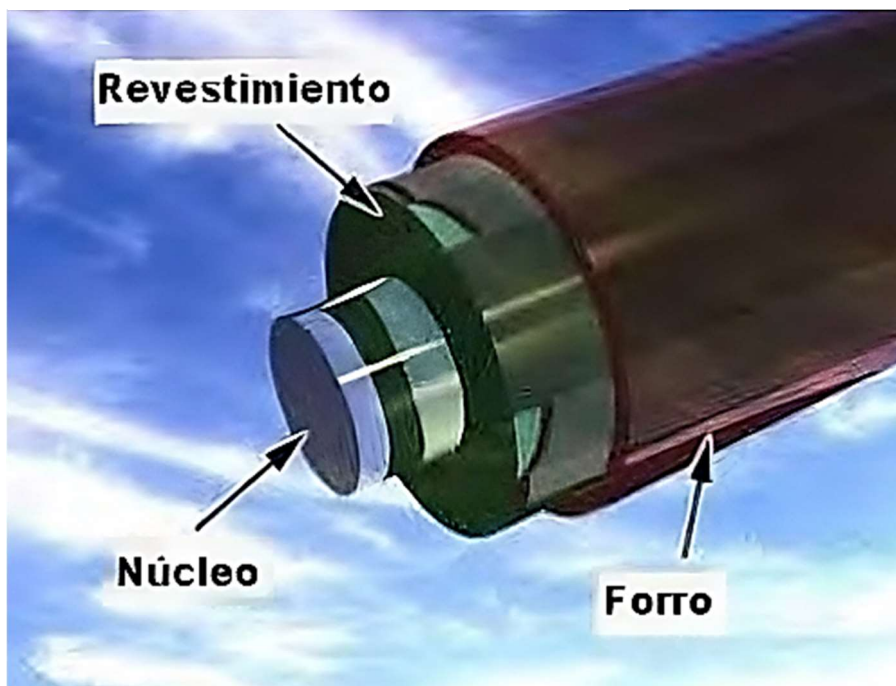
Una conexión a Internet de alta velocidad también puede lograrse mediante el uso de la tecnología de fibra óptica, una forma de transmisión avanzada. Las fibras ópticas consisten en delgadas hebras de vidrio o plástico, comparables en tamaño a un cabello humano, que se organizan en cables especializados. La señal eléctrica es transformada en luz por dispositivos como LED o láseres, los cuales envían la luz a través de las fibras hasta que un detector la convierte nuevamente en una señal eléctrica. Este tipo de conexión es ideal para enviar señales a largas distancias debido a su amplio ancho de banda y su resistencia a interferencias electromagnéticas. La fibra óptica es ligera, flexible

y ofrece una velocidad de conexión extremadamente rápida. Los avances tecnológicos han permitido que la instalación de fibra óptica en hogares sea más accesible en términos de costo, acercándose al precio de la instalación de cables de cobre. Una vez implementada, esta infraestructura permite a los proveedores ofrecer servicios integrados como telefonía, televisión por cable, video bajo demanda, sistemas de pago por visión y acceso a Internet de banda ancha (Janampa, 2019).

Existen diferentes formas de conectividad mediante esta tecnología, dependiendo de la densidad de la región que se busca cubrir: fibra hasta el gabinete (FTTCab), fibra hasta la vereda (FTTC), fibra hasta la propiedad (FTTPremise), fibra hasta el hogar (FTTH), fibra hasta el edificio (FTTB) y fibra hasta el nodo (FTTN), como sucede en el acceso por cable módem en redes HFC. Solamente el acceso FTTPremise, en las versiones FTTH o FTTB, representa un ejemplo puro de conexión de fibra hasta el cliente final, mientras que las demás modalidades incluyen un tramo corto final con cable coaxial o par de cobre (Janampa, 2019).

Figura 4

Componentes de la Fibra Óptica



Nota. Tomado de (Freudenrich, 2001)

5

2.2.2. Tipos de Fibra Óptica

a. Fibra monomodo: La fibra óptica posee una capacidad superior para transportar información en comparación con muchos otros medios. La fibra monomodo, en particular, ofrece un ancho de banda aproximado de 100 GHz por kilómetro. La propagación de la luz en este tipo de fibra es lineal y sigue una ruta directa, lo que le ha otorgado el término monomodo. El núcleo de estas fibras tiene un diámetro comparable al de las señales ópticas que transmiten, generalmente entre 5 y 8 mm. Su alcance de propagación es extenso, llegando a unos 300 km (López, 2016).

Existen diferentes tipos de fibras monomodo:

- 10 GBASE-LR: Este protocolo de largo alcance posibilita cubrir distancias superiores a los 10 km utilizando ondas de 1310 nm.
- 10 BASE-ER: Este estándar tiene un alcance amplio que excede los 40 km y opera en la longitud de onda de 1550 nm. Las fibras ópticas monomodo son comúnmente usadas en investigaciones científicas de alta exactitud, ya que permiten una propagación eficiente de la luz (Chomycz, 2000).

2

b. Fibra multimodo de índice gradiente gradual: Las fibras multimodo de índice de gradiente se caracterizan porque el índice de refracción dentro del núcleo no es uniforme. Estas fibras logran disminuir la dispersión entre los distintos modos de propagación que viajan a través del núcleo. Existen tres tipos principales de fibras con índice de gradiente (López, 2016).

74

34

c. Fibra multimodo de índice escalonado: Las fibras multimodo de índice escalonado están construidas a partir de vidrio, con una pérdida de 30 dB/km, o de plástico, con una pérdida de 100 dB/km. Estas fibras poseen un núcleo hecho de un material homogéneo cuyo índice de refracción es mayor que el de la capa

2

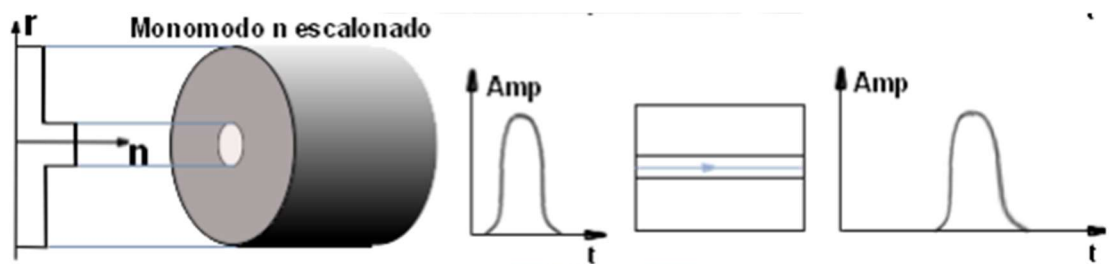
exterior que lo rodea. Por lo tanto, al pasar del núcleo a la cubierta, se produce un cambio en el índice de refracción (Chomycz, 2000).

d. Fibra Monomodo: Estas fibras permiten la transmisión de un único modo de propagación. Esto se consigue reduciendo el tamaño del núcleo o la apertura numérica, de manera que sean comparables con la longitud de onda de la luz utilizada. Al transmitir solo un modo, se evita el problema de las variaciones en los tiempos de propagación, aunque presenta desafíos en el acoplamiento con fuentes de luz, detectores u otras fibras. Por esta razón, se emplea en sistemas que requieren una alta capacidad (Chomycz, 2000).

e. Fibra Multimodo con Índice Escalonado: Estas fibras permiten el paso de múltiples modos de propagación, con un índice de refracción definido tanto para el núcleo como para el revestimiento. El diámetro del núcleo es significativamente mayor que la longitud de onda, lo que facilita su fabricación, manejo y acoplamiento con fuentes de luz. Aunque más fáciles de manipular, estas fibras tienen una capacidad de banda más baja debido a las diferencias en los tiempos de propagación de los modos, lo que provoca un ensanchamiento de los pulsos y limita la velocidad de transmisión de datos (Chomycz, 2000).

Figura 5

Fibra Multimodo con Índice Escalonado



Nota. Adaptado de Fibras ópticas por Sergio Schnitzler. Tomado de <https://www.yio.com.ar/fibras-opticas/>

Fibra Multimodo con Índice Gradual: Estas fibras permiten varios modos de propagación, con una transición suave en el índice de refracción entre el núcleo y el revestimiento. Los modos que recorren trayectorias más largas viajan por áreas con mayor velocidad, mientras que los modos con trayectorias más cortas lo hacen a menor velocidad. Esta compensación entre los diferentes modos permite que los rayos lleguen al mismo tiempo, optimizando así la transmisión (Janampa, 2019).

El estándar ISO establece una categorización para las fibras multimodo basada en el ancho de banda que pueden manejar. Estas son:

- a. OM1: Fibra de 62.5/125 μm , adecuada para soportar Ethernet Gigabit (1 Gbit/s) utilizando transmisión por LED.
- b. OM2: Fibra de 50/125 μm , diseñada también para soportar Ethernet Gigabit (1 Gbit/s) con transmisión por LED.
- c. OM3: Fibra de 50/125 μm , capaz de gestionar hasta 10 Gigabit Ethernet en distancias de 300 metros, con transmisión mediante láser (López, 2016).

2.2.1.1 Dispersión de la Fibra

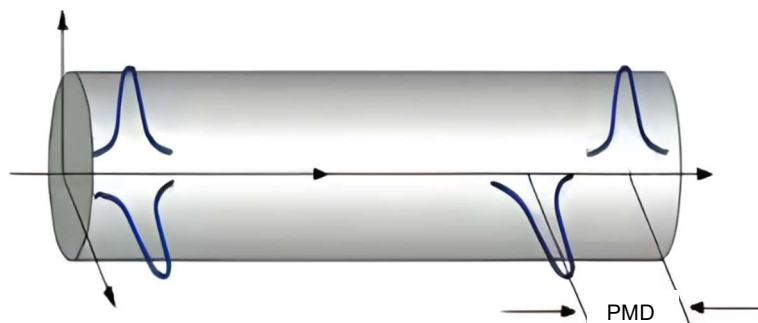
Existen tres tipos de fenómenos de dispersión en la transmisión a través de fibra óptica:

- a. **Dispersión Modal:** Dependiendo de cómo se ajuste el modo, se presentarán diferentes velocidades en los grupos, lo que provoca la dispersión modal. Este problema puede resolverse utilizando fibras monomodo con índice gradual, las cuales disminuyen las variaciones en las velocidades entre los grupos (Sattarov, 1997).
- b. **Dispersión por polarización del modo (PMD):** Cuando la fibra monomodo tiene una forma circular, su constante de propagación es idéntica para

ambas polarizaciones, lo que también implica que la velocidad de propagación es uniforme. Sin embargo, si la fibra no presenta una forma circular, se genera dispersión en el modo debido a la polarización (Sattarov, 1997).

Figura 6

Dispersión por Polarización en Fibra Monomodo de Geometría Asimétrica



Nota. Tomado de (Chomycz, 2002).

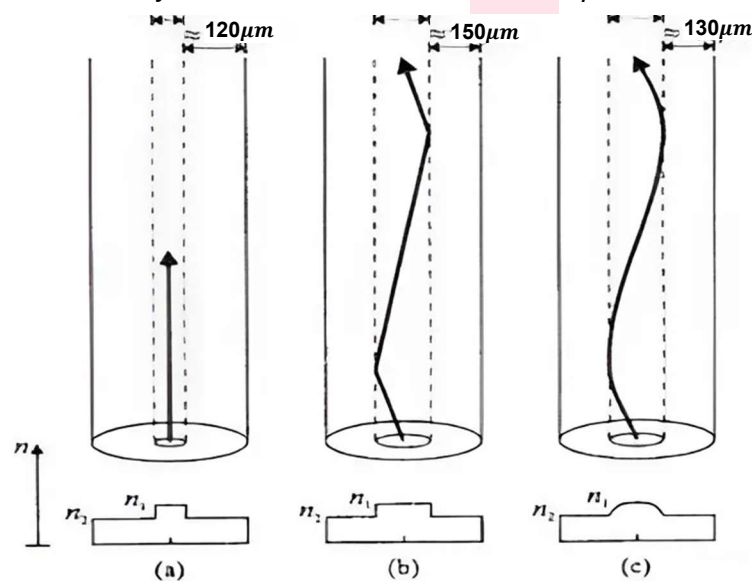
c. Dispersión cromática: El fenómeno se origina por dos causas principales:

- i. **Dispersión material:** Se debe al tipo de material de la fibra, ya que el índice de refracción varía según la frecuencia de cada onda, lo que provoca que estas se desplacen a diferentes velocidades (López, 2016).
- ii. **Dispersión por guiado de onda:** La mayor parte de la energía de un modo se localiza en el núcleo, aunque también en menor medida en el revestimiento. El índice efectivo se ubica entre los índices de refracción tanto del núcleo como del revestimiento, y su valor depende de la proporción de potencia que se transmite. Cuanta más energía se concentre en el núcleo o en el revestimiento, más cercano será el índice efectivo a ese valor respectivo (Sattarov, 1997).

Esto resulta en un incremento en la rapidez de transmisión (ancho de banda más amplio), debido a la reducción de las variaciones en los tiempos de propagación. También ofrece la ventaja de un acoplamiento sencillo con los transmisores y receptores. Por los cambios en el índice de refracción, la ruta no es lineal, sino curva (Sattarov, 1997).

Figura 7

Clasificación y Características de las Fibras Ópticas



Nota. Tomado de (Bastidas y Barahona, 2012)

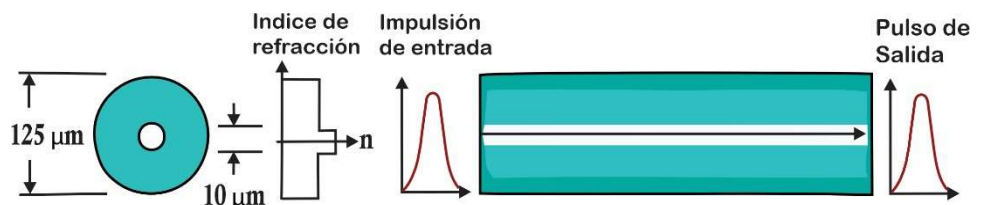
La figura 7, ilustra tres tipos de fibras ópticas, mostrando cómo el diámetro del núcleo y las propiedades del índice de refracción afectan la trayectoria de la luz en cada caso. A continuación, se detalla cada uno de los tipos:

- 1. Fibra monomodo (a):** Esta fibra cuenta con un núcleo de aproximadamente $10\mu m$ de diámetro. En este caso, la luz se propaga en línea recta a través del núcleo, lo que es posible gracias a la diferencia en el índice de refracción entre el núcleo (n_1) y el revestimiento (n_2), donde n_1 es mayor. Este diseño permite que solo

un modo de luz se propague, minimizando las distorsiones y las pérdidas de señal, lo que la hace ideal para la transmisión de datos a largas distancias y altas velocidades.

Figura 8

Fibra Óptica Monomodo de Alta Precisión



Nota. Tomado de (Ojeda et al., 2012).

Tabla 2

Clasificación de la fibra óptica monomodo

Tipos de fibra óptica	Longitud de onda (nm)		
		Coefficiente de atenuación del cable (dB/Km)	Distancia Longitud de la onda
OS1		0,50	
OS2	1300	0,35	10 km
	1550	0,25	40 km

Nota. Tomado de (Networks, 2014).

95

La tabla presentada compara dos tipos de fibra óptica monomodo, OS1 y OS2, destacando sus coeficientes de atenuación y las distancias de transmisión en función de la longitud de onda utilizada.

46

En el caso de la fibra OS1, su coeficiente de atenuación es de 0,50 dB/Km, lo que significa que la señal pierde 0.50 decibelios por cada kilómetro recorrido. Sin embargo, no se especifica una longitud de onda en particular para esta fibra.

17

Por otro lado, la fibra OS2 muestra una mejor performance, ya que, a una longitud de onda de 1300 nm, el coeficiente de atenuación es de 0,35 dB/Km, permitiendo que la señal se transmita hasta 10 kilómetros. A una longitud de onda mayor, de 1550 nm, la atenuación disminuye aún más a 0,25 dB/Km, permitiendo una transmisión de hasta 40 kilómetros sin la necesidad de regenerar la señal (Networks, 2014).

37

2. Fibra multimodo de índice escalonado (b): En esta fibra, el núcleo es más ancho, con un diámetro de aproximadamente 100 μm . La luz se propaga rebotando a lo largo del núcleo en diferentes trayectorias o modos, lo que genera variaciones en los tiempos de propagación de cada modo. Este fenómeno puede causar dispersión modal, lo que reduce la calidad de la señal a medida que aumenta la distancia de transmisión. Esta fibra es adecuada para distancias cortas, donde la dispersión no es tan significativa.

109

3. Fibra multimodo de índice gradual (c): El núcleo de esta fibra tiene un diámetro intermedio de 70 μm , y presenta un índice de refracción que varía de forma gradual desde el centro del núcleo hacia el borde. Esta variación hace que la luz se propague de manera curva en lugar de rebotar de manera abrupta. Al suavizar las trayectorias de los diferentes modos de luz, se reduce la dispersión modal, lo que mejora la eficiencia en la transmisión de datos y permite distancias más largas en comparación con la fibra multimodo de índice escalonado (Bastidas y Barahona, 2012).

a. Tipos de fibras ópticas por su composición:

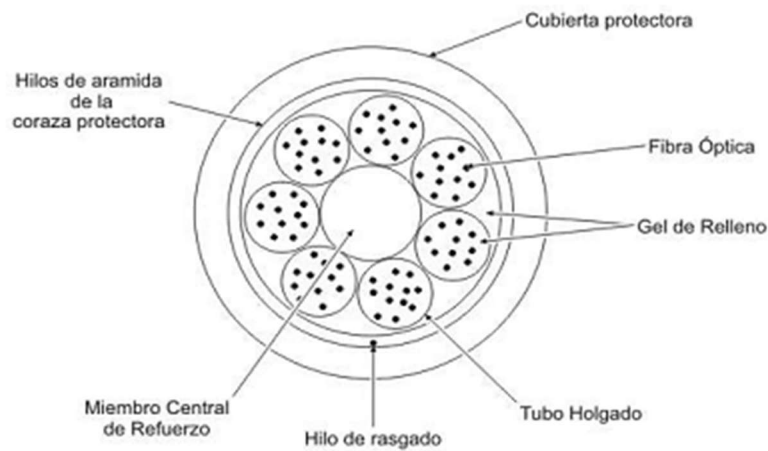
Actualmente, existen tres clases de fibras ópticas según su composición: una con núcleo de plástico y revestimiento plástico, otra con núcleo de vidrio y revestimiento plástico (conocida comúnmente como fibra PCS, donde el núcleo es de silicio y la cubierta de plástico), y una tercera con núcleo y revestimiento de vidrio (denominada frecuentemente SCS, es decir, silicio recubierto de silicio) (Científicos, 2018).

b. Tipo de cable de fibra óptica atendiendo el diseño

- Cable aéreo autosoportado (ADSS): Este cable de diseño holgado está específicamente diseñado para instalaciones aéreas. No requiere soportes adicionales para su fijación, ya que se asegura directamente a los postes utilizando abrazaderas especializadas (Científicos, 2018).
- Cable de estructura holgada: Los cables de estructura holgada están compuestos por varios tubos que albergan fibras ópticas, dispuestos alrededor de un núcleo central de refuerzo y cubiertos por una capa protectora. Lo que hace único a este tipo de cable son precisamente estos tubos, los cuales, con un diámetro de entre dos y tres milímetros, alojan varias fibras ópticas que permanecen sueltas en su interior, proporcionando flexibilidad y protección (Científicos, 2018).

Figura 9

Cable de estructura holgada

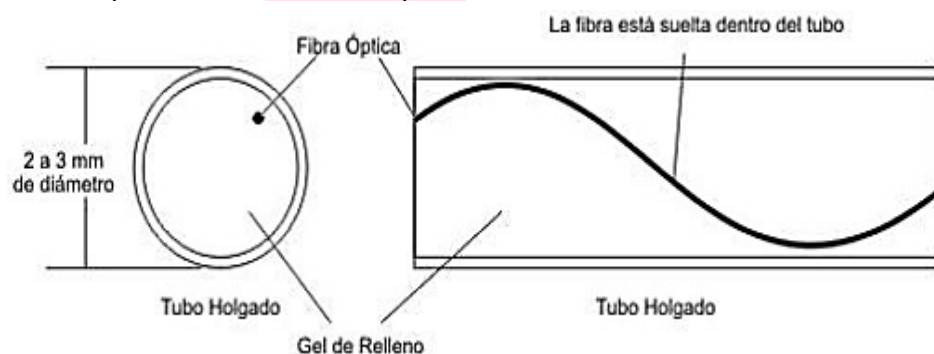


Nota. Tomado de (Científicos, 2018).

El núcleo principal de refuerzo puede estar compuesto por acero, kevlar o un material equivalente, que otorga al cable soporte y fortaleza durante los procesos de instalación. La capa externa o protección del cable puede estar hecha de polietileno, acero blindado, goma o fibra de aramida (Científicos, 2018).

Figura 10

Tubo Suelto para Cable de Fibra Óptica



Nota. Tomado de (Científicos, 2018).

La figura 10, muestra la estructura interna de un tubo holgado de fibra óptica, un componente clave en los cables de fibra óptica. A la izquierda, se observa un corte transversal del tubo, que tiene un diámetro

de 2 a 3 mm. En el centro del tubo, se encuentra la fibra óptica, que está rodeada por un gel de relleno. Este gel cumple la función de proteger la fibra contra golpes, vibraciones y daños externos, además de prevenir la penetración de agua o humedad.

A la derecha, la figura ilustra cómo la fibra óptica se encuentra suelta dentro del tubo, lo que permite cierta flexibilidad y movimiento. Esto es esencial para absorber las tensiones mecánicas que puedan ocurrir durante la instalación y uso del cable, sin dañar la fibra. El tubo holgado es un diseño común en cables de fibra óptica, ya que protege eficazmente las fibras internas y facilita el manejo y tendido de los cables en diversas aplicaciones (Científicos, 2018).

4

2.2.3. *Propiedades de transmisión de la Fibra Óptica*

Otros aspectos relevantes de la transmisión por fibra, además del ancho de banda, incluyen la atenuación, el diámetro del campo modal y la longitud de onda de corte. Estos factores se evidencian principalmente en los empalmes y conectores (Calua, 2020).

2.2.3.1. Atenuación

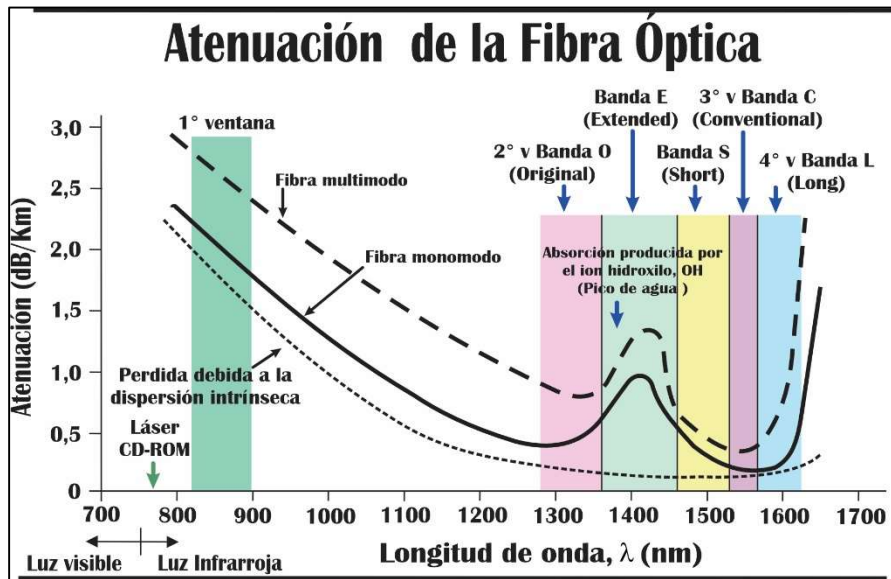
La atenuación hace referencia a la disminución de potencia óptica dentro de una fibra, siendo inversamente proporcional a su longitud. Esta reducción se cuantifica en dB o dB/Km, lo que indica cuánta luz se pierde por cada kilómetro recorrido. Las pérdidas pueden ser ocasionadas por factores internos (intrínsecos) o factores externos (extrínsecos) (Científicos, 2018).

4

- a. **Intrínsecas:** Dependen de la estructura del vidrio y las impurezas presentes, y no pueden ser eliminadas. Principalmente se distinguen dos factores: la absorción y la dispersión.

Figura 11

Estudio de las Ventanas de Transmisión en Fibra Óptica



Nota. Tomado de (Carolina et al, 2008).

La figura 11, muestra el comportamiento de la atenuación en la fibra óptica en función de la longitud de onda (λ), expresada en nanómetros (nm). A continuación, se explican los puntos clave de la gráfica:

- Eje vertical: Representa la atenuación en decibelios por kilómetro (dB/km), que indica la pérdida de potencia de la señal óptica a lo largo de la fibra por unidad de distancia.
- Eje horizontal: Muestra la longitud de onda (λ) en nanómetros (nm), cubriendo el rango de 700 a 1700 nm, que abarca desde la luz visible hasta el infrarrojo.
- Ventanas de transmisión: La gráfica resalta varias bandas de transmisión, cada una con diferentes características de atenuación:

- Primera ventana (800-900 nm): Esta región es utilizada por fibras multimodo, pero presenta mayores pérdidas debido a la dispersión intrínseca.
 - Segunda ventana (Original, banda O) y tercera ventana (Convencional, banda C): Estas ventanas se encuentran en el rango de 1260 a 1565 nm, donde la atenuación es considerablemente menor, siendo estas frecuencias óptimas para las comunicaciones en fibra monomodo.
 - Cuarta ventana (Long, banda L) y quinta ventana (Extended, banda E): Son utilizadas para mejorar la capacidad de transmisión, aprovechando el rango entre 1565 y 1625 nm.
- d. Pérdida por absorción del agua (iones OH^-): Se observa un pico de atenuación en torno a los 1400 nm, que corresponde a la absorción producida por los iones hidroxilo (OH^-), comúnmente conocida como el pico de agua. Este pico afecta la calidad de transmisión y es evitado en la mayoría de los sistemas modernos.
- e. Curvas de atenuación: Existen dos curvas principales que representan el comportamiento de la atenuación en:
- Fibra multimodo (línea discontinua), que presenta mayores pérdidas, especialmente en la primera ventana.
 - Fibra monomodo (línea sólida), que tiene una mejor eficiencia en las ventanas de mayor longitud de onda (segunda, tercera y cuarta ventanas)
- (Carolina et al, 2008).

Las pérdidas por absorción

Se originan por la presencia de impurezas en el material, como diferentes iones metálicos, níquel, entre otros, que tienen la capacidad de absorber la luz y transformarla en calor. En el caso del vidrio de alta pureza utilizado en la fabricación de fibras ópticas, la pureza alcanza aproximadamente el 99.9%. Sin embargo, esto no elimina por completo las pérdidas causadas por la absorción (Científicos, 2018).

Las pérdidas por dispersión (esparcimiento)

Las pérdidas se producen debido a la dispersión y reflexión de la luz, provocadas por las pequeñas imperfecciones submicroscópicas generadas en el proceso de manufactura. Cuando un haz de luz se propaga y encuentra estas irregularidades, se dispersa y refleja, lo que ocasiona dichas pérdidas (Científicos, 2018).

- b. **Extrínsecos:** Este efecto ocurre a causa de las deformaciones mecánicas, entre las cuales las más significativas son las curvaturas. Estas suceden cuando la fibra es sometida a una curvatura demasiado cerrada (con un radio inferior a 4 o 5 cm), lo que provoca la pérdida de luz, ya que algunos rayos no logran una reflexión total y se desvían del núcleo. Este problema generalmente se origina por un mal tendido del cable o cuando los núcleos no están empalmados de manera precisa (Científicos, 2018).

2.2.4. Parámetros específicos de fibra óptica

Valores de referencia para fibra óptica

La lista de equivalencias muestra aproximaciones para determinar la calidad de la cobertura basándose en los niveles de dBm, utilizando el Indicador de Intensidad de Señal Recibida (RSSI: Received Signal Strength Indicator):

- a. Valores superiores a -70: No hay conexión estable, y si se logra conectar, habrá cortes frecuentes.
- b. Valores superiores a -50: Se presentarán desconexiones esporádicas.

- c. Valores superiores a -40: La conexión es aceptable, aunque pueden ocurrir pérdidas de paquetes.
- d. Valores superiores a -30: La conexión es buena.
- e. Valores inferiores a -27: Excelente conexión con máxima velocidad de transmisión de datos (Vicente, 2013).

2.2.5. Ventajas de la Fibra Óptica

Se mencionan varias ventajas de la tecnología de fibra óptica, tales como:

- Tamaño compacto y peso ligero, lo que facilita su instalación y requiere menos tiempo y mano de obra, haciendo el trabajo más manejable y eficiente.
- Capacidad para manejar un amplio espectro de frecuencias del orden de los terahercios lo que asegura una gran capacidad de transmisión y permite alcanzar velocidades de hasta 2,5, 10 y hasta 40 Gbit/s.
- Bajas pérdidas de señal, que varían entre 0,19 y 0,4 dB/Km, dependiendo de la longitud de onda y el tipo de fibra, permitiendo colocar repetidores o amplificadores a mayores distancias.
- Tasa muy baja de errores en la transmisión, lo que garantiza una mejor calidad en la comunicación.
- Soluciona los problemas relacionados con aislamiento eléctrico, cortocircuitos, ruidos eléctricos y corrosión, simplificando el proceso de mantenimiento.

- Es inmune a interferencias electromagnéticas, asegurando una mayor fiabilidad en entornos complicados.
 - Ofrece estabilidad ante variaciones de temperatura, lo que asegura la consistencia en los parámetros de transmisión.
 - No presenta diafonía entre los sistemas que operan en la misma vía.
 - Su materia prima es abundante y de fácil obtención, ya que está basada en sílice (Rivero, 2004).
- a. Posee una capacidad de ancho de banda considerable, lo que facilita altas tasas de transferencia de información. Sus dimensiones son pequeñas y su peso ligero; el diámetro externo de la fibra óptica varía entre 250, 500 o 900 micras, dependiendo del tipo de protección mecánica utilizada, manteniéndose físicamente flexible.
 - b. Además, no es susceptible a interferencias de radiofrecuencia, lo que le permite operar sin problemas junto a cualquier sistema eléctrico, incluso en entornos con mucho ruido, garantizando una transmisión de calidad.
 - c. El uso de señales ópticas en la fibra también ofrece un nivel superior de seguridad y confidencialidad en la comunicación (Calua, 2020).

2.2.6. Fundamentos de la transmisión por fibra óptica

Al examinar las leyes de reflexión y refracción, cuando un haz de luz incide sobre la frontera entre dos medios diferentes, se divide en dos componentes: un rayo reflejado que sigue propagándose en el primer medio y un rayo refractado que penetra en el segundo medio (Rivero, 2004).

2.2.6.1. Apertura Numérica

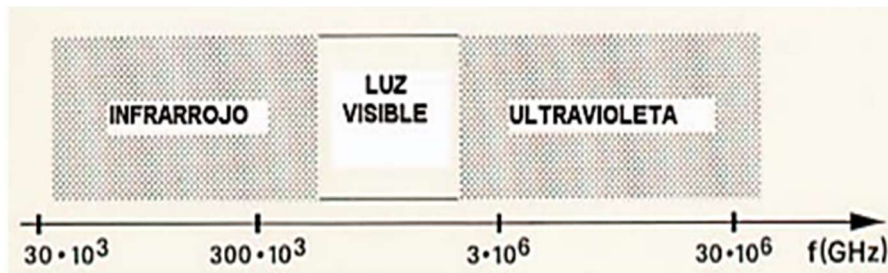
La apertura numérica de una fibra óptica define el ángulo máximo de entrada que permite una reflexión completa en su interior, previniendo pérdidas en el revestimiento y favoreciendo la propagación de la luz (Rivero, 2004).

2.2.7. Frecuencias para la Transmisión con Fibra Óptica

En los sistemas de telecomunicaciones eléctricas, el proceso de transmisión se lleva a cabo superponiendo la señal que contiene la información relevante sobre una onda electromagnética de alta frecuencia, conocida como portadora. En otras palabras, la señal informativa modula a la señal portadora, que posteriormente se transmite. Al llegar al receptor, solo es necesario extraer la información transportada por la portadora y procesarla según sea necesario. A medida que se incrementa la frecuencia de las portadoras, se amplía el ancho de banda de la señal útil que puede ser transmitida, lo que permite una mayor capacidad de transmisión. Por este motivo, la evolución de los sistemas de telecomunicaciones ha tendido hacia el uso de frecuencias más elevadas, asociadas a longitudes de onda más cortas. La luz, como fenómeno electromagnético, puede describirse como una señal sinusoidal con una frecuencia f específica, que se desplaza en el vacío a una velocidad C , lo que da lugar a una longitud de onda λ . Si la propagación ocurre en un medio distinto, la longitud de onda se denota también como λ . La longitud de onda es la distancia que recorre la luz a la velocidad de fase en el tiempo que toma una oscilación completa de la onda (Rivero, 2004).

$$\lambda = C.T = \frac{C}{f}$$

El ojo humano tiene la capacidad de detectar, en forma de luces de distintos colores, solo una fracción limitada de las radiaciones luminosas que componen el espectro de la luz. Esta sección, conocida como luz visible, abarca una gama de colores que va desde el rojo hasta el violeta (Janampa, 2019).

Figura 12*Espectro Luminoso en Relación con la Frecuencia*

Nota. Tomado de (Rivero, 2004).

La figura 12, muestra el espectro de frecuencias electromagnéticas en una escala de gigahercios (GHz), destacando las tres principales regiones: infrarrojo, luz visible y ultravioleta.

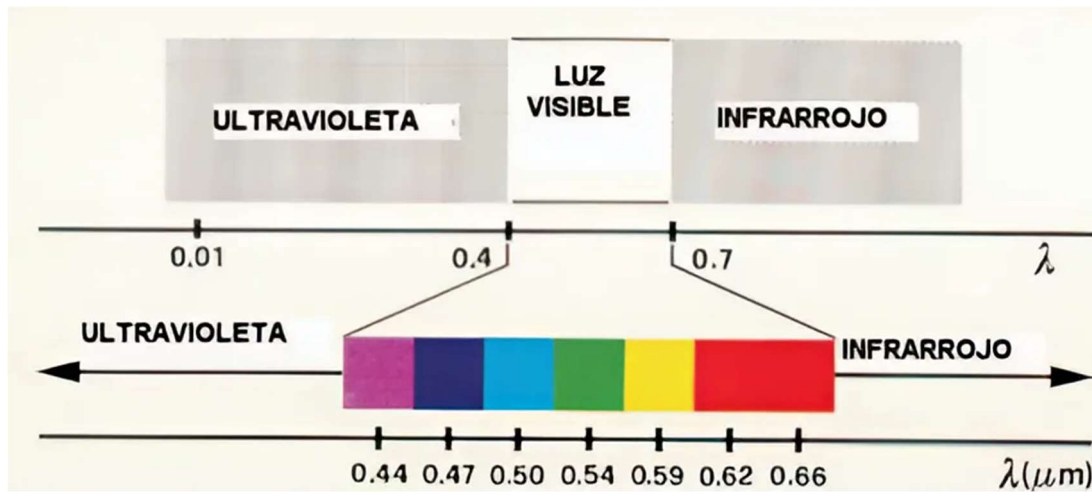
En el extremo izquierdo del espectro, se encuentra la región del infrarrojo, que corresponde a frecuencias más bajas, comenzando desde aproximadamente 30×10^3 GHz (30.000 GHz). Estas ondas tienen frecuencias relativamente bajas en comparación con las otras regiones y son comunes en aplicaciones como la detección de calor y la transmisión de datos en telecomunicaciones.

En el centro de la figura, se encuentra la luz visible, que ocupa una pequeña parte del espectro en comparación con las otras regiones. Este rango cubre frecuencias entre aproximadamente 300×10^3 GHz y 3×10^6 GHz, que son las únicas ondas electromagnéticas perceptibles por el ojo humano, responsables de los diferentes colores que podemos ver.

En el extremo derecho del espectro, aparece la región del ultravioleta, que incluye frecuencias más altas, comenzando desde 3×10^6 GHz y extendiéndose hasta alrededor de 30×10^6 GHz. Las ondas en este rango son más energéticas y tienen aplicaciones que incluyen la esterilización y el estudio de estructuras moleculares, aunque pueden ser dañinas para la piel y los ojos en grandes cantidades.

Figura 13

Relación entre Colores y Longitud de Onda en el Espectro de Luz Visible



Nota. Tomado de (Rivero, 2004).

La figura 13, representa el espectro electromagnético, destacando las regiones del ultravioleta, la luz visible, y el infrarrojo, con un enfoque especial en la relación entre los colores y las longitudes de onda dentro del espectro de la luz visible.

En la parte superior, se muestran las tres grandes divisiones: el ultravioleta a la izquierda, la luz visible en el centro y el infrarrojo a la derecha. Estas divisiones representan el rango de longitudes de onda que el ojo humano puede o no percibir. El ultravioleta, con longitudes de onda más cortas que la luz visible, no es visible al ojo humano y es conocido por sus aplicaciones en la esterilización y efectos dañinos para la piel. El infrarrojo, con longitudes de onda más largas, tampoco es visible, pero es común en aplicaciones de detección de calor y transmisión de datos.

En la parte inferior, se encuentra un desglose detallado del espectro de la luz visible, que abarca longitudes de onda entre aproximadamente 0.4 y 0.7 micrómetros (μm). La banda de luz visible se divide en diferentes colores, que corresponden a diferentes longitudes de onda:

El violeta está en el extremo izquierdo, con longitudes de onda más cortas, cercanas a los $0.44 \mu\text{m}$.

A medida que aumenta la longitud de onda, aparecen los colores azul, verde, amarillo, naranja, y finalmente el rojo, que se encuentra en el extremo derecho, con longitudes de onda más largas, cercanas a los $0.66 \mu\text{m}$ (Rivero, 2004).

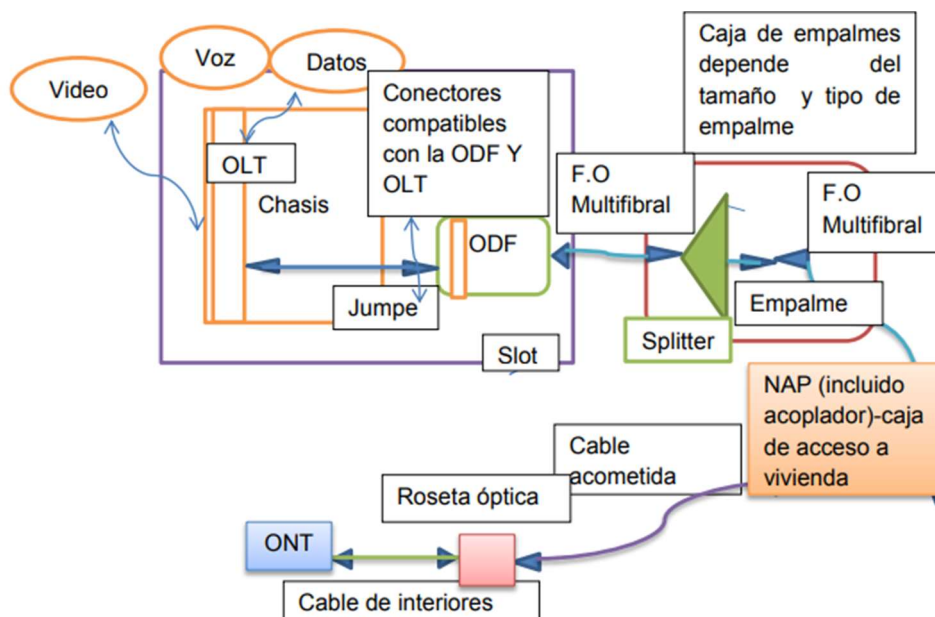
2

2.2.8. Fiber to the home (FTTH)

El FTTH se refiere a la fibra óptica que se extiende directamente hasta la residencia del usuario, es decir, hasta el domicilio. En varias regiones de Europa, Asia y otros continentes, esta tecnología ya está implementada en más de 8 millones de hogares. Su capacidad permite soportar el ancho de banda que los usuarios necesiten, siendo una solución preparada para las demandas futuras, ya que su estructura consiste en fibra óptica que va desde el terminal de línea óptica hasta el equipo en la ubicación del cliente (Roebuck, 2011).

Figura 14

Arquitectura de Redes FTTH



Nota. Tomado de (López, 2016).

97 La figura 14, ilustra un esquema de una red de fibra óptica FTTH (Fiber To The Home), que conecta los servicios de telecomunicaciones desde la central del proveedor hasta el hogar del usuario final.

87 El proceso comienza en la OLT (Optical Line Terminal), ubicada en la central, que distribuye los servicios de voz, datos, y video a través de un chasis. Las señales ópticas generadas por la OLT son organizadas y gestionadas en el ODF (Optical Distribution Frame), mediante conectores específicos que permiten una correcta distribución y manejo de las conexiones de fibra óptica. Desde el ODF, las señales ópticas pasan a través de un splitter óptico, el cual divide la señal en múltiples fibras para distribuirla a diferentes usuarios de manera eficiente.

Una vez dividida la señal, esta es transmitida a través de cables de fibra óptica multifibra que, mediante empalmes en puntos intermedios, conectan con los puntos de distribución cercanos a los hogares. Aquí interviene el NAP (Nodo de Acceso), que funciona como una caja de acceso y distribución, gestionando la conexión entre la red de distribución externa y los cables de acometida que llevan la señal hasta las viviendas.

62 En el interior del hogar, la señal llega a una roseta óptica, que actúa como punto de terminación de la fibra. Desde allí, la señal es finalmente conectada al ONT (Optical Network Terminal), que convierte la señal óptica en una señal eléctrica para ser utilizada en los dispositivos del usuario, completando así la entrega de servicios como internet, telefonía y televisión (López, 2016).

2.2.9. Características

2 En el Perú, este sistema es relativamente novedoso, dado que la fibra óptica y los dispositivos ópticos recién están llegando a los hogares. Sin embargo, esto no significa que no existan otras tecnologías disponibles para los usuarios. La tecnología basada en fibra dedicada puede ofrecer prestaciones similares en términos de servicios, aunque su alto

costo la hace menos accesible para las áreas residenciales. Es importante señalar que las innovaciones tecnológicas están avanzando a gran escala, y muchas de ellas requieren un ancho de banda considerable, algo que la fibra óptica puede maximizar para asegurar un rendimiento óptimo en el futuro. Esto ayuda a prevenir la saturación del servicio, proporcionando una experiencia satisfactoria para el usuario y generando mayor demanda. El sistema FTTH emplea redes ópticas pasivas, lo que permite ajustar el ancho de banda según las necesidades específicas del usuario (Long, 2014).

2.2.10. Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM)

En el ámbito físico, la longitud de onda (λ) se define como la separación entre dos puntos máximos o mínimos consecutivos en una onda. Desde una perspectiva matemática, la longitud de onda se puede determinar a partir de la constante universal de la velocidad de la luz (c) en el vacío ($c = 3 \times 10^8$ m/s) y la frecuencia de la señal (Ocampo, 2014).

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

En el ámbito de las comunicaciones por fibra óptica, este concepto es comúnmente empleado, ya que las frecuencias de operación son extremadamente elevadas, lo que resulta en longitudes de onda en el rango de los nanómetros, lo cual facilita su memorización (Ocampo, 2014).

La multiplexación se describe como el método que posibilita la transmisión de datos provenientes de múltiples fuentes a través de un único medio físico, lo que implica que varias señales comparten el mismo canal. Esto permite mejorar significativamente la eficiencia del medio utilizado (Ocampo, 2014).

Hay varias formas de multiplexación, tales como la división en el tiempo, la división en frecuencia, la división por código y la multiplexación por división de longitud de onda. Todas comparten el propósito de transmitir múltiples datos de diversas fuentes a través de

un único canal, lo que permite evitar el incremento de costos que resultaría de utilizar un canal dedicado para cada fuente de información (Ocampo, 2014).

La Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM) es un método que distribuye el ancho de banda de un solo canal en múltiples subcanales que operan de manera independiente, lo cual facilita aumentar la capacidad del medio físico, como la fibra óptica, empleando un enfoque totalmente distinto al de la técnica TDM (Buelvas et al., 2009).

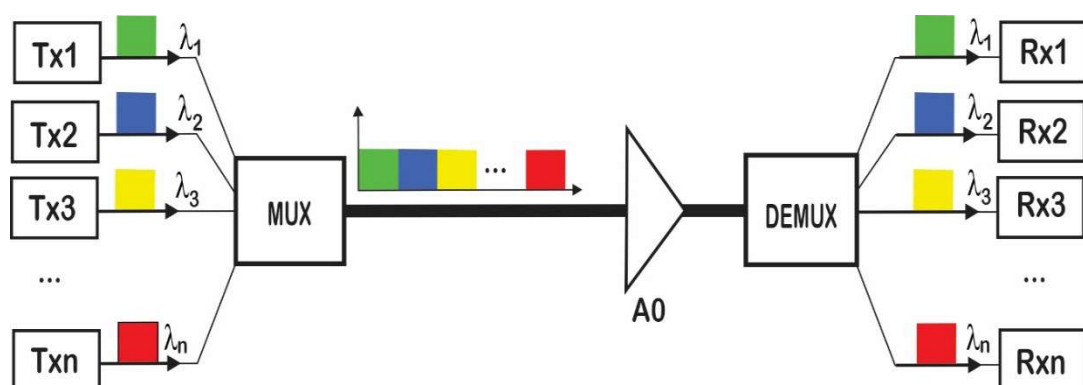
La técnica de multiplexación por división de longitud de onda, conocida como WDM (Wavelength Division Multiplexing), surge de la capacidad de combinar las salidas de múltiples fuentes de luz, cada una emitiendo en una longitud de onda distinta, en una única fibra óptica (Ocampo, 2014).

Una manera de comprender cómo opera el WDM es imaginar que cada canal corresponde a un color distinto de luz; de esta forma, al combinar varios canales, se crea un espectro similar a un arco iris (Buelvas et al., 2009).

En un sistema WDM, cada longitud de onda se inserta en la fibra óptica, y la señal es separada en el receptor al final del proceso (Buelvas et al., 2009).

Figura 15

Sistema de Multiplexación por División en Longitud de Onda (WDM)



Nota. Tomado de (Torres, 2012).

La figura 15, representa un esquema de un sistema de multiplexación por división de longitud de onda (WDM), utilizado en las comunicaciones ópticas para transmitir múltiples señales a través de una única fibra óptica, optimizando así el uso del canal de transmisión.

En el lado izquierdo del esquema, se observan varios transmisores (Tx_1 , Tx_2 , Tx_3 , ..., Tx_n), cada uno de los cuales genera una señal óptica a una longitud de onda diferente (denotadas como λ_1 , λ_2 , λ_3 , ..., λ_n). Estas longitudes de onda corresponden a distintas frecuencias de luz, lo que permite la transmisión simultánea de varias señales sin que interfieran entre sí.

Todas las señales generadas por los transmisores son enviadas a un dispositivo llamado multiplexor (MUX), que tiene la función de combinar estas múltiples señales ópticas en una sola señal que contiene todas las longitudes de onda. Este proceso de multiplexación, permite que varias señales independientes se transmitan por el mismo canal, es decir, por la misma fibra óptica (denotada como AO en el esquema).

A medida que la señal multiplexada viaja a través de la fibra óptica, las diferentes longitudes de onda permanecen separadas, cada una transportando su respectiva información.

En el lado derecho de la figura, al llegar al destino, la señal combinada es recibida por un demultiplexor (DEMUX), cuya función es descomponer la señal entrante en sus diferentes longitudes de onda originales. De esta forma, cada una de las señales ópticas es dirigida a un receptor específico (Rx_1 , Rx_2 , Rx_3 , ..., Rx_n), que se encarga de procesar la información correspondiente a su longitud de onda asignada (Torres, 2012).

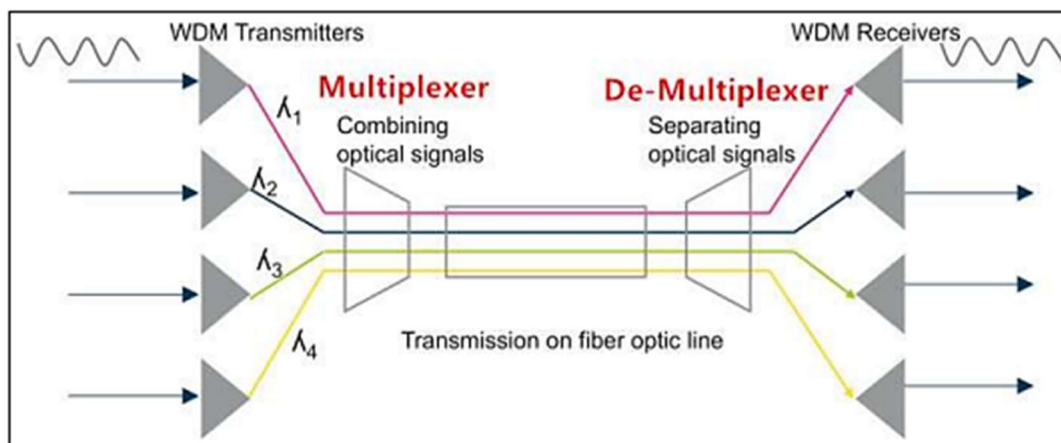
Este sistema WDM permite el uso eficiente de la fibra óptica, incrementando significativamente la capacidad de transmisión al transportar múltiples señales en paralelo a través de diferentes longitudes de onda, maximizando así el ancho de banda disponible en el enlace óptico (Torres, 2012).

15 Los sistemas WDM suelen funcionar en diferentes bandas ópticas, como la O (Original, 1260 – 1360 nm), S (Corta, 1460 – 1530 nm), C (Convencional, 1530 – 1565 nm) o L (Larga, 1570 – 1620 nm). La selección de la banda adecuada depende de las características específicas de cada sistema. Por ejemplo, si se emplea fibra SMF estándar (ITU-T G.652) en la banda O, alrededor de los 1300 nm, se logra una dispersión casi nula, mientras que al utilizarse en la banda C, cerca de los 1550 nm, se presenta una mayor dispersión, pero con una atenuación muy baja (Torres, 2012).

9 31 La tecnología de multiplexación por división de longitud de onda facilita la transmisión de múltiples señales independientes a través de una única fibra óptica, utilizando portadoras ópticas con diferentes longitudes de onda. En la figura 16 se presenta el esquema general del sistema WDM (Sánchez, 2020).

Figura 16

Multiplexación por división de longitud de onda



Nota. Tomado de (Fiberstore, 2017)

11 A continuación, se describen los componentes que conforman el esquema de multiplexación por división de longitud de onda:

- a. Dispositivos emisores WDM: Equipos con los que los usuarios inician la transmisión, cada uno operando en una longitud de onda específica.

- 11
- b. Multiplexador: Aparato de interconexión con múltiples entradas y una salida, donde cada señal de entrada está restringida a un rango de longitudes de onda predeterminado, y la salida es la combinación de las señales de las entradas.
 - c. Cableado físico: Fibra óptica.
 - d. Demultiplexador de longitud de onda: Equipo que realiza el proceso opuesto al multiplexador, en el cual la entrada es una señal óptica con varias longitudes de onda y la salida por cada puerto corresponde a un rango específico de estas longitudes de onda.
 - e. Dispositivos receptores WDM: Equipos en el cliente final encargados de recibir la información transmitida originalmente (UIT-T G.694.1, 2002).

La tecnología DWDM se caracteriza por ser una de las más caras, debido a la necesidad de emplear equipos altamente sofisticados. Esto se debe al pequeño intervalo entre las longitudes de onda de las señales. Los emisores requieren un nivel de precisión mayor para poder distinguir las señales que se envían. Además, es crucial evitar variaciones importantes, ya que podrían provocar pérdida de datos debido al acoplamiento entre las señales (Sánchez, 2020).

11

Hoy en día, los sistemas de información buscan transmitir la mayor cantidad de datos a la máxima velocidad posible. El sistema de multiplexación más avanzado es UDWDM, que optimiza al máximo el uso de la capacidad en cables de fibra óptica. Esto se debe a que opera con un amplio rango de longitudes de onda, con un espaciamiento entre ellas de 0.08nm, lo que permite enviar grandes volúmenes de información a través de un único canal de fibra óptica, ofreciendo la ventaja de operar a una velocidad muy elevada (Montero, 2004).

48

Este método WDM se subdivide en varias categorías, entre los enfoques abordados en este proyecto se encuentran CWDM, DWDM y la más reciente UDWDM (Sánchez, 2020).

La capacidad generada por WDM es el resultado de la combinación de las señales de entrada, aunque cada una de ellas es transmitida de manera independiente a las otras. Esto implica que cada canal cuenta con su propio ancho de banda asignado y todas las señales se transmiten simultáneamente. Sin embargo, se prefiere cuando las señales se separan y transportan en intervalos temporales específicos (time slots) (Buelvas et al., 2009).

2.2.10.1. Ventajas de WDM

El uso de WDM ofrece varias ventajas clave, entre las cuales se destacan:

- a. Optimización del enlace de fibra óptica, permitiendo la transmisión de múltiples señales a través de un solo hilo, lo que reduce la necesidad de incorporar más hilos para cada canal adicional. Esto facilita la expansión progresiva de la capacidad conforme la demanda lo requiera.
 - b. Capacidad para manejar diversas señales ópticas simultáneamente, como SDH, PDH, entre otras, sin importar el protocolo empleado, lo que permite una mayor flexibilidad en la transmisión de diferentes tipos de señales.
 - c. Solución eficiente para aumentar la capacidad de red: Las compañías de telecomunicaciones que están implementando o actualizando sus redes de fibra óptica pueden beneficiarse de WDM como una opción más económica y sencilla para incrementar el rendimiento de sus sistemas.
 - d. Uso bidireccional del WDM, eliminando la necesidad de dos hilos de fibra.
- En este contexto, es estándar utilizar las ventanas de 1310 nm y 1550 nm

para fibras de sílice, y las ventanas de 525 nm, 575 nm, y 650 nm para fibras ópticas plásticas (Ocampo, 2014).

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Cámaras de Seguridad

Los sistemas de videovigilancia son dispositivos con especificaciones profesionales que, aparte de ofrecer una excelente calidad de imagen, son sumamente duraderos y confiables, diseñados para operar eficientemente durante largos periodos. Existen diversos modelos de cámaras, por lo que siempre se puede encontrar la opción ideal para cualquier tipo de establecimiento. No olvide, estos equipos son como los ojos que vigilan su empresa o el área que desea resguardar (Atacama Protegido, 2014).

Figura 17

Monitoreo Masivo



Nota. Tomado de (Mozur et al., 2019).

Las cámaras de vigilancia han pasado a ser un elemento omnipresente en diversos contextos urbanos y privados, creando una sensación de monitoreo continuo en avenidas, construcciones, transporte público y otros lugares comunes. Su propósito es no solo

prevenir actos delictivos, sino también observar la conducta de las personas. No obstante, esta constante supervisión puede generar consecuencias negativas para la sociedad (Briceño y Barrios, 2021).

Si bien las cámaras de vigilancia y las tecnologías de monitoreo ofrecen ventajas en términos de seguridad pública, también conllevan riesgos importantes para la privacidad y la libertad personal. Es fundamental enfrentar estos retos con una visión equilibrada, garantizando que las medidas de protección no pongan en peligro los principios esenciales de una sociedad libre y transparente (Mattelart y Vitalis, 2015).

2.3.2. Densidades de Canales

En el caso de emplear fibra óptica estándar o de sílice, las áreas donde generalmente se ubican los canales corresponden a la segunda y tercera ventana cuando se trata de distancias cortas. Sin embargo, para distancias más largas, debido a las limitaciones de los amplificadores ópticos, el rango de operación se restringe a la tercera ventana (1535 – 1560 nm) (Ocampo, 2014).

La tecnología WDM implementa una multiplexación en el dominio de la frecuencia para señales ópticas. Por esta razón, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha establecido un estándar para las frecuencias a emplear. Se seleccionó una frecuencia central de 193.1 THz, que equivale a una longitud de onda de 1552.524 nm, con una separación entre canales de 100 GHz o 50 GHz. Esta separación es uniforme cuando se representa en el dominio de la frecuencia, pero difiere si se observa en el dominio de las longitudes de onda (Ocampo, 2014).

La regulación de la ITU no obliga a usar exclusivamente estos intervalos entre longitudes de onda, por lo que en distintas aplicaciones se encuentran espaciamientos entre canales de 25 GHz, e incluso en ciertos entornos de laboratorio se han alcanzado separaciones de hasta 1 GHz (Ocampo, 2014).

30

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de Investigación

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, ya que se centra en la recolección y análisis de datos numéricos para evaluar el desempeño de una red de fibra óptica con multiplexación por división de longitud de onda (WDM) y su impacto en la eficiencia de las cámaras de seguridad en el distrito de San Miguel. El enfoque cuantitativo es adecuado porque permite medir de manera objetiva los efectos de la red WDM sobre la transmisión de datos y la eficacia de la videovigilancia, proporcionando resultados precisos y replicables (Hernández et al., 2014).

3.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es aplicada, ya que busca utilizar conocimientos teóricos y técnicos para resolver un problema específico y práctico en el campo de la seguridad pública (Hernández et al., 2014). En este caso, el problema es la necesidad de mejorar la vigilancia en el distrito de San Miguel mediante la implementación de una red de fibra óptica con WDM. La investigación aplicada es apropiada porque se enfoca en encontrar soluciones concretas que puedan ser implementadas directamente para mejorar la seguridad en el distrito.

3.3. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es descriptivo y explicativo, ya que describe características de una población o fenómeno; y explicativa puesto que analiza causas y efectos entre variables (Hernández et al., 2014). Es descriptivo porque se detallan las características y requisitos técnicos de la red de fibra óptica y las cámaras de seguridad, proporcionando una visión clara de cómo estas tecnologías pueden ser implementadas en San Miguel. Además, es explicativo porque se analizan las relaciones de causa-efecto entre la implementación de la red y la mejora en la seguridad del distrito, explicando cómo y por qué la red de fibra óptica puede influir en la eficacia de la videovigilancia.

3.4. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es no experimental y transversal. Es no experimental porque no se manipulan variables de manera controlada, sino que se observan en su entorno natural, permitiendo una evaluación realista del sistema de seguridad existente y del impacto de la nueva red de fibra óptica. Es transversal porque se recolectan datos en un momento específico del tiempo, lo que facilita el análisis de la situación actual del sistema de seguridad en San Miguel y permite realizar comparaciones antes y después de la implementación de la red (Kerlinger y Lee, 2002).

3.5. Método de Investigación

El método de investigación es el método científico, que implica una serie de pasos sistemáticos: identificación del problema, revisión de literatura, formulación de hipótesis, recolección de datos, análisis de resultados y conclusiones (Creswell, 2014). Este método se utiliza porque proporciona un marco estructurado y riguroso para llevar a cabo la investigación, asegurando la validez y confiabilidad de los resultados. En este estudio, se utilizarán técnicas como la simulación con software especializado (OptiSystem) para

14 modelar y validar el diseño de la red de fibra óptica, y el análisis estadístico de los datos recolectados para evaluar su desempeño y efectividad.

12 3.6. Descripción del ámbito de la Investigación

9 El ámbito de la investigación abarca el análisis y diseño de tecnologías avanzadas de comunicación y videovigilancia para el distrito de San Miguel. Esta investigación se centra en el diseño y la evaluación de una red de fibra óptica con multiplexación por división de longitud de onda (WDM) para mejorar la transmisión de datos de las cámaras de seguridad. El estudio incluye tanto aspectos técnicos como operativos, evaluando la potencial eficiencia de la red y su posible impacto en la seguridad pública del distrito.

12 3.7. Ubicación geográfica de la investigación

60 La investigación se lleva a cabo en el distrito de San Miguel, ubicada en el departamento de Puno, en el sur del Perú. La ubicación geográfica incluye los puntos críticos identificados como prioritarios para la instalación de cámaras de seguridad y el diseño de la red de fibra óptica con WDM.

65 3.8. Población y muestra

3.8.1. Población

La población de esta investigación comprende todos los puntos críticos de vigilancia en el distrito de San Miguel. Esto incluye todas las áreas públicas donde se necesita monitoreo de seguridad, como parques, plazas, intersecciones principales y zonas comerciales.

3.8.2. Muestra

La muestra de esta investigación se seleccionará de manera intencional, enfocándose en un subconjunto representativo de los puntos críticos de vigilancia

identificados en San Miguel. Este subconjunto incluirá las áreas con mayor incidencia de delitos, así como las zonas importantes para la seguridad pública. Se estima que la muestra consistirá en aproximadamente 5 - 10 puntos críticos seleccionados para el análisis detallado del diseño de la red de fibra óptica con WDM y su impacto potencial en la videovigilancia.

3.9. Técnicas e instrumentos

3.9.1. Técnicas

Para esta investigación, se utilizarán varias técnicas que permitan recopilar y analizar datos de manera precisa y eficiente:

- **Revisión Documental:** Esta técnica permitirá obtener un marco teórico y contextual sólido.
- **Análisis de Simulación:** Esta técnica permitirá evaluar el rendimiento y la eficiencia del diseño propuesto sin necesidad de implementación física.

3.9.2. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizarán para la recopilación de datos incluyen:

- **Software de Simulación (OptiSystem):** Herramienta esencial para realizar las simulaciones de la red de fibra óptica con WDM, permitiendo evaluar aspectos técnicos como el ancho de banda, la pérdida de señal y la latencia.
- **Fichas de Registros:** Utilizados para registrar los datos obtenidos de las simulaciones realizados en el software OptiSystem.

3.10. Recolección y procesamiento de la información

La recolección de información en esta investigación se llevará utilizando diferentes técnicas e instrumentos para asegurar una recopilación de datos

- **Revisión Documental:** Se recopilarán y analizarán documentos relevantes, como reportes de seguridad, normativas locales, estudios previos y artículos científicos. Estos documentos proporcionarán el marco teórico y contextual necesario para el análisis y diseño de la red de fibra óptica con WDM.

- **Simulaciones con Software (OptiSystem):** Se realizarán simulaciones detalladas utilizando OptiSystem para diseñar y evaluar la red de fibra óptica con WDM. Las simulaciones permitirán analizar parámetros técnicos como el ancho de banda, la pérdida de señal, la latencia y la capacidad de transmisión de datos.

El procesamiento de la información se llevará a cabo de la siguiente manera:

- **Organización y Clasificación:** Los datos recolectados a través de las diferentes técnicas serán organizados y clasificados según su origen y tipo. Se crearán bases de datos para almacenar y gestionar la información de manera eficiente.
- **Análisis Cuantitativo:** Los datos numéricos obtenidos de las simulaciones con OptiSystem serán analizados utilizando herramientas estadísticas. Se calcularán medidas descriptivas como promedios, medianas y desviaciones estándar para interpretar los resultados técnicos y operativos del diseño de la red.
- **Interpretación de Resultados:** Los resultados del análisis cuantitativo serán interpretados en el contexto del objetivo general y los objetivos específicos de la investigación. Se identificarán implicaciones prácticas y recomendaciones para el diseño y mejora de la red de videovigilancia en San Miguel.

6

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Identificación de los puntos de acceso para las cámaras de seguridad

La identificación de los puntos estratégicos para la instalación de cámaras de seguridad es fundamental para garantizar una vigilancia eficiente en el distrito de San Miguel. Este proceso tiene como objetivo determinar las ubicaciones óptimas para maximizar la cobertura y minimizar las zonas sin supervisión, contribuyendo significativamente a la reducción de incidentes delictivos y al aumento de la percepción de seguridad por parte de los habitantes. En el presente análisis, se han considerado aspectos geográficos, urbanos y técnicos para definir los puntos de instalación de las cámaras, priorizando áreas con alta incidencia delictiva y puntos estratégicos de circulación y concentración pública. La ubicación precisa de estos dispositivos se detalla a través de coordenadas GPS y se complementa con un análisis visual de las imágenes tomadas en campo, que ilustran los contextos urbanos donde se implementará el sistema. Para el diseño de la red de videovigilancia en San Miguel, se identificaron dos zonas principales de cobertura: Zona A y Zona B. Cada zona se seleccionó considerando criterios de seguridad, densidad poblacional y flujo vehicular y peatonal. A continuación, se detallan las ubicaciones específicas de las cámaras:

Zona A

1. **Cámara 1:** Ubicada en las coordenadas -15.4773913, -70.1250079, esta cámara supervisa una intersección crucial del área urbana. Las características de esta

ubicación permiten una visualización integral del flujo vehicular y peatonal en la zona.

- Cámara 2:** Instalación en -15.4805090, -70.1232427, en un punto estratégico cercano a áreas comerciales. Esto refuerza la vigilancia en una zona de alta concurrencia y riesgo.

Figura 18

Localización de las cámaras de seguridad Zona A



Nota. Elaboración Propia

Zona B

- Cámara 3:** Ubicada en -15.4741530, -70.1370383, esta cámara cubre un eje vial importante que conecta áreas residenciales con el centro comercial. Su instalación permite el monitoreo de actividades diurnas y nocturnas en una zona crítica.

2. Cámara 4: Posicionada en -15.4632005, -70.1371469, cubre un punto estratégico en el límite de la zona urbana, brindando vigilancia adicional en un área con menor iluminación nocturna.

La representación gráfica de la zona B es mostrada a continuación:

Figura 19

Localización de las cámaras de seguridad Zona B



Nota. Elaboración Propia

4.1.1. Requisitos Técnicos presentes en las cámaras de seguridad

Para garantizar un desempeño óptimo y una cobertura efectiva del sistema de videovigilancia en el distrito de San Miguel, se establecen los siguientes requisitos técnicos para las cámaras de seguridad. Cada especificación se fundamenta en necesidades operativas concretas y en los estándares de tecnología actuales:

- a) **Resolución mínima de 1080p (Full HD):** La resolución 1080p asegura la obtención de imágenes nítidas y detalladas, esenciales para identificar rostros, placas vehiculares y otros elementos clave durante la vigilancia y en investigaciones

forenses. Una mayor resolución mejora la capacidad de capturar detalles importantes en entornos urbanos complejos, lo que resulta crucial en áreas con alta actividad peatonal y vehicular. Esta calidad permite ampliar imágenes sin pérdida significativa de detalles, facilitando su uso en análisis de evidencia.

b) Alcance efectivo de al menos 30 metros en condiciones diurnas y nocturnas:

Las cámaras deben estar equipadas con iluminación infrarroja o tecnología similar para asegurar una cobertura eficaz en entornos con poca o nula iluminación. Este alcance permite monitorear áreas amplias, como calles principales y plazas públicas, reduciendo las zonas no cubiertas. Además, la capacidad de funcionar en condiciones de baja luz es fundamental para garantizar un monitoreo continuo las 24 horas del día, especialmente en zonas con infraestructura de iluminación deficiente.

c) Tasa de cuadros por segundo (fps) de 30: Una tasa de 30 cuadros por segundo (fps) proporciona un flujo de video fluido y estable, permitiendo capturar movimientos rápidos sin distorsiones. Esto es especialmente importante en el monitoreo de vehículos en movimiento o en situaciones de respuesta rápida, donde cada segundo puede ser crítico para la interpretación de eventos. Una menor tasa de cuadros podría generar videos entrecortados, dificultando la identificación de detalles importantes.

d) Conexión a la red de fibra óptica con tecnología WDM: La conexión mediante fibra óptica con multiplexación por división de longitud de onda (WDM) asegura una transmisión de datos rápida, estable y de alta capacidad. Esta tecnología permite manejar múltiples señales simultáneamente sin comprometer la calidad del video, lo que es esencial para un sistema de vigilancia que requiere monitoreo en tiempo real. La baja latencia y la alta capacidad de ancho de banda garantizan que las imágenes capturadas por las cámaras sean transmitidas al centro de monitoreo sin retrasos perceptibles.

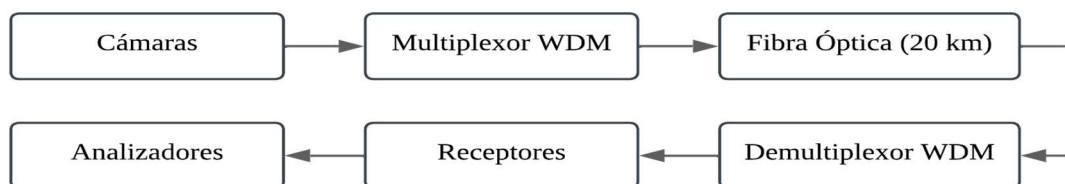
e) Capacidad de giro y zoom (PTZ): Las cámaras con funcionalidad PTZ (Pan-Tilt-Zoom) son necesarias para maximizar la cobertura y adaptarse a diferentes situaciones en tiempo real. La capacidad de rotación horizontal (pan) y vertical (tilt) permite ajustar el ángulo de visión para supervisar áreas más amplias, mientras que el zoom óptico facilita el enfoque en detalles específicos, como matrículas o actividades sospechosas en puntos distantes. Esta funcionalidad es especialmente útil en áreas críticas que requieren supervisión dinámica y versátil.

4.2. Arquitectura de la red de fibra óptica WDM

La red de fibra óptica WDM diseñada para el sistema de videovigilancia constituye una solución eficiente para la transmisión de datos provenientes de cámaras de seguridad ubicadas en puntos estratégicos del distrito de San Miguel. Este sistema aprovecha la tecnología de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) para combinar y transportar múltiples señales ópticas a través de una única fibra óptica, optimizando la infraestructura y garantizando una transmisión de alta velocidad y confiabilidad. La tecnología WDM permite que múltiples señales ópticas, provenientes de diferentes cámaras, se transmitan simultáneamente a través de una única fibra óptica, maximizando la eficiencia y reduciendo los costos de infraestructura. Este diagrama ilustra el flujo de datos desde su origen (cámaras) hasta su procesamiento final (analizadores), destacando los componentes clave involucrados en la transmisión.

Figura 20

Diagrama de bloques de la red de fibra óptica DWM



Nota. Elaboración Propia

a) Cámaras

Las cámaras de seguridad, ubicadas en puntos estratégicos del distrito, actúan como las fuentes de datos iniciales. Capturan imágenes y video en tiempo real, que se convierten en señales digitales. Estas señales contienen información crítica para el monitoreo y análisis de la seguridad pública.

b) Multiplexor WDM

Las señales generadas por las cámaras se dirigen al multiplexor WDM, que combina múltiples señales ópticas en una única salida de fibra óptica. Este proceso de multiplexación es esencial para optimizar el uso de la infraestructura, permitiendo la transmisión simultánea de múltiples flujos de datos a través de un único medio físico.

c) Fibra Óptica (20 km)

- Una fibra óptica de 20 kilómetros se utiliza para transportar las señales combinadas del multiplexor hacia un punto de distribución central.
- La fibra óptica garantiza una transmisión de alta velocidad y baja pérdida, necesaria para la transferencia eficiente de datos en tiempo real. Además, su capacidad para manejar múltiples longitudes de onda asegura una transmisión confiable y sin interferencias.

d) Demultiplexor WDM

- En el punto de destino, el demultiplexor WDM separa las señales combinadas en flujos individuales, restaurando la información original capturada por cada cámara. Este componente es crucial para preparar los datos para su procesamiento y análisis en los pasos posteriores.

e) Receptores

- Cada señal individual es procesada por un receptor óptico, que convierte las señales ópticas nuevamente en señales digitales. Estos receptores aseguran que los datos sean legibles y útiles para los siguientes pasos de análisis.

f) Analizadores

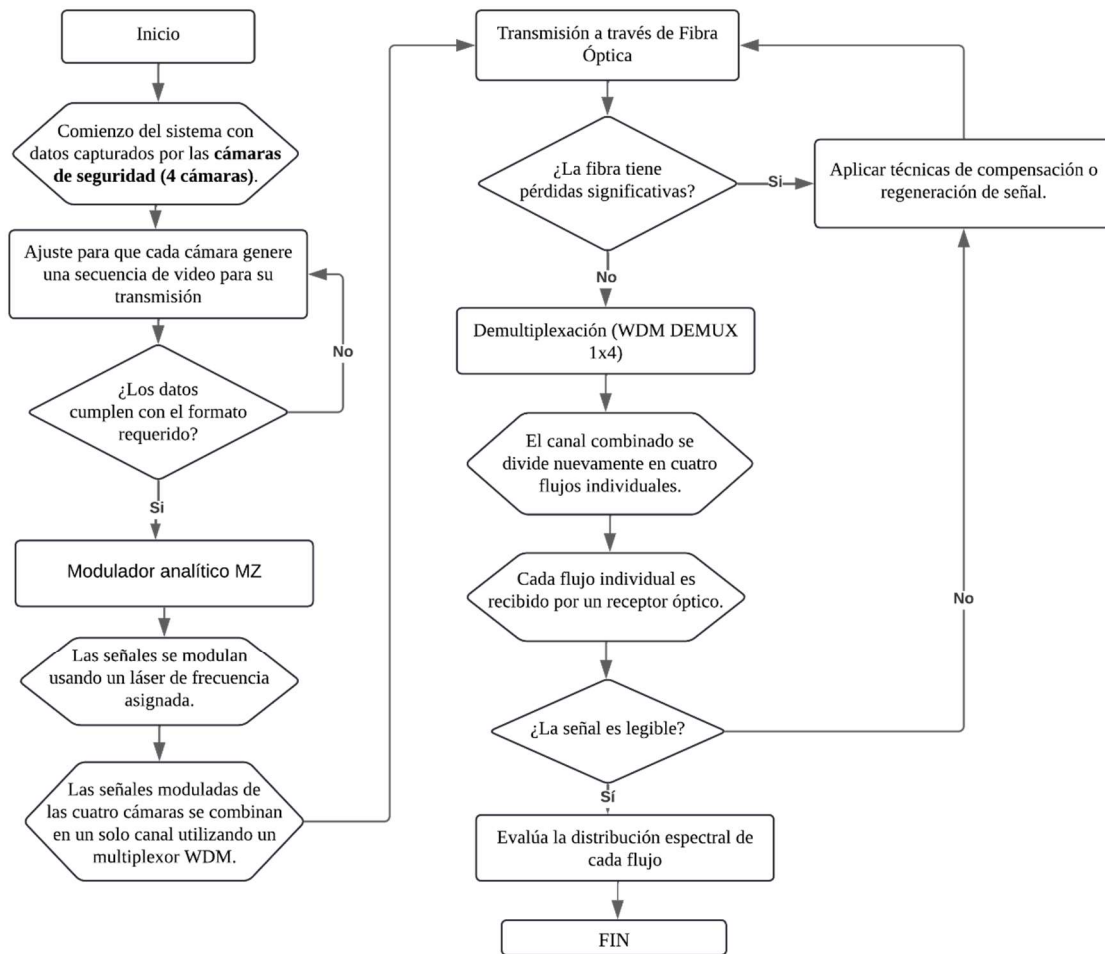
- Finalmente, los datos procesados se envían a analizadores especializados, como analizadores de espectro óptico y de diagramas de ojo, para evaluar la calidad de las señales. Este análisis permite verificar la integridad de los datos y asegura que la transmisión fue realizada sin errores significativos.

A partir del diagrama de bloques previamente analizado, se establecieron las bases para definir los procesos detallados que conforman la arquitectura de la red de fibra óptica WDM. Este enfoque permite transformar un diseño conceptual en una secuencia lógica de operaciones prácticas. El diagrama de flujo resultante no solo detalla las etapas clave del sistema, desde la captura inicial de datos por las cámaras de seguridad hasta la evaluación final de la calidad de la señal, sino que también incorpora puntos de decisión estratégicos que permiten abordar posibles problemas, optimizar la transmisión y garantizar la integridad de los datos.

Este nivel de detalle asegura que cada componente y etapa del sistema esté claramente definido, alineándose con las necesidades operativas del diseño y facilitando su implementación. La incorporación de decisiones dentro del flujo de trabajo, como la validación del formato de datos y la detección de pérdidas en la fibra óptica, subraya un enfoque proactivo en el diseño, donde la eficiencia, confiabilidad y calidad de transmisión se priorizan en todas las fases del sistema. Este análisis fundamentado se convierte en una guía esencial para garantizar que la red funcione de manera robusta y cumpla con los objetivos de la investigación.

Figura 21

Flujo de procesos para la generación y transmisión de datos de cámaras



Nota. Elaboración Propia

A continuación, se explica los procesos implicados en el diagrama de flujo:

1. Inicio del sistema

El flujo comienza con la captura de datos por las cámaras de seguridad. Estas cámaras, ubicadas en puntos estratégicos, generan señales de video en tiempo real que se integrarán en el sistema.

2. Generación y ajuste de datos

Las cámaras ajustan sus datos para generar secuencias de video listas para la transmisión.

- **Decisión: ¿Los datos cumplen con el formato requerido?**

- **Sí:** Los datos pasan al siguiente proceso.
- **No:** Se ajusta el formato para cumplir los estándares necesarios.

3. Modulación de las señales

Los datos de video pasan al modulador analítico MZ, donde se modulan utilizando un láser de frecuencia asignada. Este proceso asegura que las señales sean compatibles con el sistema de transmisión óptica.

4. Multiplexación WDM

Las señales moduladas provenientes de las cuatro cámaras se combinan en un solo canal mediante un multiplexor WDM. Este paso optimiza el uso de la fibra óptica, permitiendo la transmisión simultánea de múltiples señales en una sola línea.

5. Transmisión a través de fibra óptica

El canal combinado se transmite por una fibra óptica de 20 km.

- **Decisión: ¿La fibra tiene pérdidas significativas?**

- **Sí:** Se aplican técnicas de compensación o regeneración de señal para restaurar la calidad de la transmisión.
- **No:** La señal continúa hacia el demultiplexor.

6. Demultiplexación WDM

En el destino, el demultiplexor WDM 1x4 separa el canal combinado en cuatro flujos individuales, restaurando las señales originales de cada cámara.

7. Recepción de los flujos individuales

Cada flujo de datos individual es recibido por un receptor óptico, que convierte las señales ópticas nuevamente en señales digitales listas para análisis.

8. Verificación de calidad de la señal

- **Decisión: ¿La señal es legible?**

- **Sí:** Los datos pasan a la evaluación final.
- **No:** Se revisan posibles errores en el enlace o interferencias.

9. Análisis espectral

Se evalúa la distribución espectral de cada flujo utilizando analizadores ópticos.

Este análisis asegura que las señales transmitidas y recibidas cumplan con los estándares de calidad y precisión requeridos.

10. Fin del proceso

Una vez que las señales se evalúan y validan, el sistema concluye, garantizando que los datos están listos para su uso en el monitoreo y análisis de seguridad.

4.3. Diseño de la red de fibra óptica WDM

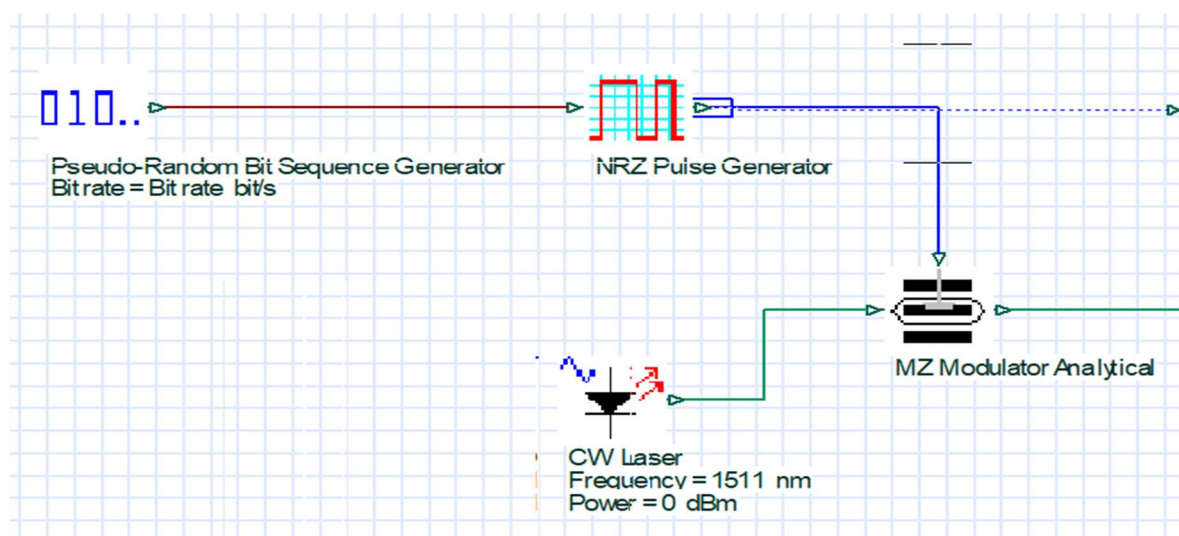
Una vez definidos el diagrama de bloques y el diagrama de flujo que describen la arquitectura general del sistema, se procede al diseño y simulación de la red de fibra óptica WDM utilizando el software Optisystem. Este diseño tiene como objetivo modelar y analizar el comportamiento del sistema, asegurando que los parámetros establecidos cumplan con los requerimientos técnicos para la transmisión de datos de las cámaras de seguridad.

En esta etapa, se configuran los componentes principales de la red, como generadores de señales, láseres CW, moduladores, multiplexores, fibra óptica y receptores, siguiendo las especificaciones del diseño conceptual previamente desarrollado. Además, se evalúan las características y rendimiento del sistema bajo distintas condiciones para validar su funcionamiento y garantizar su eficiencia.

En la figura 22 se presenta el proceso inicial de generación y modulación de señales ópticas utilizando un esquema basado en la técnica NRZ (Non-Return-to-Zero) y un láser CW (Continuous Wave). Este proceso constituye un componente importante en el diseño de la red de fibra óptica WDM, ya que define cómo se genera y prepara la señal para su transmisión a través del sistema.

Figura 22

Generación y modulación de señales ópticas mediante NRZ y láser CW



Nota. Elaboración Propia

a) Generador de secuencias pseudoaleatorias

- Este componente produce una secuencia de bits binarios pseudoaleatorios que simulan datos reales de transmisión. La tasa de bits (bit rate) se establece según los requerimientos del sistema, y esta señal sirve como entrada principal para el resto de los módulos.

b) Generador de pulsos NRZ

- La secuencia de bits generada es convertida en pulsos eléctricos utilizando el generador NRZ. Este formato garantiza que los pulsos sean continuos y representativos de los valores binarios, donde un "1" se transmite como un pulso continuo y un "0" como la ausencia del pulso.

c) Láser CW

- Un láser de onda continua (CW) emite una señal óptica a una frecuencia específica (en este caso, 1511 nm) y una potencia definida (0 dBm). Este láser proporciona la portadora óptica necesaria para modular los datos eléctricos generados por el pulso NRZ.

d) Modulador Mach-Zehnder (MZ)

- El modulador analítico MZ combina la señal óptica generada por el láser CW con los pulsos eléctricos provenientes del generador NRZ. Este dispositivo utiliza interferencia para modular la amplitud de la portadora óptica en función de la señal eléctrica de entrada, generando así una señal óptica modulada lista para su transmisión.

Este proceso asegura que los datos binarios iniciales sean convertidos y modulados de manera eficiente en señales ópticas, manteniendo su integridad y preparándolos para las etapas posteriores en la red de fibra óptica WDM.

Luego en la figura 23 se detalla la configuración del generador de pulsos NRZ (Non-Return-to-Zero), un componente que se utiliza en la modulación de señales digitales dentro del sistema de transmisión óptica. Este generador convierte una secuencia binaria en una señal continua, donde los valores "1" y "0" se representan de forma estable y sin retorno a un estado de referencia.

Figura 23

Configuración del generador de pulsos NRZ

Label: NRZ Pulse Generator

Main Simulation Custom order

Disp	Name	Value	Units	Mode
☐	Rectangle shape	Exponential		Normal
☐	Format for pulse range	Min/Max		Normal
☐	Maximum	1	a.u.	Normal
☐	Minimum	0	a.u.	Normal
☐	Amplitude (wrt DC)	1	a.u.	Normal
☐	DC bias	0	a.u.	Normal
☐	Position	0	bit	Normal
☐	Rise time	0.05	bit	Normal
☐	Fall time	0.05	bit	Normal

Nota. Elaboración Propia

A continuación, se explican los principales parámetros configurados:

1. Rectangle shape (Forma del pulso)

- Se define como Exponential, lo que determina la forma específica del pulso NRZ generado. Este parámetro influye en cómo se representan los valores binarios dentro de la señal, afectando directamente la calidad de la modulación y la interpretación de la señal en el receptor.

2. Format for pulse range (Formato de rango de pulso)

- Configurado en Min/Max, establece los valores mínimo y máximo que puede tomar la amplitud del pulso, asegurando una representación consistente de los bits binarios.

3. Maximum y Minimum (Máximo y Mínimo)

- Ambos definidos como 1 a.u. (unidad arbitraria) y 0 a.u., respectivamente, indican los valores de amplitud para los estados lógicos "1" y "0".

4. Amplitude (Amplitud respecto a DC)

- Se configura como 1 a.u., lo que asegura que los pulsos tengan la amplitud necesaria para ser procesados en las siguientes etapas del sistema.

5. DC Bias (Polarización DC)

- Configurada en 0 bit, asegura que no haya desplazamiento de la señal respecto a su nivel base, manteniendo la integridad del formato NRZ.

6. Position (Posición del pulso)

- Este parámetro no está modificado, indicando que los pulsos están centrados de manera estándar dentro del intervalo de bit.

7. Rise time y Fall time (Tiempo de subida y bajada)

- Ambos configurados en 0.05 bit, determinan la velocidad con la que la señal cambia entre los estados “1” y “0”. Un tiempo de subida y bajada bajo garantiza transiciones rápidas, lo cual es crítico para mantener la integridad de la señal a altas tasas de transmisión.

Esta configuración permite generar pulsos NRZ con las características necesarias para la modulación y transmisión en el sistema de fibra óptica.

Figura 24

Parámetros de simulación del sistema óptico

Simulation Signals Spatial effects Noise Signal tracing			
Name	Value	Units	Mode
Simulation window	Set bit rate		Normal
Reference bit rate	☒		Normal
Bit rate	2.5e+009	bit/s	Normal
Time window	0.4096e-006	s	Normal
Sample rate	80e+009	Hz	Normal
Sequence length	1024	bits	Normal
Samples per bit	32		Normal
Guard Bits	0		Normal
Symbol rate	10e+009	symbols/s	Normal
Number of samples	32768		Normal
Reference wavelength	193.1	THz	Normal
Export results to file	☐		Normal
Results filename	C:\Users\Grinvand\Documents\OptiSystem		Normal
Export results options	Save after each sweep iteration		Normal
Cuda GPU	☐		Normal
PAS sizing non power of two	☐		Normal

Nota. Elaboración Propia

En la figura 24 se presentan los parámetros configurados para la simulación del sistema óptico, llevada a cabo en el software OptiSystem. A continuación, se detalla el propósito de cada parámetro clave en el contexto de esta investigación:

1. Simulation window (Ventana de simulación)

- La ventana de simulación está definida por la tasa de bits del sistema, asegurando que el tiempo de simulación cubra los ciclos necesarios para observar el comportamiento completo de la señal transmitida.

2. Bit rate (Tasa de bits)

- Configurado en 2.5 Gbit/s, este valor define la velocidad a la que se transmiten los datos en el sistema. Esta tasa es adecuada para manejar el

flujo de datos generado por las cámaras de seguridad sin comprometer la calidad de la transmisión.

3. Time window (Ventana de tiempo)

- Establecida en 0.4096e-6 s, este parámetro controla el intervalo de tiempo que se analiza en la simulación, permitiendo evaluar el desempeño del sistema en un período representativo.

4. Sample rate (Tasa de muestreo)

- Configurado en 80 GHz, esta tasa asegura una resolución suficiente para capturar los detalles de la señal óptica modulada, evitando pérdida de información crítica en el análisis.

5. Sequence length (Longitud de la secuencia)

- Definida como 1024 bits, este valor representa el tamaño de los datos transmitidos en la simulación. En el sistema de cámaras, esta longitud refleja un segmento manejable del flujo continuo de datos.

6. Samples per bit (Muestras por bit)

- Establecido en 32, este valor determina el número de muestras que se toman para cada bit transmitido. Este nivel de detalle permite evaluar la forma y calidad del pulso generado.

7. Symbol rate (Tasa de símbolos)

- Configurada en 10 Gsymbols/s, esta tasa define la velocidad a la que se transmiten los símbolos en el sistema, esencial para garantizar una modulación efectiva de la señal óptica.

8. Reference wavelength (Longitud de onda de referencia)

- Establecida en 193.1 THz, esta longitud de onda corresponde a la portadora óptica utilizada en el sistema WDM. Este valor es crítico para alinear las señales moduladas con las características de los dispositivos ópticos.

9. Export results options (Opciones de exportación de resultados)

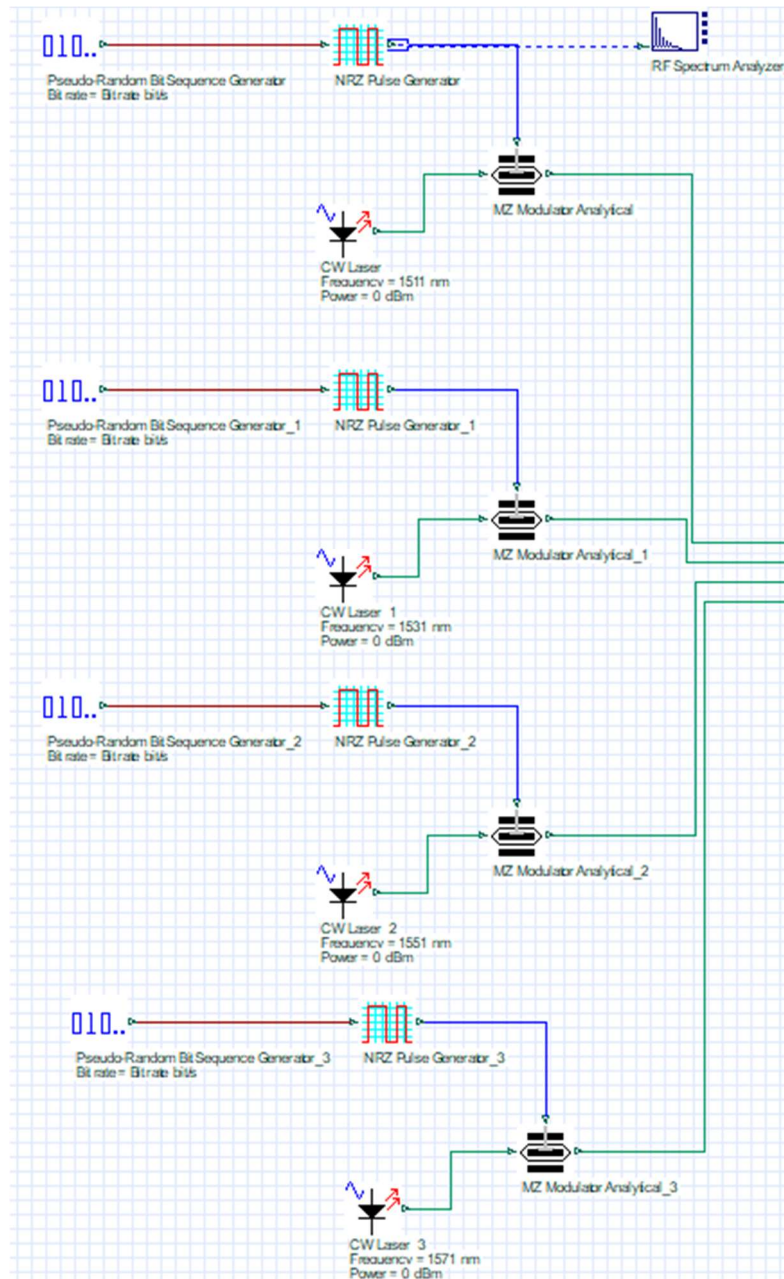
- Permite guardar los resultados generados en cada iteración de la simulación, facilitando el análisis posterior de los datos.

10. Cuda GPU (Procesamiento en GPU)

- Aunque no está activada en este caso, esta opción permite acelerar la simulación al usar una GPU, especialmente útil en simulaciones más complejas o con mayor carga computacional.

Estos parámetros permiten configurar un modelo realista del sistema óptico para evaluar el diseño propuesto de la red WDM. Para la transmisión de datos de las cámaras de seguridad del distrito de San Miguel, estos valores aseguran que el sistema pueda manejar eficientemente la cantidad de datos generados, manteniendo la calidad de la señal a lo largo de los 20 km de fibra óptica.

La figura 25 ilustra la configuración detallada de los cuatro puntos de acceso del sistema de transmisión óptica basado en WDM, diseñados para manejar los datos provenientes de cámaras de seguridad. Cada punto de acceso está equipado con componentes que permiten la generación, modulación y análisis de las señales ópticas, adaptándolas para su integración en la red de fibra óptica.

Figura 25*Configuración de los cuatro puntos de acceso**Nota. Elaboración Propia***a) Generador de secuencias pseudoaleatorias**

- Cada punto de acceso cuenta con un generador que produce una secuencia de bits binarios pseudoaleatorios, simulando los datos reales capturados por las cámaras de seguridad. Esto asegura una transmisión continua y robusta.

b) Generador de pulsos NRZ

- Convierte la secuencia binaria en pulsos eléctricos en formato NRZ (Non-Return-to-Zero). Este formato garantiza que cada bit de datos sea representado como un pulso estable, lo que es crucial para mantener la integridad de la señal durante la modulación.

c) Láser CW (Continuous Wave)

- Cada punto utiliza un láser CW con una longitud de onda específica:
 - **1511 nm (Canal 1)**
 - **1531 nm (Canal 2)**
 - **1551 nm (Canal 3)**
 - **1571 nm (Canal 4)**
- Estos láseres generan las portadoras ópticas necesarias para modular los datos eléctricos. Las distintas longitudes de onda asignadas aseguran que las señales sean separables en el demultiplexor del sistema WDM.

d) Modulador Mach-Zehnder (MZ)

- Combina la señal óptica del láser CW con los pulsos eléctricos generados en cada punto. El modulador Mach-Zehnder convierte estas señales en datos ópticos modulados, listos para ser multiplexados en la red de fibra óptica.

e) RF Spectrum Analyzer

- En el primer punto de acceso, se utiliza un analizador de espectro para evaluar la calidad y características de la señal modulada. Este análisis se utiliza para poder validar que las señales sean óptimas para la transmisión en la red.

En la presente investigación, estos cuatro puntos de acceso representan las ubicaciones estratégicas de las cámaras de seguridad en el distrito de San Miguel. La configuración permite que cada cámara transmita datos de video de manera eficiente utilizando una red óptica basada en WDM. La asignación de longitudes de onda únicas para cada punto asegura que las señales puedan ser combinadas y separadas de forma precisa, optimizando la infraestructura y garantizando la calidad de los datos en su transmisión hacia el centro de monitoreo. En la figura 26 se muestra la configuración de los láseres CW (Continuous Wave) utilizados en cada uno de los cuatro canales del sistema WDM. Los láseres son responsables de generar las señales ópticas portadoras, cada una con una longitud de onda específica, que se utilizarán para modular los datos provenientes de las cámaras de seguridad.

Figura 26

Configuración del láser CW para los cuatro canales

Label: CW Laser

Disp	Name	Value	Units	Mode
☒	Frequency	1511	nm	Normal
☒	Power	0	dBm	Normal
☐	Linewidth	10	MHz	Normal
☐	Initial phase	0	deg	Normal

Label: CW Laser_1

Disp	Name	Value	Units	Mode
☒	Frequency	1531	nm	Normal
☒	Power	0	dBm	Normal
☐	Linewidth	10	MHz	Normal
☐	Initial phase	0	deg	Normal

Label: CW Laser_2

Disp	Name	Value	Units	Mode
☒	Frequency	1551	nm	Normal
☒	Power	0	dBm	Normal
☐	Linewidth	10	MHz	Normal
☐	Initial phase	0	deg	Normal

Label: CW Laser_3

Disp	Name	Value	Units	Mode
☒	Frequency	1571	nm	Normal
☒	Power	0	dBm	Normal
☐	Linewidth	10	MHz	Normal
☐	Initial phase	0	deg	Normal

Nota. Elaboración Propia

De la figura 26 se infiere lo siguiente:

a) Frecuencia (Frequency)

- Cada láser opera a una longitud de onda distinta, que define el canal correspondiente:
 - **1511 nm** para el canal 1.
 - **1531 nm** para el canal 2.
 - **1551 nm** para el canal 3.
 - **1571 nm** para el canal 4.
- Estas longitudes de onda están separadas de manera uniforme para evitar interferencias y permitir la correcta multiplexación y demultiplexación en el sistema WDM.

b) Potencia (Power)

- Configurada en 0 dBm para todos los láseres, lo que asegura una intensidad óptima de la señal portadora. Esta potencia es suficiente para mantener la calidad de la señal durante la transmisión y minimizar pérdidas en el enlace.

c) Anchura de línea (Linewidth)

- Fijada en 10 MHz para cada láser. Este valor controla la pureza espectral del láser, asegurando que la señal óptica tenga una alta coherencia y sea adecuada para los procesos de modulación y transmisión.

d) Fase inicial (Initial phase)

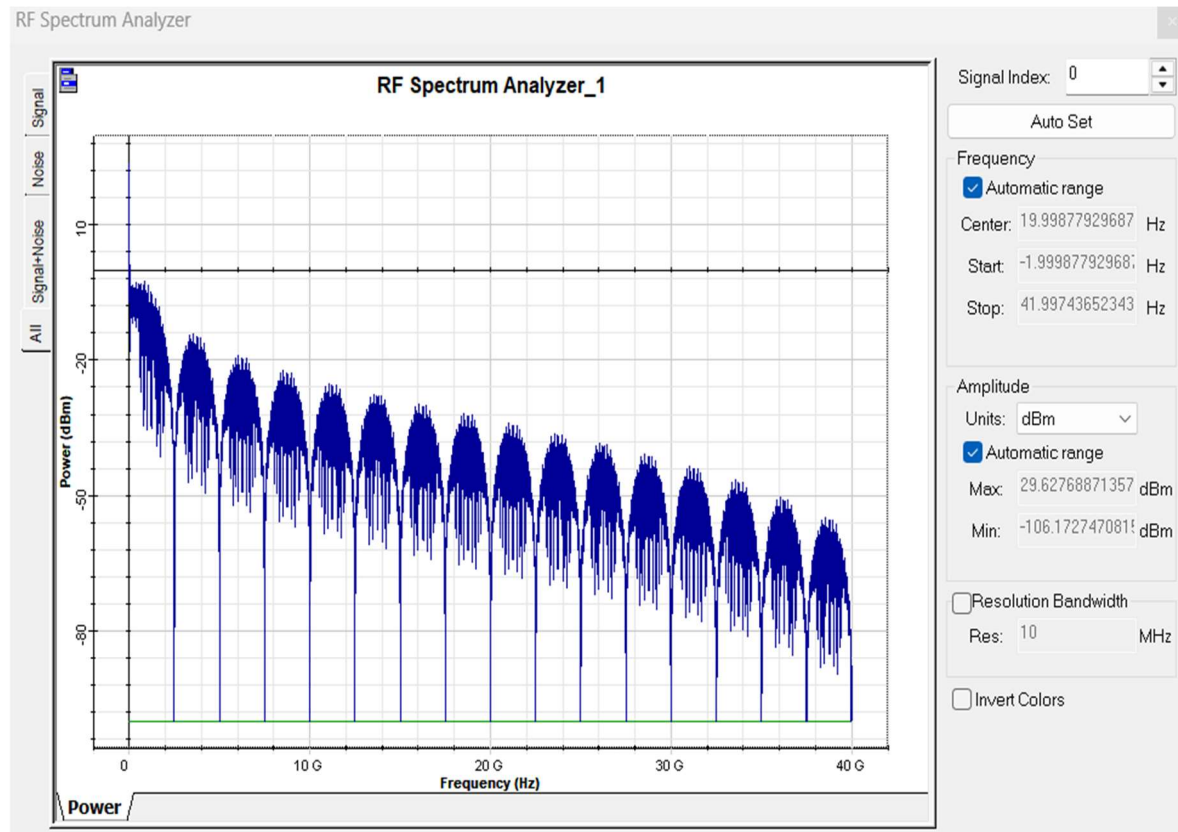
- Establecida en 0 grados para todos los canales, lo que garantiza una fase uniforme al inicio de la transmisión. Esto facilita la alineación de las señales ópticas durante la modulación y el análisis.

A continuación, se presenta el espectro de potencia de la señal modulada analizada mediante el RF Spectrum Analyzer. Este análisis es crucial para evaluar las características

de la señal en términos de frecuencia y potencia, asegurando que cumpla con los requisitos de calidad necesarios para su transmisión dentro de la red de fibra óptica WDM.

Figura 27

Espectro de potencia de la señal en el analizador RF Spectrum Analyzer



Nota. Elaboración Propia

De la figura 27 se infiere lo siguiente:

a) Rango de frecuencias

- El espectro se extiende desde 0 Hz hasta aproximadamente 40 GHz, cubriendo el rango relevante para la señal modulada. Este amplio rango permite evaluar la distribución de la potencia en las distintas frecuencias generadas durante el proceso de modulación.

b) Potencia de la señal

- La potencia máxima registrada es de aproximadamente 29.63 dBm, mientras que la mínima alcanza -106.17 dBm. Estos valores reflejan la intensidad de las componentes de frecuencia de la señal, donde los picos más altos corresponden a las frecuencias principales generadas por la modulación.

c) Distribución espectral

- El espectro muestra una serie de picos uniformemente distribuidos, lo que indica una modulación eficiente y una señal coherente. Esta uniformidad asegura que la señal pueda ser transmitida y recuperada sin interferencias significativas entre los canales del sistema WDM.

d) Resolución del análisis

- La resolución del ancho de banda se establece en 10 MHz, lo que proporciona un nivel de detalle adecuado para identificar componentes espectrales individuales y evaluar su comportamiento.

e) Configuración automática

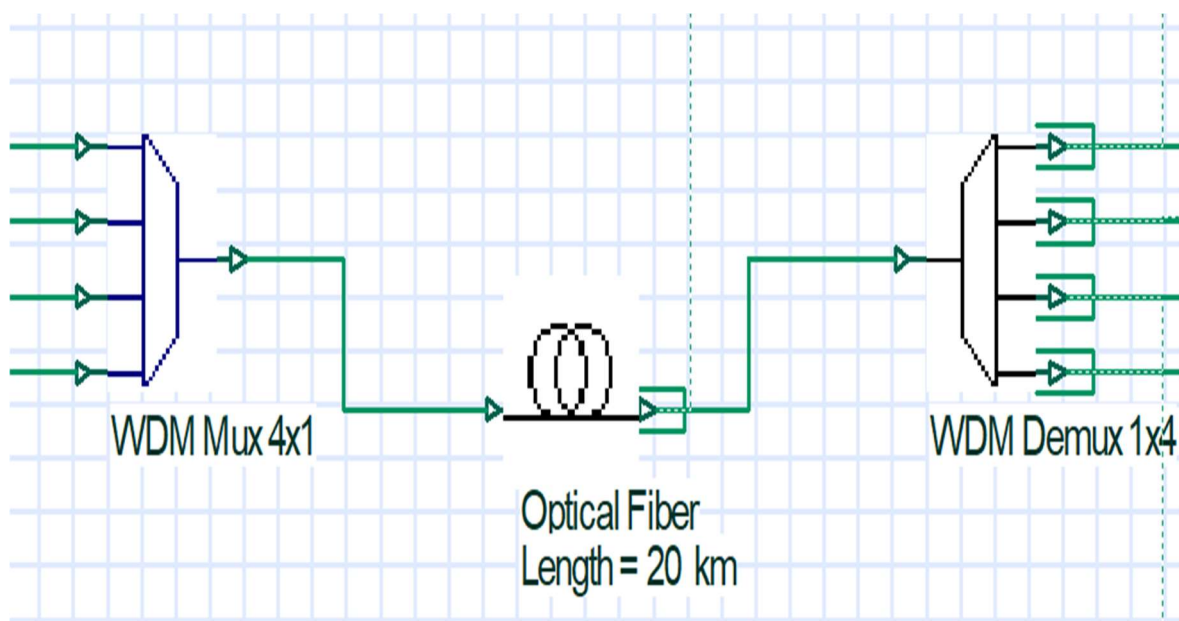
- Se utilizó el rango automático tanto para la frecuencia como para la amplitud, lo que permite capturar una representación completa del espectro sin limitaciones impuestas por configuraciones manuales.

Este análisis espectral es importante ya que permite validar la calidad de la señal óptica modulada antes de su multiplexación en la red WDM. La correcta distribución de potencia y la coherencia de las componentes de frecuencia garantizan que la señal será adecuada para la transmisión a larga distancia (20 km de fibra óptica) sin pérdidas significativas. Además, este paso permite identificar posibles problemas de modulación o interferencia tempranamente, optimizando el rendimiento del sistema de transmisión de datos para las cámaras de seguridad en el distrito de San Miguel.

La figura 28 muestra la arquitectura básica de transmisión en un sistema de multiplexación por división de longitud de onda (WDM), incluyendo los principales componentes: el multiplexor (Mux), la fibra óptica y el demultiplexor (Demux). Este diseño representa el flujo de datos desde la combinación inicial de señales ópticas hasta su separación en el destino, asegurando la eficiencia y la calidad de la transmisión.

Figura 28

Arquitectura de transmisión en fibra óptica WDM: Mux, Fibra y Demux



Nota. Elaboración Propia

De esta figura se infiere lo siguiente:

1. Multiplexor WDM (Mux 4x1)

- Este componente combina las señales ópticas de los cuatro canales, cada una con una longitud de onda específica. El multiplexor permite que múltiples señales viajen simultáneamente por una única fibra óptica, maximizando la utilización de los recursos y reduciendo los costos de infraestructura.

- Para esta investigación, los datos provenientes de las cámaras de seguridad son asignados a diferentes longitudes de onda, garantizando su transmisión sin interferencias.

2. Fibra óptica

- Con una longitud de 20 km, la fibra óptica actúa como el medio de transmisión de las señales multiplexadas.
- Esta fibra tiene propiedades específicas, como una atenuación constante de 0.2 dB/km y una longitud de onda de referencia de 1550 nm, lo que asegura una transmisión eficiente y de baja pérdida. Estas características son críticas para mantener la calidad de los datos enviados por largas distancias.

3. Demultiplexor WDM (Demux 1x4)

- En el extremo receptor, el demultiplexor separa las señales multiplexadas en sus canales individuales, restaurando cada señal a su longitud de onda original.
- Este componente garantiza que las señales puedan ser procesadas de forma independiente, lo que es esencial para la recuperación de los datos capturados por las cámaras de seguridad.

Esta arquitectura permite transmitir de manera eficiente las señales de video de las cámaras de seguridad desde los puntos de acceso hacia el centro de monitoreo, cubriendo una distancia de 20 km. Posteriormente se detalla la configuración de la fibra óptica utilizada en el sistema de transmisión WDM, un componente que permite garantizar que las señales ópticas transmitidas desde los puntos de acceso lleguen al destino con calidad y eficiencia (Ver Figura 29). Los parámetros definidos reflejan las características físicas y ópticas de la fibra, asegurando un rendimiento óptimo a lo largo de la distancia especificada.

Figura 29

Configuración de la fibra óptica: parámetros de longitud y atenuación

Label: Optical Fiber

Disp	Name	Value	Units	Mode
☐	User defined reference wavelength	☒		Normal
☐	Reference wavelength	1550	nm	Normal
☒	Length	20	km	Normal
☐	Attenuation effect	☒		Normal
☐	Attenuation data type	Constant		Normal
☐	Attenuation	0.2	dB/km	Normal
☐	Attenuation vs. wavelength	Attenuation.dat		Normal

Nota. Elaboración Propia

De la figura 29 se infiere lo siguiente:

a) Longitud de referencia de onda (Reference wavelength)

- Configurada en 1550 nm, que es la longitud de onda más comúnmente utilizada en fibras ópticas debido a su baja atenuación y dispersión. Este valor es crítico para optimizar la transmisión de señales a larga distancia con mínimas pérdidas.

b) Longitud de la fibra (Length)

- Definida en 20 km, esta longitud corresponde a la distancia que cubre la red desde el multiplexor (Mux) hasta el demultiplexor (Demux). Este valor se adapta al contexto de la investigación, donde las señales deben viajar desde los puntos de acceso de las cámaras hasta el centro de monitoreo.

c) Efecto de atenuación (Attenuation effect)

- Configurado como Constante, lo que significa que la atenuación es uniforme a lo largo de toda la fibra, simplificando el modelado y la simulación.

d) Atenuación (Attenuation)

- Establecida en 0.2 dB/km, que es el valor estándar para fibras ópticas en el rango de 1550 nm. Este valor indica la pérdida de potencia de la señal óptica por kilómetro, lo que permite calcular el nivel de potencia que se espera al final de la transmisión.

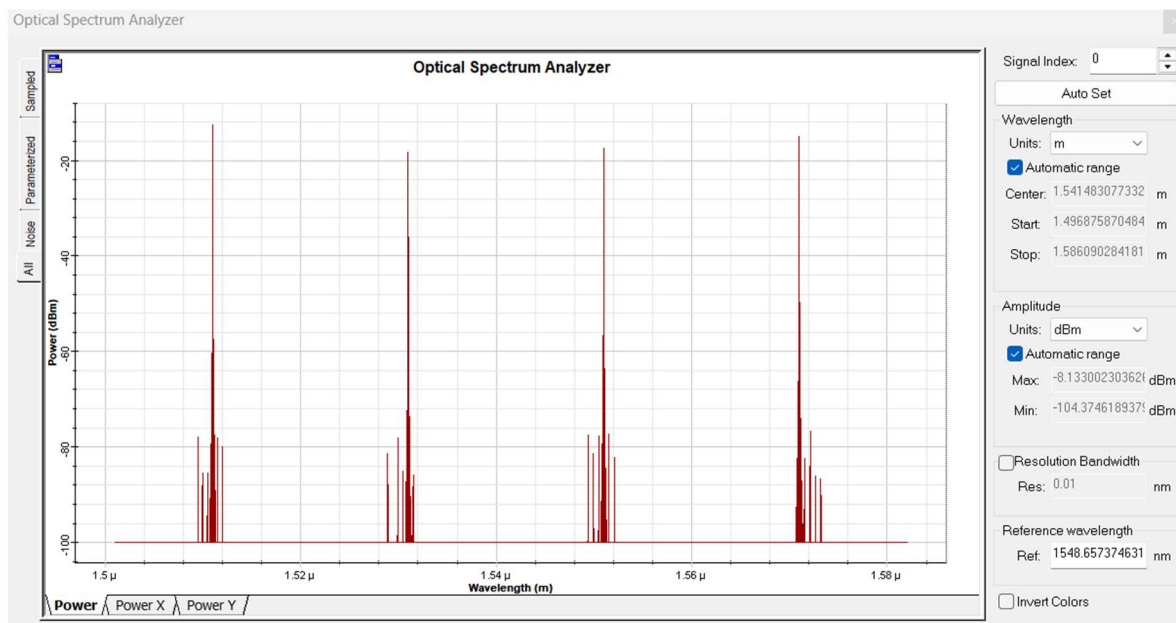
e) Datos de atenuación vs. longitud de onda (Attenuation vs. wavelength)

- Este archivo adjunto contiene información detallada sobre cómo varía la atenuación en función de la longitud de onda, permitiendo ajustar las simulaciones para tener en cuenta posibles variaciones en condiciones específicas.

Esta configuración permite modelar el comportamiento de la fibra óptica en el sistema WDM. La longitud de 20 km y la atenuación constante garantizan que las señales de video provenientes de las cámaras de seguridad puedan transmitirse de manera eficiente y con mínimas pérdidas de calidad. Para profundizar este análisis se realiza una evaluación espectral de las señales ópticas multiplexadas en la fibra óptica utilizando el Optical Spectrum Analyzer (Ver Figura 30).

Figura 30

Análisis espectral óptico de señales multiplexadas de Fibra Óptica



Nota. Elaboración Propia

De la Figura 30 se infiere lo siguiente:

a) Longitudes de onda de las señales

- El espectro presenta picos bien definidos en las siguientes longitudes de onda:
 - 1511 nm

- **1531 nm**
- **1551 nm**
- **1571 nm**

- Estas longitudes de onda corresponden a los canales ópticos configurados anteriormente en el sistema WDM. La separación uniforme entre ellas asegura que no haya interferencias entre canales, facilitando la demultiplexación en el receptor.

b) Potencia de las señales

- La potencia máxima registrada en los picos es de -8,13 dBm, mientras que la mínima es de -104,37 dBm.
- Este rango de potencias indica que las señales mantienen niveles de intensidad adecuados para su correcta transmisión y recuperación.

c) Disminución espectral

- La resolución del análisis es de 0.01 nm, lo que permite observar claramente la separación entre los canales y detectar posibles solapamientos o distorsiones.

d) Referencia de longitud de onda

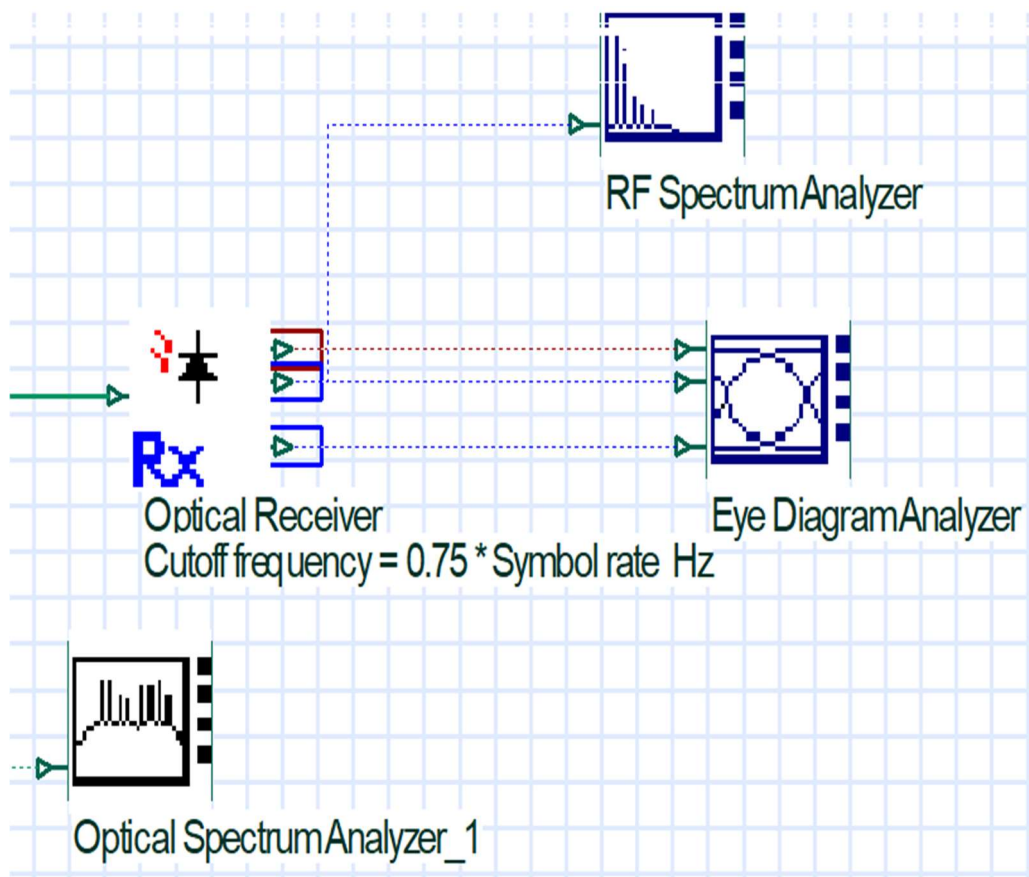
- Establecida en 1548.65737 nm, esta referencia asegura que el espectro se centra correctamente en el rango de análisis.

Este análisis espectral confirma la correcta multiplexación de las señales ópticas en el sistema WDM, lo que es esencial para transmitir los datos de las cámaras de seguridad del distrito de San Miguel de manera eficiente. La separación uniforme de las longitudes de onda garantiza que las señales puedan ser demultiplexadas sin interferencias en el receptor. Además, el rango de potencias obtenido confirma que la transmisión a través de la fibra óptica de 20 km mantiene la calidad de las señales, alineándose con los objetivos del diseño para proporcionar una red de videovigilancia confiable y de alta calidad.

La siguiente figura muestra la configuración utilizada para analizar las señales ópticas recibidas en el sistema WDM después de la demultiplexación. Los análisis realizados incluyen el espectro óptico, el espectro de radiofrecuencia (RF) y el diagrama de ojo, que en conjunto permiten evaluar la calidad y las características de la señal.

Figura 31

Análisis de señal en el receptor óptico



Nota. Elaboración Propia

La figura 32 detalla los parámetros configurados en el software OptiSystem para la simulación del sistema óptico WDM. Estos parámetros son utilizados para modelar con precisión el comportamiento del sistema y garantizar que la simulación refleje condiciones reales de operación, como la transmisión de datos de las cámaras de seguridad en el proyecto de videovigilancia.

Figura 32

Configuración de parámetros de simulación en el sistema óptico

Simulation			
Signals Spatial effects Noise Signal tracing			
Name	Value	Units	Mode
Simulation window	Set bit rate		Normal
Reference bit rate	☒		Normal
Bit rate	2.5e+009	bit/s	Normal
Time window	0.4096e-006	s	Normal
Sample rate	80e+009	Hz	Normal
Sequence length	1024	bits	Normal
Samples per bit	32		Normal
Guard Bits	0		Normal
Symbol rate	10e+009	symbols/s	Normal
Number of samples	32768		Normal
Reference wavelength	193.1	THz	Normal
Export results to file	☐		Normal
Results filename	C:\Users\Grinvand\Documents\OptiSystem		Normal
Export results options	Save after each sweep iteration		Normal
Cuda GPU	☐		Normal
PAS sizing non power of two	☐		Normal

Nota. Elaboración Propia

De la Figura 32, se infiere lo siguiente:

a) Tasa de bits (Bit rate)

- Establecida en 2.5 Gbit/s, esta tasa define la velocidad de transmisión de los datos ópticos. Este valor es adecuado para manejar grandes volúmenes de datos provenientes de las cámaras de seguridad.

b) Ventana de tiempo (Time window)

- Configurada en 0.4096 μ s, permite simular un período representativo de transmisión, asegurando suficiente resolución temporal para evaluar el comportamiento de la señal.

c) Tasa de muestreo (Sample rate)

- Definida como 80 GHz, esta tasa proporciona una alta resolución en la representación de las señales, capturando detalles importantes en la modulación y transmisión.

d) Longitud de secuencia (Sequence length)

- Establecida en 1024 bits, define el tamaño de la muestra de datos transmitidos. Este tamaño balancea la precisión del análisis con la eficiencia computacional.

e) Muestras por bit (Samples per bit)

- Configurado en 32, asegura una representación detallada de cada bit transmitido, facilitando la identificación de errores y distorsiones.

f) Tasa de símbolos (Symbol rate)

- Fijada en 10 Gsymbols/s, este valor se alinea con el formato de modulación utilizado en el sistema, garantizando una transmisión eficiente.

g) Número de muestras (Number of samples)

- Configurado en 32768, representa la cantidad de datos procesados en cada iteración de simulación, ofreciendo un análisis robusto del sistema.

h) Longitud de onda de referencia (Reference wavelength)

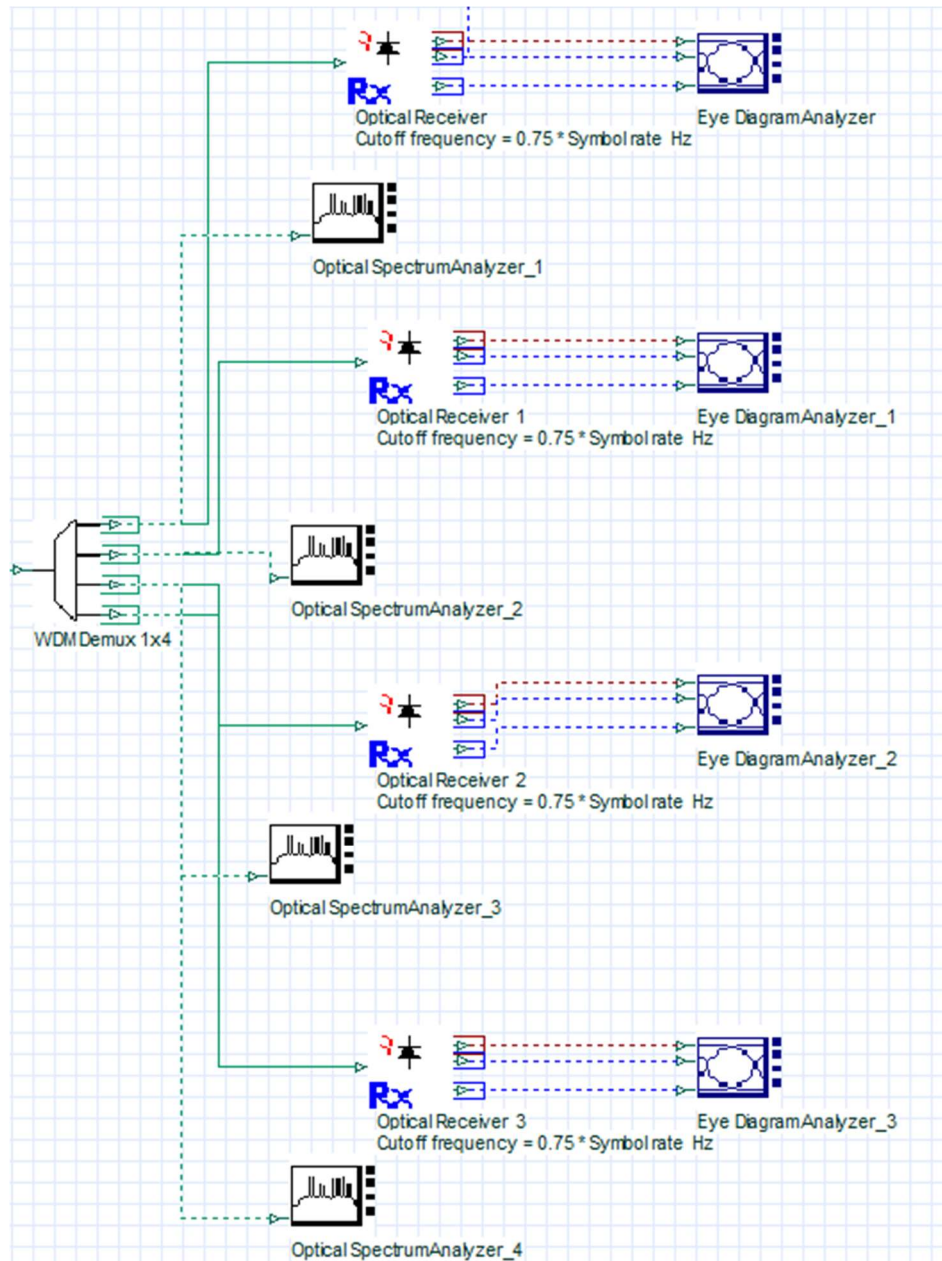
- Establecida en 193.1 THz (equivalente a 1550 nm), esta longitud de onda es ideal para sistemas de fibra óptica debido a su baja atenuación y dispersión.

Estos parámetros permiten simular con precisión el comportamiento del sistema óptico diseñado para transmitir datos de las cámaras de seguridad del distrito de San Miguel. La tasa de bits alta refleja la capacidad del sistema para manejar múltiples señales de video simultáneamente, mientras que la longitud de onda de referencia asegura una transmisión eficiente y de alta calidad a lo largo de la fibra óptica de 20 km.

La figura 33 muestra el proceso de demultiplexación y análisis de señales ópticas provenientes del sistema WDM en cuatro receptores independientes. Este diseño permite recuperar y analizar las señales individuales transmitidas a través de la fibra óptica.

Figura 33

Demultiplexación de señales ópticas en los cuatro receptores



Nota. Elaboración Propia

De la figura 33 se infiere lo siguiente:

a) Demultiplexor WDM (WDM Demux 1x4)

- Este componente separa las señales ópticas multiplexadas en sus respectivas longitudes de onda, asignándolas a cuatro canales independientes.

- Las longitudes de onda separadas corresponden a las señales asignadas a las cámaras de seguridad, permitiendo procesarlas de forma individual en los receptores.

b) Receptores ópticos (Optical Receiver)

- Cada receptor óptico convierte la señal óptica de su canal en una señal eléctrica para su posterior análisis.
- Los receptores están configurados con una frecuencia de corte de 0.75 veces la tasa de símbolos, eliminando posibles interferencias fuera del rango de interés.

c) Analizadores de espectro óptico (Optical Spectrum Analyzer)

- Evaluados por canal, estos analizadores permiten verificar la integridad espectral de las señales ópticas separadas, asegurando que cada una mantenga sus características originales tras la demultiplexación.

d) Analizadores de diagrama de ojo (Eye Diagram Analyzer)

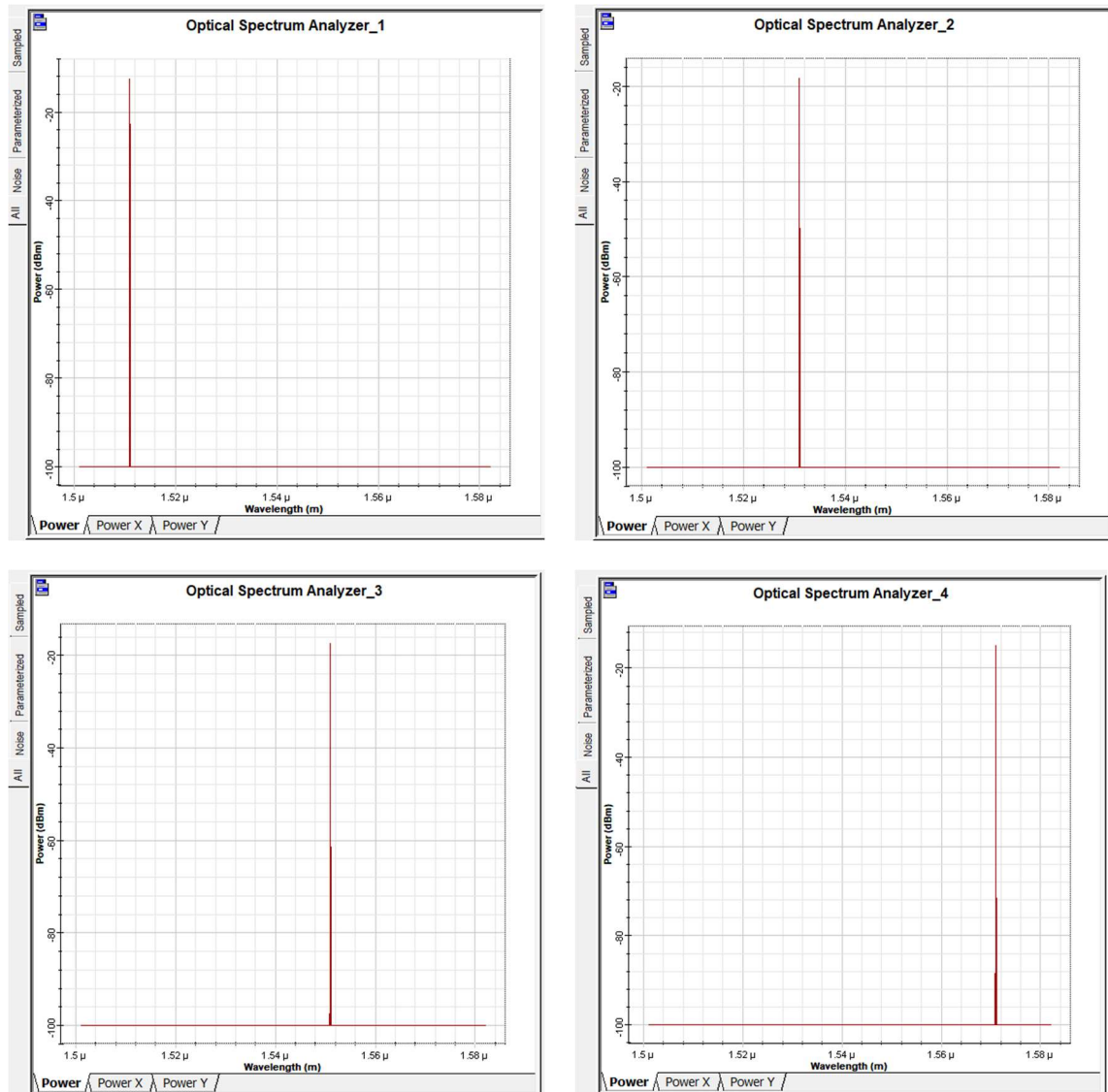
- Cada canal cuenta con un analizador de diagrama de ojo, que mide parámetros clave de calidad de la señal, como el Q-factor y la tasa de error de bits (BER).
- Un diagrama de ojo claro y bien definido en cada receptor indica una transmisión óptima y sin interferencias.

Este proceso de demultiplexación es importante para garantizar que los datos de video transmitidos desde las cámaras de seguridad en el sistema WDM puedan recuperarse correctamente en el centro de monitoreo. El diseño permite que las señales de video sean procesadas individualmente con una alta calidad, asegurando una videovigilancia eficiente y confiable en el distrito de San Miguel. Además, la evaluación de cada canal mediante los analizadores confirma que el sistema cumple con los estándares de transmisión necesarios para el proyecto.

La figura 34 presenta el análisis del espectro óptico correspondiente a los cuatro canales del sistema WDM, después del proceso de demultiplexación. Cada gráfico representa un canal individual, mostrando la distribución de potencia en función de la longitud de onda.

Figura 34

Espectro óptico de los cuatro canales tras la demultiplexación



Nota. Elaboración Propia

De la figura 34 se infiere lo siguiente:

a) Separación de canales

- ❖ Cada gráfico evidencia un único pico espectral correspondiente a la longitud de onda asignada a cada canal:
 - **Optical Spectrum Analyzer 1:** Longitud de onda alrededor de **1511 nm**.
 - **Optical Spectrum Analyzer 2:** Longitud de onda alrededor de **1531 nm**.
 - **Optical Spectrum Analyzer 3:** Longitud de onda alrededor de **1551 nm**.
 - **Optical Spectrum Analyzer 4:** Longitud de onda alrededor de **1571 nm**.
- ❖ La separación uniforme entre los canales asegura que no haya interferencias ni solapamientos espectrales.

b) Potencia de la señal

- ❖ Cada canal muestra un nivel de potencia similar, lo que confirma que las señales han sido transmitidas y demultiplexadas sin atenuaciones significativas ni degradaciones críticas.

c) Pureza espectral

- ❖ Los picos espectrales son estrechos y bien definidos, lo que refleja una señal óptica de alta coherencia. Esto indica que la modulación y la transmisión se realizaron de manera eficiente.

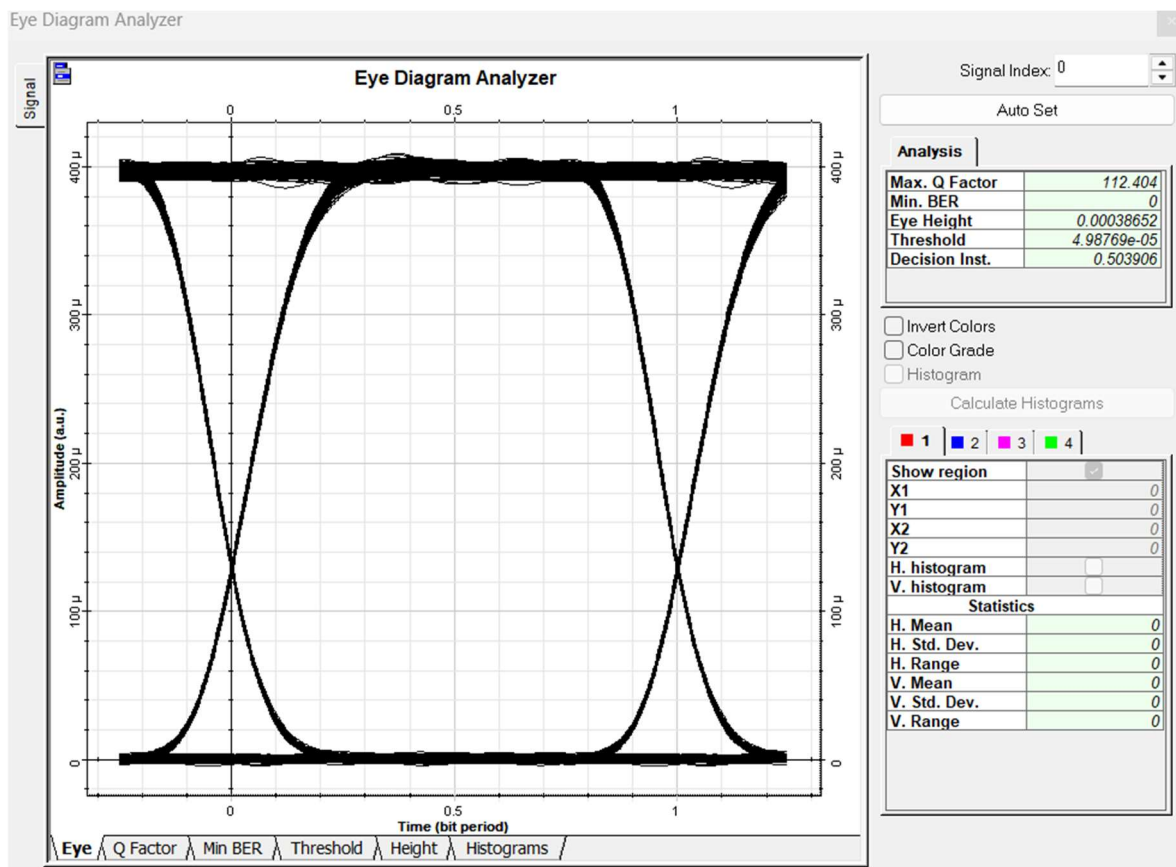
Este análisis confirma la eficacia del sistema WDM para transmitir datos ópticos de las cámaras de seguridad en el proyecto de videovigilancia del distrito de San Miguel. La correcta separación de los canales tras la demultiplexación asegura que las señales puedan ser procesadas de manera independiente y sin interferencias, lo que es esencial

para recuperar los datos de video con alta calidad. Este resultado valida el diseño y la implementación de la red óptica propuesta, garantizando su capacidad para soportar múltiples señales simultáneamente.

La figura 35 muestra el diagrama de ojo generado a partir de la señal recuperada en el canal 1 del sistema WDM, tras la demultiplexación y recepción óptica.

Figura 35

Diagrama de ojo del canal 1 para evaluación de calidad de la señal óptica



Nota. Elaboración Propia

De la figura anterior se infiere lo siguiente:

a) Apertura del ojo

- El diagrama muestra una apertura amplia y bien definida, lo que indica una señal de alta calidad con niveles mínimos de interferencia entre símbolos.

- Una apertura mayor facilita una toma de decisiones más precisa en el receptor.

b) Parámetros clave

- **Factor Q (Max. Q Factor): 112.404**

Este valor elevado refleja una buena relación señal-ruido, garantizando una baja tasa de errores en la transmisión.

- **Tasa de error de bits mínima (Min. BER): 0**

Este resultado indica que no se detectaron errores en el proceso de transmisión para este canal.

- **Altura del ojo (Eye Height): 0.00038652**

Representa la separación entre los niveles de señal '0' y '1', asegurando una distinción clara entre los dos estados lógicos.

c) Límites y decisión

- **Umbral (Threshold): 4.98769e-05**

Es el nivel de decisión óptimo utilizado por el receptor para distinguir entre los estados '0' y '1'.

- **Instancia de decisión (Decision Inst.): 0.503906**

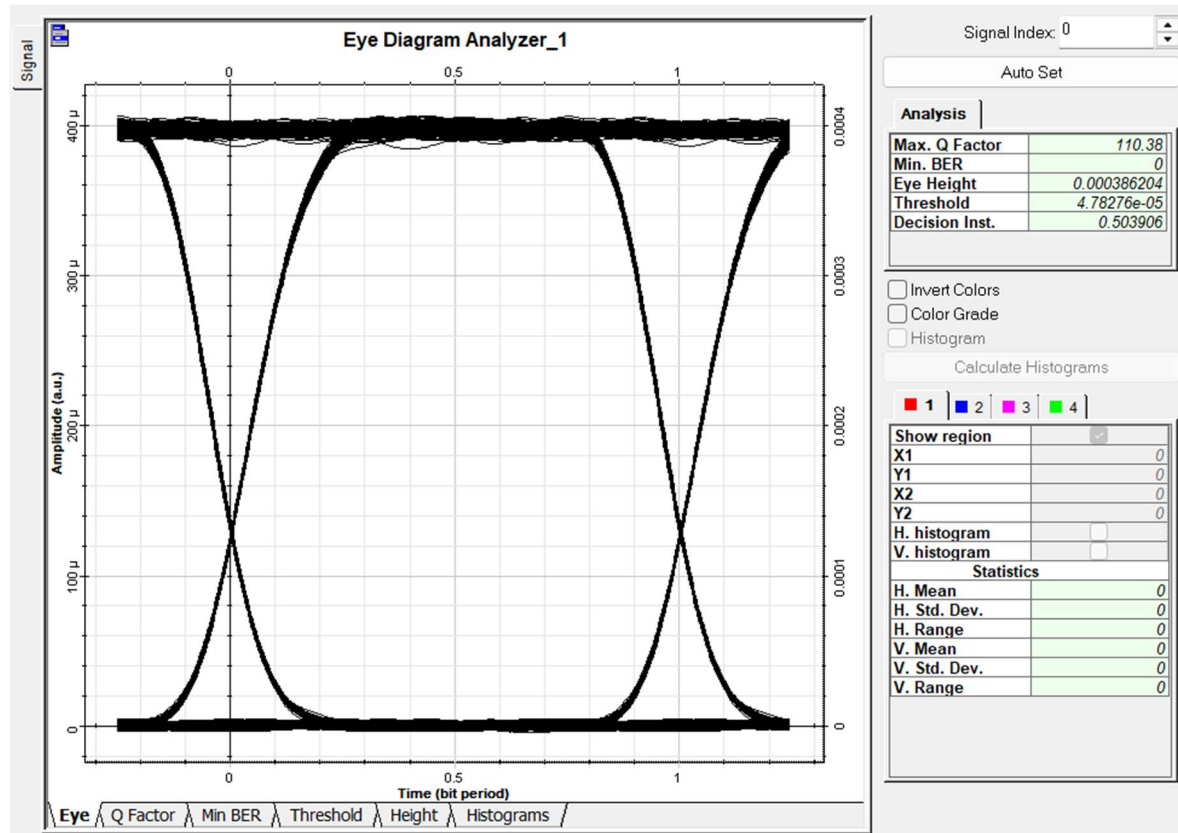
Es el punto temporal donde se evalúa la señal, asegurando que la decisión se toma en el momento más estable.

Este análisis confirma que la señal transmitida en el canal 1 mantiene una excelente calidad tras recorrer los 20 km de fibra óptica y pasar por el proceso de demultiplexación. Los valores óptimos de Factor Q y BER reflejan que el sistema diseñado es capaz de manejar datos de video provenientes de las cámaras de seguridad sin pérdidas significativas ni errores.

La figura 336 representa el diagrama de ojo correspondiente al canal 2, tras la demultiplexación y recepción de la señal óptica.

Figura 36

Diagrama de ojo del canal 2 para evaluación de calidad de la señal óptica



Nota. Elaboración Propia

De la figura 36 se infiere lo siguiente:

a) Apertura del ojo

- La apertura es amplia y clara, indicando que la señal posee baja interferencia y una buena separación entre los niveles de '0' y '1'.
- Esto asegura una transmisión confiable, con mínimas distorsiones durante la propagación.

b) Parámetros de calidad

- **Factor Q (Max. Q Factor): 110.38**

Un valor alto que refleja una excelente relación señal-ruido, lo que reduce la probabilidad de errores en el canal.

- **Tasa de error de bits mínima (Min. BER): 0**

Este resultado confirma que no se registraron errores durante la transmisión de datos en el canal 2.

- **Altura del ojo (Eye Height): 0.000386204**

Una separación suficientemente amplia entre los niveles lógicos para garantizar la precisión en la decisión del receptor.

c) Configuraciones clave

- **Umbral (Threshold): 4.78276e-05**

Establece el punto de decisión para identificar correctamente los estados lógicos de la señal.

- **Instancia de decisión (Decision Inst.): 0.503906**

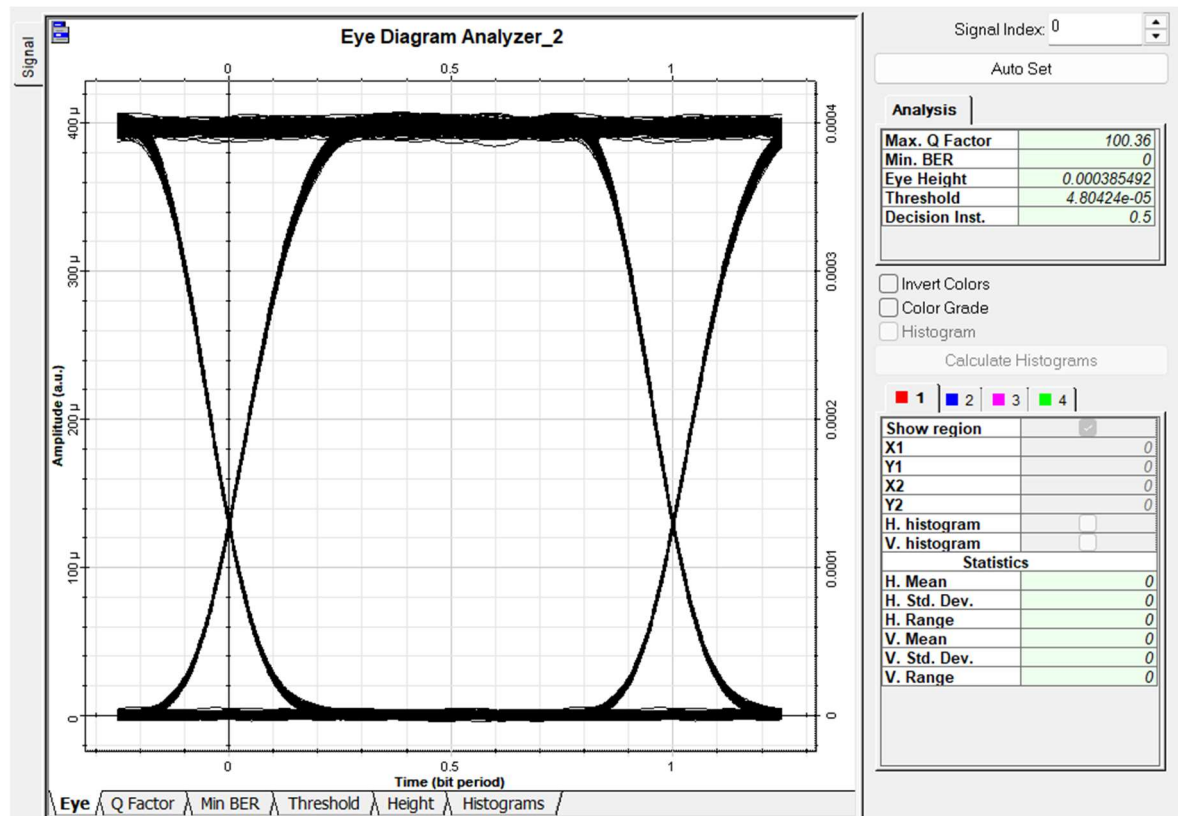
El tiempo óptimo para evaluar la señal, donde la interferencia es mínima.

El análisis del canal 2 confirma que el sistema óptico diseñado puede transmitir señales de video de alta calidad desde las cámaras de seguridad, garantizando la integridad y precisión de los datos tras 20 km de fibra óptica. La apertura del diagrama de ojo y los valores óptimos de los parámetros técnicos indican que el sistema es capaz de soportar la demanda operativa del proyecto de videovigilancia en el distrito de San Miguel, asegurando confiabilidad y eficiencia en la transmisión.

La figura presenta el diagrama de ojo correspondiente al canal 3 del sistema WDM, tras la demultiplexación y recepción óptica. El análisis del canal 3 evidencia que el sistema óptico diseñado mantiene la calidad de las señales transmitidas a lo largo de 20 km de fibra óptica. Este resultado permite validar la viabilidad del sistema WDM en el proyecto de videovigilancia, garantizando que los datos provenientes de las cámaras de seguridad sean entregados con alta precisión y sin errores.

Figura 37

Diagrama de ojo del canal 3 para evaluación de calidad de la señal óptica



Nota. Elaboración Propia

De la figura 37 se infiere lo siguiente:

a) Parámetros técnicos

- **Factor Q (Max. Q Factor): 100.36**

Un valor alto que refleja una excelente relación señal-ruido, garantizando un desempeño óptimo del canal.

- **Tasa de error de bits mínima (Min. BER): 0**

Este resultado confirma que no se detectaron errores en la transmisión de datos en este canal.

- **Altura del ojo (Eye Height): 0.000385492**

Una separación adecuada entre los niveles lógicos para facilitar una detección precisa de la señal en el receptor.

b) Umbral y decisión

- **Umbral (Threshold): $4.80424e-05$**

Define el nivel de referencia para distinguir entre los estados lógicos de la señal.

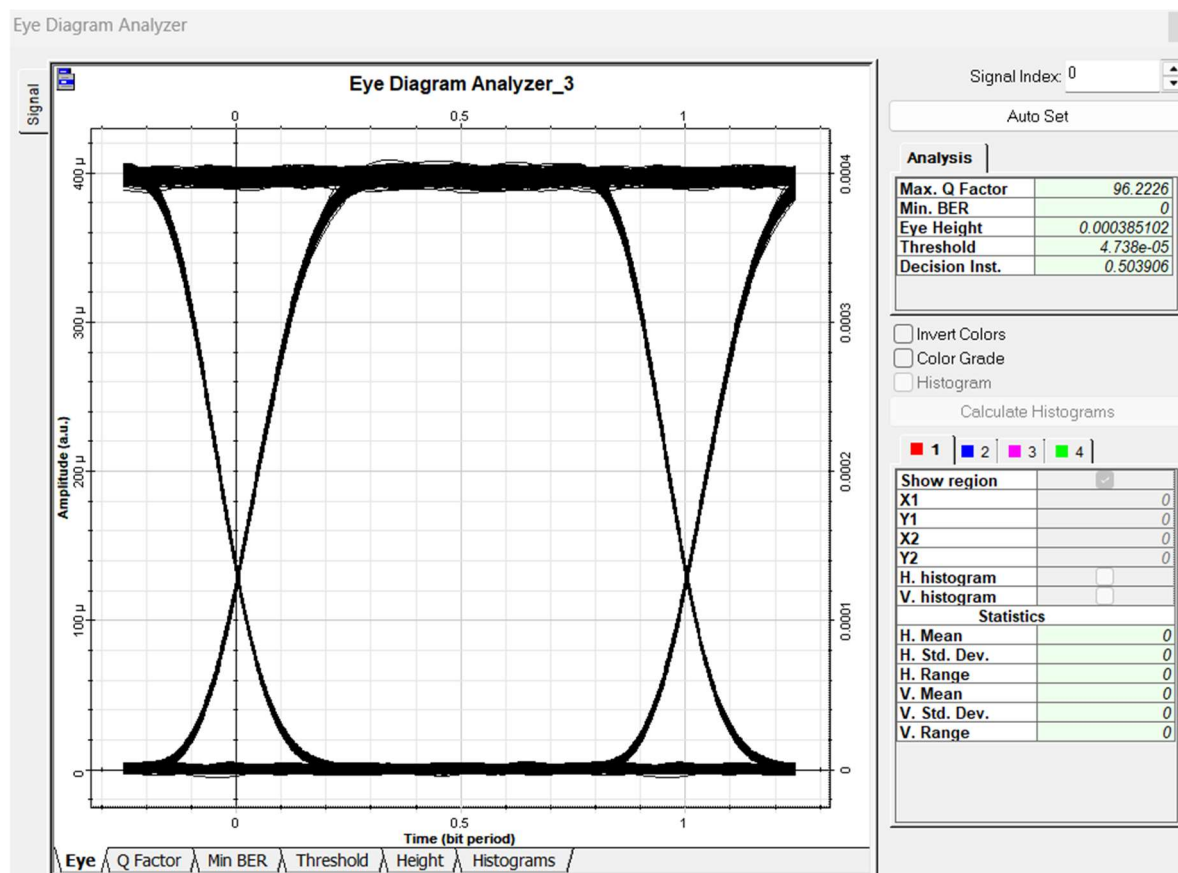
- **Instancia de decisión (Decision Inst.): 0.5**

Corresponde al momento ideal de evaluación, donde la señal es más estable.

La figura presenta el diagrama de ojo del canal 4, resultado de la recepción y demultiplexación de la señal óptica en el sistema WDM

Figura 38

Diagrama de ojo del canal 4 para evaluación de calidad de la señal óptica



Nota. Elaboración Propia

De la figura 38 se infiere lo siguiente:

a) Apertura del ojo

- La apertura del ojo es amplia y bien definida, lo que indica una baja interferencia intersímbolo y un excelente nivel de separación entre los estados lógicos '0' y '1'.
- Este resultado confirma la capacidad del sistema para transmitir datos de manera confiable.

b) Parámetros técnicos clave

- **Factor Q (Max. Q Factor): 96.2226**
Un valor elevado que demuestra una excelente relación señal-ruido, asegurando la calidad de la transmisión.
- **Tasa de error de bits mínima (Min. BER): 0**
Esto implica que no se han registrado errores en la transmisión de datos para este canal.
- **Altura del ojo (Eye Height): 0.000385102**
Un indicador de una separación suficiente entre los niveles lógicos, asegurando la precisión en el proceso de decisión.

c) Umbral y toma de decisión

- **Umbral (Threshold): 4.738e-05**
Define el nivel crítico para diferenciar los estados lógicos '0' y '1'.
- **Instancia de decisión (Decision Inst.): 0.503906**
El instante en el cual la señal es evaluada, minimizando errores de decisión.

El análisis del canal 4 demuestra que la calidad de la señal transmitida a través del sistema WDM y 20 km de fibra óptica es óptima. Los resultados confirman que el diseño del sistema garantiza una transmisión confiable y precisa de los datos provenientes de las cámaras de seguridad en el proyecto de videovigilancia.

4.4. Discusión

Al contrastar los antecedentes internacionales con el presente estudio, se observa una convergencia clara en torno a la importancia de la multiplexación por división de longitud de onda como tecnología base para optimizar el uso de la fibra óptica. Soto J. (2023) trabajó en un conversor modal óptico que alcanzó eficiencias superiores al 93 %, demostrando la capacidad de esta tecnología para mejorar la transmisión y la estabilidad de las señales en entornos de laboratorio. Aunque su enfoque fue experimental, sus hallazgos respaldan la aplicabilidad de soluciones avanzadas en la optimización del transporte óptico. En una línea similar, Soto M. (2022) resaltó la eficacia del DWDM en enlaces de larga distancia, validando que esta técnica supera a otras opciones en términos de capacidad y confiabilidad. Esta evidencia guarda relación directa con mi propuesta, pues confirma que el diseño de una red de fibra óptica WDM en San Miguel garantiza un ancho de banda adecuado y una baja latencia para videovigilancia en tiempo real. Por su parte, Cely (2022) demostró que la multiplexación no solo incrementa el ancho de banda, sino que también permite reducir costos en redes metropolitanas, lo cual es coherente con los beneficios esperados en el distrito al aprovechar una infraestructura única para múltiples señales ópticas

En el ámbito nacional, los trabajos también muestran correspondencia con lo planteado. Manrique y Anaya (2021) validaron que el uso de DWDM en Ancash resultaba seguro, estable y escalable, lo que coincide con la búsqueda de confiabilidad que persigue este proyecto en San Miguel. De igual forma, Puente y Ortega (2023) aplicaron la fibra óptica al diseño de una red de videovigilancia bajo el enfoque de Smart City en Miraflores, concluyendo que la propuesta mejoraba la calidad de transmisión de imágenes y la integración con operadores de telecomunicaciones. Este antecedente es especialmente comparable con mi trabajo, ya que ambos proyectos parten de la necesidad de reforzar la seguridad ciudadana mediante cámaras IP enlazadas a redes ópticas de alta capacidad

Finalmente, Quiroz (2023) abordó la problemática de la conectividad en Huancavelica, utilizando fibra óptica en conjunto con enlaces inalámbricos, y demostró que la planificación detallada y la evaluación financiera son determinantes para garantizar la viabilidad de la infraestructura. Esta perspectiva refuerza la idea de que, además del aspecto técnico, la sostenibilidad y el impacto económico deben formar parte de la evaluación integral de cualquier proyecto de telecomunicaciones.

En síntesis, la revisión de antecedentes evidencia que tanto en el contexto internacional como nacional, la tecnología WDM ha sido validada como una alternativa confiable, escalable y rentable para aumentar la capacidad de las redes ópticas. Mi investigación se distingue al enfocarse en un caso práctico de videovigilancia urbana, donde la aplicación de esta tecnología no solo busca mejorar la transmisión de datos, sino también fortalecer la seguridad ciudadana a través de cámaras de alta definición conectadas a una red óptica robusta. Esta relación confirma que los aportes teóricos y técnicos previamente documentados encuentran en este proyecto una aplicación concreta y contextualizada en el distrito de San Miguel.

CONCLUSIONES

A través de simulaciones en el software OptiSystem, se logró analizar y diseñar una red de fibra óptica con WDM adaptada para cámaras de seguridad en el distrito de San Miguel. Los resultados demostraron la viabilidad del diseño propuesto, confirmando que puede cumplir con los requerimientos de transmisión eficiente de datos en un entorno de videovigilancia, aunque su validación fue exclusivamente teórica.

En la investigación se identificaron los requisitos técnicos necesarios para las cámaras de seguridad, como resolución, ancho de banda, y la capacidad de transmisión de datos. Estos parámetros fueron fundamentales para el diseño teórico de la red, garantizando que el sistema cumpla con las demandas específicas del entorno simulado.

La arquitectura de la red fue diseñada en base a simulaciones realizadas en OptiSystem, lo que permitió optimizar la transmisión de datos mediante multiplexación por división de longitud de onda (WDM). El diseño mostró ser capaz de gestionar múltiples señales simultáneamente, manteniendo una transmisión de datos robusta y eficiente en el modelo teórico.

El diseño propuesto fue evaluado mediante simulaciones detalladas en OptiSystem, lo que permitió analizar su desempeño en términos de calidad de señal, ancho de banda, y latencia. Los resultados obtenidos respaldaron la funcionalidad del sistema, evidenciando que cumple con los objetivos de transmisión eficiente de datos, aunque las pruebas fueron exclusivamente teóricas y no incluyeron implementación física.

RECOMENDACIONES

Aunque el diseño fue validado mediante simulaciones en OptiSystem, se recomienda realizar una implementación piloto de la red de fibra óptica WDM para evaluar su desempeño en condiciones reales. Esto permitiría identificar posibles desafíos operativos y ajustar los parámetros según las necesidades específicas del entorno

Se sugiere realizar simulaciones adicionales que incluyan escenarios con mayores distancias, diferentes niveles de ruido óptico y variaciones en las tasas de transmisión. Esto permitirá evaluar la robustez del diseño en contextos más exigentes y garantizar su adaptabilidad.

Se recomienda considerar el uso de amplificadores ópticos y sistemas de compensación de dispersión para mejorar aún más el desempeño de la red en aplicaciones de videovigilancia que requieran transmisión de datos en tiempo real o en entornos de alta demanda.

Para futuras investigaciones, sería recomendable realizar un análisis de costo-beneficio que contemple el diseño e implementación del sistema WDM en comparación con alternativas tecnológicas. Esto contribuirá a justificar la inversión necesaria y facilitará la toma de decisiones en su posible implementación práctica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABC, D. (2018). *Definición ABC*. Definición ABC. Recuperado de <https://www.definicionabc.com/tecnologia/fibra-optica.php>
- Atacama Protegido. CÁMARAS. [Online].; 2014 [cited 2014. Available from:
- Beléndez, A. (1996). Capítulo 9: FIBRAS ÓPTICAS Y COMUNICACIONES. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aps&AN=43701412&site=eds-live>
- Briceño, L., y Barrios, R. (2021). Cine y distopía como simulación, complot y justificación del Statu Quo. Clío. Revista De Historia, Ciencias Humanas Y Pensamiento Crítico, 47, 123- 145. <https://ojs.revistaclio.es/index.php/edicionesclio/article/view/16>
- Buelvas, D. A., Téllez, I. D., y Mateus, E. A. (2009). Redes ópticas DWDM: Diseño e implementación. *DWDM Optical Networks: Design and Implementation*. <http://hdl.handle.net/11349/21672>
- Calua, J. R. (2020). *Red de fibra óptica para proveer servicio de internet en Granja Porcón* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca). <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4102>
- Cely, M. (2022). Generación de señales WDM utilizado fuentes anchas y multiplexación por división de polarización para sistemas de radio sobre fibra. *Udistrital.edu.co*. <http://hdl.handle.net/11349/28856>
- Chomycz B. (2000). Instalaciones de fibra óptica: fundamentos, técnicas y aplicaciones. New York: McGraw-Hill
- Científicos, T. (2018). *Textos Científicos*. Textos Científicos. <https://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra>
- Creswell, J. W. (2014). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. Sage publications.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la investigación (6° ed.). México: McGraw Hill Interamericana Editores S.A. de C.V.

- Janampa, J. (2019). Diseño de una red de fibra óptica para implementar el servicio de banda ancha para Andina Perú cable E.I.R.L. en la ciudad de Cerro de Pasco [Tesis de pregrado, Universidad]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1791>
- Kerlinger, F. N., y Lee, H. B. (2002). Foundations of Behavioral Research. Harcourt College Publishers.
- Long K. (2014). FTTH 133 Success Secrets. Publishing Emereo, 1, 50-78.
- López, E. D. (2016). Diseño de una red de fibra óptica para la implementación en el servicio de banda ancha en Coishco (Ancash) [Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias e Ingeniería, E.A.P. de Ingeniería Electrónica, con mención en Telecomunicaciones]. Universidad. <http://repositorio.uch.edu.pe/handle/uch/47>
- Manrique, D., y Anaya, J. (2021). Diseño de una red de transporte con tecnología DWDM para brindar banda ancha al departamento de Ancash 2021. *Urp.edu.pe*. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4547>
- Martin P. J. (2005). Sistemas y redes ópticas de comunicaciones. Madrid: Prentice Hall
- Mattelart, A., y Vitalis, A. (2015). De Orwell al cibercontrol. Gedisa.
- Montero, D. (2004). Ventajas de la nueva tecnología de comunicaciones UDWDM. San Pedro de Montes de Oca.
- Networks, F. (2014). Fibra óptica hoy. Fibra Óptica Hoy. <https://www.fibraoptica hoy.com/>
- Ocampo, A. F. (2014). Simulación de un enlace de fibra óptica basado en WDM (Wavelength Division Multiplexing) utilizando POFs (Polymer Optical Fiber) en el espectro de luz visible [Proyecto de titulación, Universidad de Quito]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8845>
- Ojeda, Y. E. C. C., y C. R. P. (2012). Diseño de un anillo de fibra óptica para conectar las centrales de Yalancay, Sibambe, y la repetidora de Ayurco en el sector sur de la provincia de Chimborazo. Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Puente, A., y Ortega, E. (2023). Propuesta de Diseño de una red de Fibra Óptica y Cámaras de Video Vigilancia que permitan mejorar la visualización de los eventos bajo el

concepto Smart City en el distrito de Miraflores. *Upc.edu.pe*.
<http://hdl.handle.net/10757/672096>

Quiroz, W. (2023). Diseño de una red de transporte por fibra óptica y acceso inalámbrico para mejoras de telecomunicaciones de la región de Huancavelica. *Uncp.edu.pe*.
<http://hdl.handle.net/20.500.12894/9310>

Rishi L. (2021). *Safety In Smart Cities: How Video Surveillance Keeps Security Front And Center*. Securityinformed.com; SecurityInformed.com. <https://www.securityinformed.com/insights/safety-smart-cities-video-surveillance-security-co-12058-ga.1610712054.html>

Rivero, J. B. (2004). La fibra óptica como medio de transmisión (I). Recuperado de
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=24309600&site=eds-live>

Roebuck K. (2011). FTTH- Fiber to the Home, Publishing Emereo, 1, 1, 80-130

Sánchez, J. F. (2020). *Análisis de las técnicas de Multiplexación por división de longitud de onda (WDM) y su simulación mediante el software OptiSystem* [Trabajo de titulación, Magíster en Telecomunicaciones, Universidad de Guayaquil]. Guayaquil, Ecuador.
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/14188>

Sattárov D. K. (1977). Fibra Óptica. Moscú: Editorial Mir Moscú

Soto, J. (2023). Conversor modal óptico sintonizable basado en una red de difracción grabada en fibra óptica de pocos modos para su uso en sistemas de multiplexación por división modal. *Itm.edu.co*. <http://hdl.handle.net/20.500.12622/6338>

Soto, M. (2022). Diseño e implementación de una red CWDM para el monitoreo de servicios. *Uqroo.mx*. <http://hdl.handle.net/20.500.12249/3241>

Statista (2024). *Delincuencia: víctimas de hechos delictivos en Perú por departamento en 2023* | Statista.; Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/1417754/victimas-de-hechos-delictivos-por-departamento-en-peru/>

Torres, P. (2012). *Análisis de sistemas WDM como interfaz óptica para Ethernet a 100 y 400 Gb/s con alcance máximo de 40 km* (Tesis de maestría, Universidad). Tutor: Dr.

R. Gutiérrez Castrejón. <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/5348>

Vicente. (2013, marzo 29). Redes Zone. <https://www.redeszone.net/redes/conseguir-buen-enlace-wifi/> (último acceso: agosto 21, 2024).

Winzer, P. J. (2015). *Scaling Optical Fiber Networks: Challenges and Solutions*. @Opnmagazine; Optics & Photonics News. https://www.optica-opn.org/home/articles/volume_26/march_2015/features/scaling_optical_fiber_networks_challenges_and_solu/

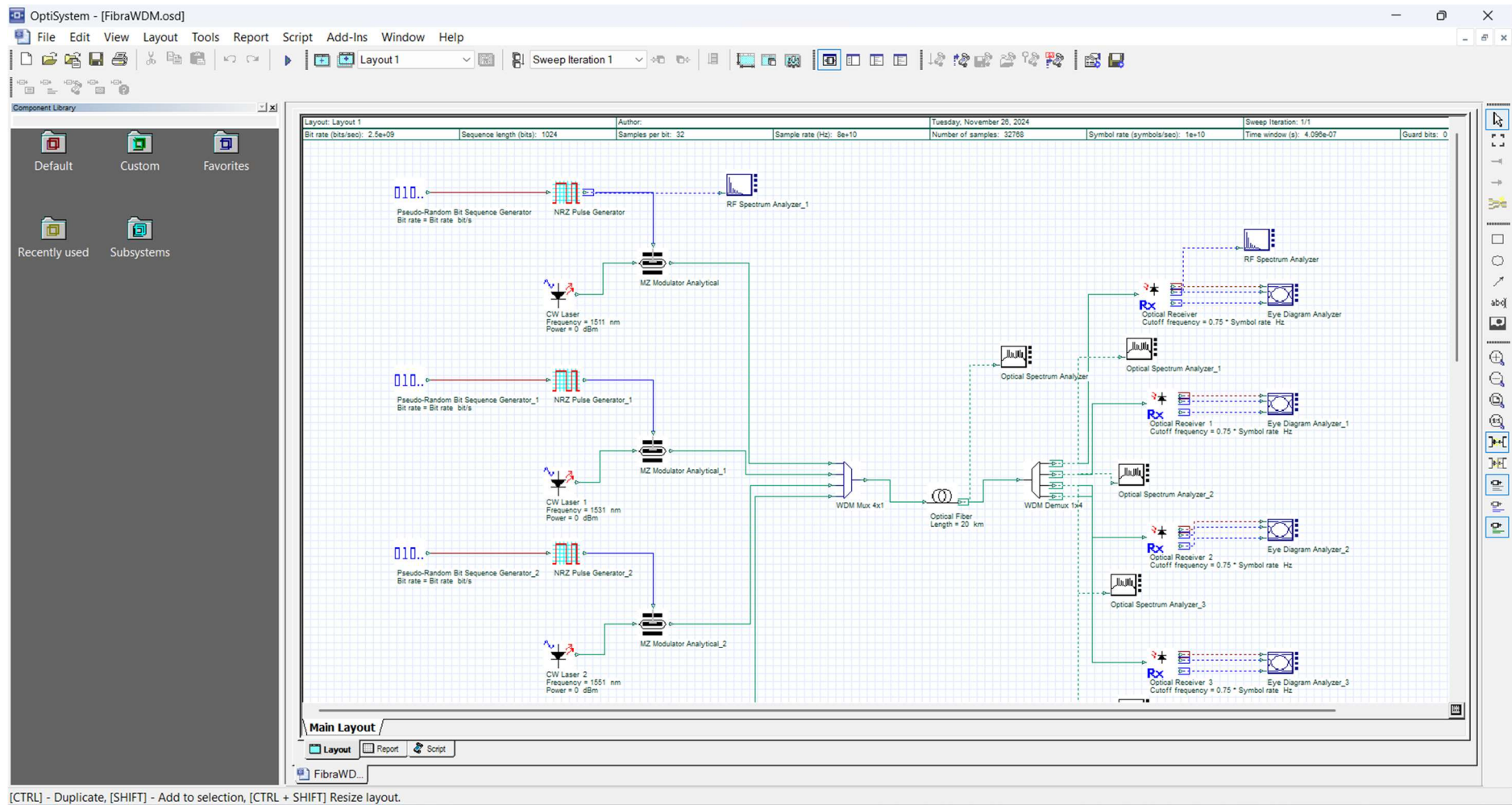
ANEXOS

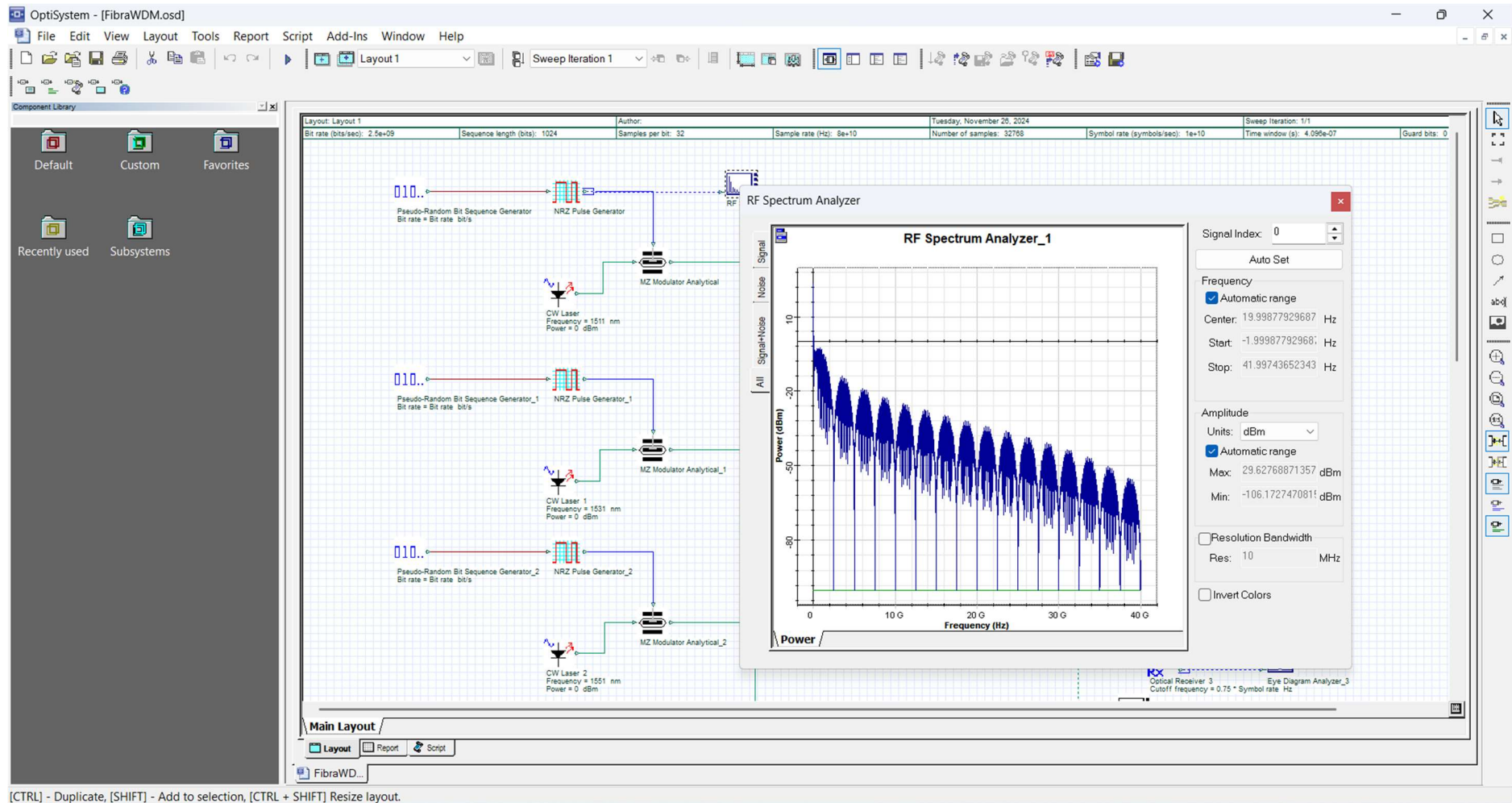
ANEXO N°1: Matriz de consistencia

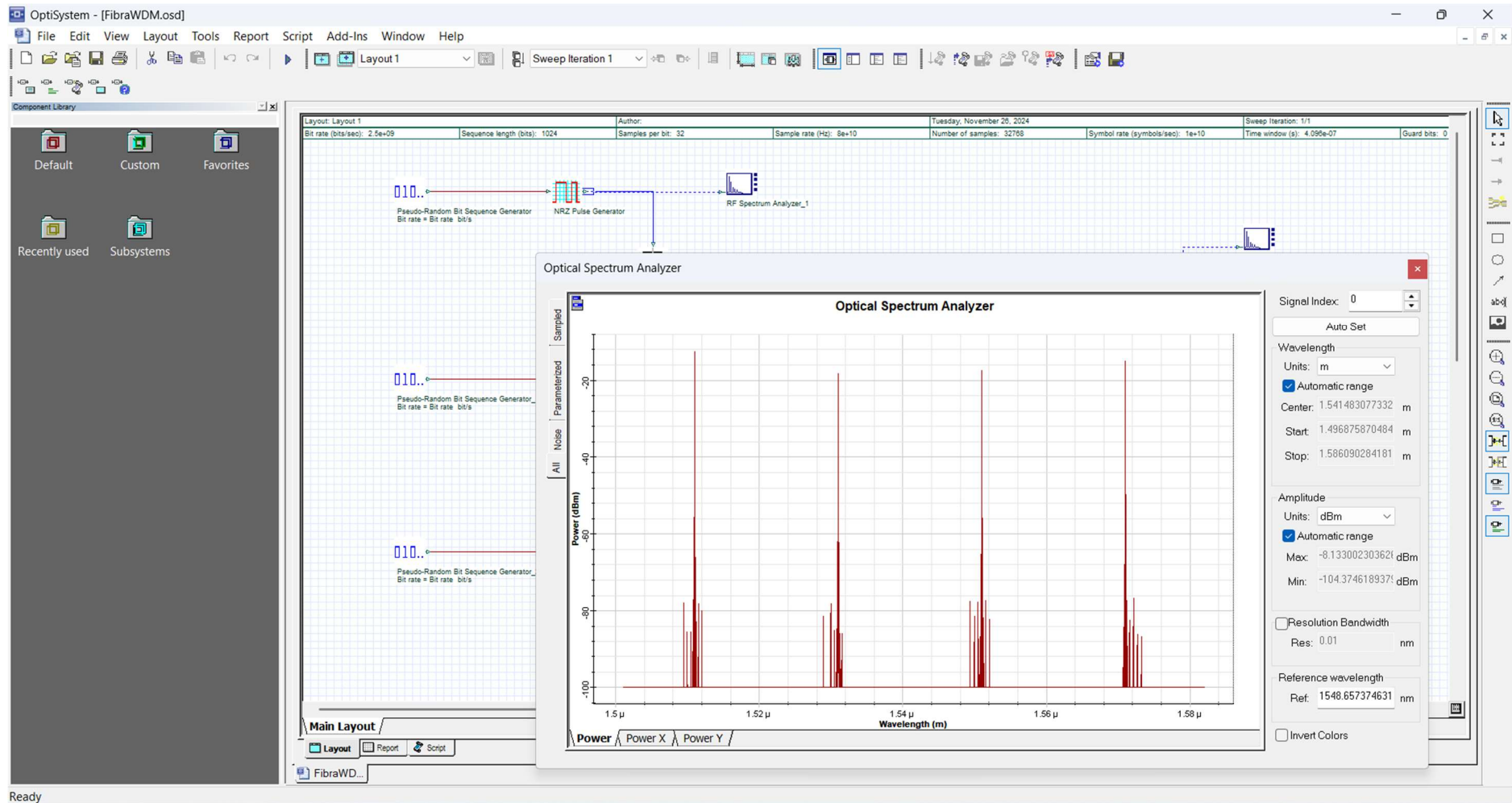
Título: “ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA PARA CÁMARAS DE SEGURIDAD EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL”						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Diseño
Problema General: PG: ¿Cómo analizar y diseñar una red de fibra óptica con multiplexación por división de longitud de onda (WDM) en cámaras de seguridad para el distrito de San Miguel?	Objetivo General: OG: Analizar y diseñar una red de fibra óptica con multiplexación por división de longitud de onda (WDM) en cámaras de seguridad para el distrito de San Miguel.	Hipótesis General: HG: El análisis y diseño de una red de fibra óptica con multiplexación por división de longitud de onda (WDM) mejorará la capacidad de transmisión de datos y la eficiencia de cámaras de seguridad en el distrito de San Miguel.	Variable Independiente (VI): Red de fibra óptica con multiplexación por división de longitud de onda (WDM)	Capacidad de Transmisión de Datos. Calidad de la Señal. Fiabilidad.	Ancho de banda. Pérdida de señal. Tiempo medio entre fallos (MTBF)	El enfoque de esta investigación es cuantitativo. El tipo de investigación es aplicada. El nivel de investigación es descriptivo y explicativo.
Problemas Específicos: PE1: ¿Cuáles son los requisitos técnicos necesarios para implementar un sistema de cámaras de seguridad eficiente en el distrito de San Miguel?	Objetivos Específicos: OE1: Identificar y especificar los requisitos técnicos para las cámaras de seguridad en el distrito de San Miguel.	Hipótesis Específicas: HE1: La identificación y especificación de los requisitos técnicos para las cámaras de seguridad en el distrito de San Miguel permitirá un diseño más eficiente y eficaz.		Latencia y Retardo	Tiempo de latencia. Retardo en la transmisión de datos.	El diseño de la investigación es no experimental y transversal. El método de investigación es el método científico.
PE2: ¿Cómo debe diseñarse la arquitectura de la red de fibra óptica WDM	OE2: Diseñar la arquitectura de la red de fibra óptica WDM para	HE2: El diseño de una arquitectura de red de fibra óptica WDM optimizará la transmisión de datos,	Variable Dependiente (VD):	Calidad de la Imagen.	Tasa de cuadros por segundo.	La población de esta investigación comprende todos los puntos críticos de vigilancia en el

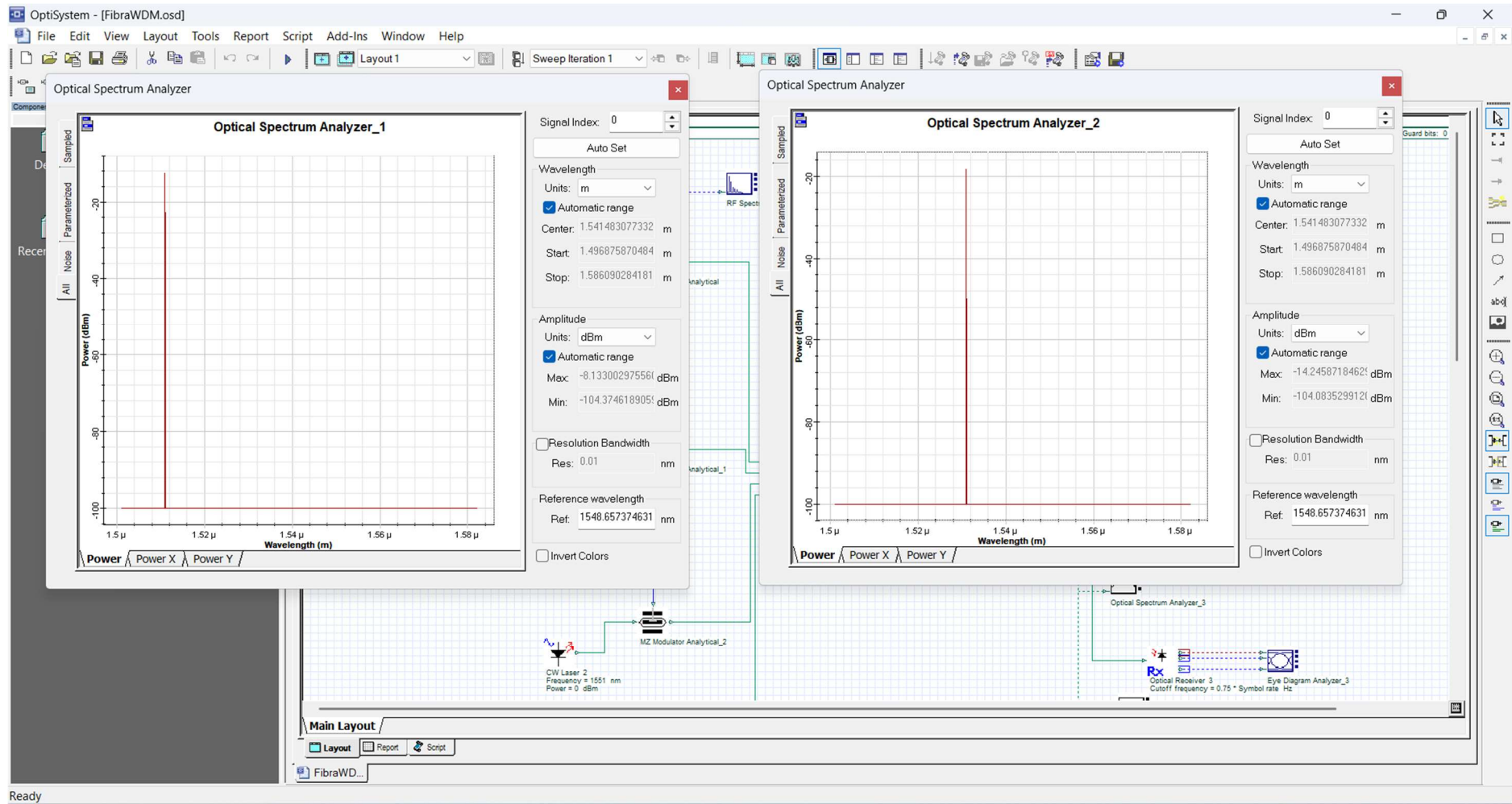
para optimizar la transmisión de datos de las cámaras de seguridad? PE3: ¿Qué resultados se obtienen al validar el diseño de la red de fibra óptica WDM mediante pruebas y análisis de desempeño utilizando el software OptiSystem?	optimizar la transmisión de datos de las cámaras de seguridad. OE3: Validar el diseño mediante pruebas y análisis de desempeño utilizando el software OptiSystem.	mejorando la cobertura y calidad de las cámaras de seguridad. HE3: La validación del diseño de la red mediante pruebas y análisis de desempeño utilizando el software OptiSystem demostrará que la red de fibra óptica WDM mejora la de transmisión de datos y la eficiencia de las cámaras de seguridad.	Cámaras de seguridad para el distrito de San Miguel	Cobertura y Alcance. Operatividad	Ángulo de visión. Distancia de alcance efectiva. Tiempo de respuesta	distrito de San Miguel. La muestra de esta investigación se seleccionará de manera intencional, enfocándose en un subconjunto representativo de los puntos críticos de vigilancia identificados en San Miguel.
---	---	---	---	---	---	--

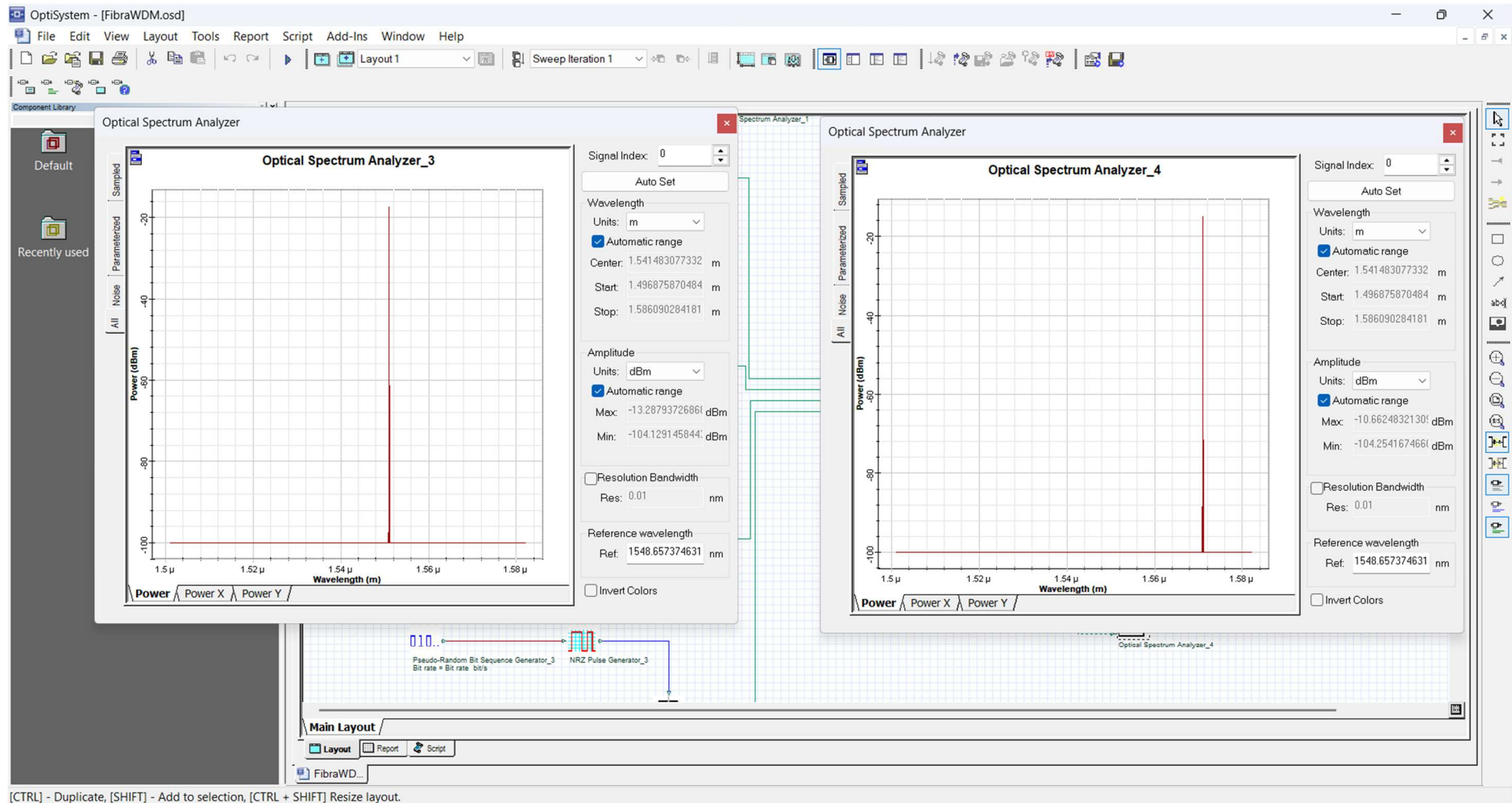
ANEXO N°2: EJECUCIÓN DEL USO DEL SOFTWARE

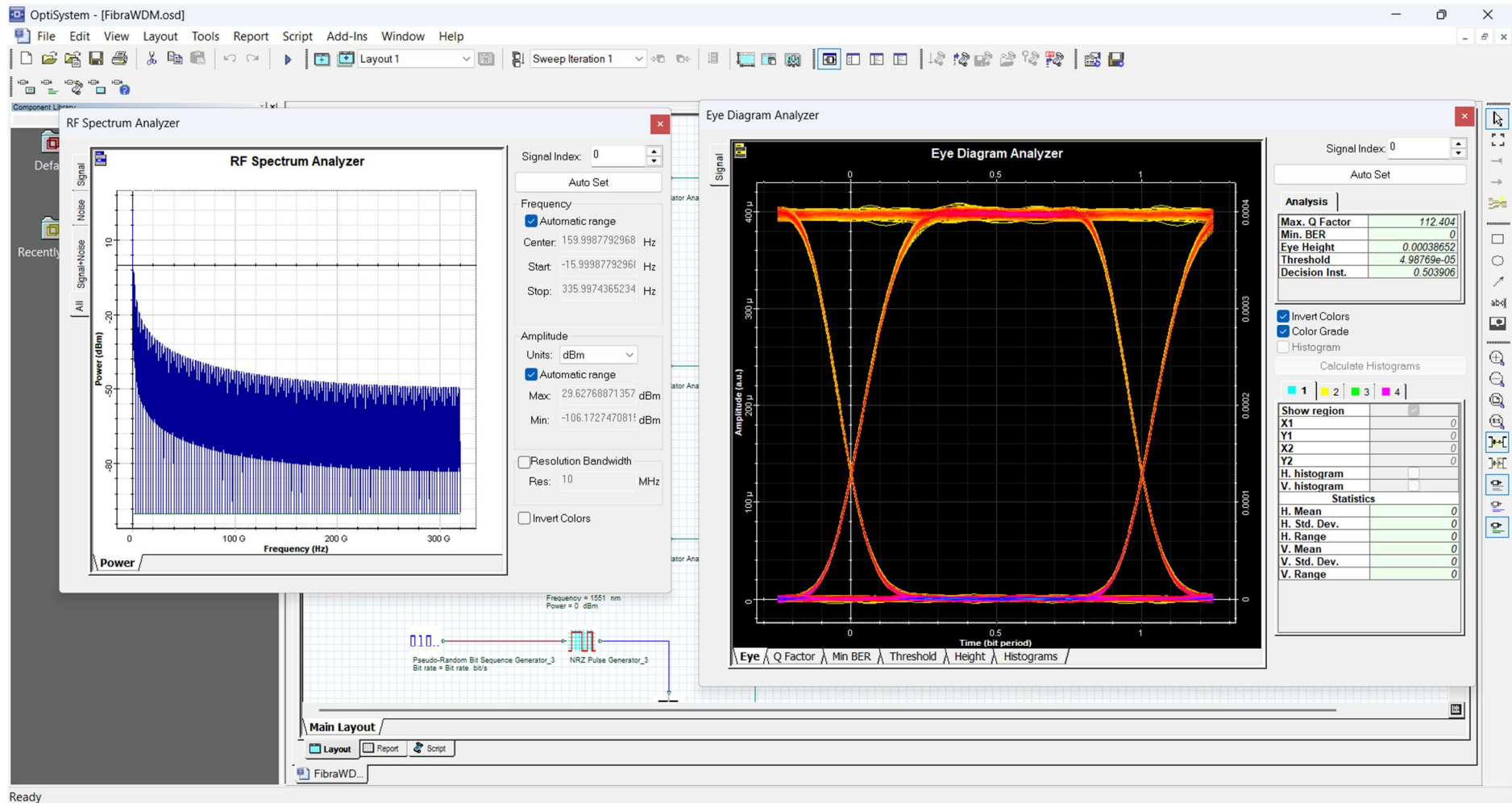


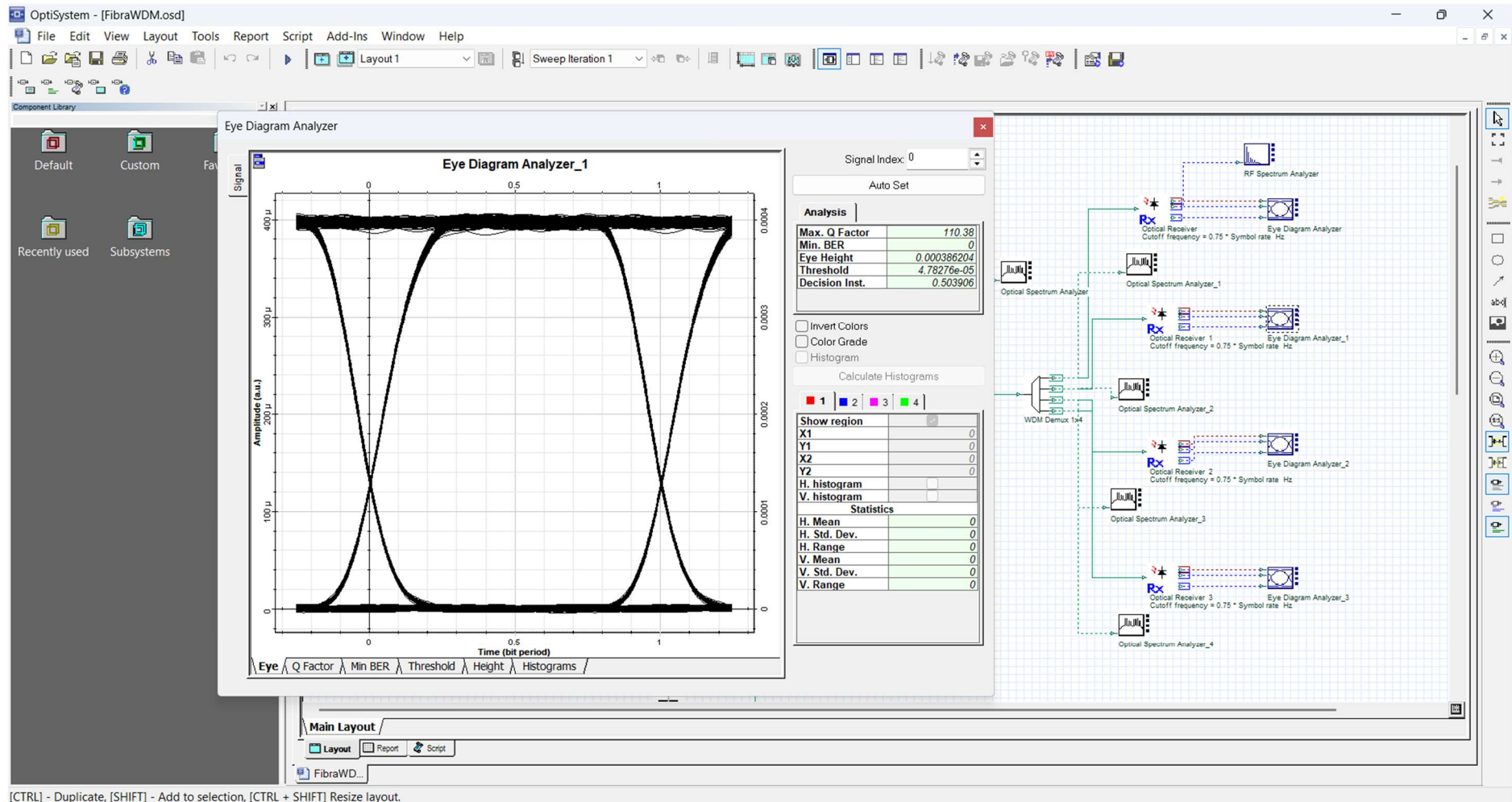


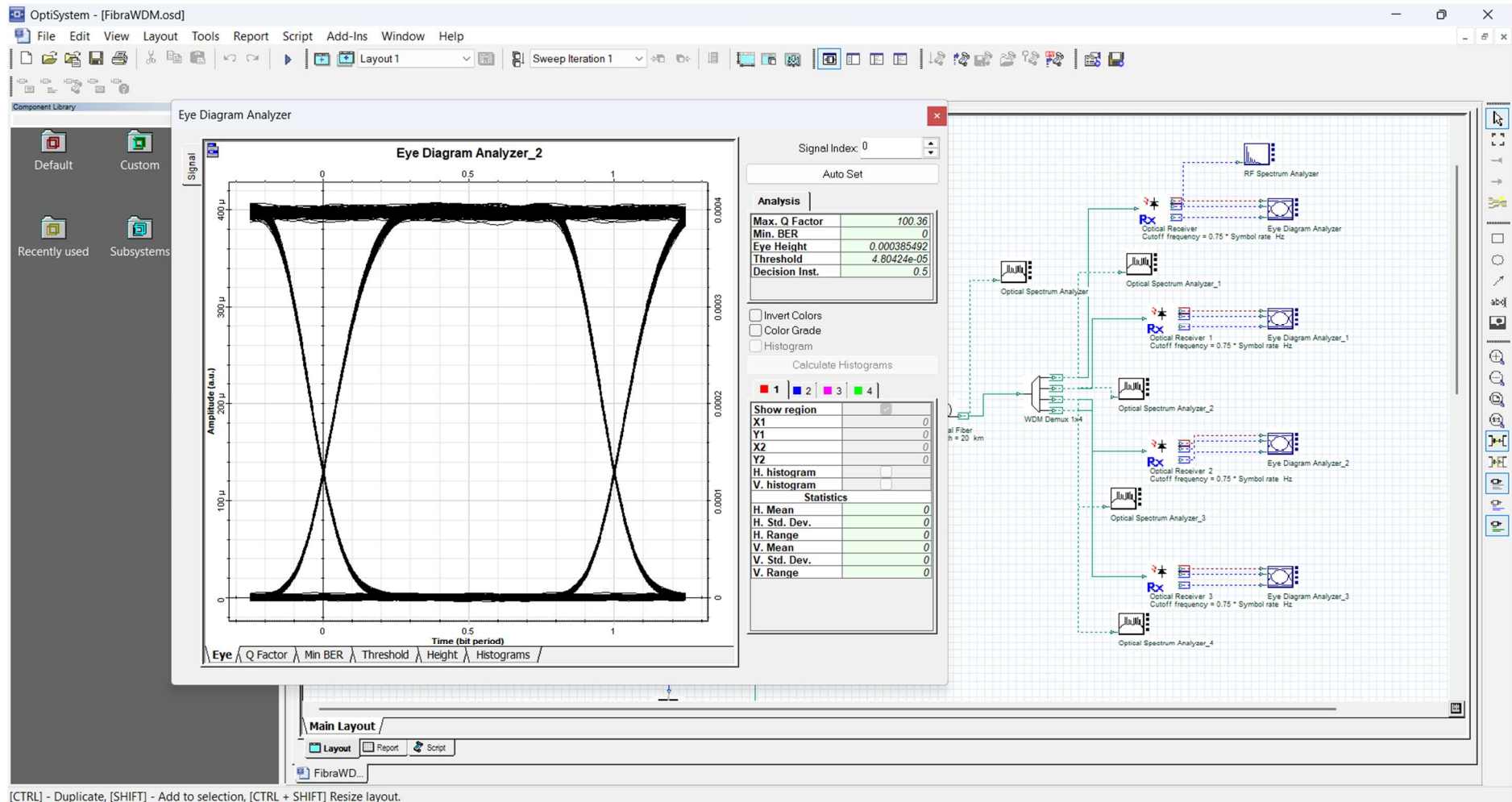


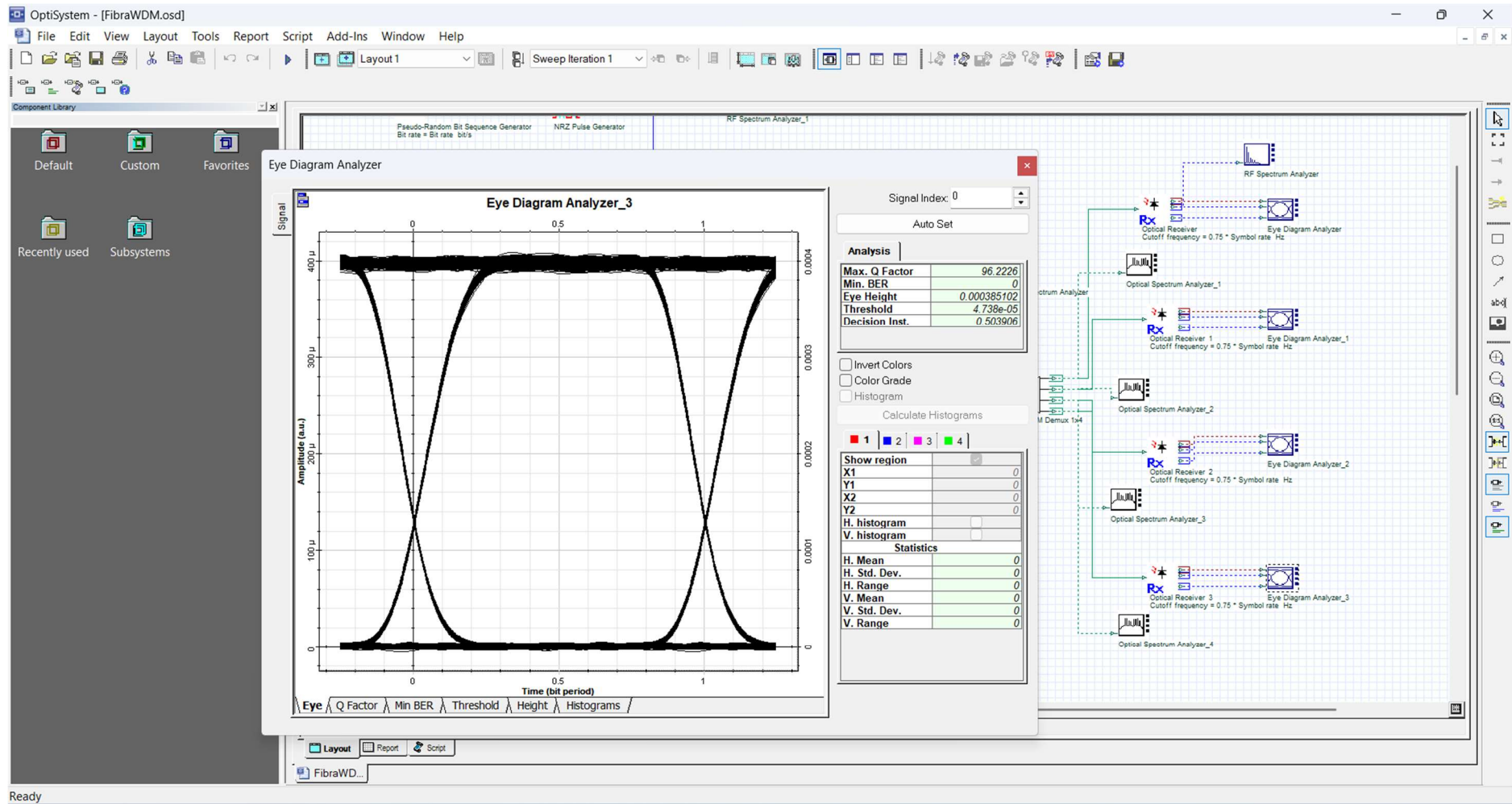












ANEXO N°3: DIMENSIONAMIENTO DEL USO DE CÁMARAS

A. Dimensionamiento de cámaras (óptica, cobertura y uso)

Escenario y ubicaciones: El sistema considera 4 puntos distribuidos en dos zonas (A y B), con coordenadas ya definidas en tu documento para cada cámara. Zona A: C1 en -15.4773913, -70.1250079 y C2 en -15.4805090, -70.1232427; Zona B: C3 en -15.4741530, -70.1370383 y C4 en -15.4632005, -70.1371469.

Desempeño

- Resolución mínima 1080p para nitidez forense.
- Alcance efectivo ≥ 30 m con IR.
- 30 fps para flujo fluido de eventos rápidos.
- Transporte por fibra óptica con WDM hacia centro de control.

Selección de lente (px/m a ~30 m)

Se toma en cuenta ese valor para asegurar suficiente densidad de píxeles (px/m) que permita realizar tareas de observación/identificación en el rango de 30 m. Con sensor 1/2.8" a 1080p (1920 px horizontales), se estiman anchos de escena y px/m aproximados:

- 4 mm (HFOV $\approx 87^\circ$): ancho ≈ 57.1 m $\rightarrow 1920/57.1 \approx 33.6$ px/m
- 6 mm ($\approx 55^\circ$): ancho ≈ 31.3 m $\rightarrow 61.5$ px/m
- 8 mm ($\approx 42^\circ$): ancho ≈ 23.0 m $\rightarrow 83.6$ px/m
- 12 mm ($\approx 28^\circ$): ancho ≈ 14.9 m $\rightarrow 128.5$ px/m

Recomendación por punto

- **C1 (intersección con alto flujo):** varifocal 2.8-12 mm. Operación típica en 6-8 mm para ~ 60 -84 px/m a 30 m; cerrar a 12 mm cuando se requiera identificación puntual (≈ 128 px/m).
- **C2 (zona comercial):** varifocal 2.8-12 mm; priorizar 6 mm para cobertura/flujo de personas y ajustar a 8-12 mm en campañas de identificación.

- **C3 (eje vial residencial-comercial):** PTZ con zoom óptico 20-25× para seguimiento y lecturas de placas en carriles.
- **C4 (límite urbano, menor iluminación):** PTZ o bullet varifocal 8-12 mm; reforzar IR y WDR por baja luz.

B. Direccionamiento IP y VLANs (plan propuesto)

Se plantea segmentar por zona con subredes /28 (16 IPs c/u), suficientes para cámara(s), switch, transceptor, NVR/relay y reservas:

Zona A (VLAN 101): 10.10.101.0/28

- Gateway/Router lógico (si aplica backhaul): 10.10.101.1
- Switch PoE A: 10.10.101.2
- Transceptor/OTN/Mux PUERTO mgmt (si aplica): 10.10.101.3
- C1: 10.10.101.11 • C2: 10.10.101.12
- Reservas: 10.10.101.13–14 (expansión), 10.10.101.15 (broadcast)

Zona B (VLAN 102): 10.10.102.0/28

- Gateway/Router lógico: 10.10.102.1
- Switch PoE B: 10.10.102.2
- Transceptor/OTN/Mux mgmt: 10.10.102.3
- C3: 10.10.102.11 • C4: 10.10.102.12
- Reservas: 10.10.102.13–14

Buenas prácticas: IPs estáticas en cámaras, ONVIF activado, RTSP/HTTPS, NTP común, y listas ACL por VLAN. El backhaul óptico viaja por WDM hacia el centro de monitoreo.

C. Arquitectura de red (óptica y lógica)

Lógica de extremo a extremo:

Cámaras → Switch PoE (VLAN por zona) → SFP/Transceptor → MUX WDM → Fibra → DEMUX WDM → Core/NVR/Analítica. Tu documento presenta el diagrama de bloques y

describe la transmisión por MUX-Fibra-DEMUX, donde múltiples señales viajan en una sola fibra y se separan en el destino.

D. Tipo de cámara y “datos de fabricación”

- Bullet varifocal 2.8-12 mm (C1, C2 / C4 alternativa): 1080p@30 fps, H.265/H.264, IR ≥ 30 m, WDR ≥ 120 dB, ONVIF (S/G/T), PoE 802.3af, IP67/IK10.
- PTZ 4 MP (o 1080p de alto rendimiento) para C3-C4: zoom óptico 20-25 $\times$, IR largo alcance (≥ 150 m recomendado), seguimiento/guard tours, PoE++/Hi-PoE.

Ficha técnica:

- Fabricante / País de fabricación / Modelo / P/N / N° de serie
- Sensor (1/2.8"), rango dinámico, lente (varifocal/zoom), iluminadores IR (longitud de onda), fps, codecs, perfiles ONVIF, analíticas integradas
- Puertos y energía: PoE estándar, consumo (W)
- Protección: IP/IK, temp. operación, humedad
- Certificaciones: CE, FCC, RoHS (y equivalentes locales)
- Confiabilidad: MTBF reportado, garantía (mín. 36 meses)
- Compatibilidad: RTSP/HTTPS, perfiles ONVIF requeridos por tu NVR/VMS

E. Ancho de banda para 4 cámaras (cálculo claro)

Conservadores (1080p@30 fps):

- H.265 por cámara: 4 Mb/s (escena mixta).
- 4 cámaras $\rightarrow 4 \times 4 \text{ Mb/s} = 16 \text{ Mb/s}$.
- Overhead de protocolos/estallidos $\sim 20\% \rightarrow 16 \times 0.20 = 3.2 \text{ Mb/s}$; agregado: 19.2 Mb/s.
- Holgura de diseño 30% $\rightarrow 19.2 \times 0.30 = 5.76 \text{ Mb/s}$.
- Total recomendado: $\approx 25 \text{ Mb/s}$ para las 4 cámaras.

Escenarios de referencia por cámara:

- Baja complejidad (H.265): 2.5-3 Mb/s → total 10-12 Mb/s (+OH+holgura ≈ 16-18 Mb/s).
- Alta complejidad (multitud/tráfico): 5-6 Mb/s → total 20-24 Mb/s (+OH+holgura ≈ 30-36 Mb/s).



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 22 / 10 / 25

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: FRANK EDISON HIRPANOCA PINEDA

Dirección: Jr. Los Precursores Mz A4 Lt.15

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 72220061

Teléfono: 974282181 email: frankedisonhp@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES

Asesor: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA EN CÁMARAS DE SEGURIDAD EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

Palabras claves, (3 a 5 términos): Análisis espectral, Cámaras de seguridad, Fibra óptica, Multiplexación WDM, Simulación OptiSystem

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☒ Internacional

☐ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES – P19

Firma de Autor



huella digital

22 de octubre del 2025

Fecha