

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas e informática



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

“Diseño de una red óptica pasiva para mejorar la interconexión del Hospital Iquitos César Garayar García - provincia Maynas año 2018”

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Sistemas e Informática

AUTOR:

Bach. Abad Montenegro, Gian Lucas

ASESOR:

Dr. Guerra Cordero, Carlos
Cód. ORCID 0000-0002-5958-4931

Nuevo Chimbote - Perú

2023-06-12

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA

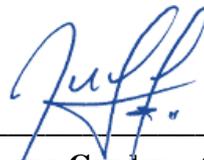
Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas e informática



“Diseño de una red óptica pasiva para mejorar la interconexión del Hospital Iquitos César Garayar García - provincia Maynas año 2018”

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Sistemas e Informática

Revisada y aprobada por:



Dr. Guerra Cordero, Carlos

Asesor

DNI 32739372

Cód. ORCID 0000-0002-5958-4931

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas e informática



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

“Diseño de una red óptica pasiva para mejorar la interconexión del Hospital Iquitos César Garayar García - provincia Maynas año 2018”

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Sistemas e Informática

Revisada y aprobada para sustentar ante el siguiente jurado:

Dr. Gil Albarrán, Guillermo Edward
Presidente
DNI 32960958
Cód. ORCID 0000-0003-3782-6765

Ms. Gil Narváez, Carlos Alfredo
Secretario
DNI 32970648
Cód. ORCID 0000-0003-0137-9545

Dr. Guerra Cordero, Carlos
Integrante
DNI 32739372
Cód. ORCID 0000-0002-5958-4931



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

ACTA DE EVALUACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 4:00 pm. del 12 de junio de 2023, en el Aula S2 del Pabellón de la EPISI de la UNS, en atención a la Resolución Decanal N° 366-2023-UNS-FI de Declaración de Expedito de fecha 09.06.2023; se llevó a cabo la instalación del jurado Evaluador, designado mediante Resolución N° 010-2023-UNS-CFI del 10.01.2023, integrado por el Ms. Pedro Glicerio Manco Pulido-Presidente (en reemplazo del Dr. Guillermo Gil Albarrán quien por motivo de onomástico no pudo asistir), Dr. Carlos Guerra Cordero -Secretario, Ms. Carlos Alfredo Gil Narváez-Integrante, para dar inicio a la sustentación del Informe Final de Tesis, cuyo título es: "DISEÑO DE UNA RED OPTICA PASIVA PARA MEJORAR LA INTERCONEXION DEL HOSPITAL IQUITOS CESAR GARAYAR GARCIA-PROVINCIA DE MAYNAS EN EL AÑO 2018", perteneciente al bachiller: ABAD MONTENEGRO GIAN LUCAS con código de matrícula N° 0200714038, teniendo como ASESOR al Dr. Carlos Guerra Cordero, según T/R.D. N° 01-2019-UNS-FI del 02.01.2019.

Terminada la sustentación, el tesista respondió a las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el artículo 73° y 103° del Reglamento General de Grados y Títulos, vigente de la Universidad Nacional del Santa; considera la siguiente nota final de Evaluación:

BACHILLER	CALIFICACIÓN	CONDICIÓN
ABAD MONTENEGRO GIAN LUCAS	17	MUY BUENO

Siendo la 05: 00 pm. se dio por terminado el Acto de Sustentación y en señal de conformidad, firma el Jurado la presente Acta.

Nuevo Chimbote, 12 de JUNIO de 2023


MS PEDRO GLICERIO MANCO PULIDO
PRESIDENTE


DR. CAROS GUERRA CORDERO
SECRETARIO


MS CARLOS ALFREDO GIL NARVAEZ
INTEGRANTE



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Gian Lucas Abad Montenegro
Título del ejercicio: Revisión Tesis Final
Título de la entrega: Mi tesis HOSPITAL v.7.6
Nombre del archivo: Mi_tesis_HOSPITAL_v.7.6.pdf
Tamaño del archivo: 12.31M
Total páginas: 215
Total de palabras: 54,288
Total de caracteres: 299,433
Fecha de entrega: 04-ago.-2023 11:53a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2141348652

"UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA"
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
DE SISTEMAS E INFORMÁTICA



**"DISEÑO DE UNA RED ÓPTICA PASIVA PARA MEJORAR LA
INTERCONEXIÓN DEL HOSPITAL IQUITOS CÉSAR GARAYAR
GARCÍA - PROVINCIA MAYNAS AÑO 2018"**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Sistemas e
Informática

TESISTA: Bach. Gian Lucas Abad Montenegro

ASESOR: Dr. Carlos Guerra Cordero

SVO CHIMBOTE-PERU
2022

Mi tesis HOSPITAL v.7.6

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%	22%	1%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	1%
2	openaccess.uoc.edu Fuente de Internet	1%
3	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	myslide.es Fuente de Internet	1%
6	docplayer.es Fuente de Internet	1%
7	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1%
8	www.cancer.gov.co Fuente de Internet	1%
9	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	1%

Dedicatoria

A los profesionales y estudiantes de la carrera que con su esfuerzo impulsan el motor tecnológico del país, en especial aquellos que se esmeran por alcanzar la excelencia y dejar un legado para la sociedad, pues al hacerlo contribuyen al progreso de esta querida y favorecida nación.

Agradecimiento

Al único y verdadero Dios, quien pone tanto el deseo de hacer las cosas como el poder hacerlas (Flp.2:13), de manera que es él quien merece todo el reconocimiento.

A mis maestros, los aprecio y admiro mucho. Me brindaron los conocimientos y rudimentos de mi carrera profesional.

A mi familia que me brinda día a día su cariño y apoyo incondicional, el camino sería mucho más difícil si no contara con ellos.

A todos, gracias.

Índice General

<i>Acta de Evaluación</i>	4
<i>Recibo digital Turnitin</i>	5
<i>Dedicatoria</i>	7
<i>Agradecimiento</i>	8
<i>Índice de tablas</i>	13
<i>Índice de figuras</i>	15
<i>Índice de anexos</i>	18
<i>Resumen</i>	19
<i>Abstract</i>	20
<i>Presentación</i>	21
<i>Introducción</i>	22
Capítulo 1. Datos generales de la institución	25
1.1. Perfil de la institución	25
1.1.1. Razón social	25
1.1.2. RUC	25
1.1.3. Dirección.....	25
1.1.4. Ubicación geográfica	25
1.1.5. Actividad.....	25
1.1.6. Logotipo.....	25
1.2. Reseña histórica	26
1.3. Descripción de la institución	27
1.4. Finalidad	27
1.5. Funciones generales	27
1.6. Organigrama	29
1.7. Plano general de la empresa	30
Capítulo 2. Plan del proyecto	31
2.1. Realidad problemática	31
2.2. Antecedentes del problema	34
2.2.1. Antecedentes internacionales	34
2.2.2. Antecedentes nacionales	35
2.2.3. Antecedente regional.....	36
2.3. Formulación del problema	37
2.4. Objetivos	37
2.4.1. Objetivo general.....	37
2.4.2. Objetivos específicos	37
2.5. Hipótesis	37
2.6. Operacionalización de las variables	37
2.6.1. Variable independiente	37
2.6.2. Variable dependiente.....	38
2.7. Justificación de la investigación	38
2.7.1. Justificación técnica	38

2.7.2.	Justificación operativa.....	38
2.7.3.	Justificación social.....	38
2.7.4.	Justificación económica.....	38
2.8.	Importancia de la investigación.....	39
2.9.	Limitaciones del proyecto	39
2.10.	Alcance del Proyecto.....	39
Capítulo 3.	Marco teórico	40
3.1.	Fundamentos de fibra óptica	40
3.1.1.	Introducción	40
3.1.2.	Espectro Electromagnético	41
3.1.3.	Atenuación en función de la λ	45
3.1.4.	Ventanas.....	46
3.1.5.	Pérdidas en transmisión óptica.....	47
3.1.6.	Tipos de fibra óptica	52
3.2.	Redes Ópticas Pasivas (PON)	55
3.2.1.	Introducción	55
3.2.2.	Razones fundamentales que impulsan el desarrollo de redes ópticas	55
3.2.3.	Principales organizaciones internacionales.....	57
3.2.4.	Topologías de redes ópticas	58
3.2.5.	PON vs AON	59
3.2.6.	Estructura y funcionamiento de una red PON.....	60
3.2.7.	Desarrollo de estándares PON	63
3.3.	Acceso a internet y conectividad en Loreto	67
3.3.1.	Cobertura de redes de Fibra Óptica en nuestro país.....	68
3.3.2.	Redes de Transporte en Iquitos	68
3.3.3.	Internet fijo y móvil en Loreto.....	70
3.3.4.	Salud pública y TIC's	71
3.3.5.	Proyectos de fibra óptica para la región Loreto	72
Capítulo 4.	Metodología y herramientas para desarrollar la solución	75
4.1.	Tipo de investigación	75
4.1.1.	Según los medios	75
4.1.2.	Según su propósito.....	75
4.2.	Metodología.....	75
4.3.	Población y muestra de la investigación	76
4.3.1.	Población	76
4.3.2.	Muestra	76
4.3.3.	Ubicación de la Población.....	76
4.4.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	77
4.4.1.	Técnicas	77
4.4.2.	Instrumentos.....	77
4.5.	Descripción de la metodología seleccionada.....	78
4.5.1.	FASE 1: Identificando necesidades y objetivos	78
4.5.2.	FASE 2: Diseño lógico de la red.....	78
4.5.3.	FASE 3: Diseño físico de la red.....	78
4.5.4.	FASE 4: Documentación del diseño de la red.....	78
Capítulo 5.	Desarrollo del diseño	79

5.1.	FASE I: Identificando necesidades y objetivos	79
5.1.1.	Perfil de la institución	79
5.1.2.	Análisis de la necesidad de la empresa	80
5.1.3.	Análisis de objetivos y restricciones de la institución.....	82
5.1.4.	Análisis de objetivos y restricciones del proyecto	83
5.1.5.	Servicios que debe ofrecer la red	84
5.1.6.	Tecnologías que debe soportar la red.....	85
5.1.7.	Estándares y normas que se deben cumplir.....	87
5.1.8.	Seguridad y protección de la red	88
5.2.	FASE II: Diseño lógico de la red	92
5.2.1.	Descripción	92
5.2.2.	Tecnología a emplear	92
5.2.3.	Componentes de la red.....	93
5.2.4.	Sistema de Procesamiento Centralizado	93
5.2.5.	Sistema de Almacenamiento Centralizado.....	95
5.2.6.	Arquitectura de red XG-PON a utilizar.....	97
5.2.7.	Diseño de la Topología de la Red	98
5.2.8.	Diseño lógico para el Piso Principal de la Red	103
5.2.9.	Selección de fibra óptica	105
5.2.10.	Selección de dispositivos y equipamiento.....	105
5.3.	FASE III: Diseño físico de la red.....	125
5.3.1.	Dimensionamiento de la red	125
5.3.2.	Dimensionamiento de equipos activos y pasivos	125
5.3.3.	Diseño vertical de la red XG-PON en el Hospital Iquitos.....	141
5.3.4.	Piso principal para la red en el hospital	143
5.3.5.	Cableado en las instalaciones.....	145
5.3.6.	Descripción de los ambientes y distribución de gabinetes	149
5.4.	FASE IV: Documentación del diseño de la red.....	155
5.4.1.	Configuración de IP's	155
5.4.2.	Etiquetado de los elementos del Sistema	156
5.4.3.	Plan de capacitación.....	158
Capítulo 6.	<i>Análisis de factibilidad de la PON vs una red Ethernet.....</i>	160
6.1.	Costos para la PON	160
6.1.1.	Costos que incurren en la implementación de la red	160
6.1.2.	Costos que incurren en el funcionamiento de la red por un año	166
6.1.3.	Resumen de costos para la PON	167
6.2.	Costos para una red Ethernet.....	169
6.2.1.	Costos que incurren en la implementación de una red Ethernet	169
6.2.2.	Costos que incurren en el funcionamiento de la red Ethernet por un año	173
6.2.3.	Resumen de costos para una red Ethernet.....	174
6.3.	Análisis de factibilidad económica	176
6.3.1.	Comparación de los costos que incurren en la implementación de la red.	176
6.3.2.	Comparación de los costos que incurren en el funcionamiento de la red por un año.....	179
6.4.	Análisis de factibilidad técnica	180
6.4.1.	Capacidad de transmisión	180
6.4.2.	Distancia	182
6.4.3.	Seguridad	182
6.4.4.	Tiempo de vida útil del cableado	182

6.4.5.	Espacio.....	182
6.4.6.	Consumo energético.....	183
6.4.7.	Cantidad de equipos gestionados	183
6.4.8.	Soporte PoE	183
Capítulo 7. Resultados y discusiones.....		184
7.1.	OptiSystem	184
7.1.1.	Principales características	184
7.1.2.	Beneficios	185
7.1.3.	Interfaz gráfica	185
7.1.4.	Elementos utilizados en la simulación	186
7.2.	Presupuesto óptico de la red propuesta	189
7.2.1.	Pérdidas en el Data Center	190
7.2.2.	Pérdidas en el Cuarto de Comunicaciones	190
7.2.3.	Pérdidas en el Área de Trabajo	191
7.3.	Parámetros ópticos XG-PON.....	191
7.4.	Simulación de la red XG-PON.....	191
7.4.1.	Configuración del OLT.....	193
7.4.2.	Configuración del ODN.....	195
7.4.3.	Configuración del ONT	197
7.5.	Análisis de resultados de la simulación.....	200
7.5.1.	Análisis en sentido downstream.....	200
7.5.2.	Análisis en sentido upstream.....	202
7.6.	Resultados obtenidos y conclusiones	204
Capítulo 8. Conclusiones y recomendaciones.....		205
8.1.	Conclusiones.....	205
8.2.	Recomendaciones.....	205
Referencias.....		207
Anexos		212
Anexo 1	Planos técnicos 3er piso: Unidad de cuidados intensivos	213
Anexo 2	Planos técnicos 3er piso: Hospitalización Pediátrica	215
Anexo 3	Planos técnicos 3er piso: Gestión de la Información	217
Anexo 4	Planos técnicos 3er piso: Consulta Externa	218

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Ventanas de las comunicaciones ópticas</i>	47
<i>Tabla 2. Velocidad de las versiones XG-PON de ITU-T.</i>	66
<i>Tabla 3. Presencia de nodos de fibra óptica a nivel de regiones</i>	68
<i>Tabla 4. Establecimientos de salud en Loreto y su distribución por provincia.</i>	70
<i>Tabla 5. Velocidad de cobertura según operador disponible por establecimiento de salud.</i>	71
<i>Tabla 6. Arquitectura Centralizada y Distribuida de redes XG-PON</i>	97
<i>Tabla 7. Tipos de ONT para este proyecto.</i>	118
<i>Tabla 8. Cuadro resumen del total de coaxial de red y coaxial por piso</i>	125
<i>Tabla 9. Resumen de ONT's para el 1er Piso</i>	126
<i>Tabla 10. Resumen de ONT's para el 2do Piso</i>	126
<i>Tabla 11. Resumen de ONT's para el 3er Piso</i>	126
<i>Tabla 12. Resumen de ONT's para el 4to Piso</i>	127
<i>Tabla 13. Resumen de ONT's para el 5to Piso</i>	127
<i>Tabla 14. Resumen de ONT's para el 6to Piso</i>	128
<i>Tabla 15. Cantidad total de ONT's y Rosetas ópticas</i>	128
<i>Tabla 16. Resumen de CDOI para el 1er Piso</i>	130
<i>Tabla 17. Resumen de CDOI para el 2do Piso</i>	131
<i>Tabla 18. Resumen de CDOI para el 3er Piso</i>	133
<i>Tabla 19. Resumen de CDOI para el 4to Piso</i>	135
<i>Tabla 20. Resumen de CDOI para el 5to Piso</i>	136
<i>Tabla 21. Resumen de CDOI para el 6to Piso</i>	137
<i>Tabla 22. Cantidad total de CDOI</i>	138
<i>Tabla 23. Resumen de splitters para el 1er Piso</i>	138
<i>Tabla 24. Resumen de splitters para el 2do Piso</i>	139
<i>Tabla 25. Resumen de splitters para el 3er Piso</i>	139
<i>Tabla 26. Resumen de splitters para el 4to Piso</i>	140
<i>Tabla 27. Resumen de splitters para el 5to Piso</i>	140
<i>Tabla 28. Resumen de splitters para el 6to Piso</i>	140
<i>Tabla 29. Cantidad total de Splitters</i>	140
<i>Tabla 30. Cantidad total de DIO</i>	141
<i>Tabla 31. Planos técnicos correspondientes al 3er piso del hospital</i>	144
<i>Tabla 32. Planos técnicos correspondientes al 3er piso del hospital</i>	146
<i>Tabla 33. Distribución de gabinetes para cuartos de telecomunicaciones</i>	155
<i>Tabla 34. Configuración de IP's: Identificación de VLAN</i>	155
<i>Tabla 35. Presupuesto: Adquisición de servidores</i>	160
<i>Tabla 36. Presupuesto: Adquisición de equipos de comunicación</i>	161
<i>Tabla 37. Presupuesto: Adquisición de cables y conectividad de fibra</i>	162
<i>Tabla 38. Presupuesto: Adquisición de cables y conectividad de cobre</i>	163
<i>Tabla 39. Presupuesto: Adquisición de gabinetes y accesorios</i>	163
<i>Tabla 40. Presupuesto: Licenciamiento de software</i>	164
<i>Tabla 41. Presupuesto: Servicio de instalación</i>	165
<i>Tabla 42. Presupuesto: Consumo de energía eléctrica por un año</i>	166
<i>Tabla 43. Presupuesto: Mantenimiento y Asistencia Técnica por un año</i>	166
<i>Tabla 44. Resumen de costos para la PON</i>	168

<i>Tabla 45. Presupuesto: Adquisición de equipos de comunicación Ethernet</i>	<i>169</i>
<i>Tabla 46. Presupuesto: Adquisición de cables y conectividad de fibra para Ethernet</i>	<i>170</i>
<i>Tabla 47. Presupuesto: Adquisición de cables y conectividad de cobre para Ethernet</i>	<i>170</i>
<i>Tabla 48. Presupuesto: Adquisición de gabinetes y accesorios para Ethernet.....</i>	<i>171</i>
<i>Tabla 49. Presupuesto: Servicio de instalación para Ethernet.....</i>	<i>172</i>
<i>Tabla 50. Presupuesto: Consumo de energía eléctrica por un año para Ethernet.....</i>	<i>173</i>
<i>Tabla 51. Presupuesto: Mantenimiento y Asistencia Técnica por un año para Ethernet.....</i>	<i>174</i>
<i>Tabla 52. Resumen de costos para una red Ethernet.....</i>	<i>175</i>
<i>Tabla 53. Comparación de los costos que incurren en la implementación de la red</i>	<i>176</i>
<i>Tabla 54. Comparación de costo de equipos de comunicación: PON y Ethernet 6A.....</i>	<i>177</i>
<i>Tabla 55. Comparación de costo de dispositivos pasivos: PON y Ethernet 6A</i>	<i>178</i>
<i>Tabla 56. Comparación de los costos que incurren en el funcionamiento de la red por un año</i>	<i>179</i>
<i>Tabla 57. Comparación de capacidad de transmisión: fibra SM y cable Cat.6A</i>	<i>181</i>
<i>Tabla 58. Comparación de capacidad de transmisión: XG-PON2 y Ethernet Cat.6A.....</i>	<i>181</i>
<i>Tabla 59. Parámetros ópticos XG-PON</i>	<i>191</i>

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación geográfica de Maynas, Loreto, Perú. _____	25
Figura 2. Logotipo del Hospital Apoyo Iquitos “César Garayar García”. _____	25
Figura 3. Organigrama estructural del Hospital Apoyo Iquitos “César Garayar García”. __	29
Figura 4. Hospital Apoyo Iquitos “César Garayar García” - Planta primer piso. _____	30
Figura 5. Diagrama del espectro electromagnético, con ejemplos y frecuencia. _____	42
Figura 6. Espectro visible. _____	43
Figura 7. Posibles usos de VLC. _____	44
Figura 8. Imagen tomada con radiación infrarroja media y coloreada. _____	44
Figura 9. Atenuación de la fibra óptica. _____	46
Figura 10. Modos de propagación en la fibra óptica. _____	49
Figura 11. Dispersión modal de la señal en fibra óptica multimodo. _____	50
Figura 12. Fuentes de crosstalk intracanal. _____	51
Figura 13. Fuentes de crosstalk intercanal. _____	52
Figura 14. Ruido en fibra óptica. _____	52
Figura 15. Tipos de fibras ópticas utilizadas para comunicaciones _____	54
Figura 16. Crecimiento global de usuarios de internet. _____	56
Figura 17. Crecimiento global de dispositivos y conexiones. _____	56
Figura 18. Mecanismo de reparto PON. _____	59
Figura 19. Mecanismos de reparto AON. _____	59
Figura 20. Topología de una red GPON. _____	61
Figura 21. Canal descendente de una red GPON. _____	62
Figura 22. Canal ascendente de una red GPON. _____	63
Figura 23. Red de Microondas en Iquitos. _____	69
Figura 24. Redes de transporte en Iquitos. _____	69
Figura 25. Cobertura móvil de los establecimientos de salud del MINSA en el departamento de Loreto. _____	71
Figura 26. Proy. de red para las cuencas de los ríos Napo-Putumayo y Huallaga-Marañón- Amazonas. _____	73
Figura 27. Proyecto línea de transmisión eléctrica Moyobamba-Iquitos. _____	74
Figura 28. Ubicación del área de investigación. _____	76
Figura 29. Vista virtual del nuevo Hospital Iquitos César Garayar García. _____	77
Figura 30. Ubicación del Hospital Loreto. _____	79
Figura 31. Esquema de red XG-PON. _____	92
Figura 32. Esquema lógico del sistema de procesamiento centralizado. _____	95
Figura 33. Esquema lógico del sistema de almacenamiento centralizado. _____	96
Figura 34. Arquitecturas de red PON en FTTH. _____	97
Figura 35. Topología de convergencia distribuida para la red XG-PON del Hospital. _____	98
Figura 36. Diseño lógico general de la red XG-PON para el Hospital Iquitos César Garayar García. _____	102
Figura 37. Parte del tendido horizontal: 3er piso. _____	103
Figura 38. Tendido horizontal: 3er piso. _____	104
Figura 39. Cable de fibra óptica monomodo. _____	105
Figura 40. Configuración de fibra óptica en el diseño. _____	105
Figura 41. Equipo OLT Huawei SmartAX EA5800-X7. _____	106

Figura 42. Switch Huawei CloudEngine 8850-32CQ-EI.	107
Figura 43. Gabinete de Siemon V600.	108
Figura 44. Gabinete de Siemon V800.	109
Figura 45. Gabinete de pared Siemon.	110
Figura 46. ODF Siemon FCP3-DWR deslizable.	111
Figura 47. Patchcord simplex monomodo SC/APC.	112
Figura 48. Pigtail monomodo SC/APC.	112
Figura 49. Cable de fibra óptica monomodo tight buffered indoor.	113
Figura 50. Splitter Siemon tipo panel 2x32.	115
Figura 51. Caja de distribución óptica interna.	115
Figura 52. Herramienta de terminación con conector prepulido LC marca Siemon.	116
Figura 53. Roseta óptica de 2 conectores SC.	117
Figura 54. ONU de 4 puertos Ethernet.	119
Figura 55. ONU de 2 puertos Ethernet PoE.	119
Figura 56. ONU de 4 puertos Ethernet + 1 CCTV.	120
Figura 57. Cable Siemon F/UTP categoría 6A.	121
Figura 58. Plug Siemon categoría 6A.	121
Figura 59. Jack Siemon blindado categoría 6A.	122
Figura 60. Faceplate Siemon de 2 puertos.	123
Figura 61. Patchcord Siemon S/FTP categoría 6A.	123
Figura 62. Esquema del 1er Piso dividido por área de trabajo de CDOI.	129
Figura 63. Ejemplo de CDOI asignado por área.	130
Figura 64. Esquema del 2do Piso dividido por área de trabajo de CDOI.	131
Figura 65. Esquema del 3er Piso dividido por área de trabajo de CDOI.	133
Figura 66. Esquema del 4to Piso dividido por área de trabajo de CDOI.	134
Figura 67. Esquema del 5to Piso dividido por área de trabajo de CDOI.	135
Figura 68. Esquema del 6to Piso dividido por área de trabajo de CDOI.	137
Figura 69. Diseño vertical de la red XG-PON en el Hospital Iquitos.	142
Figura 70. Vista superior del 3er piso del Hospital Iquitos César Garayar García.	143
Figura 71. 3er piso del Hospital Iquitos dividido en áreas de especialización.	144
Figura 72. Esquema de la estación de trabajo.	148
Figura 73. Esquema de la caja empotrada en muro.	149
Figura 74. Software OptiSystem de Optiwave.	184
Figura 75. OptiSystem 7, interfaz gráfica.	185
Figura 76. Pseudo-Random Bit Sequence Generator.	186
Figura 77. NRZ Pulse Generator.	186
Figura 78. CW Laser.	187
Figura 79. Match – Zehnder Modulator.	187
Figura 80. WDM Transmitter.	187
Figura 81. Optical Receiver.	187
Figura 82. Photodetector PIN.	188
Figura 83. Low Pass Bessel Filter.	188
Figura 84. Buffer Selector.	188
Figura 85. 1xN Splitter Bidirectional.	188
Figura 86. 3R Regenerator.	189
Figura 87. BER Analyzer.	189
Figura 88. Diagrama del recorrido de la fibra óptica.	189
Figura 89. Diseño en la red XG-PON en OptiSystem.	192

<i>Figura 90. Diseño del OLT XG-PON en OptiSystem.</i>	193
<i>Figura 91. Conf. del Pseudo-Random Bit Sequence Generator en OptiSystem.</i>	194
<i>Figura 92. Configuración del CW Laser para el OLT en OptiSystem.</i>	194
<i>Figura 93. Configuración del Buffer Selector para el OLT en OptiSystem.</i>	194
<i>Figura 94. Diseño del ODN en OptiSystem, lado izquierdo.</i>	196
<i>Figura 95. Diseño del ODN en OptiSystem, lado derecho.</i>	197
<i>Figura 96. Configuración del splitter x32 en OptiSystem.</i>	197
<i>Figura 97. Diseño del ONT XG-PON en OptiSystem.</i>	198
<i>Figura 98. Configuración del WDM Transmitter en OptiSystem.</i>	198
<i>Figura 99. Conf. del primer Dynamic Y Select Nx1 en OptiSystem.</i>	199
<i>Figura 100. Conf. del segundo Dynamic Y Select Nx1 en OptiSystem.</i>	199
<i>Figura 101. Configuración del Buffer Selector para el OLT en OptiSystem.</i>	200
<i>Figura 102. Diagrama de ojo en el sentido downstream en el BER Analyzer.</i>	201
<i>Figura 103. Comparación del diagrama de ojo ideal con el diagrama de ojo obtenido</i>	202
<i>Figura 104. Potencia que llega al ONT en sentido downstream.</i>	202
<i>Figura 105. Diagrama de ojo en el sentido upstream en el BER Analyzer.</i>	203
<i>Figura 106. Comparación del diagrama de ojo ideal con el diagrama de ojo obtenido</i>	203
<i>Figura 107. Potencia que llega al OLT en sentido upstream.</i>	204
<i>Figura 108. Plano técnico 3er piso: Unidad de cuidados intensivos (lado derecho).</i>	213
<i>Figura 109. Plano técnico 3er piso: Unidad de cuidados intensivos (lado izquierdo).</i>	214
<i>Figura 110. Plano técnico 3er piso: Hospitalización Pediátrica (lado derecho).</i>	215
<i>Figura 111. Plano técnico 3er piso: Hospitalización Pediátrica (lado izquierdo).</i>	216
<i>Figura 112. Plano técnico 3er piso: Gestión de la Información.</i>	217
<i>Figura 113. Plano técnico 3er piso: Consulta Externa (lado derecho).</i>	218
<i>Figura 114. Plano técnico 3er piso: Consulta Externa (lado izquierdo).</i>	219

Índice de anexos

<i>Anexo 1 Planos técnicos 3er piso: Unidad de cuidados intensivos</i>	<i>213</i>
<i>Anexo 2 Planos técnicos 3er piso: Hospitalización Pediátrica</i>	<i>215</i>
<i>Anexo 3 Planos técnicos 3er piso: Gestión de la Información</i>	<i>217</i>
<i>Anexo 4 Planos técnicos 3er piso: Consulta Externa</i>	<i>218</i>

Resumen

Por mucho tiempo el cable de par trenzado ha sido la única y mejor opción al momento de diseñar una LAN, pero la necesidad de satisfacer capacidades de transmisión altas nos llevó a buscar otros medios de transmisión más eficaces, es así como la fibra óptica se introdujo en el campo de las telecomunicaciones abriendo un mundo de posibilidades y nuevas aplicaciones. El propósito de este estudio es extender los conocimientos sobre la aplicación de este medio de transmisión en nuestro país, donde por motivos diversos, todavía encontramos cierta resistencia a los cambios tecnológicos.

Este trabajo tiene como propósito la creación de un plan destinado a una red óptica pasiva del nuevo edificio del Hospital Iquitos César Garayar García en la provincia de Maynas haciendo uso de la tecnología XG-PON2, popularmente conocida como XGS-PON, contemplada en el grupo de estándares G.987 de la UIT-T, pero ambientada en un entorno local. Este diseño contará con una arquitectura centralizada cuyas señales serán divididas una sola vez por un splitter de 32 puertos, lo inusual de este diseño es el empleo de cable, conectores y jacks Cat6A que estarán en el extremo final de la red, para el lado del usuario, de manera que, a simple vista, el edificio parecerá contar con un cableado convencional y los ONT's estarán ocultos y protegidos. Está previsto ofrecer un ancho de banda común de al menos 78 Mbps para cada usuario conectado a la red, este valor tiende a ser mayor puesto que no todos los usuarios transmiten al mismo tiempo.

En este informe se analiza el diseño de La infraestructura de fibra óptica que abarca toda su extensión para obtener una red centralizada, también es preciso resaltar que se trata de una red de fibra totalmente pasiva, sin repetidores ni equipos activos intermediarios, solo splitters, acopladores y atenuadores, de forma que la inversión en infraestructura es económicamente más factible de instalar que una red Ethernet. Al día de hoy, en nuestro país son muy pocas las instituciones que cuentan con una PON como infraestructura local, y todas son GPON o EPON, todavía no se ha instalado una infraestructura de red óptica pasiva local que alcance los 10 Gbps simétricos como lo hace XG-PON2, esperamos que este informe sirva de aporte para dar a conocer esta tecnología y que en un futuro próximo la podamos usar aquí en el Perú.

Palabras clave: diseño de red de datos, red óptica pasiva, XG-PON2, fibra óptica.

Abstract

For a long time, twisted pair cable has been the only and best option when designing a LAN, but the need to satisfy high transmission capacities led us to look for other more efficient means of transmission, this is how optic fiber was introduced in the field of telecommunications opening endless possibilities and new applications. The purpose of this study is to extend the knowledge about the application of this transmission medium in our country, where for various reasons, we still fear facing technological changes.

The present work proposes the design of a passive optical network for the new Hospital Iquitos César Garayar García building in Maynas province, using XG-PON2 technology, popularly known as XGS-PON, contemplated in the G. 987 of the ITU-T, but setting a local environment. This design will be a centralized architecture whose signals will be divided only once by a 32-port splitter, the unusual thing about this design is the use of Cat6A cable, connectors and jacks at the end of the network, to the side of the user, so that, at first glance, the building will appear to have conventional wiring and the ONT's will be hidden and protected. It is planned to offer a common bandwidth of at least 78 Mbps for each user connected to the network, this value tends to be higher because not all users transmit at the same time.

Along this report the design of the fiber optic network is entirely analyzed to obtain a centralized network, it should also be noted that it is a totally passive fiber network, without repeaters or active intermediary equipment, just splitters, couplers and dimmers, so that investment in infrastructure is economically more feasible to install than an Ethernet network. To date, in our country there are very few institutions which have a PON as local infrastructure, and all of them are GPON or EPON, a local passive optical network infrastructure that reaches 10 Gbps symmetrical as it does XG-PON2 has not yet been installed, we hope that this report will serve as a contribution to publicize this technology and that in a near future we can do it here in Peru.

Keywords: data network design, passive optical network, XG-PON2, optical fiber.

Presentación

Estimados integrantes del Jurado Evaluador:

Siguiendo las directrices estipuladas en el Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, exponemos ante ustedes la Tesis titulada: “Diseño de una Red Óptica Pasiva para mejorar la interconexión del Hospital Iquitos César Garayar García - Provincia Maynas año 2018”. Esta investigación es un requisito necesario para conseguir el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas e Informática.

El actual documento de tesis ha sido confeccionado tomando como base los conocimientos y experiencias adquiridas durante mi formación profesional y desempeño laboral. La asesoría y la investigación han sido fundamentales para culminar este trabajo, y mi esperanza es que este estudio pueda constituir un valioso aporte para nuestra sociedad.

Por medio de la presente, pongo a disposición de ustedes, distinguidos miembros del jurado evaluador, esta Tesis para su revisión. Espero sinceramente que este trabajo cumpla con todos los requisitos establecidos y que, de esta manera, sea aprobado. Agradezco de antemano su tiempo y consideración en la evaluación de mi investigación.

Atentamente

Bach. Gian Lucas Abad Montenegro

Introducción

Las tecnologías de comunicación evolucionan constantemente, esto no es novedad; es importante que los especialistas y profesionales dedicados conozcan y manejen las tecnologías actuales, esto tampoco es una novedad; sin embargo, también es importante tener la capacidad de familiarizarse rápidamente con las tendencias tecnológicas que tarde o temprano irrumpirán el mercado, aunque probablemente, a primera vista no todo lo que se vea respecto a estas nuevas tecnologías, sean ventajas.

Desde la aparición del telégrafo en 1833 hasta el día de hoy, el mundo de las telecomunicaciones afronta un reto tras otro. En 1876 cuando se inventó el teléfono, era difícil imaginar que a través de cables de cobre se podían establecer comunicaciones a larga distancia, aun así, las redes telefónicas se hacían cada vez más grandes, 4 años más tarde la construcción de tranvías eléctricos se masificó en diversas ciudades de Estados Unidos lo que indujo ruido en los circuitos telefónicos. Esto llevó a las compañías telefónicas a reducir la atenuación en sus conexiones cambiando sus sistemas a circuitos balanceados. Pocos años después el creciente uso de la electricidad afectó nuevamente las conexiones telefónicas, y otra vez las compañías telefónicas tuvieron que trabajar en una solución, esta vez aplicaron la transposición de conductores que consistía en intercambiar la posición de los conductores una vez cada cierto tramo en todos sus tendidos. Luego se inventó el cable de par trenzado que ofrecía mejores prestaciones y que hoy en día continúa mejorando.

La comunicación por fibra óptica surgió hace unas décadas, desde entonces ha venido afrontando constantes retos, aun así, este es el medio que mayor ancho de banda ofrece para transmitir datos, por esta razón se usa mucho en la implementación de WAN. Hoy en día, el avance tecnológico nos permite desplegar con facilidad y eficiencia redes de fibra óptica en entornos de área local (LAN), y como toda novedad tecnológica, vendrá acompañada de nuevos retos y dificultades, pero esto no debe detener el cambio, al contrario, debe ser un desafío que despierte nuestra curiosidad innata de ingenieros por sacar a la luz nuevas y mejores soluciones a fin de crear infraestructuras LAN cada vez más robustas y veloces.

Este informe de investigación propone el diseño de una Red Pasiva Óptica (PON, Passive Optical Network), específicamente una Red Pasiva Óptica de Área Local (POLAN, Passive Optical LAN) para el Hospital Iquitos César Garayar García de la provincia de Maynas, con el fin de optar por el título profesional de Ingeniero de Sistemas e Informática, pero sobre todo con el objetivo de impulsar el cambio y lograr mejoras, disuadiendo a los profesionales de hoy con un sustento científico válido.

El Hospital Iquitos César Garayar García está ubicado en la provincia de Maynas, en un espacio de 19,700 m², cuenta con más de 70 años al servicio de la salud. El Gobierno

Regional de Loreto tomó la decisión de reconstruir y equipar todas las instalaciones del hospital, por lo que, en el año 2015, por medio de la licitación N°004-2015-GRL-GRI, se convocó a concurso público para la “Construcción y equipamiento del nuevo Hospital Iquitos Cesar Garayar García, provincia de Maynas”.

En la actualidad, la construcción que contará con una estructura de seis pisos se lleva a cabo por el “Consortio Salud Loreto”, conformado por las constructoras CMO Group y Pizzarotti. El nuevo hospital será de categoría II-2 y contará con lo último en tecnología beneficiando a más de 321 mil personas. Además, dispondrá de 170 camas hospitalarias, 30 consultorios externos, un data center Tier II y más de 9 mil equipos médicos de última generación, todo esto lo pondrá a la altura de los hospitales más importantes y modernos en Latinoamérica.

Un proyecto de tal envergadura debe contar con una infraestructura de red que responda a las exigencias de las tecnologías que se implementará, siendo capaz, no solo de soportar los sistemas actuales, sino también los futuros, considerando al menos un tiempo de vida útil de 25 años antes que deba mejorarse o reemplazarse.

Este trabajo propone el diseño de una Red Pasiva Óptica para el nuevo hospital, haciendo uso de la tecnología XG-PON que contempla los estándares G.987 de la UIT-T, pero ambientado en un entorno local.

Las redes XG-PON (10 Gigabit capable PON, Red Óptica Pasiva con capacidad de 10 Gigabit) son el siguiente paso en la evolución de las redes GPON (Gigabit PON), estas redes aprovechan la gran capacidad de transmisión y ancho de banda que posee la fibra óptica, en especial la fibra monomodo, para multiplexar varias señales a través de una sola fibra tanto para emisión como para recepción, disminuyendo de esa manera la cantidad de cables en el tendido. Eso no es todo, también se aprovecha el tipo de señal transmitida, es decir la luz, como un medio no eléctrico para la transmisión de datos, y de esa manera establecer conexiones pasivas que no requieran tantos equipos eléctricos como las redes convencionales de cobre, disminuyendo considerablemente el consumo de energía eléctrica y, por lo tanto, reduciendo los costos de funcionamiento del sistema.

El contenido de este informe se encuentra estructurado de la siguiente manera.

Capítulo 1. Datos generales de la institución.

Perfil, descripción y reseña histórica del hospital. Incluye también aspectos resaltantes del plan estratégico de la institución y un plano general del área.

Capítulo 2. Plan del proyecto.

Presentación de la realidad problemática y formulación del problema e hipótesis. Se mencionan también algunos antecedentes de proyectos similares de envergadura local, nacional e internacional. Así como los objetivos, justificación, importancia, limitaciones y alcance del proyecto.

Capítulo 3. Marco teórico.

Investigación minuciosa a cerca de los fundamentos de la fibra óptica y las PON, así como del acceso a internet y conectividad en la región de Loreto.

Capítulo 4. Metodología y herramientas para desarrollar la solución.

Una descripción acerca de la metodología empleada en el desarrollo de la investigación. Se presentan las 4 fases del diseño, fases que están basadas en la metodología Top Down.

Capítulo 5. Desarrollo del diseño.

Se lleva a cabo el diseño de una red XG-PON para el Hospital Iquitos César Garayar García siguiendo las 4 fases descritas en el cuarto capítulo.

Capítulo 6. Análisis de factibilidad de la PON vs una red Ethernet.

Se halla el costo total de implementación y funcionamiento por un año de la red XG-PON para el hospital, se halla también la misma información para una red alternativa basada en Ethernet Cat.6A a fin de comparar costos y realizar un análisis técnico-económico de ambas soluciones.

Capítulo 7. Resultados y discusiones.

Se comprobó el funcionamiento de la red diseñada utilizando el software OptiSystem, con este se simuló un enlace óptico que empezaba en el OLT, continuaba por el splitter y terminaba en el ONT. Al final se analizan los resultados arrojados por el software.

Capítulo 8. Conclusiones y recomendaciones.

Se concluye el cumplimiento de cada objetivo y se recomiendan algunos temas que reforzarían esta investigación.

Capítulo 1.

Datos generales de la institución

1.1. Perfil de la institución

1.1.1. Razón social

Hospital Apoyo Iquitos “César Garayar García”.

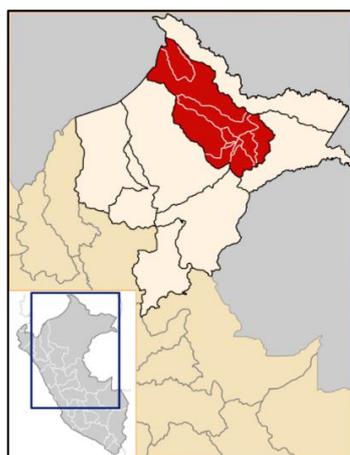
1.1.2. RUC

20408453560

1.1.3. Dirección

Av. Cornejo Portugal 1710, Iquitos - Maynas - Loreto - Perú

1.1.4. Ubicación geográfica



Departamento : Loreto
Provincia : Maynas
Distrito : Iquitos

*Figura 1. Ubicación geográfica de Maynas, Loreto, Perú.
Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Maynas*

1.1.5. Actividad

Actividades relacionadas con la salud humana.

1.1.6. Logotipo



*Figura 2. Logotipo del Hospital Apoyo Iquitos “César Garayar García”.
Fuente: <https://www.hospitaliquitos.gob.pe/institucional.htm>*

1.2. Reseña histórica

El Hospital "César Garayar García" de Iquitos abrió sus puertas el 21 de julio de 1945 durante el segundo período presidencial del Dr. Manuel Prado Ugarteche. Bajo un convenio firmado por el presidente y el Servicio Cooperativo Interamericano, se estableció la misión de brindar atención médica integral a la población de Iquitos. La construcción del hospital fue llevada a cabo por los Maestros de obras de apellido Riera y don Antonio Rúas, quienes recibieron formación en Europa. (Hospital Iquitos, 2018)

Tras el incendio que tuvo lugar el 25 de agosto en las instalaciones cercanas al Mercado Central, el Dr. Hans Colber tomó la decisión de trasladar de manera permanente el hospital a sus instalaciones actuales. Se designó a Mr. Berkley como administrador y se contrataron los primeros empleados, incluyendo:

- Sr. Gustavo Vasquez Freitas.
- Lic. en Enfermería Mery Hebanais.
- Ing. Sanitario Carlos Salmon.
- 10 técnicas de enfermería.
- 05 trabajadoras sociales

En 1947, el médico peruano Dr. Damaso Gonzales asumió la dirección del hospital. Permaneció en el cargo durante 9 años, y luego fue sucedido por el Dr. Felix Arrieta Cohelo, conocido por su rigurosidad. Después de 10 años de servicio, el Dr. Jorge Sibina Sibina asumió el cargo de director hasta 1970, cuando fue reemplazado por el Dr. Francisco Moura Tuanama, quien tomó la decisión de realizar mejoras y expansiones en las instalaciones del hospital con el respaldo de la Beneficencia Pública. En este proceso, se construyó el pabellón de Medicina. Asimismo, el Club de Leones de Iquitos se encargó de la construcción del pabellón destinado al Banco de Sangre, que actualmente se usa como la sede de la Farmacia Central.

El Hospital Apoyo Iquitos ha sido certificado a nivel nacional como el primer hospital de una provincia en cumplir con la "Aplicación de los 10 pasos para asegurar un parto" y fomentar una "Lactancia materna exitosa".

En la actualidad, estamos alcanzando importantes logros en nuestra gestión gracias al respaldo del MINSA, el Gobierno de la región de Loreto y los organismos de apoyo social, así como a nuestros propios recursos. Nuestra principal meta es cumplir con la misión de nuestro hospital, la cual se enfoca en ofrecer servicios integrales de salud a niños, adolescentes y adultos, dándole prioridad tanto a la población urbana como a la rural. Nos esforzamos constantemente por atender de manera oportuna tanto las necesidades de salud que son percibidas como aquellas que pasan desapercibidas, siempre

garantizando la equidad, calidad y calidez en la atención que brindamos. (Hospital Iquitos, 2018)

1.3. Descripción de la institución

"César Garayar García" es un establecimiento de salud medianamente complejo que se encuentra en la ciudad de Iquitos, clasificado como tipo II-2 según la aprobación mediante R.E.R. N° 1358-2003-GRL el 26 de noviembre de 2003. Con una trayectoria institucional de 74 años, el hospital brinda atención a una población de 74,841 personas, procedentes de los distritos de San Juan Bautista, Villa Belén, Iquitos, y la parte ribereña de la región.

Según el INEI, en 2005, tiene un área de influencia que alcanza tanto de forma directa como indirecta al 55.21% de los pobladores en la región Loreto.

Es parte de la DIRESA de Loreto del Ministerio de Salud. Este hospital desempeña un papel fundamental en la atención de una amplia cantidad de pobladores en Maynas provincia de Loreto.

En la actualidad, el hospital cuenta con un equipo compuesto por 457 profesionales de la salud y personal asistencial, además de 125 empleados administrativos. (HOSPITAL IQUITOS "CÉSAR GARAYAR GARCÍA", 2011)

1.4. Finalidad

Nuestro objetivo principal es promover la recuperación de la salud de mujeres, recién nacidos, niños, adolescentes y la población en general, así como fomentar la rehabilitación de las capacidades de los pacientes. Nos esforzamos por brindar atención de calidad, oportuna, equitativa y de fácil acceso tanto en consultas externas, hospitalización y servicios de emergencia.

1.5. Funciones generales

Como todo hospital en el Perú, las funciones generales que esta institución debe cumplir se resumen en los cinco puntos siguientes.

- **Prevención.** Esto abarca la detección de enfermedades, el diagnóstico a tiempo y el tratamiento oportuno. También se incluyen los programas de prevención de salud, la supervisión del crecimiento del niño y adolescente, el control de enfermedades y el saneamiento ambiental.
- **Curación.** Consiste en proporcionar tratamiento médico y en caso sea necesario, la prestación de servicio asistencial.
- **Rehabilitación.** Se busca reintegrar al paciente a su medio familiar y social eliminando en lo posible el daño o secuelas originadas por su enfermedad.
- **Docencia.** Siendo este el lugar más idóneo para la preparación en campo de nuestros futuros profesionales de la salud, se brinda

facilidades para su formación en diversas disciplinas. Aquí también se incluye la educación para la salud en pacientes, personal del mismo hospital y la comunidad de la zona.

- **Investigación.** Consiste en innovar teniendo como base la metodología científica logrando así incrementar el conocimiento médico y brindar un mejor servicio.

1.6. Organigrama

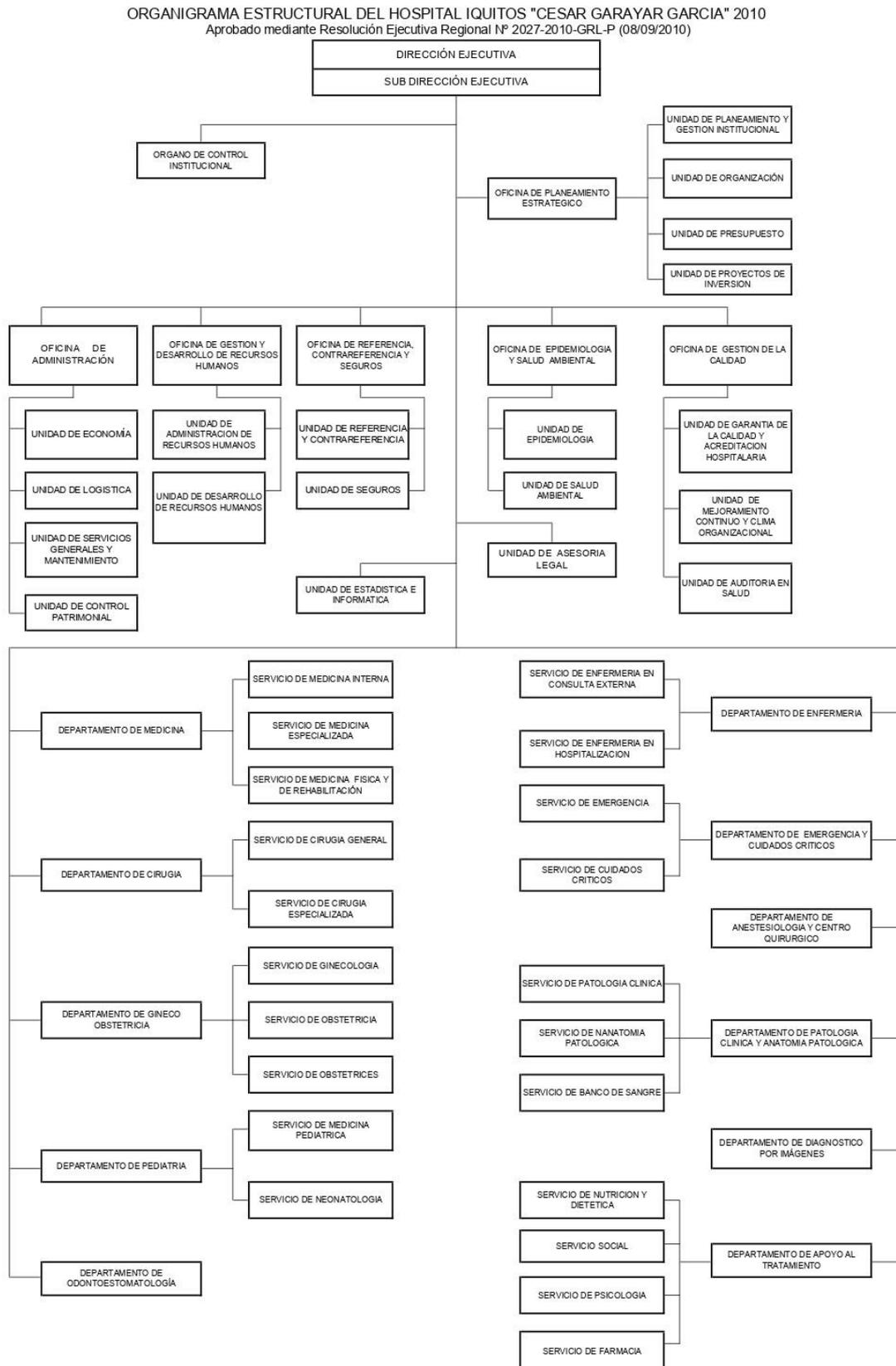


Figura 3. Organigrama estructural del Hospital Apoyo Iquitos “César Garayar García”.
 Fuente: <https://www.hospitaliquitos.gob.pe/Organigrama.htm>

1.7.Plano general de la empresa

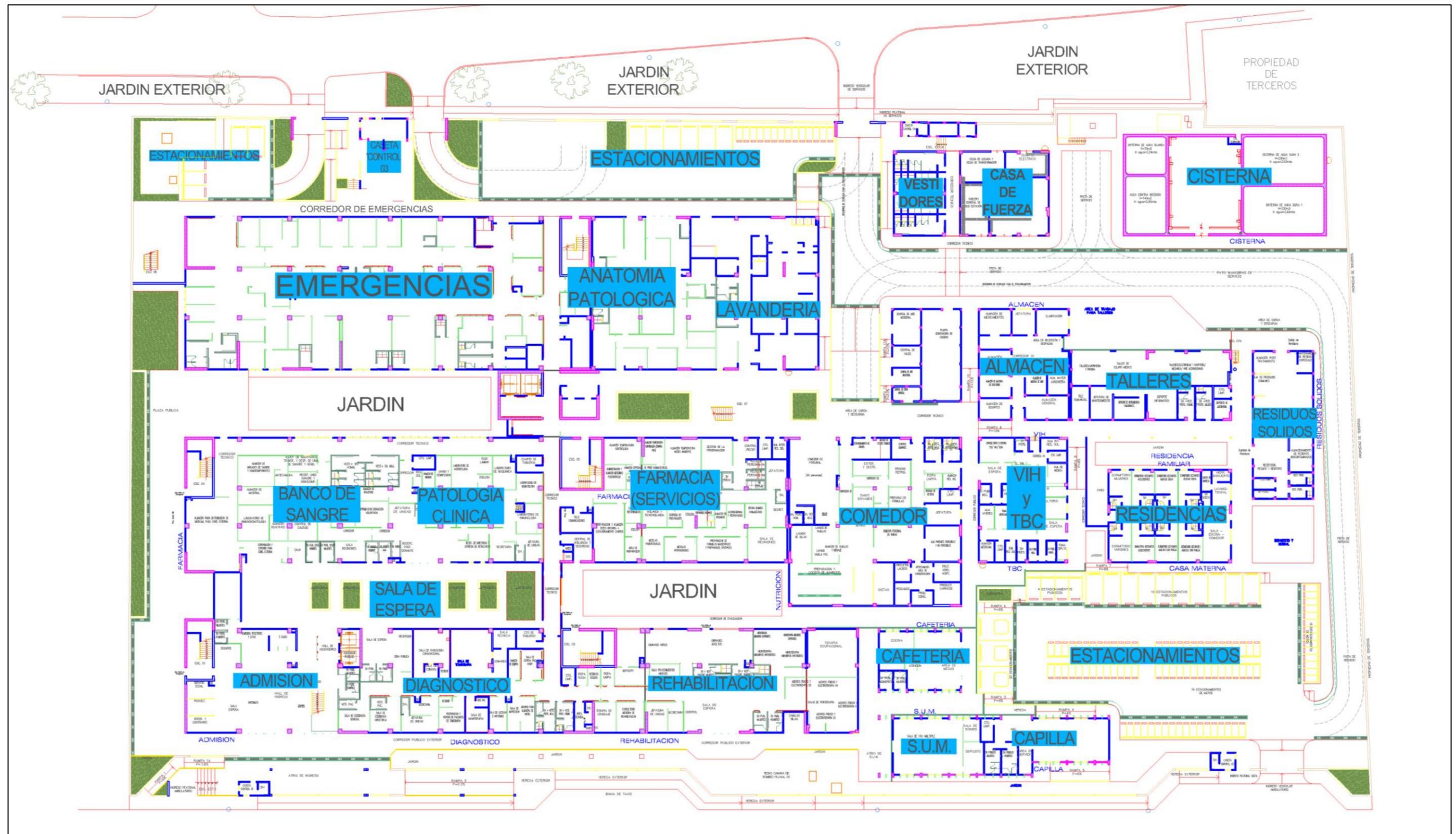


Figura 4. Hospital Apoyo Iquitos "César Garayar García" - Planta primer piso.
Fuente: Consorcio Salud Loreto

Capítulo 2.

Plan del proyecto

2.1. Realidad problemática

DEFICIENTE CALIDAD DE SALUD

Desde hace algunos años, el Perú ha experimentado un constante progreso económico, evidenciado en el avance de industrias agrícolas y la exportación de bienes no tradicionales, así como en el proceso de descentralización y la participación de la comunidad, entre otros aspectos. Estos cambios estructurales y funcionales, impulsados tanto por el Estado como por la sociedad, tienen como objetivo asegurar el crecimiento económico y social sostenido del país. Este desarrollo permitirá implementar diversas políticas gubernamentales orientadas hacia metas como el acceso a una vivienda adecuada y a una educación de excelencia y una cobertura adecuada de servicios de salud, entre otras.

En la actualidad, la plena realización de los principios fundamentales del Ministerio de Salud, que incluyen la Equidad, Solidaridad, Ética y Justicia Social, se ve obstaculizada en las regiones geográficas remotas y con población dispersa. Esto se debe a la escasez o inexistencia de servicios públicos en estas áreas, lo que genera una marcada disparidad en poder acceder a los servicios de salud en comparación con las zonas urbanas. Lamentablemente, esta negación de los principios mencionados es una dura realidad para numerosos habitantes de Loreto, que es el departamento más extenso del país.

Además, se enfrenta el desafío de la mortalidad materna, que, aunque ha mostrado una disminución en la última década, aún persiste como una de las principales preocupaciones en la región. La principal causa de defunción es la hemorragia durante o después del parto. Además, la presencia endémica de enfermedades contagiosas como la malaria y la leptospirosis también representa un desafío significativo. Aunque el VIH/SIDA y la tuberculosis cuentan con tratamientos gratuitos, su efectividad depende de un diagnóstico oportuno. De manera similar, el cáncer de cuello uterino prevalece como una preocupación importante, ya que suele ser detectado en etapas avanzadas, dificultando la recuperación del paciente.

Por último, pero igualmente relevante, se encuentran las infecciones respiratorias en los niños, quienes junto con los ancianos, conforman el grupo más vulnerable.

NECESIDAD DE TECNOLOGÍAS MÁS ACCESIBLES

Alcanzar la implementación de tecnologías fácilmente disponibles en zonas rurales remotas, como la región amazónica en Perú, es un desafío significativo. Abordaremos esta cuestión desde dos puntos: primeramente, desde la perspectiva del usuario que utilizará estas TIC's; y en segundo lugar, desde la perspectiva de la entidad encargada de proporcionarlas, asegurando su sostenibilidad y mantenimiento.

Comprender los requisitos o criterios que debe cumplir una tecnología accesible para determinado lugar conlleva conocer la realidad y limitaciones de las personas que viven allí, incluyendo la disponibilidad de sus recursos económicos.

De acuerdo con información proporcionada por el INEI, en el 2016, el PBI de Loreto, solo constituye el 1.55% del PBI total en el Perú. En el 2017, Loreto se encuentra dentro del segundo grupo de las regiones más desfavorecidas del país, junto con Huancavelica, Apurímac, Huánuco, Ayacucho, Puno y Pasco todas ellas con una tasa de pobreza del 35% (INEI, 2018).

La disponibilidad que tienen la mayoría de los habitantes de la capital para comprar una computadora o un smartphone no es igual para aquellos que viven en Loreto, por lo tanto, es crucial fomentar tecnologías accesibles en esa región. Estas tecnologías deben ser sencillas de utilizar y comprender para los residentes que no están familiarizados con las últimas TIC's. Además, el hardware debe ser resistente y adecuarse a su forma de vivir, mientras que el software debe adaptarse a su idioma local.

La entidad encargada de proporcionar las tecnologías enfrenta desafíos que los ingenieros deben abordar. El primer reto es construir la infraestructura en un entorno complicado, con condiciones meteorológicas adversas. Es crucial contar con hardware que puedan ser usados en este ambiente y funcionen sin dificultades. Además, se requiere un trabajo constante de mantenimiento y reparación de los sistemas, por lo que la autonomía y sostenibilidad de los equipos son aspectos muy importantes.

ANALFABETISMO DIGITAL

El analfabetismo digital se trata de la falta de conocimiento acerca de las nuevas TIC's, lo que dificulta que las personas puedan acceder e interactuar con ellas. Esto priva a las personas de numerosos beneficios, como navegar por la nube, interactuar en redes sociales, crear documentos digitales, discernir información importante, entre otros (Icaza Álvarez, Campoverde Jiménez, Verdugo Ormaza, & Arias Reyes, 2019).

No es necesario realizar un análisis detallado para reconocer la siguiente realidad: el Perú ha estado enfrentando la problemática del analfabetismo durante muchos años, principalmente en las regiones más desfavorecidas del

país. Al mismo tiempo, con el avance de las TIC's, se ha identificado un grupo de personas que no están familiarizadas con las tecnologías modernas, conocidas como Analfabetos Digitales. Esta situación afecta no solo a aquellos con limitado acceso a la tecnología, sino también a personas con una formación profesional, universitarios y escolares, quienes no deberían formar parte de este grupo, pero aun así presentan cierto grado de analfabetismo digital.

COVID-19 Y DENGUE, EMPUJANDO EL SISTEMA DE SALUD PERUANO AL LÍMITE

En el 2020, el 06 de marzo se detectó el primer paciente con COVID-19 en el país, sumándose a una situación ya complicada por un estado de emergencia nacional debido a un brote de dengue que se había iniciado en octubre de 2019. Hasta finales de febrero del año 2020, el número de pacientes con dengue había ascendido a más de 7 mil (Vasquez Chavesta, Morán Mariños, Rodrigo Gallardo, & Toro Huamanchumo, 2020).

Al mismo tiempo, el número de pacientes contagiados de COVID-19 ha experimentado un aumento exponencial desde el primer caso reportado. Para el 13 de junio, el MINSA informó un total de 225,132 casos confirmados, 10,342 pacientes hospitalizados, 1,113 en unidades de cuidados intensivos (UCI) y 6,498 fallecimientos. Además, en varias regiones del norte de Perú, incluyendo Loreto, no solo se han registrado una cantidad significativa de casos de dengue, sino que también están dentro de las seis regiones con más casos de COVID-19.

Ambas enfermedades comparten ciertas características epidemiológicas y presentan dificultades para su distinción debido a que también comparten algunas características clínicas y de laboratorio (Lorenz, Azevedo, & Chiaravalloti Neto, 2020). Por lo tanto, el manejo de la atención médica de pacientes con cualquiera de estas enfermedades se convierte en un verdadero reto. Además, algunos casos de dengue pueden requerir hospitalización y cuidados intensivos, y complicando más la lamentable realidad, el número de casos probables viene siguiendo un patrón similar al de los casos confirmados, con una proporción aproximada de 2:1. Esto genera una mayor demanda de servicios y recursos de salud en el país (Vasquez Chavesta, Morán Mariños, Rodrigo Gallardo, & Toro Huamanchumo, 2020).

Con el objetivo de reducir el impacto del COVID-19 y el Dengue, se han implementado medidas drásticas en el país, lo que llevó a la publicación de dos decretos supremos: N° 044-2020-PCM y N° 004-2020-SA. A pesar de estos esfuerzos, diversas limitaciones han surgido, como la escasez de Unidades de Cuidados Intensivos (UCI), ventiladores, pruebas de diagnóstico y detección,

equipo de protección personal (EPP) y personal de salud (Vasquez Chavesta, Morán Mariños, Rodrigo Gallardo, & Toro Huamanchumo, 2020).

En nuestro país, se están tomando todas las medidas posibles para frenar el contagio y reducir el índice de fallecimientos a causa del COVID-19. Aunque no podemos predecir con certeza cuándo terminará esta pandemia, debemos mantener el optimismo. Confiamos en que, cuando eso ocurra, nuestro sistema de atención médica se fortalecerá. Para lograrlo, es fundamental que todos los peruanos trabajemos unidos, incluyendo especialistas de la salud, ingenieros, educadores, gobernantes y familias. De esta manera, estaremos mejor preparados para enfrentar futuras eventualidades.

2.2. Antecedentes del problema

Tras realizar una investigación bibliográfica, se encontraron tesis de ámbito internacional, nacional y regional que guardan relación con este proyecto, sin embargo, no todos aplican la tecnología de red óptica pasiva en planta interna, el presente trabajo si trata sobre el diseño de una PON en un área local.

2.2.1. Antecedentes internacionales

Proyecto Internacional 1

Copa (2016), diseñó una red GPON en los Rosales de Achumani en la ciudad de La Paz – Bolivia, en la escuela de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Mayor de San Andrés, llegando a la siguiente conclusión:

Actualmente, es evidente que las redes GPON están experimentando un gran auge en nuestro entorno. Con la adopción de esta tecnología, la empresa nacional Entel tiene una visión ambiciosa de brindar a sus clientes una diversidad de servicios de alta calidad, lo que la posiciona como empresa líder en el país.

Dado el gran número de aplicaciones disponibles en la actualidad, es necesario implementar proyectos de telecomunicaciones más eficientes. Por lo tanto, la implementación del diseño propuesto en este trabajo aplicativo es una solución efectiva para la zona de Los Rosales de Achumani. (Copa Merlo, 2016, pág. 111)

Proyecto Internacional 2

Viera (2013) implementó una red ODN, para la actualización de la red de acceso, en la ciudad de Tungurahua - Ecuador en la escuela de Comunicaciones Ópticas de la Universidad Técnica De Ambato, teniendo como conclusión principal:

La implementación del proyecto de GPON en la reestructuración de la red actual de CNT - EP Tungurahua ofrecerá beneficios significativos a la empresa. Permitirá optimizar recursos, tener un control más efectivo de la

red, proporcionar un servicio de alta calidad y, fundamentalmente, abrirá oportunidades para proyectar un crecimiento económico sostenible al atraer a un mayor número de usuarios cada año. (Viera Páez, 2013, pág. 155)

Proyecto Internacional 3

Guanotasig (2014), estudió y estructuró una red GPON para el edificio principal de la Universidad Tecnológica Israel en la ciudad de Quito-Ecuador, en la escuela de Electrónica Digital y Telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel, teniendo como conclusión principal:

La utilización de la tecnología GPON en este proyecto reveló diversas ventajas y beneficios propios de la fibra óptica, la cual se destaca por su eficacia al brindar servicios de voz, datos y video de manera ininterrumpida. Esto posibilita ofrecer el servicio a una amplia cantidad de usuarios y cumplir con sus requerimientos de conexión de alta velocidad de forma óptima. (Guanotasig Molina, 2014, pág. 53)

2.2.2. Antecedentes nacionales

Proyecto Nacional 1

Arias (2015) estructuró una red de acceso de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) utilizando el estándar GPON en la ciudad de Magdalena del Mar – Perú, en la escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Pontificia Universidad Católica Del Perú, teniendo como conclusión principal:

En el distrito de Magdalena del Mar, se implementó una red de fibra óptica (FTTH) con tecnología GPON para proporcionar acceso a banda ancha. Esta red logró ofrecer velocidades de carga (19 Mbps) y descarga (31 Mbps) notablemente superiores a las del mercado. Gracias al diseño de la red, se lograron reducir costos, permitiendo ofrecer el servicio a un precio de 300 nuevos soles, el cual es más bajo que los paquetes Triple Play con velocidades de carga y descarga parecidas a las que actualmente se encuentran en el mercado. (Arias de la Cruz, 2015, pág. 62)

Proyecto Nacional 2

Ojeda (2009) estudió y diseñó una red FTTH en una vivienda residencial y en una zona universitaria en Lima - Perú, en la escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Pontificia Universidad Católica Del Perú, teniendo como conclusión principal:

Las redes ópticas pasivas se combinan con una topología en forma de árbol facilita la expansión del servicio de manera eficiente, lo que trae como

resultado una disminución de los costos para llegar a un mayor número de clientes, debido a la posibilidad de compartir la infraestructura.

Tras evaluar la factibilidad económica del servicio para un límite de 50 clientes en los distritos de Pueblo Libre y Cercado de Lima, con una población mayoritaria en los segmentos socioeconómicos C y D, se ha determinado que la propuesta es muy rentable. Sin embargo, se prevé que la rentabilidad del servicio aumente considerablemente si se llega a implementar en los sectores socioeconómicos A y B, debido a una mayor necesidad en esas zonas. (Ojeda Sotomayor, 2009, págs. 105-106)

Proyecto Nacional 3

Chayña (2017) estructuró una red de acceso de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) utilizando el estándar de red óptica pasiva con capacidad de Gigabit (GPON). para la empresa AMITEL SAC en la ciudad de Puno – Perú, en la escuela de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Del Altiplano, llegando a la siguiente conclusión principal:

Las redes de acceso son de suma importancia para los operadores de telecomunicaciones, ya que son las encargadas de llevar los servicios ofrecidos a los suscriptores. Por esta razón, es crucial diseñarlas siguiendo rigurosamente los estándares establecidos por las entidades reguladoras. Esta práctica garantizará que la red diseñada funcione sin dificultades al momento de su implementación. (Chayña Burgos, 2017, pág. 139)

2.2.3. Antecedente regional

Proyecto Regional

Trejo (2016), estructuró un sistema de telecomunicaciones basado en fibra óptica para mejorar la red de comunicaciones en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo en la ciudad de Huaraz - Perú, en la escuela de Sistema de telecomunicaciones de la misma casa universitaria, llegando a la conclusión principal:

El propósito fundamental de esta investigación fue plantear el diseño de la infraestructura del sistema de telecomunicaciones basado en fibra óptica para la construcción de un anillo de banda ancha y, con ello mejorar los servicios electrónicos en la Ciudad Universitaria de la UNASAM.

Finalmente se concluye que el diagnóstico y requerimientos obtenidos se dieron bajo el enfoque del Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico EDGI– ONU, obteniéndose un ancho de banda inicial de 844,56 Mbps y proyectándose a cuatro años con 1087,46 Mbps, en función a ello se presenta un diseño de red de fibra óptica de tipo monomodo G.256.D de tecnología GPON con transporte DWDM, un backbone de banda ancha que interconecta los edificios de las diversas facultades presentes en el campus de la UNASAM, a través de una red de acceso que soporta el

hardware y software de red idóneos, propios de una red óptica (Trejo Flores, 2018).

2.3. Formulación del problema

¿De qué manera el Diseño de una Red Óptica Pasiva mejorará la interconexión del Hospital Iquitos César Garayar García de la Provincia de Maynas, año 2018?

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Diseñar una Red de Interconexión Óptica Pasiva para llevar a cabo las actividades en el Hospital Iquitos César Garayar García - Provincia de Maynas.

2.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Recopilar y organizar información para el diseño de la red en el Hospital Iquitos César Garayar García.
- ✓ Determinar los requisitos y características de la red de interconexión.
- ✓ Aplicación de tecnologías en hardware y software para la red propuesta.
- ✓ Diseñar la Red Óptica Pasiva, respetando normas y estándares nacionales e internacionales.

2.5. Hipótesis

El diseño de una Red Óptica Pasiva mejorará la interconexión del Hospital Iquitos César Garayar García - Provincia Maynas año 2018.

2.6. Operacionalización de las variables

2.6.1. Variable independiente

Diseño de una Red Óptica Pasiva

<i>Definición Conceptual</i>	<i>Definición Operacional</i>
Una red PON es un tipo de red punto a multipunto que conecta al Servidor con el Cliente a través de fibra óptica, haciendo uso de splitters y con capacidad de abarcar grandes distancias sin usar repetidores.	Determinar la infraestructura física de la red de datos, aplicando las recomendaciones de la UIT-T G.987 (1, 2 y 3) para redes XG-PON, a fin diseñar una Red de Área Local Óptica Pasiva (POLAN o simplemente POL) capaz de brindar un ancho de banda de hasta 10 Gbit/s.

2.6.2. Variable dependiente

Interconexión del Hospital Iquitos César Garayar García - Provincia Maynas año 2018

<i>Definición Conceptual</i>	<i>Definición Operacional</i>
La interconexión de equipos se refiere a la comunicación que se crea entre los equipos de una red, con el propósito de compartir información, recursos y servicios.	Conectar los sistemas del Hospital Iquitos César Garayar García por medio de una red PON bajo las recomendaciones de la UIT-T G.987 de manera que pueda alcanzar velocidades de hasta 10 Gbit/s.

2.7. Justificación de la investigación

2.7.1. Justificación técnica

En el mercado nacional, se encuentran disponibles expertos y tecnología para llevar a cabo la implementación de redes de fibra óptica. Las redes PON se adhieren a estándares y regulaciones internacionales, esto conlleva un notable avance en la excelencia del servicio y una disminución en el nivel de interferencias, gracias a su inmunidad frente a ruidos electromagnéticos.

2.7.2. Justificación operativa

Las redes PON pueden cubrir extensas distancias, llegando a superar los 20 km entre nodos. Debido a que no necesitan dispositivos activos en la red de distribución, su consumo de energía es reducido. Su topología simplifica la instalación del cableado. Además, se prevé que el nuevo Hospital Iquitos César Garayar García cuente con personal capacitado en el tipo de red propuesto.

2.7.3. Justificación social

El proyecto cuenta con una relevancia social, ya que los servicios del Hospital Iquitos César Garayar García contribuyen al bienestar de la comunidad, y una infraestructura tecnológica sólida fortalecerá estos servicios en beneficio de todos. Además, las redes PON operan con menor consumo de energía, lo que ayuda a reducir el impacto en el calentamiento global. Por último, impulsar este proyecto en la región representa una iniciativa para fomentar el desarrollo de nuevas tecnologías.

2.7.4. Justificación económica

El proyecto posee una justificación económica sólida, ya que reducirá los costos de implementación (CAPEX) y operación (OPEX) de la red. Los

gastos operativos de una PON son inferiores comparados con una red Ethernet, y a medida que se incrementa el número de puntos de red a implementar, el gasto de capital también disminuye. De esta manera, la adopción de una Red Pasiva Óptica contribuye al fortalecimiento de la economía del gobierno regional.

2.8.Importancia de la investigación

El Gobierno Regional de Loreto recibirá un diseño de red informática moderna y de alta capacidad para el nuevo Hospital Iquitos César Garayar García. Este diseño garantizará que los servicios operen de manera eficiente en una estructura de red sólida y confiable, brindando a los habitantes de la región Loreto acceso a un moderno centro de salud capaz de proporcionar servicios de calidad. Además, este estudio será un impulso significativo para promover y adoptar esta tecnología en nuestro país, convirtiéndose potencialmente en una referencia para proyectos futuros.

2.9.Limitaciones del proyecto

Son los siguientes:

- La falta de recursos energéticos estables y sostenibles para operar los equipos.
- El escaso conocimiento sobre Redes Ópticas Pasivas entre los profesionales de la zona.
- El índice de analfabetismo digital en la región y la poca relación que tienen sus pobladores con las tendencias tecnológicas actuales.
- Los limitados recursos económicos con los que cuenta el gobierno regional.
- Las características geográficas y meteorológicas de la zona que dificultan el tendido de la red e intensifican las labores de mantenimiento para los equipos.

2.10. Alcance del Proyecto

El nuevo Hospital Iquitos César Garayar García será de categoría II-2, estará preparado para atender a más de 321 mil personas, contará con 170 camas hospitalarias, 30 consultorios externos, un data center Tier II y más de 9 mil equipos médicos de última generación. La infraestructura de la red deberá tener un tiempo de vida útil de al menos 25 años y abarcará todas las áreas del hospital, brindando soporte a las diversas aplicaciones que se usarán.

Capítulo 3.

Marco teórico

3.1. Fundamentos de fibra óptica

3.1.1. Introducción

Los sistemas tradicionales de comunicación emplean señales eléctricas transmitidas a través de cable coaxial, radio, u otros medios según la aplicación específica. Sin embargo, estos sistemas pueden presentar ciertas limitaciones que impulsan la búsqueda de alternativas para la transmisión de información. Una de estas alternativas es el uso de señales luminosas, que ofrecen una nueva vía para la comunicación, superando las limitaciones de los métodos tradicionales.

Aunque a finales del siglo XIX se pensó en utilizar medios para señales luminosas, los dispositivos y guías de aquel entonces eran muy rudimentarios y tenían una alta atenuación. No fue hasta la década de 1960 que se comenzaron a desarrollar realmente los sistemas de comunicación por fibra óptica.

Hacia 1966, se observó que la alta atenuación en las guías se debía principalmente a impurezas, y se comprendió que mejorando los procesos de fabricación se podría reducir significativamente la atenuación.

El año 1970 es un hito fundamental, ya que la empresa Corning Glass Works en Estados Unidos logró fabricar una fibra óptica con una atenuación inferior a los 20 dB/km. A partir de ese momento, la atenuación en la fabricación de fibras ópticas ha ido disminuyendo de manera constante (Instituto Tecnológico de La Laguna, 2003).

Ventajas

Los medios de transmisión por fibra óptica ofrecen diversas ventajas frente a otros medios como, por ejemplo.

- **Amplio ancho de banda.** El ancho de banda y la capacidad de transmisión por fibra están limitados sólo por el desarrollo tecnológico de los componentes electrónicos.
- **Atenuación baja.** La atenuación reducida de la fibra óptica posibilita la transmisión de señales a distancias más extensas sin requerir repetidores. La cantidad de atenuación depende del tipo de fibra y longitud de onda (λ).

- **Inmunidad a interferencias electromagnéticas.** La fibra óptica es completamente inmune a ruidos externos, tales como radiointerferencias e impulsos electromagnéticos, gracias a su naturaleza no conductora.
- **Seguridad y aislamiento eléctrico.** Los cables de fibra óptica destacan en ambientes explosivos o inflamables, donde se debe reducir la posibilidad de generar chispas o descargas eléctricas.
- **Menos peso y volumen.** Al comparar los cables de fibra óptica con los de cobre, se puede apreciar una diferencia significativa en cuanto a peso y volumen. Los cables de fibra óptica son considerablemente más ligeros y menos voluminosos. Esta característica los hace especialmente adecuados para diversas aplicaciones, como en entornos aeroespaciales, donde el equipamiento es lo más compacto posible. Además, facilita su transporte e instalación en cualquier tipo de ambiente.
- **Seguridad frente a intervenciones online.** Aunque no es imposible, es mucho más difícil interceptar los datos que se transmiten a través de una fibra óptica. La naturaleza de la fibra óptica, que utiliza señales luminosas para transmitir datos, hace que sea más complicado para los intrusos acceder o interferir con la información que se está enviando. Esta característica de mayor seguridad hace que la fibra óptica sea una opción más confiable para la transmisión de datos en entornos donde la seguridad es una preocupación importante.

Desventajas

También encontramos ciertas desventajas que debemos tomar en cuenta:

- **Requiere especialización técnica.** Su manipulación requiere de conocimientos técnicos y ciertos cuidados además de equipos costosos, por ejemplo, para realizar los empalmes.
- **Baja robustez mecánica.** Lo que hace que la fibra óptica pueda ser dañada fácilmente. Por ello existe toda una variedad de cables de fibra cuyo revestimiento exterior cuenta con protección adecuada al medio en el que se utilizará, protegiendo al cable de la humedad, la fatiga mecánica, rayos UV, radios de curvatura muy pequeños, ataque de roedores, etc.
- **Más susceptible a la suciedad.** Los conectores de fibra deben ser limpiados periódicamente con instrumentos especiales ya que la menor presencia de cuerpos extraños en los terminales afecta el rendimiento de todo el sistema.

3.1.2. Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético se refiere a la disposición de energía de todas las ondas electromagnéticas. Asimismo, se utiliza el término "espectro" para

describir la radiación electromagnética que un objeto emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción). Esta radiación es útil para identificar el objeto de manera similar a una huella dactilar (Bernal Muñoz, 2013).

De manera más simple, el espectro electromagnético abarca un conjunto de ondas que varían desde las más largas, como las ondas de radio, hasta las más cortas, como los rayos gamma.

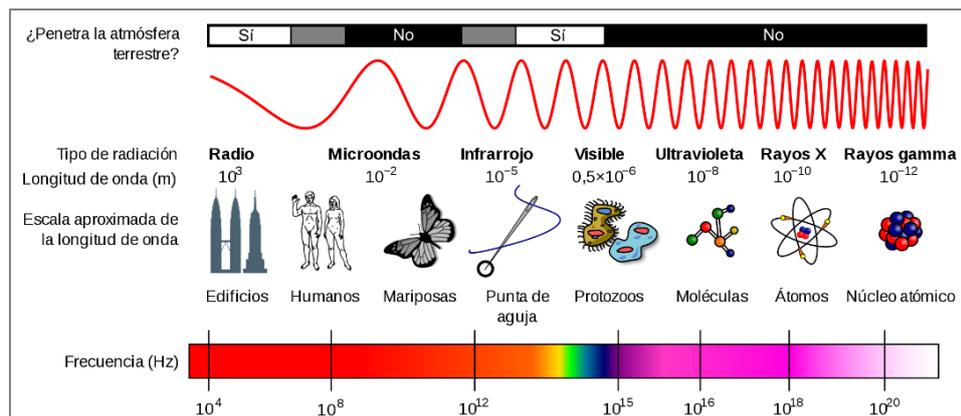


Figura 5. Diagrama del espectro electromagnético, con ejemplos y frecuencia.
Fuente: wikipedia.org

Así es, de acuerdo con el gráfico, se aprecia que las ondas de mayor longitud de onda presentan una frecuencia más baja, mientras que las ondas de menor longitud de onda tienen una frecuencia más elevada. De manera que existe una relación inversa entre la longitud de onda y la frecuencia en el espectro electromagnético.

Las ondas electromagnéticas no exhiben un comportamiento uniforme ni se originan todas de las mismas fuentes. Debido a esto, el espectro electromagnético se divide de manera convencional en segmentos o bandas de frecuencia, y la clasificación más frecuente abarca las siguientes categorías:

- Ondas de subradio.
- Ondas radioeléctricas.
- Microondas.
- Rayos T.
- Rayos infrarrojos.
- Luz visible.
- Rayos ultravioleta.
- Rayos X.
- Rayos gamma.
- Rayos cósmicos.

Vamos a analizar brevemente sólo dos de estas categorías por ser las más importantes en el desarrollo de este capítulo.

3.1.2.1. Luz o espectro visible

Las longitudes de onda del espectro visible van desde los 400 nm hasta los 750 nm.

El espectro visible comprende la porción del espectro electromagnético que el ojo humano puede detectar. La radiación electromagnética dentro de esta franja es llamada luz visible o simplemente luz, y se percibe por los seres humanos como un continuo conjunto de colores y tonalidades (Luque Ordóñez, 2012).

Es relevante considerar que no todas las radiaciones empleadas en los sistemas de transmisión de ondas luminosas están dentro del rango visible. Únicamente una porción muy reducida del espectro electromagnético es perceptible a la vista humana. (Instituto Tecnológico de La Laguna, 2003). Esa parte corresponde al espectro visible o luz.

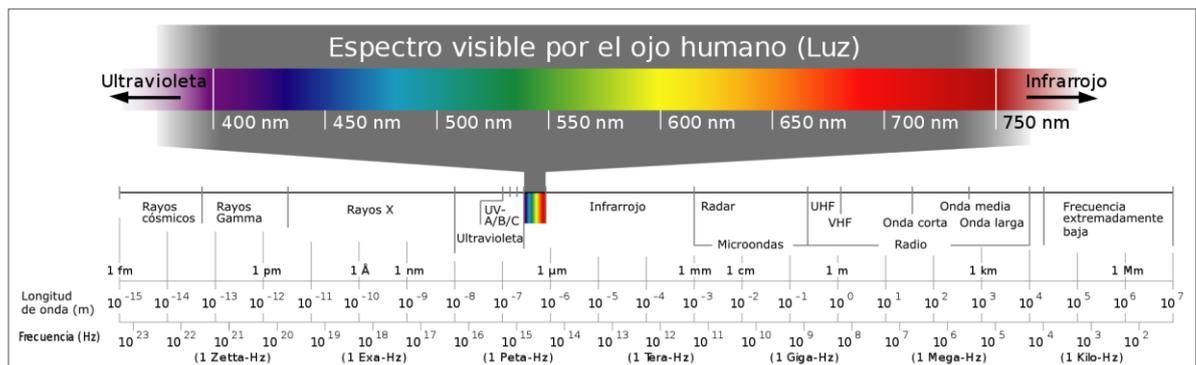


Figura 6. Espectro visible.
Fuente: wikipedia.org

También se suele usar la luz visible en fibra óptica plástica para la transmisión de audio a 650 nm tal como lo plantea el estándar TOSLINK creado por Toshiba en 1983, aunque como es claro, también es posible transmitir otros formatos a través de este medio.

Dentro del ámbito de las radiocomunicaciones, las VLC (Visible Light Communications - Comunicaciones por Luz Visible) o FSO (Free Space Optics - Óptica en el Espacio Libre) se refieren a la comunicación inalámbrica mediante ondas electromagnéticas del espectro visible. Esta tecnología emplea lámparas fluorescentes comunes para transmitir señales a 10kbps, o bien, diodos LED para alcanzar velocidades que pueden superar los 10Mbps (Luque Ordóñez, 2012).

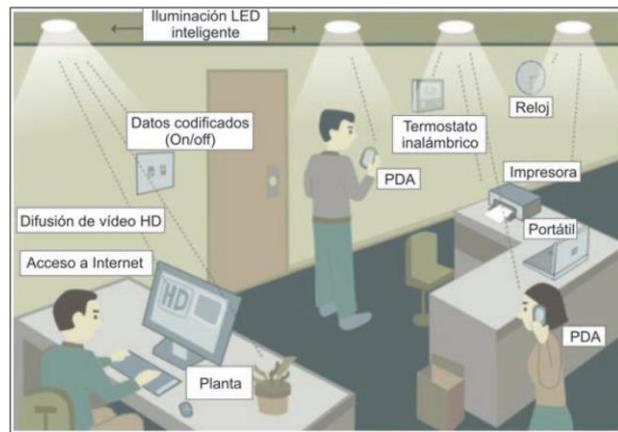


Figura 7. Posibles usos de VLC.
Fuente: (Luque Ordóñez, 2012)

Otros usos de luz visible en POF (Plastic Optical Fiber – Fibra Óptica Plástica) tienen un fin ornamental o decorativo, apareciendo en carteles o adornos luminosos con brillantes colores.

3.1.2.2. Rayos infrarrojos

Las longitudes de onda de los rayos infrarrojos van desde los 750 nm hasta los 1000 μm .

Esta categoría también es conocida como radiación térmica, ya que cualquier objeto con una temperatura superior a 0°K (cero absoluto, equivalente a -273,15 °C) la emite.

Este rango de longitudes de onda, o podemos decir también, rango de frecuencias, es el usado para las transmisiones en fibras ópticas de vidrio, ya sea monomodo o multimodo.

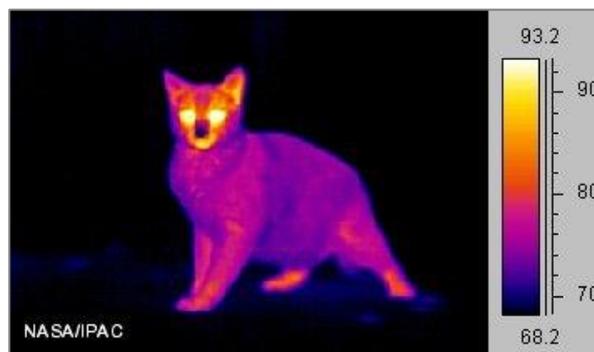


Figura 8. Imagen tomada con radiación infrarroja media y coloreada.
Fuente: NASA/IPAC Extragalactic Database

Otro uso que se le da a los rayos infrarrojos es el de poder ver en la oscuridad a través de dispositivos que captan la radiación para después

reflejarla en una pantalla, los objetos más calientes se iluminan con mayor intensidad.

Los rayos infrarrojos se clasifican, según su longitud de onda, así tenemos:

- Infrarrojo cercano (de 750 nm a 2500 nm)
- Infrarrojo medio (de 2500 nm a 50 μm)
- Infrarrojo lejano (de 50 μm a 1000 μm)

3.1.3. Atenuación en función de la λ

Un factor crítico que restringe la distancia máxima entre el transmisor y el receptor es la atenuación, dado que el receptor debe recibir una potencia de señal mínima para recuperar la información de manera precisa.

La atenuación se refiere a la gradual reducción de la potencia de la señal a medida que esta se propaga a lo largo de la fibra óptica y se puede dar, entre otras razones, por la absorción de la potencia que realiza el sílice (componente de la fibra óptica) cuando se transmite en ciertos rangos de longitudes de onda, otras causas son la radiación de la energía, o las imperfecciones de la fibra producidas en su fabricación (Gómez López, Puerto López, & Guevara Ibarra, 2015). Por ello, debido a la absorción de potencia que realiza la sílice, no es posible transmitir en cualquier frecuencia, sólo es posible hacerlo en ciertos rangos de longitud de onda conocidos como “ventanas”.

Otro aspecto por considerar para determinar la longitud de onda con la que se trabajará es la disponibilidad de dispositivos existentes, tales como emisores, receptores, repetidores, etc., así como el tipo de fibra óptica a utilizar, ya sea monomodo o multimodo.

La siguiente figura ilustra la atenuación experimentada por una señal luminosa dentro de una fibra óptica con relación a su longitud de onda.

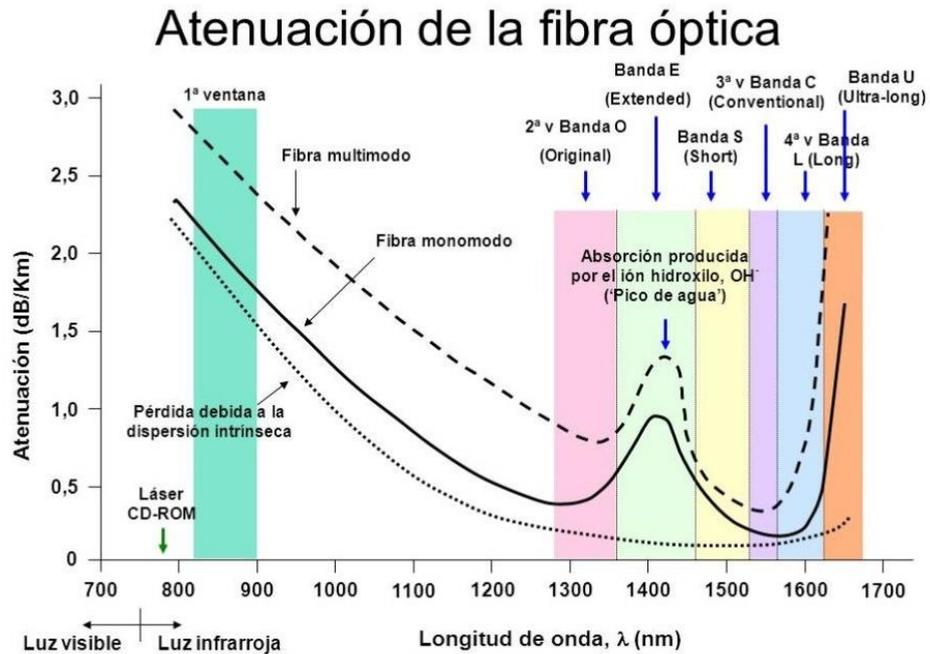


Figura 9. Atenuación de la fibra óptica.

Fuente: Universidad de Valencia

La atenuación se mide en dB/km (decibeles por kilómetro).

3.1.3.1. El decibelio o decibel

El decibel (dB) es una unidad de medida que permite comparar dos magnitudes sin tener unidades propias. Se utiliza logaritmos para referenciar magnitudes no lineales, es decir, aquellas que cambian constantemente bajo diversas condiciones. Se usa para medir potencia, voltaje, corriente eléctrica, ganancia y presión sonora, entre otros y así, podemos ver las diferencias en graficas o tablas. Para los enlaces de comunicaciones ópticas usamos dBm o dB. El dBm es el valor de potencia real que se encuentra referenciado en milivatios (mW) y el dB es la diferencia entre potencias, es decir, la pérdida y cuanto más negativo sea el número, más grande será la pérdida (Incom®, s.f.).

3.1.4. Ventanas

Con el análisis de la atenuación en función de la λ se crearon las “ventanas”, que nos indican las longitudes de onda que podemos usar para transmitir información. Las ventanas evolucionan y cambian según los avances en la elaboración de la fibra óptica y descubrimiento de nuevos materiales. Hoy en día las ventanas son las siguientes:

Tabla 1. Ventanas de las comunicaciones ópticas

Ventana	Banda ITU-T	Longitud de onda (nm)	Tipo de fibra usada
1		820 a 900	Multimodo
2	O	1260 a 1360	Monomodo y multimodo
3	E S C	1360 a 1460 1460 a 1530 1530 a 1565	Monomodo Monomodo Monomodo
4	L U	1565 a 1625 1625 a 1675	Monomodo Monomodo

Fuente: Incom Blog (Incom®, s.f.)

La primera generación de transmisión óptica se realizó en la "primera ventana" a una longitud de onda de 850 nm. Luego, se empleó una "segunda ventana" a 1300 nm, que ofrecía atenuaciones más bajas, pero con tecnología más costosa. Posteriormente, se evolucionó hacia la "tercera ventana" a 1550 nm, caracterizada por atenuaciones más reducidas y mayores anchos de banda. La "cuarta ventana" es una innovación más reciente y ya tiene aplicaciones, por ejemplo, en Ethernet a 100 Gbps con CWDM (Multiplexación por División Aproximada de Longitud de Onda).

3.1.5. Pérdidas en transmisión óptica

La atenuación es uno de los tantos fenómenos que ocurren al transmitir luz a través de la fibra, ocasionando pérdidas. A continuación, veremos un poco más acerca de las causas que lo originan, así como otros fenómenos que se presentan.

Las pérdidas ocasionadas se pueden clasificar en dos categorías principales: pérdidas intrínsecas y extrínsecas.

Pérdidas Intrínsecas

- Son características típicas de la fibra óptica.
- Dependen de la naturaleza de la fibra y de su construcción.
- No hay forma de eliminarlos.

En este tipo encontramos:

a. Absorción

Se produce cuando los fotones de luz interactúan con los componentes del vidrio (sílice), lo que da lugar a la absorción de potencia luminosa y su conversión en otras formas de energía, como el calor.

b. Dispersión

Las pérdidas por dispersión se originan debido a la distorsión de la señal al propagarse a lo largo de la fibra óptica. Estas pérdidas pueden clasificarse en dos tipos: intermodales e intramodales.

Pérdidas Extrínsecas

- No son características propias de la fibra óptica.
- Dependen de la instalación del sistema.

En este tipo encontramos las ocasionadas por:

a. Impurezas

Presentes en las terminaciones de los cables.

b. Defectos físicos y microfisuras

Causadas por la fatiga del cable, la presión, humedad, etc.

c. Irregularidades geométricas

Encontramos:

- Curvaturas causadas por guardar mucho tiempo el cable en las bobinas o bien ocasionadas durante la instalación.
- Microcurvaturas, que son más pequeñas que las anteriores

d. Empalmes

Es inevitable que, al empalmar la fibra óptica, se produzca una pérdida de señal, incluso si el trabajo de empalme es muy cuidadoso y pulcro. La pérdida promedio por fusión en una fibra multimodo es de 0.3 dB, mientras que en una fibra monomodo es de 0.05 dB.

e. Conectores

Los conectores también contribuyen a la atenuación de la señal, especialmente cuando están sucios. Por esta razón, el primer paso para resolver cualquier problema en la señal es verificar la limpieza de los conectores.

3.1.5.1. Atenuación

A diferencia de los cables de cobre, en la fibra óptica la atenuación no aumenta con la frecuencia. Permanece constante dentro del rango de frecuencias utilizable, es decir las ventanas.

Para más información, ver el punto *3.1.3 Atenuación en función de la λ* .

3.1.5.2. Dispersión

Aparte de la atenuación, la señal también se degrada debido a los efectos de la dispersión, que se puede clasificar en dispersión intermodal e intramodal.

a. Dispersión intermodal, o simplemente modal

Si aplicamos una señal digital ("1" y "0") a una fuente luminosa, esta alternará entre encendido y apagado. El objetivo en todo momento será lograr una reproducción precisa de la señal original en el otro extremo de la línea. Esto implica que la señal reproducida deberá tener las mismas características de duración para los tiempos de "1" y "0", o la misma secuencia de transiciones, o ambas cosas a la vez.

En un instante determinado, si la fuente luminosa está emitiendo (supongamos que la señal digital de entrada es un "1"), todos los rayos de luz que se emiten desde la fuente, cada uno con sus propias frecuencias, serán emitidos al mismo tiempo, suponiendo que todos estos rayos se propagan por la misma fibra (Instituto Tecnológico de La Laguna, 2003), tal como se ilustra en la siguiente figura.

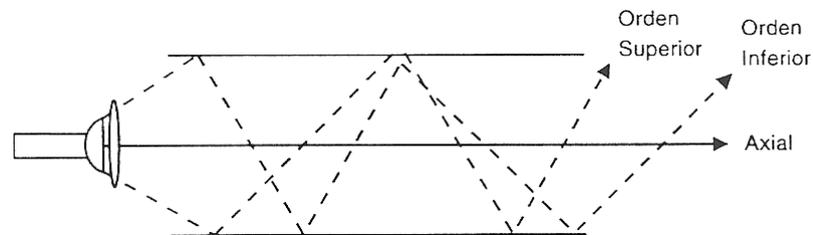


Figura 10. Modos de propagación en la fibra óptica.
Fuente: Instituto Tecnológico de La Laguna.

En este caso, los rayos de luz que llegan primero al final de la fibra son aquellos que se propagan en el modo fundamental y, en consecuencia, viajan por el camino más corto, que es a través del eje axial de la fibra. Si en el extremo de la fibra se coloca un detector óptico, este detector percibirá la presencia de estos rayos y generará una señal eléctrica en su salida, que corresponderá a un valor de "1". Después de un instante de tiempo, los otros rayos de luz que se han propagado a través de la fibra llegarán al detector. Sin embargo, dado que la señal eléctrica del detector ya está presente ("1") debido a los primeros rayos que se propagaron por el eje axial, no habrá ningún cambio en la salida eléctrica del detector.

Si ahora la señal aplicada a la fuente luminosa cambia de "1" a "0", todos los rayos de todas las frecuencias de onda se extinguirán al mismo tiempo. La extinción más rápida en llegar al otro extremo es aquella que se propaga por el eje axial (modo fundamental), ya que recorren una menor distancia. Sin embargo, como todavía existen rayos luminosos que viajan en modos más lentos la salida del detector no cambiará de manera inmediata.

Después de un cierto tiempo, cuando los rayos luminosos más lentos (modos de propagación con un orden más alto) hayan atravesado la fibra, el detector dejará de recibir energía luminosa, lo que significa que no generará señal eléctrica ("0") en su salida (Instituto Tecnológico de La Laguna, 2003).

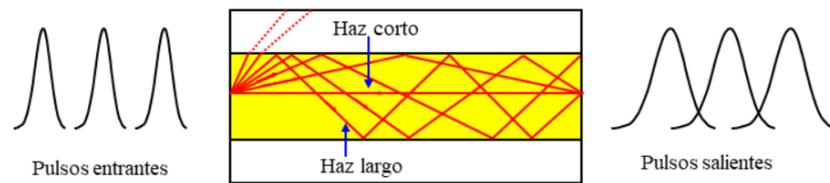


Figura 11. Dispersión modal de la señal en fibra óptica multimodo.
Fuente: Curso de Redes, Rogelio Montañana.

El resultado es que no se logra una reproducción fiel de la señal original. La señal eléctrica proporcionada por el detector tiene una duración mayor que la original. Por lo tanto, se dice que el pulso entregado por el detector ha sido ensanchado o dispersado. Este ensanchamiento es una forma de distorsión y se conoce como dispersión modal. Esta dispersión es causada por la multiplicidad de caminos de transmisión o modos dentro de la fibra.

La dispersión modal está relacionada con el número de modos de propagación en el interior de la fibra y su longitud (Instituto Tecnológico de La Laguna, 2003).

b. Dispersión cromática, o simplemente intramodal

La dispersión cromática ocurre dentro de un solo modo de propagación y sucede cuando la energía óptica se extiende a lo largo de un rango de longitudes de onda (λ). Esto suele ocurrir cuando la fuente emisora es un LED, ya que este tipo de fuente no emite una sola longitud de onda, sino un ancho espectral determinado. Por lo tanto, diferentes longitudes de onda provenientes del LED se trasladan en el mismo “modo” pero a distintas velocidades, esto es así porque el índice de refracción también depende de la longitud de onda. Como resultado, esto ocasiona un ensanchamiento de los pulsos, que será más pronunciado si la longitud del cable es mayor. Como es natural, la dispersión cromática puede disminuirse mediante el uso de fuentes de luz que emitan un espectro muy angosto.

A pesar de que la fibra admita un solo modo de propagación, como lo hace la fibra monomodo, la energía lanzada por el emisor de luz genera varias longitudes de onda (λ). Aunque el núcleo tenga un índice de refracción uniforme, los haces de luz con distintas longitudes de onda viajan a distintas velocidades. Por lo tanto, un haz de luz al final de la fibra se ensanchará, de manera similar a como múltiples modos ensanchan haz en una fibra multimodo (Instituto Tecnológico de La Laguna, 2003).

- Unidad de medida para la *Dispersión Cromática*

La dispersión cromática se mide en ps/km•nm, lo cual indica que un pulso con un ancho espectral de un nanómetro se ensanchará en un picosegundo por cada kilómetro que recorra. Por ejemplo, para calcular la dispersión de un pulso de 1550 nm con un ancho espectral de 0.04 nm, al viajar 100 km a través de una fibra que tiene una dispersión de 5 ps/km•nm a 1550 nm, se realizará el siguiente cálculo:

$$(5 \text{ ps/km}\cdot\text{nm}) \times (0.04\text{nm}) \times (100 \text{ km}) = 20 \text{ ps}$$

c. Diafonía o Crosstalk

La diafonía o crosstalk en sistemas ópticos se refiere a la interferencia de señales generada en dos canales diferentes, lo que causa perturbaciones en la transmisión. Casi todos los elementos de un sistema WDM (Multiplexación por División de Longitud de Onda) padecen de crosstalk.

Existen dos formas de crosstalk: intracanal e intercanal (Gómez López, Puerto López, & Guevara Ibarra, 2015).

- Crosstalk Intracanal

Esta situación de crosstalk sucede cuando dos señales comparten la misma longitud de onda o están muy cercanas de manera que el receptor no logra separarlas y finalmente ambas señales se filtran o superponen (Gómez López, Puerto López, & Guevara Ibarra, 2015).

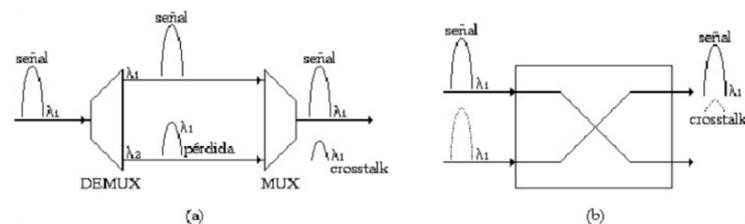


Figura 12. Fuentes de crosstalk intracanal.
 (a) Una configuración MUX-DEMUX en cascada. (b) Un switch óptico.
 Fuente: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

- Crosstalk Intercanal

Este tipo de crosstalk se da cuando dos señales están muy separadas entre sí, de manera que la distancia entre sus λ es tan grande que supera el ancho de banda del receptor (Gómez López, Puerto López, & Guevara Ibarra, 2015).

Esta forma de crosstalk también puede presentarse en forma indirecta, como cuando un canal afecta la potencia que otro canal percibe, debido a fenómenos como las no-linealidades de la fibra óptica (Apablaza M., 2012).

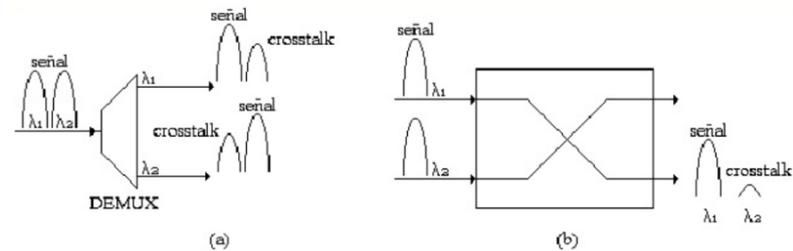


Figura 13. Fuentes de crosstalk intercanal.
 (a) Una configuración MUX-DEMUX en cascada. (b) Un switch óptico.
 Fuente: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

d. Ruido

El ruido presente en la fibra óptica comprende cualquier perturbación o interferencia indeseada que se inserta en el canal de comunicaciones y se suma a la señal principal. Existen diversas fuentes de ruido, externas e internas (Gómez López, Puerto López, & Guevara Ibarra, 2015).



Figura 14. Ruido en fibra óptica.
 Fuente: (Gómez López, Puerto López, & Guevara Ibarra, 2015)

Existen diversas formas de ruido, entre las cuales se incluyen:

- Ruido térmico, que se produce por el movimiento aleatorio de los fotones de un material debido a cambios de temperatura.
- Ruido shot causado por la amplificación de la señal.
- Ruido shot ocasionado por el uso de amplificadores con emisión espontánea (ASE, Amplified Spontaneous Emission).
- Ruido derivado de la diafonía o crosstalk.

3.1.6. Tipos de fibra óptica

Podemos tomar distintos criterios para su clasicación:

- Por la aplicación que se les dará:
 - Fibras de alta calidad.
 - Fibras de media calidad.
- Por el índice de refracción:

- Fibras de índice escalonado.
- Fibras de índice gradual.
- Por el número de modos transmitidos
 - Fibras monomodo.
 - Fibras multimodo.
- Por el material usado en la fabricación:
 - Fibras de vidrio.
 - Fibras de material plástico.

A continuación, desarrollaremos la clasificación según el número de modos transmitidos, subdividiendo cada categoría.

3.1.6.1. Fibra óptica monomodo

Esta fibra óptica transmite la señal luminosa en un solo modo, evitando así la dispersión modal. Esto se logra mediante su diseño que incluye un núcleo de 9 μm de diámetro.

Las fibras monomodo se pueden clasificar según su aplicación, y de esta forma, existen tres tipos distintos:

a. Fibra monomodo estándar

Conocida por sus siglas en inglés como SMF (Single-Mode Optical Fiber), esta variante de fibra posee una atenuación de 0.2 dB/km y una dispersión cromática de 16 ps/km•nm (consultar *Unidad de medida para la Dispersión Cromática*, pág. 51) en la tercera ventana (1550 nm) (Gómez López, Puerto López, & Guevara Ibarra, 2015).

b. Fibra de dispersión desplazada

Las fibras de dispersión desplazada DSF (Dispersion Shifted Fiber) están diseñadas de tal manera que logran tener una dispersión cromática igual a cero en la tercera ventana. Sin embargo, su atenuación aumenta ligeramente, aproximadamente 0.25 dB/km. El principal inconveniente de estas fibras está relacionado con los efectos no lineales, como el fenómeno de mezclado de cuarta onda (FWM), lo cual impide su utilización en sistemas WDM (Gómez López, Puerto López, & Guevara Ibarra, 2015).

c. Fibra de dispersión desplazada diferente de cero

Las fibras de dispersión desplazada diferente de cero NZDSF (Non Zero Dispersion Shifted Fiber) fueron desarrolladas para superar los problemas de la fibra anterior. Estas fibras tienen un valor de dispersión cercano a cero, pero no nulo, con el objetivo de contrarrestar los efectos de los fenómenos no lineales mediante la

dispersión cromática (Gómez López, Puerto López, & Guevara Ibarra, 2015).

3.1.6.2. Fibra óptica multimodo

Con este tipo de fibra la luz puede viajar en distintos modos y al mismo tiempo, debe entenderse por “modo” como uno de los tantos caminos que puede seguir una onda luminosa en el interior de la fibra. En la actualidad, las fibras multimodo poseen un núcleo de 50 μm de diámetro, lo que resulta en una ventaja significativa, ya que la fabricación de los conectores no demanda una precisión excesiva (Gómez López, Puerto López, & Guevara Ibarra, 2015).

Según los índices de refracción, las fibras multimodo se subdividen en:

a. *Fibra de índice en escalón o de cambio brusco de índice.*

En este tipo de fibras ópticas el índice de refracción del núcleo es notablemente mayor que el índice de refracción del revestimiento, esto aumenta la dispersión modal.

b. *Fibra óptica de índice gradual.*

En esta fibra, el índice de refracción cambia poco a poco desde el centro del núcleo hasta el revestimiento, lo que resulta en una disminución de la dispersión modal (ver *Dispersión intermodal, o simplemente modal, pág. 48*) (Gómez López, Puerto López, & Guevara Ibarra, 2015).

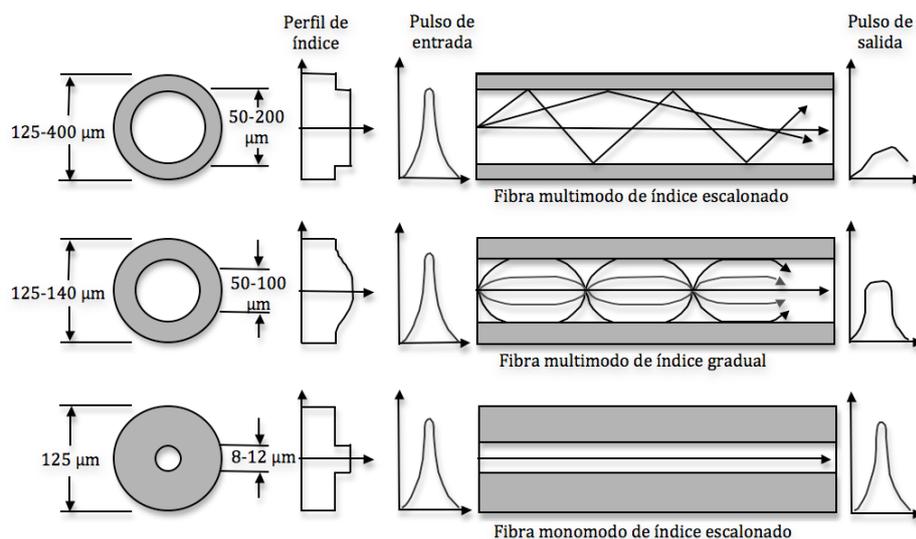


Figura 15. Tipos de fibras ópticas utilizadas para comunicaciones donde se muestra también la característica del pulso de entrada y el de salida.

Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México

3.2. Redes Ópticas Pasivas (PON)

3.2.1. Introducción

Las redes de datos se encuentran en continua evolución, desde las más antiguas basadas en circuitos, hasta las más veloces basadas en el envío de paquetes, todas tienen la finalidad de proporcionar conectividad, mejorando en cada generación y tomando lo mejor de sus predecesores (ITU-T G.987.1, 2016).

Se suele utilizar fibra óptica en redes cuyo ancho de banda tiene que ser bastante amplio, pudiendo reemplazar de manera parcial o total a las redes de cobre, debido a las grandes prestaciones que ofrecen respecto a estas.

Las redes de fibra óptica pueden ser activas (AON, Active Optical Network) o pasivas (PON, Passive Optical Network). Las redes activas son aquellas que poseen elementos activos y requieren energía eléctrica en cada nodo o subestación para operar. En las redes pasivas, los equipos activos están presentes únicamente en el lado del servidor y del cliente, más no en el tramo intermedio (ODN, Optical Distribution Network) siendo una gran ventaja ya que, de esta manera, se pueden alcanzar grandes distancias (hasta 80 km según UIT-T G.989) sin la necesidad de un repetidor.

En un primer inicio las redes ópticas pasivas fueron creadas para atender las redes de acceso; usadas principalmente por las compañías operadoras para suministrar servicios de conexión a todos sus abonados, en virtud de ello y debido al gran desempeño que ofrecen estas redes en el ámbito metropolitano, los fabricantes de estas tecnologías decidieron incursionar en soluciones de ámbito local, plasmando los mismos criterios y respetando los mismos estándares emitidos por organizaciones internacionales pero adaptándolos a entornos LAN, de allí que nace el término POL (Passive Optical LAN) que no es otra cosa que la aplicación de los estándares GPON (según ITU-T) o EPON (según IEEE) en ambientes LAN.

3.2.2. Razones fundamentales que impulsan el desarrollo de redes ópticas

En la época actual, la necesidad de contar con redes de transmisión veloces es cada vez mayor debido a la aparición de diversos servicios emergentes, tales como redes privadas virtuales, telefonía a través de IP, videoconferencias, televisión en alta definición por IP, contenido de video bajo demanda, juegos en línea, etc.

3.2.2.1. Crecimiento del consumo de ancho de banda

Con base en las tendencias actuales, podemos afirmar que existe un aumento significativo y acelerado en el volumen de datos que circulan

por las redes de telecomunicaciones, esto se debe a la introducción de nuevas aplicaciones, contenidos y servicios que demandan un ancho de banda más fructuoso.

En noviembre del 2018, Cisco, a través de un artículo de prensa predijo que en el año 2022 se generará más tráfico IP que el generado durante los 32 primeros años de existencia del internet, es decir desde 1984 hasta el 2016 (Visual Networking Index (VNI) by Cisco, 2018).

Además, en marzo de 2020, Cisco predijo que para el año 2023, casi dos tercios de la población global dispondrán de acceso a Internet, lo que equivale a 5,300 millones de personas, en contraste con los 3,900 millones registrados en 2018, lo cual constituía el 51% de la población mundial en ese momento.

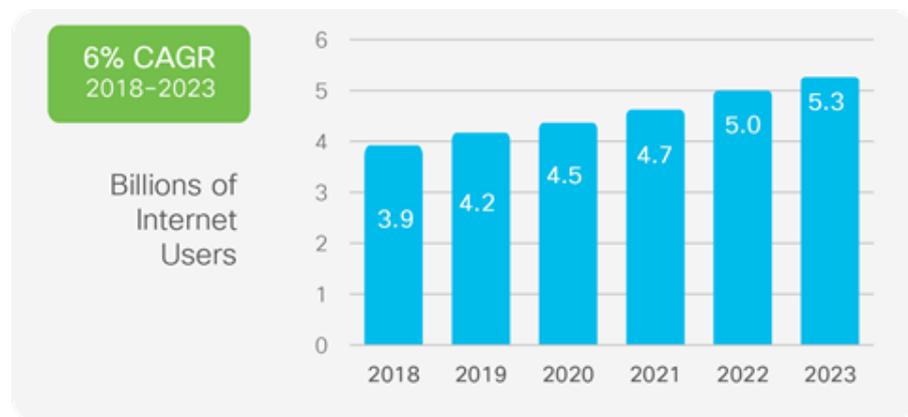


Figura 16. Crecimiento global de usuarios de internet.

Fuente: Cisco Annual Internet Report, 2018-2023

Por si fuera poco, para ese mismo año, se prevé que la cantidad de dispositivos conectados a redes IP será más de tres veces la población mundial. En concreto, se estima que habrá 29,300 millones de dispositivos en red, superando los 18,400 millones registrados en 2018. (Cisco Systems, Inc., 2020).

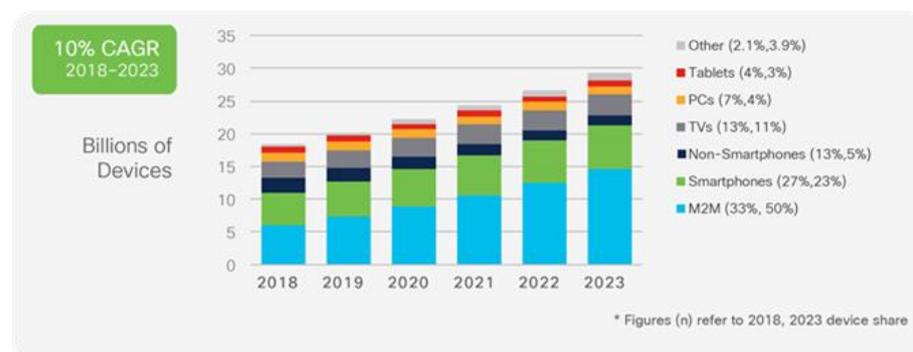


Figura 17. Crecimiento global de dispositivos y conexiones.

Fuente: Cisco Annual Internet Report, 2018-2023

Asimismo, están emergiendo nuevas aplicaciones que requieren arquitecturas de fibra óptica más rápidas, tales como backhaul/fronthaul

móvil, así como líneas de ethernet de alta velocidad (ITU-T G.989.1, 2013).

3.2.2.2. Medidas necesarias para hacer frente a esta demanda

Este creciente consumo de ancho de banda se puede satisfacer expandiendo las redes de fibra óptica y sustituyendo los tramos de cobre y cable coaxial por enlaces ópticos. Por ejemplo, en el servicio desplegado a clientes residenciales mediante el esquema FTTH, la fibra óptica llega hasta el modem del usuario (Moreno Manzanares, 2018).

Simultáneamente a esta redistribución e intercambio de los medios físicos de propagación en distintas secciones de la red, se están investigando nuevas tecnologías para redes de acceso. Un ejemplo es FSAN, un grupo compuesto por empresas de telecomunicaciones que busca unificar especificaciones de banda ancha; trabajan en conjunto para definir los requisitos de la próxima generación de redes ópticas pasivas (PON - Passive Optical Network) de mayor capacidad. Esto ha llevado a la realización de nuevos estudios para identificar tecnologías potenciales que puedan cumplir con los requisitos establecidos. (Moreno Manzanares, 2018).

3.2.3. Principales organizaciones internacionales

En las siguientes líneas, se presentarán de manera concisa las principales organizaciones internacionales que desempeñan un papel activo en el establecimiento de nuevos estándares para tecnologías de transmisión óptica.

3.2.3.1. Full-Service Access Network (FSAN)

El Grupo FSAN (Full Service Access Network) es una entidad global conformada por operadoras telefónicas, fabricantes y laboratorios independientes que trabajan en conjunto con un objetivo en común: desarrollar redes de acceso de alta velocidad y gran ancho de banda. El Grupo FSAN se encarga de crear directrices para los dispositivos utilizados en las redes de acceso. Las directrices de FSAN para las Redes Ópticas Pasivas (PON) con base en la tecnología ATM se establecieron como una norma internacional en 1998 y fueron adoptadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) como la recomendación G.983.1 (Notario, 2015).

3.2.3.2. International Telecommunication Union (ITU-T)

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (en español UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de las tecnologías de la información. La UIT toma las especificaciones del Grupo FSAN y las transforma en recomendaciones (Notario, 2015).

3.2.3.3. *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*

El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE), también conocido como i-e-cubo en España y i-triple-e en Hispanoamérica (Notario, 2015), es una organización global de ingenieros comprometida con la estandarización y el desarrollo de normas en diversas áreas técnicas.

De estas tres las más resaltantes en el campo de redes PON son la ITU-T y la IEEE por sus estándares GPON y EPON que respectivamente ofrecen y que analizaremos a continuación.

3.2.4. Topologías de redes ópticas

Hay dos tipos diferentes de configuraciones para redes ópticas: las redes de punto a multipunto (PtM - Point to Multipoint) y las redes de punto a punto (PtP - Point to Point).

3.2.4.1. *Redes ópticas PtM*

En las redes PtM, cada una de las fibras que componen los cables troncales provenientes de la central, dan servicio a múltiples abonados, gracias al trabajo de los divisores ópticos; siendo esta topología, la columna vertebral de las Redes Ópticas Pasivas (PON). Las redes PtM son utilizadas mayormente para conectar hogares, pequeñas empresas o cualquier usuario con necesidades de ancho de banda moderado.

En este tipo de redes, un único cable de fibra óptica puede proveer señal a múltiples usuarios, aplicando técnicas de multiplexado de tramas, logrando así que la información sea recibida por el usuario a quien corresponda.

Red Óptica Pasiva (PON, Passive Optical Network)

Las redes ópticas pasivas son un tipo de redes PtM caracterizadas por no contar con equipos que precisen de alimentación eléctrica entre la central y el área usuaria. El elemento principal es el splitter o divisor óptico de potencia, el cual separa y recolecta las señales ópticas que se propagan a través de la red, sin necesidad de suministro eléctrico.

3.2.4.2. *Redes ópticas PtP*

Las redes PtP ofrecen mayor ancho de banda ya que cada abonado dispone de una conexión de fibra óptica exclusiva, esta topología es adecuada para empresas de mediano y gran tamaño, con requerimientos de gran ancho de banda y conexiones estables (Notario, 2015).

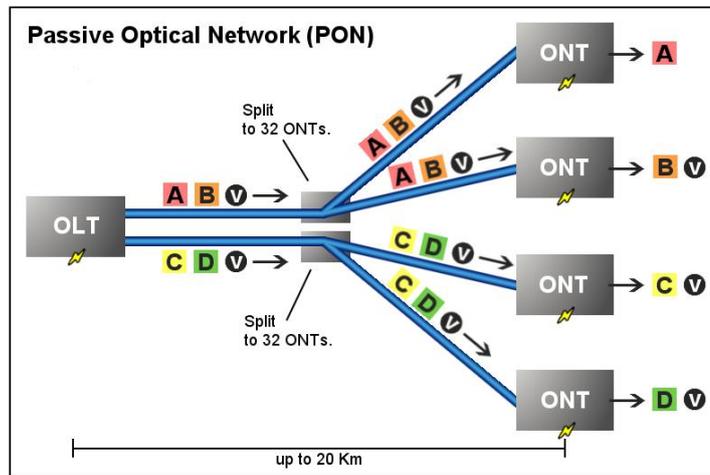
Red Óptica Activa (AON, Active Optical Network)

Las redes ópticas activas son un tipo de red PtP que utilizan equipos activos para la distribución de la señal, pueden estar hechas de fibra

monomodo o multimodo. Estas redes se fundamentan en la norma IEEE 802.ah y ofrecen un ancho de banda simétrico con velocidades que exceden 1Gb/s por cada puerto a través de una sola fibra. Por lo general, en la transmisión emplean dos longitudes de onda multiplexadas en cada fibra óptica. Así, coexisten dos canales de transmisión a diferentes longitudes de onda en una misma fibra: uno para la transmisión y otro para la recepción. Esto habilita una comunicación de datos Full-Dúplex mediante una conexión punto a punto con un ancho de banda dedicado al usuario (Moreno Manzanares, 2018).

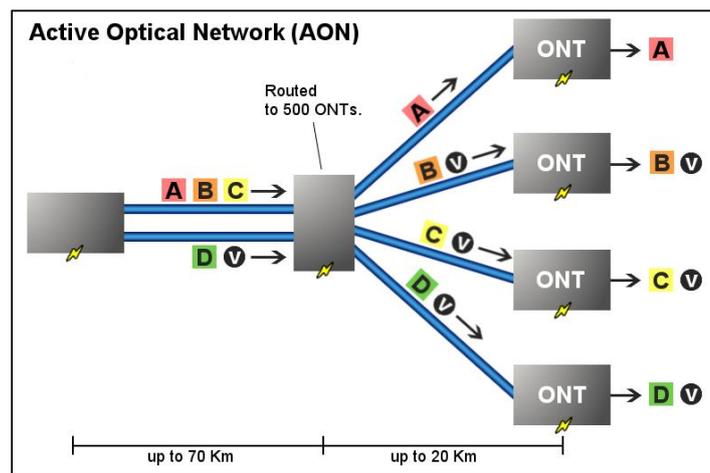
3.2.5. PON vs AON

Ahora que conocemos mejor ambas tecnologías, veamos un gráfico comparativo de mecanismos de reparto en PON y AON.



Key: **A** - Data or voice for a single customer. **V** - Video for multiple customers.

Figura 18. Mecanismo de reparto PON.



Key: **A** - Data or voice for a single customer. **V** - Video for multiple customers.

Figura 19. Mecanismos de reparto AON.

En la AON, el enrutador es el dispositivo responsable de dirigir la señal desde la estación central, y actúa como un equipo activo que puede conectar

hasta 1000 ONT. Además de esto, su naturaleza activa le permite amplificar la señal recibida y cubrir distancias más extensas. En contraste, en las redes PON se emplea un splitter para direccionar la señal, el cual es un equipo pasivo con una capacidad limitada para conectar ONT y un alcance menor en distancia.

No obstante, la capacidad de AON se ve limitada por la cantidad de fibra y energía eléctrica que demanda, ya que cada usuario debe tener asignado un hilo de fibra individualmente. Esta situación contrasta con las PON, que al ser una red PtM, reducen tanto la cantidad de fibras necesarias como el equipo requerido (Moreno Manzanares, 2018).

A continuación, se mencionan algunas ventajas de emplear redes ópticas pasivas en comparación con las redes activas:

- La implementación inicial requiere una inversión reducida (CAPEX - Gastos de Capital), ya que la red de distribución PON no necesita componentes electrónicos.
- Los costos operativos (OPEX - Gastos Operativos) se optimizan, ya que las tareas de mantenimiento y supervisión de componentes se simplifican y el consumo de energía se reduce.
- El sistema ofrece una mayor confiabilidad, dado que no existen componentes electrónicos que puedan fallar.

En consecuencia, para brindar servicios a los abonados, las empresas que proveen servicios pueden adoptar tanto las tecnologías AON como las PON, aunque actualmente, las PON son consideradas la opción más relevante debido a sus destacadas ventajas. (Moreno Manzanares, 2018).

3.2.6. Estructura y funcionamiento de una red PON

La estructura de una red PON está conformada por tres elementos principales.

- **El equipo OLT**
Definido por la ITU-T como, un dispositivo que determina la raíz común de una ODN. Este implementa un protocolo PON, como el definido por [UIT-T G.984], y adapta las PDU-PON (Unidades de Protocolo de Datos PON) para comunicaciones de enlace ascendente a través de la interfaz de servicio del proveedor (ITU-T G.984.1, 2008).
Se sitúa en el nodo central (planta externa) o centro de datos (planta interna) y proporciona funciones de gestión y mantenimiento para la ODN y las ONT de la red.

- **El divisor óptico de potencia (splitter)**

El divisor de potencia o splitter es un dispositivo pasivo que divide la señal luminosa de entrada en múltiples salidas de forma descendente, es decir, desde el OLT hasta el ONT, es importante notar esto ya que en forma ascendente la señal no es repartida a otro equipo que no sea el OLT. Estos dispositivos se encuentran en la ODN y pueden configurarse de distintas maneras.

- **ONT o ONU**

Los Terminales de Red Ópticos (ONT) o Unidades de Red Ópticos (ONU) son en esencia lo mismo. Según la ITU-T, se trata de un dispositivo que determina el punto final de una ODN. Este implementa un protocolo PON y adapta las PDU-PON a las interfaces de servicio del usuario (ITU-T G.984.1, 2008).

Los ONT/ONU toman la señal descendente óptica proveniente del OLT que llega a través de la ODN y lo convierte en impulsos eléctricos que pueden ser interpretados por la interfaz de red del usuario. En forma ascendente el proceso es inverso, toman las señales eléctricas provenientes de la interfaz de red del usuario y lo convierten en señales luminosas para enviarlas al OLT a través de la ODN.

La única diferencia que existe entre el ONT y la ONU está en su ubicación, por lo general la ONT se encuentra dentro de las instalaciones del usuario, mientras que la ONU se ubica cerca del edificio del usuario. Según la ITU-T, el ONT es un caso especial de la ONU.

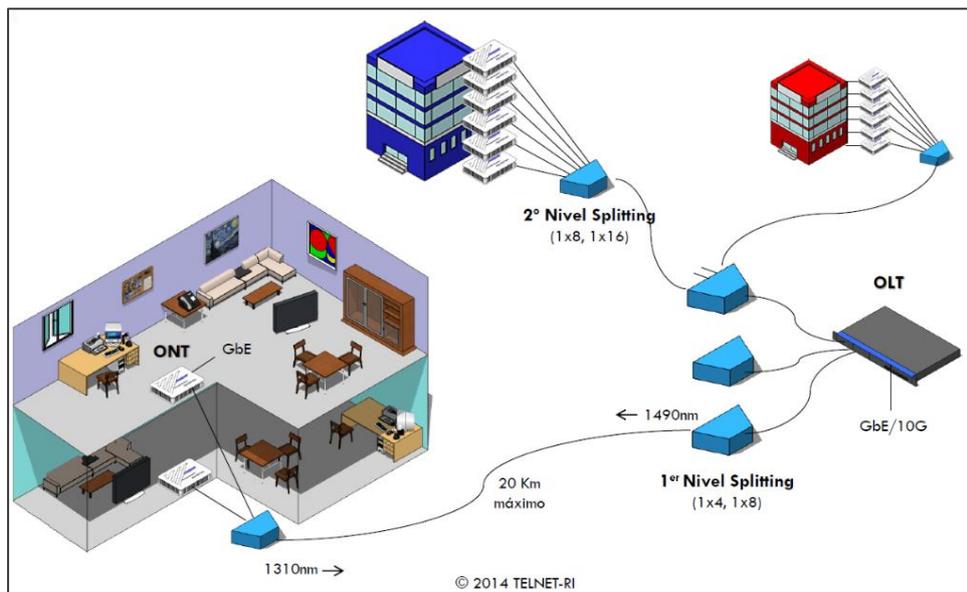


Figura 20. Topología de una red GPON.
Fuente: (García Yagüe, 2014)

La comunicación se establece entre el OLT y los ONT's, los cuales disponen de elementos transmisores y receptores para soportar enlaces bidireccionales (Moreno Manzanares, 2018). Los splitters, de manera descendente realizan la función de división de la señal, mientras que de manera ascendente realizan la combinación de las señales provenientes de los ONT's. Todas las conexiones se realizan a través de un tendido de cable de fibra óptica monomodo.

Canal ascendente y descendente en una red PON

En una red PON, la transmisión descendente sigue un esquema PtM en el que el OLT envía paquetes al splitter, el cual redistribuye los paquetes a cada ONT. Estas ONT, a su vez, se encargan de filtrar la información cifrada proveniente del OLT. Este proceso forma parte de un protocolo conocido como Multiplexación por División de Tiempo (TDM - Time Division Multiplexing), que permite a la OLT sincronizar el envío de información con las ONT para que, en cada instante de tiempo, la ONT pueda reconocer qué parte de los datos le corresponde y qué parte debe ignorar.

En la actualidad, existen diversos tipos de splitter y protocolos más avanzados de multiplexación, como los splitter por división de longitud de onda, que reciben la señal del OLT y la dividen según su longitud de onda. (Moreno Manzanares, 2018).

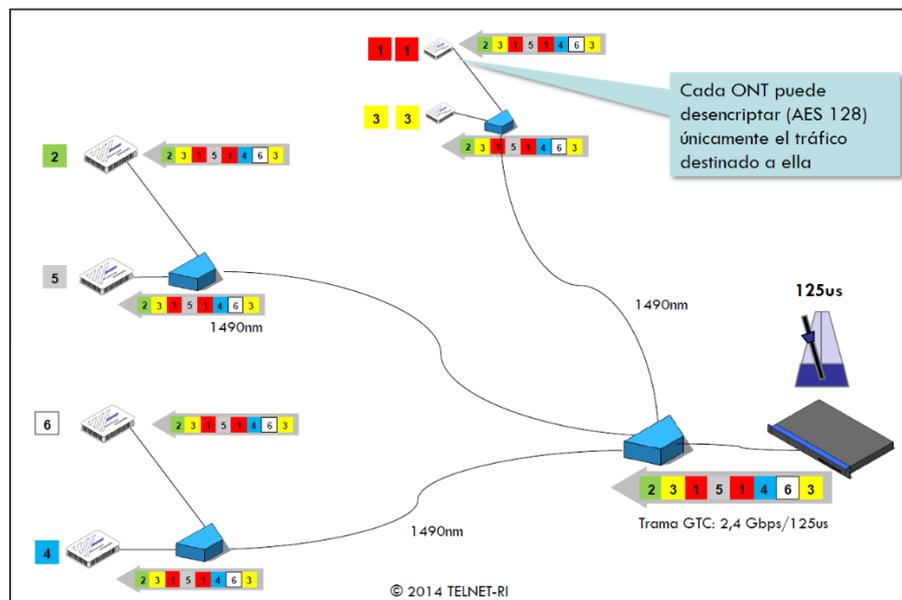


Figura 21. Canal descendente de una red GPON.
Fuente: (García Yagüe, 2014)

En el esquema ascendente, la transmisión sigue una estructura PtP, en la que todas las ONT comparten un mismo hilo de fibra para enviar información a partir del splitter. En esta situación, se emplea el protocolo de Acceso

Múltiple por División de Tiempo (TDMA - Time Division Multiple Access), el cual permite que las ONT envíen la información fragmentada en intervalos de tiempo distintos para evitar colisiones. Cabe mencionar que esta información también se encuentra filtrada (Moreno Manzanares, 2018). En la siguiente imagen, se muestra el esquema ascendente en una PON.

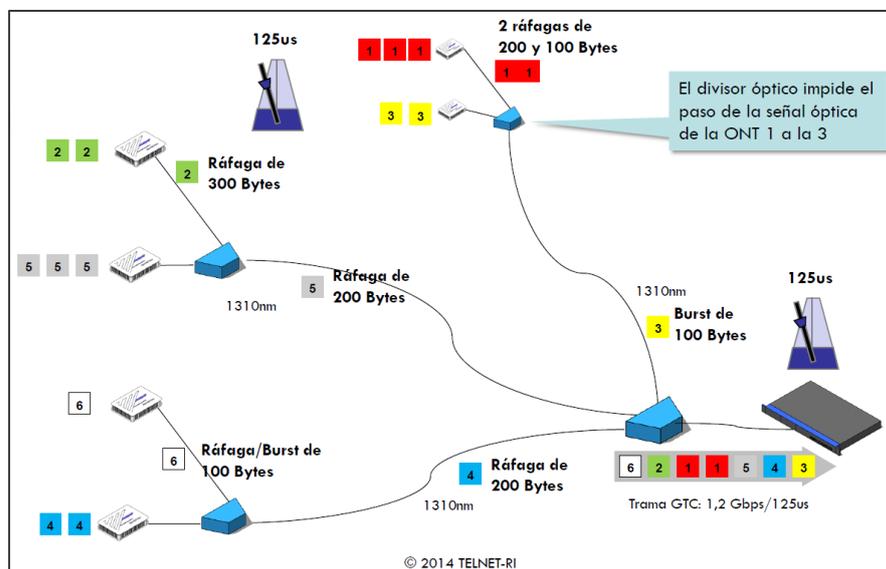


Figura 22. Canal ascendente de una red GPON.
Fuente: (García Yagüe, 2014)

Existe un tercer protocolo utilizado en esta tecnología que permite que la señal de transmisión y recepción coexistan en un solo hilo de fibra óptica. Este protocolo es conocido como Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM - Wavelength Division Multiplexing). En este enfoque, se asigna una longitud de onda diferente a cada canal, lo que permite que viajen por la misma fibra sin interferir entre sí. (Moreno Manzanares, 2018).

3.2.7. Desarrollo de estándares PON

A lo largo de los años las redes ópticas pasivas al igual que todas las tecnologías, han ido evolucionado con la intención de mejorar sus prestaciones. Existen algunos estándares que están dejando de usarse, siendo reemplazados por sus predecesores mejorados, así como también existen estándares aprobados que aún no se han materializado en equipos para su uso. A continuación, se listarán los principales estándares PON emitidos en orden cronológico, con una breve descripción de cada uno.

ITU-T G.983

3.2.7.1. APON (ATM PON)

En 1998, FSAN desarrolló el estándar Asynchronous Transfer Mode PON (APON), mejor conocido en la actualidad bajo la recomendación UIT-T G.983, que transporta los datos mediante el protocolo ATM, con una capacidad máxima simétrica de 155 Mb/s. La principal desventaja

de esta tecnología fue su incapacidad para transportar video juntamente con los datos, debido a su limitada velocidad (Ballesta P. & Boltimore, 2017).

3.2.7.2. *BPON (Broadband PON)*

FSAN se fundamentó en APON y presentó BPON (Broadband PON) en el año 2001. Este estándar ofrecía un ancho de banda de 622 Mb/s y tenía la capacidad de transmitir además de Ethernet, señales de radiofrecuencia de video a través de una ventana reservada para este propósito. Sin embargo, debido a la creciente demanda de internet, la velocidad de 622 Mb/s quedó corta (Ballesta P. & Boltimore, 2017). Durante el despliegue exitoso de BPON en Japón y Estados Unidos, se estaban desarrollando simultáneamente las tecnologías EPON y GPON (Millán Tejedor, 2008).

La expansión tanto de APON como de BPON se vio obstaculizada debido a sus altos costos y restricciones técnicas. (Moreno Manzanares, 2018).

ITU-T G.984

3.2.7.3. *GPON (Gigabit capable PON)*

En setiembre de 2003, la International Telecommunication Union (ITU) publicó el estándar Gigabit PON (GPON) bajo la recomendación ITU-T-G.984, el cual incluye velocidades variadas simétricas y asimétricas, de hasta 2.5 Gb/s. Su principal característica es la capacidad de soportar tráfico de datos nativos de diferentes servicios, independiente del tipo de protocolo utilizado, además, ofrece la posibilidad de transportar video de radiofrecuencia a través de una longitud de onda adicional (Ballesta P. & Boltimore, 2017).

El despliegue de red puede alcanzar hasta 60 km, con 20 km de alcance lógico diferencial. El alcance lógico diferencial es la diferencia de alcance entre unidades ópticas de red (ONU). El ratio de división teórico que soporta es 1:64 (ITU-T G.984.2, 2019).

Como ya se ha comentado, GPON proporciona hasta 20 km de alcance con un enlace óptico de 28 dB usando óptica de clase B+ con una ratio de división de 1:32. Sin embargo, el alcance puede extenderse a 30 km limitando el factor de división a un máximo de 1:16 o introduciendo óptica de clase C+, que permite un enlace de hasta 32 dB y puede extender el alcance hasta 60 km. (Carmona Torondel, 2012).

Siendo GPON un sistema de fibra única en el que la comunicación dúplex se ofrece a través de un único cable, el rango de longitudes de onda de la señal descendente se especifica entre 1480 nm a 1500 nm,

mientras que en el sentido ascendente se ubica de 1260 nm a 1360 nm (ITU-T G.984.2, 2019). Unos rangos de longitudes de onda adicionales fueron reservados con la finalidad de permitir la coexistencia de GPON con servicios adicionales, tales como servicios de video y NGA (Next Generation Access), además de especificar un grado de tolerancia para las posibles interferencias entre distintas ONU's GPON (Moreno Manzanares, 2018).

IEEE 802.3ah

3.2.7.4. EPON (Ethernet PON)

En Julio de 2004 se publicó el estándar IEEE 802.3ah-2004, especificación realizada por el grupo de trabajo EFM (Ethernet in the First Mile), constituido por la IEEE con la finalidad de aprovechar las altas prestaciones de las redes pasivas ópticas y aplicarlas a Ethernet. La arquitectura de una red EPON consiste en el transporte de tráfico Ethernet manteniendo las características de la especificación IEEE 802.3 de Ethernet. EPON opera a velocidades de 1,25 Gb/s simétricos, y permite una reducción de carga para el sistema debido al uso de tramas ethernet puras en lugar de celdas ATM (Moreno Manzanares, 2018), lo que significa que los equipos de red (OLT y ONT) no tienen que invertir recursos para convertir las tramas ethernet en tramas ATM antes de ser envidas a la ODN, como lo hace GPON. Aunque se considera un buen estándar carece de funcionalidades necesarias para garantizar la calidad del servicio, lo que dio lugar a que cada fabricante presentará soluciones propias, una cuestión que no es popular entre los operadores debido a que buscan soluciones de mayor interoperabilidad (Ballesta P. & Boltimore, 2017).

IEEE 802.3av

3.2.7.5. 10G-EPON (10 Gigabit Ethernet PON)

En octubre de 2009 el IEEE publicó el estándar IEEE 802.3av, con la norma 10G-EPON, como una mejora de la anterior E-PON.

La norma ofrece dos configuraciones: simétricas, funcionando a 10 Gbps en ambas direcciones, y asimétrica, funcionando a 10 Gbps de bajada y 1 Gbps de subida.

La 802.3av define varios márgenes de potencia para sus interfaces ópticos, denominados PR y PRX. PRX se utiliza con sistemas asimétricos a 10 Gbps en sentido descendente y 1 Gbps en sentido ascendente y PR para sistemas simétricos a 10 Gbps en sentido descendente y ascendente (Notario, 2015).

ITU-T G.987

3.2.7.6. XG-PON (10 Gigabit capable PON)

En mayo del siguiente año la ITU-T publicó la serie de estándares G.987 que dio paso a la nueva generación de estándares GPON.

El FSAN creó un grupo llamado NG-PON (Next Generation Passive Optical Network), para el desarrollo de las nuevas generaciones de redes PON que permitan un acceso con ancho de banda casi ilimitado, este grupo decidió acometer el proyecto en dos fases NG-PON1 y NG-PON2.

La primera fase culminó con el estándar XG-PON o 10G-PON (no confundir con el estándar 10G-EPON del IEEE), esta a su vez presenta dos versiones XG-PON1 y XG-PON2.

Tabla 2. Velocidad de las versiones XG-PON de ITU-T.

Versión XG-PON	Downstream	Upstream
XG-PON1	10 Gbps	2.5 Gbps
XG-PON2	10 Gbps	10 Gbps

La mejora de velocidad que ofrece XG-PON frente a GPON no afecta el número máximo de divisiones que puede realizar el splitter.

XG-PON con clase óptica B+ ofrece llegar a 20 km con un margen óptico de 28dB, y una relación de división 1:128. El alcance puede ser ampliado a 30 km., limitando el factor de división a un máximo de 1:64. Utilizando clase óptica C+, se lograría sumar 4 dB al margen de pérdidas del enlace óptico y el alcance máximo se incrementaría hasta 60 km.

XG-PON utiliza 1578 ± 3 nm como longitud de onda de bajada y 1270 ± 10 nm como longitud de onda de subida lo que permite la coexistencia de GPON y XG-PON en la misma fibra mediante el uso de diferentes longitudes de onda. Esto es posible gracias a los requerimientos de la recomendación G.984.5 que definió el espectro óptico de GPON y el bloqueo de otras longitudes de ondas mediante filtros en las ONU's/ONT's, y así evitar interferencias (Notario, 2015).

Es importante resaltar que, la XG-PON (conocida también como NG-PON1) resulta ser una evolución de GPON permitiendo que las dos tecnologías coexistan en la misma ODN, facilitando la transición gradual entre tecnologías. De esta forma, los clientes individuales se pueden actualizar a NG-PON en el mismo ODN y vivir en comunidad con los clientes de GPON, sin interrumpir los servicios de los demás clientes (Sánchez Ortega, 2018).

3.2.7.7. NG-PON2 (*Red Óptica Pasiva de Próxima Generación 2*)

En marzo del 2013 la UIT emitió la recomendación G.989.1 para redes ópticas pasivas con capacidad de 40 Gigabits. Dos nuevas tecnologías surgen en este nuevo estándar, TWDM PON (Time and Wavelength Division Multiplexing PON) y PtP WDM PON (Point to Point Wavelength Division Multiplexing PON), en ambos tipos de canales, cada OLT/ONU operará a una longitud de onda concreta, lo cual supone una importante diferencia conceptual respecto de GPON/XGPON, en las que todos los elementos activos funcionaban a la misma longitud de onda.

Sin embargo, de acuerdo a la configuración que se use, esta red permitirá la coexistencia de sistemas NGPON2, XG-PON y GPON en el mismo ODN, se trata de la primera especificación PON de la industria que opera con múltiples longitudes de onda por sentido de comunicación mediante WDM.

En TWDM PON, las ONUs tienen asignado también un slot temporal, con lo que se consigue un acceso múltiple no sólo por división de longitud de onda, sino también por división de tiempo. Así, cada ONU tiene asignado un slot temporal, y unas longitudes de onda de bajada y subida, que son compartidas a su vez por otras ONUs pertenecientes al mismo subgrupo del total de ONUs existentes en la ODN.

Por otro lado, PtP WDM está pensado para soportar servicios dedicados en los que se necesita una comunicación sostenida y de alta capacidad. A diferencia de la configuración TWDM, en la que las longitudes de onda de subida y baja son compartidas por conjuntos de ONUs, en el planteamiento PtP WDM sí que se asignan solo dos longitudes de onda para cada usuario de manera exclusiva, una para subida y otra para bajada. Esto hace que PtP WDM en NGPON2, sea único en comparación con los conceptos de sistemas anteriores que acuden a mecanismos TDM de una forma u otra, ya que este establece canales WDM únicos y dedicados por conexión sin emplear ningún tipo de multiplexación en el tiempo (Moreno Manzanares, 2018).

3.3. Acceso a internet y conectividad en Loreto

Loreto es una de las regiones del Perú con menos acceso a internet, sólo 2 de sus 8 provincias cuentan con nodos de fibra óptica, esto se debe principalmente a la geografía accidentada que dificulta el tendido de los cables. Por esta razón, en esta zona los enlaces microondas son los más usados por las operadoras para proveer conectividad.

3.3.1. Cobertura de redes de Fibra Óptica en nuestro país

Al cierre del año 2018, las empresas operadoras reportaron un total de 69,620 km de fibra óptica en operación, distribuidas por todo el territorio nacional. A nivel regional, se tiene que todas las regiones cuentan con al menos un nodo de fibra óptica, entiéndase por nodo al equipo que permite ingresar y extraer tráfico de datos. (More & Argandoña, 2019)

Tabla 3. Presencia de nodos de fibra óptica a nivel de regiones

Región	América Móvil	Américatel	Azteca	Century Link	Entel	Internexa	Optical Technologies	Redes Ópticas	Telefónica	Telxius	TI Sparkle	Viettel	WINET	Winner System	World's TV
AMAZONAS	✓	-	✓	-	✓	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
ANCASH	✓	-	✓	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
APURIMAC	✓	-	✓	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
AREQUIPA	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	-	✓	-	-	-
AYACUCHO	✓	-	✓	-	✓	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
CAJAMARCA	✓	-	✓	-	✓	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	✓
CUSCO	✓	-	✓	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
HUANCAVELICA	✓	-	✓	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
HUANUCO	✓	-	✓	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
ICA	✓	-	✓	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
JUNIN	✓	-	✓	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
LA LIBERTAD	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	-	✓	-	-	✓	-	-	-
LAMBAYEQUE	✓	-	✓	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
LIMA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
LORETO	✓	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
MADRE DE DIOS	✓	-	✓	-	✓	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
MOQUEGUA	✓	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
PASCO	✓	-	✓	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
PIURA	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	-	✓	-
PUNO	✓	-	✓	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
SAN MARTIN	✓	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
TACNA	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	-	✓	-	-	-
TUMBES	✓	-	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-
UCAYALI	✓	-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-

Fuente: (More & Argandoña, 2019)

En relación al ámbito provincial, 187 de las 196 provincias que tiene el Perú, cuentan con la presencia de al menos un nodo de fibra óptica. Entre las provincias que no cuentan con nodos de fibra óptica, seis pertenecen a Loreto. (More & Argandoña, 2019)

3.3.2. Redes de Transporte en Iquitos

Tal como se ha expuesto, la región de Loreto casi no tiene conexión a redes de fibra óptica, siendo la ciudad de Yurimaguas la única privilegiada.

En Iquitos no existe conexión a las redes de fibra óptica. Los servicios de telecomunicaciones y las redes de transporte se abastecen a través de enlaces microondas, Iquitos cuenta con tres redes de transporte principales. Dos de ellas parten con enlaces microondas desde Yurimaguas, siguiendo el curso de los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali, hasta llegar a la ciudad de Iquitos, estas pertenecen a Telefónica del Perú y Bitel. La tercera, parte con enlaces microondas desde Isla Santa Rosa (zona de frontera con Brasil y Colombia) hasta Iquitos, esta red pertenece a Gilat To Home en el marco del desarrollo de un proyecto del FITEL, hoy PRONATEL. (More & Argandoña, 2019)

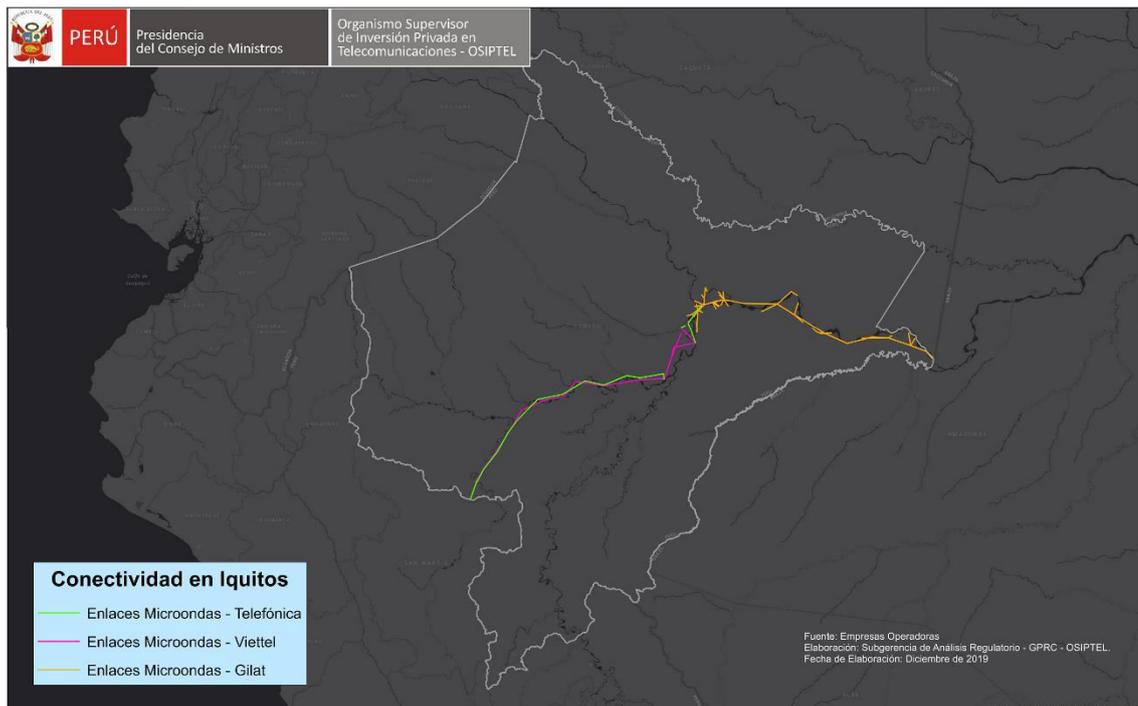


Figura 23. Red de Microondas en Iquitos.
Fuente: Gilat To Home, Telefónica y Viettel

Antes de que estas redes microondas existieran, la única forma de llevar conectividad a Iquitos, era mediante una red satelital (Sánchez Cosavalente & Campos Baca, 2014). El paso hacia las redes microondas se dio en el marco de la renovación de la concesión de Telefónica aprobada mediante la Resolución Ministerial N° 091-2013-MTC/03 del 22 de febrero de 2013, en la segunda cláusula de esta resolución se estableció que Telefónica debía implementar una red de microondas desde Yurimaguas hasta Iquitos (MTC, 2013). Posteriormente, en mayo de 2019 Telefónica, en alianza con Inkacel incrementó su capacidad de 3.8 Gbps a 7.8 Gbps. (More & Argandoña, 2019)

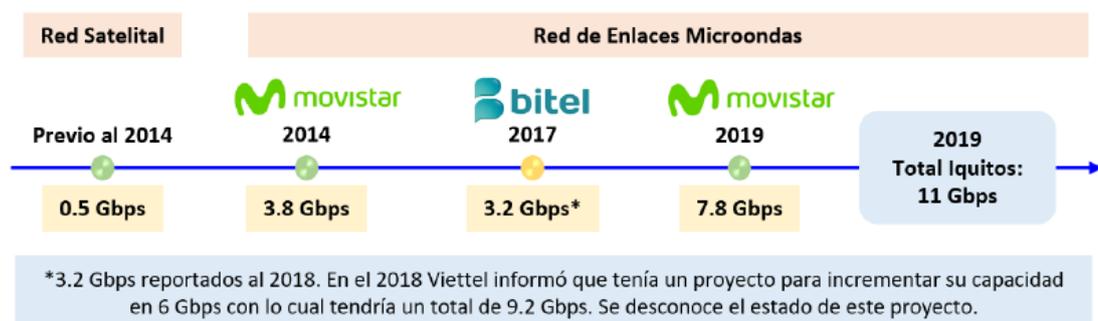


Figura 24. Redes de transporte en Iquitos.
Fuente: Viettel Perú

3.3.3. Internet fijo y móvil en Loreto

Como se explicó anteriormente, Loreto es una de las regiones del Perú con el menor grado de acceso a internet.

Según los reportes de OSIPTEL, en diciembre de 2018 Loreto tenía 15464 conexiones fijas a internet, lo cual es diez veces menos lo que hay en Arequipa (140 mil) y es cien veces menos lo reportado en Lima (1,5 millones).

El mayor número de comunicaciones telefónicas en la región de Loreto, se da a través de la telefonía móvil. Según OSIPTEL, en diciembre de 2018 Loreto contaba con 518731 líneas celulares, lo cual es el doble de la cantidad de líneas que tiene Amazonas, pero la tercera parte de lo que tiene Arequipa (1,5 millones) y veinte veces menos lo que maneja Lima (11,7 millones) (Mendoza Riofrío, 2019).

En la región existen 1512 establecimientos de salud distribuidos en sus 8 provincias, de los cuales sólo 252 cuentan con señal de telefonía móvil, siendo la provincia de Maynas la que posee la mayor cantidad de establecimientos de salud debido a su ubicación céntrica (Casado Lasteros, Delgado Yabar, Silva Valencia, & Condor Camara, 2018).

Tabla 4. Establecimientos de salud en Loreto y su distribución por provincia.

PROVINCIA	ESTABLECIMIENTOS DE SALUD	
	N°	%
Maynas	464	30,69%
Alto Amazonas	348	23,02%
Datem del Marañon	192	12,70%
Requena	144	9,52%
Ucayali	144	9,52%
Loreto	132	8,73%
Mariscal Ramón Castilla	88	5,82%
TOTAL	1512	100,00%

Fuente: (Casado Lasteros, Delgado Yabar, Silva Valencia, & Condor Camara, 2018).

De los 1512 establecimientos de salud, el 73.54% se reporta sin cobertura móvil, el 16.67% cuenta con señal de telefonía móvil y el 9.79% de los establecimientos no tienen información disponible sobre la existencia o no de señal.

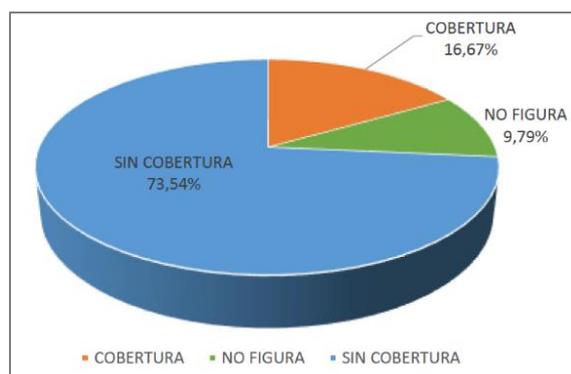


Figura 25. Cobertura móvil de los establecimientos de salud del MINSA en el departamento de Loreto.

Fuente: (Casado Lasteros, Delgado Yabar, Silva Valencia, & Condor Camara, 2018)

En la región Loreto existen actualmente 4 operadores de telefonía móvil estos son: Movistar, Claro, Entel Perú y Bitel. Los cuales ofrecen diferentes paquetes y velocidades de servicio móvil. En los 252 establecimientos que cuentan con cobertura móvil, la distribución de velocidad varía dependiendo del operador y su nivel de cobertura. La tecnología de cobertura más frecuente es la de 2.5G, seguido por 3.5G, 2G y por último 4G.

Tabla 5. Velocidad de cobertura según operador disponible por establecimiento de salud.

VELOCIDAD	OPERADOR DISPONIBLE POR ESTABLECIMIENTO				TOTAL	
	Bitel	Claro	Entel	Movistar	n°	%
2 G	-	-	-	40	40	15,87%
2.5 G	-	15	-	100	115	45,63%
3 G	-	-	-	1	1	0,40%
3.5 G	46	11	9	2	68	26,98%
4G	7	8	6	7	28	11,11%
TOTAL	53	34	15	150	252	100,00%

Fuente: (Casado Lasteros, Delgado Yabar, Silva Valencia, & Condor Camara, 2018)

3.3.4. Salud pública y TIC's

El desarrollo y acceso a las Tecnologías de Información y Comunicaciones tiene un impacto positivo en la salud pública de un país, al revelar factores sociales y económicos de las comunidades y permitiéndoles ser beneficiadas por las instituciones públicas. Sin embargo, en el Perú aún existen muchas comunidades que se encuentran aisladas e incomunicadas sin poder recibir servicios de salud de calidad, entre otras razones, esto se debe a la deficiente cobertura de telecomunicaciones que obstaculiza el trabajo del personal de salud responsable de en estas localidades.

La tecnología móvil como herramienta, ha permitido realizar diagnósticos, intervenciones preventivas y terapéuticas, adaptándose a los servicios de salud rurales, facilitando la portabilidad, tomando en consideración los limitados recursos logísticos y económicos, permitiendo educar y

monitorizar la salud de más peruanos en situación de riesgo. Además, la amplia difusión de los teléfonos celulares y su uso permite reinventar el acceso a la Salud Pública, convirtiéndolo en un vehículo hacia la inclusión digital, por lo tanto, proporciona un medio que permite a la población transformarse en un componente activo (Casado Lasteros, Delgado Yabar, Silva Valencia, & Condor Camara, 2018).

A través de los dispositivos móviles, los encargados de la salud no solo pueden contactarse e informar a la población sino también establecer reportes periódicos del personal de salud con el centro de referencia más cercano (OMS, 2016). Sin duda, la cobertura de una red de telecomunicaciones representa una puerta de acceso a la población rural convirtiéndola en un ente activo para el cuidado de la salud, permitiendo mayor visibilidad y participación del estado en las labores de salubridad, permitiendo un seguimiento oportuno de la salud pública y epidemiológica (Casado Lasteros, Delgado Yabar, Silva Valencia, & Condor Camara, 2018).

3.3.5. Proyectos de fibra óptica para la región Loreto

La capacidad limitada de las redes de microondas y el crecimiento de la demanda de servicios, congestionan el sistema. Consciente de ello, el estado peruano a propuesto la ejecución de dos proyectos para llevar fibra óptica hasta Loreto, lastimosamente uno de ellos se encuentra suspendido por no cumplir con un requisito.

3.3.5.1. Proyecto que creará una red para conectar localidades en las cuencas de los ríos Napo-Putumayo y Huallaga-Marañón-Amazonas

Este proyecto está a cargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Abarca el tramo Yurimaguas – Iquitos. Consiste en el despliegue de 646 km. de fibra óptica vía aérea y subfluvial para dar conectividad de banda ancha (Muelle Schwarz, 2018).

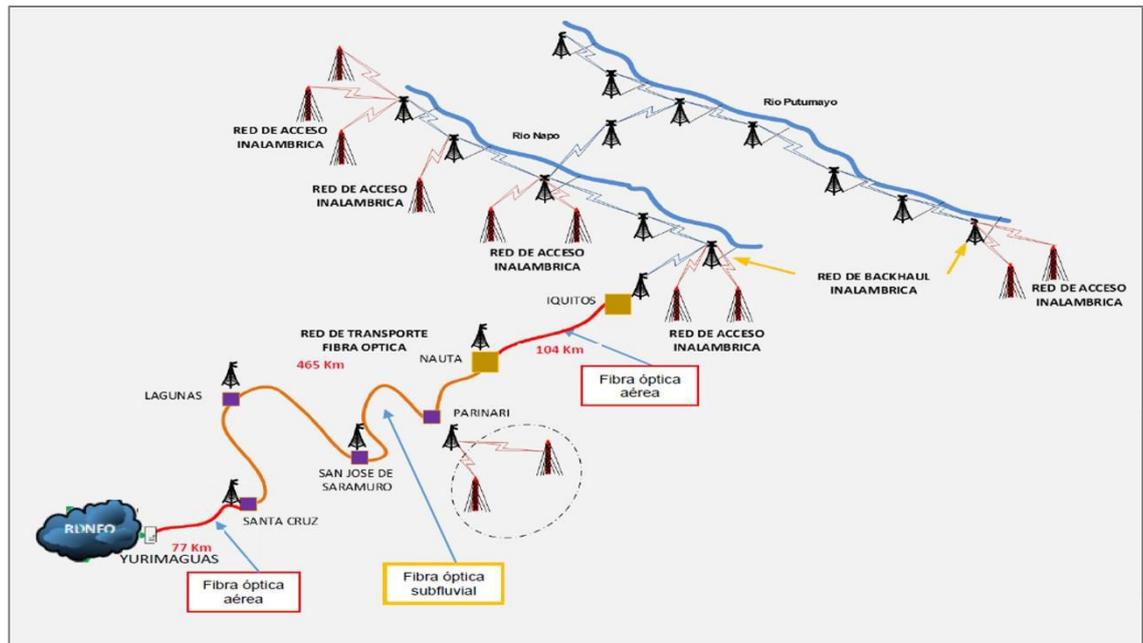


Figura 26. Proy. de red para las cuencas de los ríos Napo-Putumayo y Huallaga-Marañón-Amazonas.

Fuente: (Munte Schwarz, 2018)

Son 274 las localidades y 322 las instituciones que se verán beneficiadas con la ejecución de este proyecto, haciendo un total de 44 mil habitantes beneficiados. La inversión total es de US\$80 millones. El objetivo es brindar servicio de acceso a internet e intranet a localidades ubicadas en las cuencas de los ríos Napo y Putumayo y en el tramo Yurimaguas - Iquitos, a través de la implementación de una red de banda ancha mixta de fibra óptica y enlaces inalámbricos, así como proveer a Iquitos de una salida de alta capacidad, mediante una red de fibra óptica. (MTC, s.f.)

3.3.5.2. El Proyecto Línea de Transmisión Eléctrica Moyobamba-Iquitos

Este proyecto está a cargo del Ministerio de Energía y Minas. Abarca el tramo Moyobamba – Iquitos. Consiste en el despliegue de fibra óptica sobre líneas de transmisión eléctrica para brindar infraestructura de banda ancha.

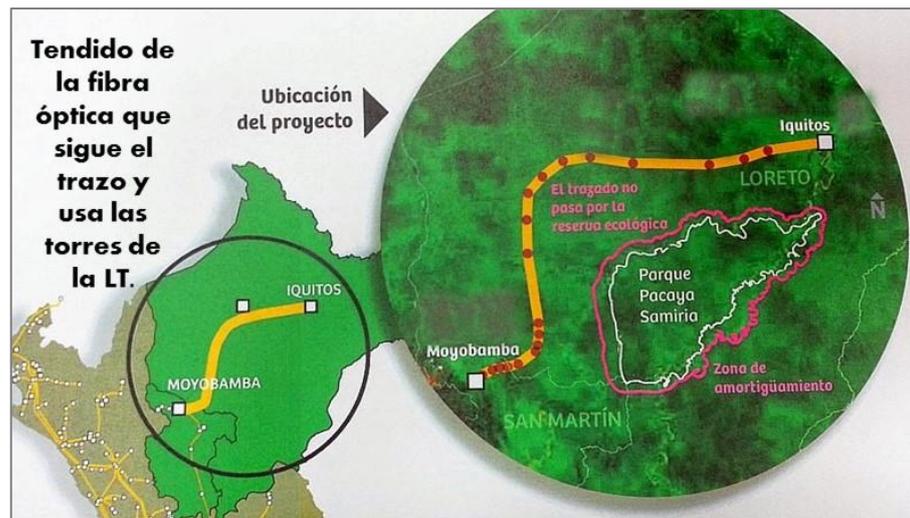


Figura 27. Proyecto línea de transmisión eléctrica Moyobamba-Iquitos.
Fuente: (López Guerra, 2020)

Con la ejecución de este proyecto la región Loreto tendría comunicación por fibra óptica con el resto del país, usando para su tendido las torres de transmisión eléctrica Moyobamba – Iquitos, por lo que también se lograría integrar a Iquitos en el sistema eléctrico nacional. La longitud del tendido es de 630 km. de cable, la inversión requerida es de US\$499.2 millones. (López Guerra, 2020)

Lamentablemente, este proyecto se encuentra paralizado, debido a que no se completó el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), mediante sentencia el Juzgado Civil Transitorio de Corte de Loreto suspendió el proyecto hasta que no se realice la respectiva consulta previa.

Capítulo 4.

Metodología y herramientas para desarrollar la solución

4.1. Tipo de investigación

4.1.1. Según los medios

No experimental

Ya que emplea técnicas de observación a un problema, tal y como se da en su contexto natural, para este caso, ese problema es la necesidad de un sistema de red para el nuevo Hospital Iquitos César Garayar García, posteriormente la información recolectada será analizada para proponer una solución creativa a dicho problema.

4.1.2. Según su propósito

Aplicada

Porque se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica para generar conocimiento, sirviendo de enlace entre la teoría y el producto. Esta investigación será desarrollada en Chimbote - Ancash, pero el proyecto se implementará y será puesto en marcha en Iquitos por el Gobierno Regional de Loreto.

4.2. Metodología

Este proyecto se elabora de acuerdo a tres métodos teóricos de investigación, que se señalan a continuación.

1. En la primera etapa se estudia los componentes activos y pasivos con los que debe contar una red XG-PON mediante el método analítico - sintético para obtener la información.
2. En la segunda etapa usa el método de modelación, para poder estructurar de una manera eficiente y eficaz la correcta distribución de la red XG-PON, se enfoca principalmente en la utilización de este método de investigación ya que el diseño es la parte más fundamental de este proyecto.
3. En la tercera etapa se utiliza el método sistémico que permite realizar pruebas para comprobar la funcionalidad del proyecto.

4.3. Población y muestra de la investigación

4.3.1. Población

Para el presente trabajo de investigación, la población objeto de estudio está conformada por todo el personal que labora en el Hospital Iquitos César Garayar García. Actualmente el hospital cuenta con 457 asistenciales y 125 administrativos.

Población = 582

4.3.2. Muestra

Para esta investigación el tipo de muestra es no probabilística por lo que el área de investigación se seleccionó por conveniencia, proximidad y facilidad de acceso a la información, para este caso, el área de Hospitalización Pediátrica, ubicada en el tercer piso del edificio.

El tamaño de la muestra está determinado por la cantidad de personas que laboran en el área de Hospitalización Pediátrica.

Muestra = 42

4.3.3. Ubicación de la Población

La población se encuentra ubicada en el departamento de Loreto, provincia de Maynas, distrito de Iquitos, en la dirección Av. Cornejo Portugal 1710, Iquitos. Como se muestra a continuación.

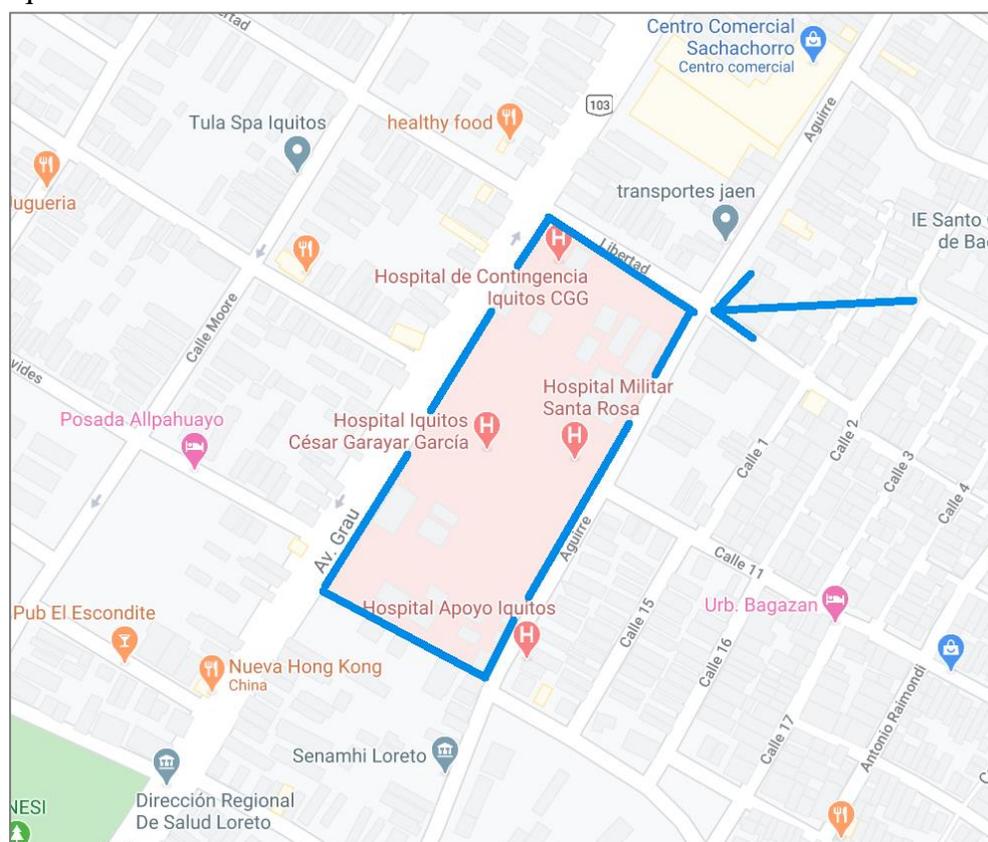


Figura 28. Ubicación del área de investigación.

Fuente: Google Maps, 2020



Figura 29. Vista virtual del nuevo Hospital Iquitos César Garayar García.
Fuente: CMO Group

4.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

4.4.1. Técnicas

- **Observación directa:** Estar presente durante el proceso, para identificar debilidades y amenazas, así como la propuesta de soluciones que minimicen los riesgos y aumenten la productividad.
- **Entrevista a implicados:** Dialogar con las personas encargadas de hacer que la red se establezca y funcione, dialogar también con los que harán uso de la misma.
- **Aplicación de encuestas:** Se trata de saber cuan informados están los especialistas que harán uso de la red, acerca de la tecnología PON. Se encuestará también a los usuarios.
- **Checklist:** Trabajar en base a una lista de tareas verificable que sirva como ayuda laboral compensando los límites potenciales de la memoria y la atención humana, de esta manera reducimos las fallas.
- **Investigación Bibliográfica:** Etapa en la que se explora escritos en la comunidad científica sobre un determinado tema. Esta se dará de forma constante durante todo el proyecto.

4.4.2. Instrumentos

- **Fichas de Observación:** Son instrumentos de investigación, evaluación y recolección de datos sobre un objetivo específico. Las usaremos para registrar la información obtenida a través de la observación directa.
- **Guías de entrevistas:** Instrucciones para llevar a cabo una entrevista eficaz, a fin de obtener información útil de los implicados.

- **Formatos de encuestas:** Documento elaborado con antelación, contiene preguntas claves para recopilar información necesaria y precisa.
- **Formatos de Checklist:** Documento elaborado con antelación, contiene la relación de tareas para su verificación en la puesta en marcha.
- **Fichas Bibliográficas:** Conformadas por documentos, libros, publicaciones u otro registro de la comunicación humana cuyo contenido aporte al conocimiento requerido para llevar a cabo este proyecto.

4.5. Descripción de la metodología seleccionada

Se seguirá un procedimiento compuesto por 4 fases, tomando como referencia la metodología Top Down.

4.5.1. FASE 1: Identificando necesidades y objetivos

Se realiza un análisis profundo de las necesidades y los objetivos del proyecto, así como de los servicios que debe ofrecer la red y las tecnologías que debe soportar. También se revisan los estándares que debe cumplir y las medidas de seguridad y protección que se deben respetar.

4.5.2. FASE 2: Diseño lógico de la red

En base a las necesidades identificadas, se procede a diseñar la estructura de la red propuesta, así mismo se detalla cada uno de sus componentes.

4.5.3. FASE 3: Diseño físico de la red

Se traduce el diseño lógico propuesto en un diseño físico, donde se puede apreciar la distribución de los componentes y el recorrido del cableado en el plano real del edificio, también se describen los ambientes que forman parte de la infraestructura de la red.

4.5.4. FASE 4: Documentación del diseño de la red

Aquí se ubica información útil para la administración de la red diseñada. Se propone también un contenido para el plan de capacitación del personal usuario y técnico de la red.

Capítulo 5.

Desarrollo del diseño

5.1.FASE I: Identificando necesidades y objetivos

5.1.1. Perfil de la institución

Razón social

Hospital Apoyo Iquitos “César Garayar García”.

RUC

20408453560

Dirección

Av. Cornejo Portugal 1710, Iquitos - Maynas - Loreto - Perú

Ubicación

El Hospital Apoyo Iquitos César Garayar García se encuentra ubicado en la Calle Cornejo Portugal N° 1710, distrito de Iquitos, provincia de Maynas, región Loreto.

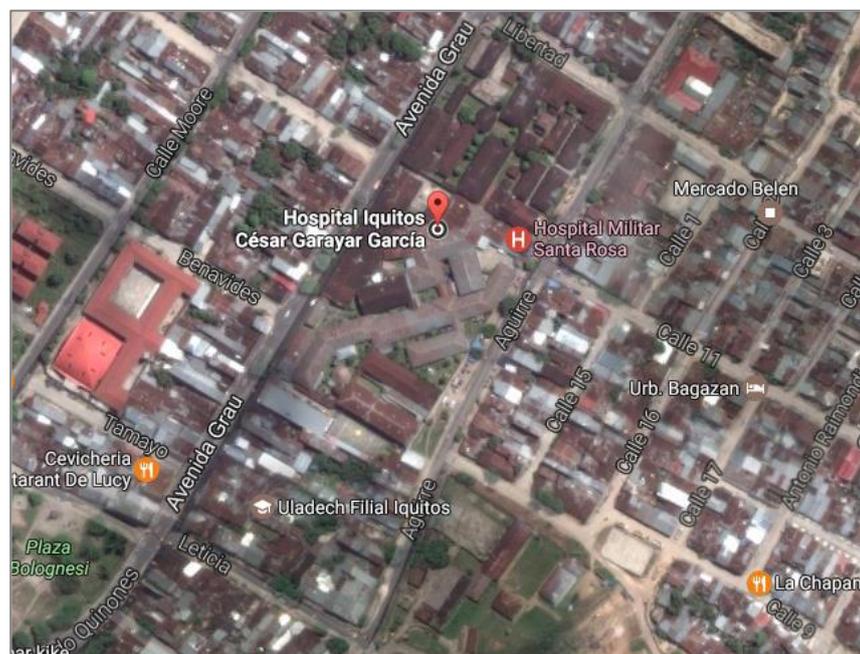


Figura 30. Ubicación del Hospital Loreto.

Fuente: Google Maps

Actividad

Actividades relacionadas con la salud humana.

Inicio de actividades

21 de julio de 1945.

5.1.2. Análisis de la necesidad de la empresa

El Gobierno Regional de Loreto tiene el objetivo de mejorar los servicios de salud que ofrece el Hospital Apoyo Iquitos “Cesar Garayar García”, para lo cual ha realizado una convocatoria bajo la modalidad de concurso público. Este Proyecto de Inversión Pública (PIP) comprende la construcción y equipamiento de nueva infraestructura, en el mismo lugar donde se encuentra actualmente el Hospital de Apoyo de Iquitos, siendo el nuevo edificio un hospital de seis pisos. El área construida del proyecto es de 19,706.61 m², con categoría II-2 y capacidad para 170 camas.

La hitos que debe realizar la entidad ganadora del concurso son los siguientes:

- ✓ La demolición y construcción de nueva infraestructura.
- ✓ Adecuada implementación para el plan de contingencia.
- ✓ Elaboración y ejecución del plan de mantenimiento de obra.
- ✓ Implementación de equipamiento (biomédicos, complementarios, instrumentales, mobiliarios, electromecánicos, transporte, informáticos y de comunicación) en el Hospital, de acuerdo al nivel de resolución y a la tecnología actual.
- ✓ Implementación de equipamiento (biomédicos, complementarios, instrumentales, mobiliarios, electromecánicos, transporte, informáticos y de comunicación) adecuado para el plan de contingencia.
- ✓ Elaboración y ejecución del plan de mantenimiento de equipamiento.
- ✓ Elaboración e implementación del programa de difusión y sensibilización.
- ✓ Formación de médicos especialistas mediante convenios con la Universidad de la Amazonía Peruana.
- ✓ Capacitación de personal asistencial no médico (enfermeras, auxiliares y técnicos) y personal administrativo.
- ✓ Mejorar la comunicación para el traslado de pacientes en las redes y microrredes del área de responsabilidad del Hospital.
- ✓ Implementación del sistema informático básico.

Como podemos notar es indispensable la participación de un equipo multidisciplinario con el que se pueda cubrir todas las áreas que competen a un proyecto de tal envergadura como este.

Al finalizar la construcción del edificio, el hospital contará con equipos de última generación y tecnología de punta, casi todos los sistemas que se instalarán en el hospital estarán conectados a la red informática, incluso algunos de ellos exigen una red informática para que puedan operar. En

cambio, otros sistemas pueden o no estar conectados a la red y seguir operando ya que usan su propia estructura de interconexión, en este grupo se encuentra el sistema de llamado de enfermeras, el sistema de sonido ambiental y perifoneo, entre otros.

A continuación, se listan los sistemas que serán instalados en el hospital y el nivel de exigencia que tienen respecto a la red informática.

Sistemas a Implementar	Uso de la Red Informática	
	Exigen su uso	Uso opcional
1. Sistema de telefonía IP	x	
2. Sistema de llamado de enfermeras		x
3. Sistema de sonido ambiental y perifoneo		x
4. Sistema de relojes sincronizados IP	x	
5. Sistema de televisión IP	x	
6. Sistema de video vigilancia IP	x	
7. Sistema de control de acceso y seguridad		x
8. Sistema de tele presencia	x	
9. Sistema de comunicación por radio VHF/HF		x
10. Sistema de detección y alarma de incendios		x
11. Sistema de procesamiento centralizado		
12. Sistema de almacenamiento centralizado		
13. Sistema de mantenimiento y ahorro energético, BMS	x	
14. Sistema de gestión de colas	x	
15. Sistema de gestión de imágenes PACS/RIS	x	
16. Sistema de gestión de salud	x	
17. Sistemas informáticos		x

Los sistemas que exigen el uso de la red informática son aquellos que requieren de esta para conectar los dispositivos que la componen, mientras que los sistemas que hacen un uso opcional de la red, no exigen la presencia de una red informática para su funcionamiento ya que cuentan con su propia infraestructura de conexión, aún así se pueden conectar a la red informática para disponer de funciones adicionales como la administración remota.

5.1.3. Análisis de objetivos y restricciones de la institución

5.1.3.1. *Objetivos de la institución*

Son objetivos estratégicos del Hospital Iquitos “Cesar Garayar García”, los siguientes:

- Lograr altos índices de reducción en la morbilidad infantil, materna y en enfermedades transmisibles.
- Lograr la participación activa de la población en el desarrollo de los programas de salud.
- Desarrollar capacidad resolutoria para atender, situaciones críticas en forma oportuna con personal especializado, con equipos modernos, logrando una reducción significativa de las complicaciones y la mortalidad.
- Eliminar las causas de las enfermedades crónicas y degenerativas.
- Lograr el desarrollo de las capacidades docentes y de investigación del personal en el campo de la salud.
- Lograr la incorporación de nuevos conocimientos científicos, metodología y aplicación de tecnologías modernas para mejorar la atención de la salud de la población.
- Implementar el uso adecuado de protocolos que faciliten una acción eficaz en la prestación de servicios de salud.
- Definir y fortalecer la cultura organizacional del Hospital.

5.1.3.2. *Restricciones de la institución*

Son restricciones del Hospital Iquitos “Cesar Garayar García”, los siguientes:

- **Deficiente calidad de salud en la región**
Actualmente, los principios del Ministerio de Salud: Equidad, Solidaridad, Ética y Justicia Social no pueden cumplirse completamente en las zonas geográficas de difícil acceso y con poblaciones dispersas; ya que los insuficientes o inexistentes servicios públicos en estas áreas establecen una inmensa disparidad en el acceso a los servicios de salud en comparación con las zonas urbanas. La negación de dichos principios es una dura realidad para muchos pobladores de la Región Loreto, el departamento más grande del país.
- **Necesidad de tecnologías más accesibles**
Lograr obtener tecnologías más accesibles en regiones rurales tan distantes como la Amazonía peruana es un verdadero reto que puede ser analizado desde dos perspectivas, la del usuario que hará uso de estas tecnologías y de la entidad responsable de

facilitar estas tecnologías para el usuario, así como de asegurar su continuidad y mantenerlo.

- **Analfabetismo digital en la región**

No es necesario hacer un estudio completo para darnos cuenta de esta gran verdad, el Perú viene lidiando una batalla contra el analfabetismo desde hace muchos años, que se presenta sobre todo en las regiones más pobres de nuestro país. Al mismo tiempo, con el avance de las TIC se distingue un grupo de personas que son ajenas a las tecnologías modernas, a estas personas se les conoce como Analfabetos Digitales y no solo afecta a los adultos mayores sino también a profesionales, estudiantes universitarios, escolares, quienes normalmente no deberían pertenecer a este grupo.

5.1.4. Análisis de objetivos y restricciones del proyecto

5.1.4.1. Objetivos técnicos del proyecto

Se diseñará una red que cumpla estos objetivos.

Seguridad

Se establecerán políticas y prácticas para prevenir el acceso no autorizado, el uso indebido, o la denegación recursos accesibles. Así como las modificaciones, adiciones y cambios sin permiso.

Funcionalidad

La red a diseñar soportará todos los protocolos LAN actuales y cumplirá con una serie de rigurosos requisitos para que cumpla las funciones que se le designarán.

Escalabilidad

Permitirá añadir o cambiar, en un futuro, componentes de hardware y software con la finalidad de mejorar el rendimiento de la red.

Disponibilidad

El objetivo es conseguir que la red se halle disponible según las necesidades de uso para las que ha sido diseñada.

Velocidad

La intención desde un primer momento es diseñar una red con capacidad de ancho de banda superior.

Confiabilidad

Se reducirá en lo posible el riesgo de que algún componente de la red se averíe y se produzcan fallos, ofreciendo así un rango de tolerancia a errores.

5.1.4.2. Restricciones técnicas del proyecto

En el desarrollo del proyecto se presentaron las siguientes limitaciones:

- La falta de recursos energéticos estables y sostenibles para operar los quipos activos de la red.
- El escaso conocimiento sobre Redes Ópticas Pasivas entre los profesionales de la zona.
- El alto índice de analfabetismo digital presente en la zona y lo poco que los pobladores se encuentran relacionados con las tendencias tecnológicas.
- Los limitados recursos económicos con los que cuenta el gobierno regional.
- Las características geográficas y climáticas de la zona que dificultan el tendido de la red e intensifican las labores de mantenimiento de los equipos.

5.1.5. Servicios que debe ofrecer la red

5.1.5.1. Acceso seguro a la red

El servicio de acceso seguro a la red consiste en la correcta verificación de las credenciales de usuario, para determinar cuáles son los recursos que se le asignarán de acuerdo a las directivas de la red. También incluye el soporte que permite la conexión a la red desde lugares remotos.

Control de acceso

Para gestionar el acceso a la red, el usuario debe hacer uso de sus credenciales de acceso para identificarse, luego el sistema se conectará con el servidor el cual autentifica al usuario. Si la validación es correcta, el usuario puede acceder.

Acceso remoto

La red LAN del Hospital Iquitos César Garayar García tendrá acceso a redes públicas a través de internet con lo cual logrará conectar estaciones de trabajo locales con estaciones de trabajo en otras sedes. Gracias a esta función el usuario podrá acceder remotamente a su cuenta y utilizar servicios.

5.1.5.2. Disponibilidad de archivos en red

Consiste en permitir a los distintos sistemas del hospital acceder a ficheros remotos como si se tratara de locales, siempre y cuando el sistema solicitando cuenta con los permisos requeridos.

Esta tarea estará a cargo principalmente del servidor de archivos (Servidor NFS) y las estaciones de trabajo tendrán configuradas

unidades de red que apuntarán a rutas de almacenamiento en este servidor.

5.1.5.3. Servicio de Impresión

Permite compartir impresoras de gran capacidad entre múltiples usuarios, reduciendo el consumo de recursos. Las colas de impresión de toda la red son gestionadas por un único servidor, centralizando de esta manera el servicio. El Print Server estará ubicado en la Sala de Servidores.

5.1.5.4. Correo electrónico

El correo electrónico es uno de los servicios más usados de la red. Ofrece grandes ventajas en la comunicación empresarial frente a otros sistemas.

5.1.5.5. Telefonía integrada

La telefonía integrada permite que el servicio telefónico (ya sea por conmutadores, analógica, digital, IP, convencional etc.) se integre por medio de un software a la red informática, con el fin de proporcionar funciones como base de datos de contactos telefónicos, administración de llamadas, restricciones, reportes, estadísticas, telefonía IP, etc. Todo el hospital contará con telefonía IP.

5.1.5.6. Servicio de Directorio

Será el encargado de almacenar y organizar la información de los usuarios de red para administrar los recursos, permitiendo a los administradores de la red controlar el acceso de usuarios.

5.1.5.7. QoS

El QoS, o Calidad de Servicio, es un conjunto de mecanismos que asegura el desempeño de aplicaciones críticas, garantizando el ancho de banda suficiente para su correcta operación.

Al utilizarlo, se puede cambiar la forma en que los paquetes de red se encaminan, permitiendo que los recursos existentes se utilicen de forma más eficiente.

5.1.6. Tecnologías que debe soportar la red

5.1.6.1. Ethernet

Ethernet es la tecnología más popular para LAN que utiliza Acceso Múltiple con Escucha de Portadora y Detección de Colisiones (Carrier Sense Múltiple Access with Collision Detection, CSMA/CD) entre estaciones con diversos tipos de cables.

Si bien es cierto, la tecnología que se usará para este proyecto está basada en los principios de una red óptica pasiva (PON), según recomendaciones de la UIT-T que cuenta con sus propios medios de

acceso a la red y con una trama distinta a la de Ethernet. Sin embargo, los equipos de la red seguirán trabajando sobre Ethernet, de allí la necesidad de que la red propuesta tenga la capacidad de encapsular las tramas Ethernet y transportarlas desde su origen hasta su destino de forma íntegra a través de la PON sin que los equipos perciban la diferencia.

5.1.6.2. Voz sobre IP

Voz sobre Protocolo de Internet, también llamado Voz sobre IP, Voz IP, VoIP, (VoIP por sus siglas en inglés, Voice over IP), es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP (Protocolo de Internet). Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital, en paquetes de datos, en lugar de enviarla en forma analógica a través de circuitos utilizables sólo por telefonía convencional como las redes PSTN (sigla de Public Switched Telephone Network, Red Telefónica Pública Conmutada).

El tráfico de Voz sobre IP puede circular por cualquier red IP, incluyendo aquellas conectadas a Internet, como por ejemplo las redes de área local (LAN).

5.1.6.3. Wifi

Wi-Fi es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica. Los dispositivos habilitados con Wi-Fi, tales como: un ordenador personal, un smartphone o un reproductor de audio digital, pueden conectarse a Internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica. Dicho punto de acceso (o hotspot) tiene un alcance de unos 20 metros en interiores y al aire libre una distancia mayor.

El área contará, por ahora, con una sola antena Wifi y se usará principalmente para la conexión de equipos portátiles a la red corporativa.

5.1.6.4. Video Broadcast

La tecnología PON de UIT-T asigna tres canales de transmisión sobre una misma fibra a través de WDM (Multiplexación por División de Longitud de onda), dos de bajada y un tercero de subida, esto visto desde la ONT (Terminación de la Red Óptica): downstream, upstream y broadcast de video RF.

El canal para broadcast de video RF es un canal descendente destinado en exclusiva a la difusión de señales de TV como pueden ser broadcast analógico o digital, HDTV y video bajo demanda.

Sacaremos partido de esta ventaja ofrecida por GPON y NG-PON2 para transmitir la señal del sistema de Televisión IP con la tranquilidad de que el tráfico de datos no se verá afectado.

5.1.7. Estándares y normas que se deben cumplir

El proyecto debe estar diseñado bajo los requisitos de los siguientes estándares y normas nacionales e internacionales:

- Norma NTS N°110-MINSA/DGIEM.
- El Reglamento Nacional de Edificaciones, y modificatorias.
- Norma Técnica Peruana NTP-ISO/IEC 17799:2007 – Código de buenas prácticas para la gestión de la seguridad de la Información, año 2007.
- Norma Técnica Peruana NTP-ISO/IEC 27001:2008 – Técnicas de Seguridad. Sistemas de Gestión de seguridad de la información. Requisitos, Año 2008.
- Norma Técnica de Salud N° 067 – MINSA / DGSP – Norma sobre Tele Salud, año 2008.
- Norma Técnica Peruana NTP-ISO/IEC 27001:2008, Técnicas de Seguridad. Sistemas de gestión de seguridad de la Información.
- Estándar ANSI/TIA-1179, sobre Infraestructura de Telecomunicaciones para Establecimientos de Salud. Año 2010.
- Estándar ANSI/TIA-568-C.D, sobre Cableado Genérico de Telecomunicaciones para Locales Comerciales, Año 2009.
- Estándar ANSI/TIA-568-C.1, sobre Cableado de Telecomunicaciones para Edificios Comerciales.
- Estándar ANSI/TIA-568-C.2, sobre Cableado de Telecomunicaciones y Componentes por Par Trenzado Balanceado, Año 2009.
- Estándar ANSI/TIA-568-C.3, sobre Componentes de Cableado de Fibra Óptica, Año 2009.
- Estándar ISO/IEC 11801, Adendas 1 y 2, 2da Edición, sobre Sistema de Cableado para Telecomunicaciones, Año 2010.
- Estándar ANSI/TIA-569-C, sobre Espacios y Canalizaciones de Telecomunicaciones para Edificios Comerciales, Año 2012.
- Estándar ANSI/TIA-607-B, sobre Tierras y Aterramientos para Sistemas de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales, Año 2012.
- Estándar ANSI/TIA-942-A, sobre Infraestructura de Telecomunicaciones de Centros de Datos.
- Estándar ANSI/TIA-606-B, sobre la Administración de la Infraestructura de Telecomunicaciones Comercial.
- Norma IEEE 802.3af, sobre alimentación eléctrica sobre Ethernet (PoE).
- Norma IEEE 802.11n, sobre conectividad inalámbrica.
- Normas IEEE 802.3ae y IEEE 802.3an, sobre transmisiones Ethernet a 10 Gbps.

- Norma ITU-T G.984
- Norma ITU-T G.987
- NFPA 70: National Electrical Code.
- NFPA 72: National Fire Alarm Code.
- ADA: American with Disabilities Act.
- RNE, A-130, CAP IV Sistema de detección y alarmas contra incendio.
- Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma A.130.
- Código Nacional de Electricidad – Utilización.

5.1.8. Seguridad y protección de la red

5.1.8.1. *Protección del hardware*

Corresponde a todos aquellos mecanismos de prevención y detección destinados a proteger los recursos físicos de la red que van desde un mouse hasta una cinta de backup con toda la información de respaldo, incluso la propia CPU.

Nos enfocaremos en tres aspectos principales:

- Acceso físico en áreas restringidas
- Desastres naturales
- Alteraciones del entorno

Acceso físico en áreas restringidas

El área de sistemas siempre debe tener el acceso restringido únicamente al personal de esta área. Es necesario implementar mecanismos de prevención para el control de acceso a los recursos y detección, de manera que si un mecanismo de prevención falla debe ser posible detectar los accesos no autorizados en el menor tiempo posible.

Es muy recomendable contar con elementos de seguridad para restringir el acceso no autorizado.

Para la prevención podemos optar por el uso de: tarjetas electrónicas, detector de huella digital, analizador de retina, videocámaras, vigilantes, etc. En algunos casos es suficiente con controlar el acceso a las salas y cerrar siempre con llave los despachos o salas donde hay equipos informáticos y no tener cableadas las tomas de red ubicadas en zonas de fácil acceso.

Para la detección podemos hacer uso de cámaras de vigilancia de circuito cerrado o alarmas, también se puede instalar sensores térmicos o de movimiento.

Desastres naturales

Además de los ataques que podrías ser realizados por personas, es importante tener en cuenta que también los desastres naturales pueden acarrear consecuencias muy costosas, sobre todo si no nos anticipamos a ellos y tomamos medidas.

Algunos desastres naturales a tener en cuenta pueden ser:

- Terremotos y vibraciones
- Tormentas eléctricas
- Inundaciones y humedad
- Incendios y humos

Alteraciones del entorno

Deberemos contemplar problemas que pueden afectar el régimen de funcionamiento habitual de las máquinas como la alimentación eléctrica, el ruido eléctrico producido por los equipos o los cambios bruscos de temperatura.

▪ Electricidad

Quizás los problemas derivados del entorno de trabajo más frecuentes son los relacionados con el sistema eléctrico; tenemos: cortocircuitos, picos de tensión, cortes de flujo, entre otros.

Para corregir los problemas con las subidas de tensión podremos instalar tomas de tierra o filtros reguladores de tensión.

Para los cortes es indispensable emplear sistemas de alimentación ininterrumpida, que además de proteger ante cortes mantienen el flujo de corriente constante, evitando las subidas y bajadas de tensión.

▪ Ruido eléctrico

El ruido eléctrico suele ser generado por motores o por maquinaria pesada, pero también puede serlo por otros ordenadores o por multitud de aparatos, y se transmite a través del espacio o de líneas eléctricas cercanas a nuestra instalación.

▪ Temperaturas extremas

No hace falta ser un genio para comprender que las temperaturas extremas, ya sea un calor excesivo o un frío intenso, perjudican gravemente a todos los equipos. En general es recomendable que los equipos operen entre 10 y 32 grados Celsius. Para controlar la temperatura emplearemos aparatos de aire acondicionado.

5.1.8.2. *Protección del software*

Corresponde a todas las medidas a tomar para salvaguardar la integridad de los sistemas informáticos que trabajan sobre la red.

Firewall de red

Un firewall es una herramienta que permite proteger nuestra red de posibles ataques externos, es simplemente un filtro que controla todas las comunicaciones que pasan de una red a la otra y en función de lo que sean permite o deniega su paso. Para permitir o denegar una comunicación el firewall examina el tipo de servicio al que corresponde, como pueden ser el web, el correo o el IRC. Dependiendo del servicio el firewall decide si lo permite o no. Además, el firewall examina si la comunicación es entrante o saliente y dependiendo de su dirección puede permitirla o no.

Protección antivirus

Los antivirus son programas cuyo objetivo es detectar y/o eliminar virus informáticos. Para el caso, se hará uso de un antivirus corporativo que además de proteger el sistema, permite tener un control de la seguridad en todos los equipos de la red y monitorear el estado de la protección.

5.1.8.3. *Protección de los datos*

Además de proteger el hardware y software de la red, nuestra política de seguridad debe incluir medidas de protección de los datos, ya que, en realidad el objetivo principal de los ataques es el de obtener información confidencial. A continuación, se mencionan los problemas de seguridad que afectan la transmisión y almacenamiento de datos.

Eavesdropping

La interceptación o eavesdropping, es un proceso mediante el cual un agente capta información que no va dirigida a él. La manera más usual de llevar a cabo este procedimiento ilícito es instalando un dispositivo en modo promiscuo que analiza todo el tráfico que pasa por la red; cuando se trata de señales inalámbricas, este dispositivo captura los paquetes enviados a través de las radiaciones electromagnéticas, detectando incluso teclas pulsadas, contenidos de pantallas, etc.

El problema de este tipo de ataques es que son completamente pasivos y difíciles de detectar, de forma que un atacante puede capturar información privilegiada y claves sin que nadie se entere.

Para prevenir estos ataques existen diversas soluciones, aunque al final la única realmente útil es cifrar toda la información que viaja por la red, ya sea a través de cables o por el aire. Para lograr un

mejor desempeño en el cifrado de datos es recomendable emplear versiones seguras y actualizadas de los protocolos.

- AES (Advanced Encryption Standard)
Conocido también como Rijndael21, es un bloque de cifrado adoptado como un estándar por el gobierno de los EE.UU., ampliamente analizado y que en la actualidad se lo utiliza en todo el mundo.
XG-PON y NG-PON2 permiten la integración de AES de manera opcional, en este proyecto se evaluará su implementación para cuidar que no afecte significativamente el rendimiento del sistema.

Copias de seguridad

Es necesario establecer políticas adecuadas para respaldar la información más importante de la empresa. Al igual que sucede con el resto de equipos y sistemas, los medios donde residan estas copias deberán estar protegidos físicamente; incluso se deben emplear medidas más fuertes, ya que en un solo punto se encontrará la información respaldada de varios servidores.

Soportes no electrónicos

Otro elemento importante en la protección de la información son los elementos no electrónicos que se emplean para transmitirla, fundamentalmente el papel. Es importante que se controlen los sistemas que permiten exportar la información, tanto de forma digital como física (por ejemplo: impresoras, plotters, faxes, teletipos, etc.).

Cualquier dispositivo por el que pueda salir información de nuestro sistema ha de estar situado en un lugar de acceso restringido; también es conveniente que sea de acceso restringido el lugar donde los usuarios recogen los documentos que lanzan a estos dispositivos.

5.2.FASE II: Diseño lógico de la red

5.2.1. Descripción

El diseño propuesto ofrece una solución óptica pasiva, basada en fibras monomodo.

El sistema debe cumplir con los estándares y normas indicados en el punto 5.1.7 (Estándares y normas que se deben cumplir) del presente informe.

5.2.2. Tecnología a emplear

XG-PON (10 Gigabit Passive Optical Network) es una tecnología de acceso que utiliza fibra óptica para llegar hasta los usuarios finales. Está basada en el concepto de FTTx (Fiber-To-The-x, donde x puede denotar distintos destinos como: FTT Building o FTT Desk), esta tecnología permite una mayor velocidad de transmisión y recepción de datos con una arquitectura de punto a multipunto que permite el acceso a Triple Play (Video, Voz y Datos).

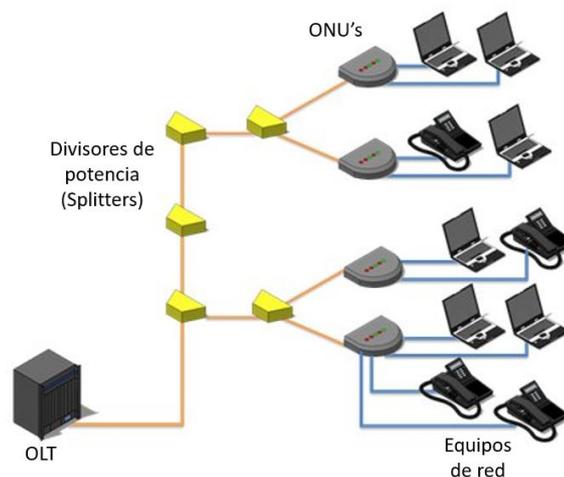


Figura 31. Esquema de red XG-PON.
Fuente: <https://martinmoreton.wordpress.com/>

Esta tecnología permite la centralización de los equipos activos en un único punto, pudiendo atender servicios distantes de hasta 20 km del centro de datos, utilizando solamente cables y cajas de transición pasivas.

Asimismo, la solución aplica cableado óptico con dimensiones bastante reducidas en comparación al cableado en cobre, y soporta su instalación en ambientes con constantes descargas atmosféricas o ruido electromagnético sin comprometer su desempeño, por ello en este proyecto vamos aplicar XG-PON para una red LAN, conocido también como POL (Passive Optical LAN), esto es posible gracias al trabajo de algunos fabricantes que adaptaron esta tecnología para su uso en planta interna.

5.2.3. Componentes de la red

5.2.3.1. *OLT (Optical Line Terminal)*

El OLT o Terminal de Línea Óptica, es un equipo que integra la función de switch en la capa 2 y 3 en el sistema XG-PON. Es el elemento activo del cual parte la red de distribución fibra óptica hacia los usuarios.

5.2.3.2. *ONU o ONT (Optical Network Unit/Terminal)*

La ONU (Unidad de Red Óptica, según la IEEE) o ONT (Terminal de Red Óptica, según la UIT), es el equipo que convierte las señales ópticas transmitidas a través de la fibra en señales eléctricas. También es un elemento activo en el cual finaliza la red de fibra hacia los usuarios.

5.2.3.3. *ODN (Optical Distribution Network)*

La Red de Distribución Óptica es el sistema de conexión pasiva óptica que parte del OLT y termina en la ONU. Está conformada por la fibra óptica, los divisores de potencia, los armarios y demás elementos de conectividad.

5.2.3.4. *Sistema operativo de red*

El sistema operativo de red (NOS, Network Operative System) se encuentra en un ordenador (PC o gran estación) y hace posible el funcionamiento del resto de la red. También proporcionan medidas de seguridad que controlan el acceso a los distintos recursos de la red.

5.2.3.5. *Servidores*

Los sistemas operativos de red del tipo servidor y sus servicios se ejecutan en ordenadores llamados servidores. Los periféricos como impresoras, fax, otros se suelen conectar directamente a estos servidores.

5.2.3.6. *Estaciones de trabajo*

Una estación de trabajo, según el Diccionario de la Computación de Alan Freedman, se puede definir como: "Micro o minicomputadora para un único usuario, de alto rendimiento, que ha sido especializada para gráficos, diseño asistido por computadora, ingeniería asistida por computadora o aplicaciones científicas".

5.2.4. Sistema de Procesamiento Centralizado

El sistema de procesamiento centralizado se basa en un conjunto de hardware y software que permite el procesamiento de información de los diferentes sistemas con los que cuenta el establecimiento de salud.

Se considera como parte de la plataforma que el sistema PACS/RIS (Picture Archiving and Communication System / Radiology Information System) al ser un sistema crítico se instalará en un blade dedicado.

Adicionalmente, se sumarán otros servidores virtuales que presten los siguientes servicios:

- Servicio de administración de dominio de red.
- Servicio de administración de base de datos.
- Servicio de administración de aplicaciones.
- Servicio de administración de archivos.

5.2.4.1. Tecnología a emplear

Los servidores serán de tecnología tipo cuchilla (blade), que se caracterizan por tener muy bajo consumo de energía eléctrica, en comparación con los servidores del tipo stand-alone. Adicionalmente, ocupan menos espacio en el gabinete, dado que se colocan dentro de un chasis que les provee de energía eléctrica y conexión a la red.

5.2.4.2. Principio de funcionamiento

Los usuarios autenticados acceden a los servicios que prestan los servidores.

Cada equipo servidor cuenta con un sistema operativo del tipo server y una o dos aplicaciones que les permiten prestar los servicios configurados.

Tanto los servidores como los dispositivos de almacenamiento, estarán instalados en el Data Center, y se conectarán con la red LAN del edificio por medio del Switch Core que cuenta con puertos FCoE (Canal de Fibra sobre Ethernet) o FC (Canal de Fibra), y puertos ethernet. Adicionalmente, un firewall gestionará el acceso de los usuarios.

5.2.4.3. Configuración

Direccionamiento IP:

- Identificación de VLAN : 100
- Nombre de VLAN : Administración2
- Subred IP : 192.168.100.X

Los servidores estarán ubicados en el centro de datos y licenciados de acuerdo al servicio que se prestan, este licenciamiento debe cubrir también a los usuarios.

Los servidores serán configurados para que almacenen los datos en el sistema de almacenamiento centralizado del hospital.

La administración de estos equipos se realizará en forma remota desde la sala de administración adyacente al centro de datos.

Cada servidor debe de ser identificado de acuerdo al servicio que presta.

Identificación de servidores:

- Servidor de dominio de red : SERVIDOR_DR
- Servidor de base de datos : SERVIDOR_BD

- Servidor de aplicativos : SERVIDOR_AP
- Servidor de archivos : SERVIDOR_AC

Para obtener la redundancia física necesaria, los servidores serán instalados en chasis redundantes.

La identificación de cada componente del sistema y su dirección IP, será indicada en el plano de equipamiento informático respectivo.

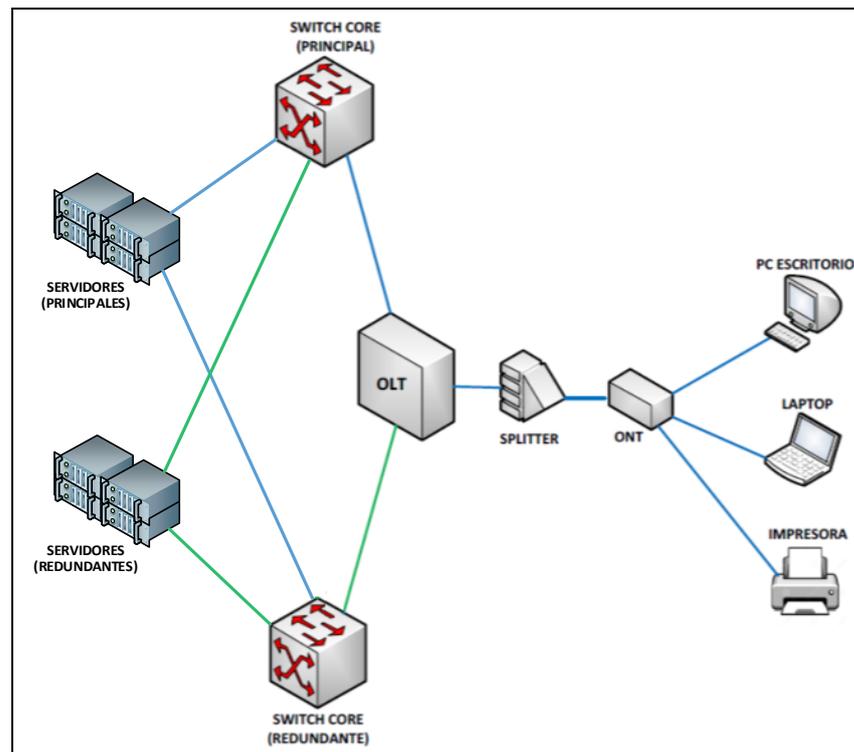


Figura 32. Esquema lógico del sistema de procesamiento centralizado.
Elaboración: Autor

5.2.5. Sistema de Almacenamiento Centralizado

El sistema de almacenamiento centralizado se basa en un conjunto de hardware y software que se encargará de resguardar toda la información generada por los servidores de procesamiento, haciendo uso de medios que permitan obtener copias de respaldo de los datos.

Se han considerado tres divisiones para el sistema de almacenamiento:

- Almacenamiento para aplicaciones, como el sistema de gestión hospitalaria y otras aplicaciones menores.
- Almacenamiento para el sistema de gestión de imágenes (PACS).
- Almacenamiento para el sistema de video vigilancia.

5.2.5.1. Tecnología a emplear

El hardware para el sistema de almacenamiento estará conformado por tecnología SAN (Storage Area Network), con un chasis que permita el

escalamiento de su capacidad, agregando discos duros y que permita la conexión a la red a través de puertos con tecnología FCoE (Canal de Fibra sobre Ethernet) o FC (Canal de Fibra), que ofrecen grandes velocidades de transferencia.

5.2.5.2. Principio de funcionamiento

Se usará unidades de almacenamiento (arreglo de discos) con tecnología de duplicación para aprovechar mejor las unidades de respaldo.

Adicionalmente, para el resguardo de la información, se ha previsto el uso de cintas magnéticas, que permitan crear copias de respaldo que puedan ser trasladadas fuera del establecimiento de salud.

5.2.5.3. Configuración

Direccionamiento IP:

- Identificación de VLAN : 110
- Nombre de VLAN : Administración2
- Subred IP : 192.168.110.X

Una correcta configuración del sistema de almacenamiento permitirá el manejo adecuado y seguro de la información almacenada.

La identificación de cada componente del sistema y su dirección IP, será indicada en el plano de equipamiento informático respectivo.

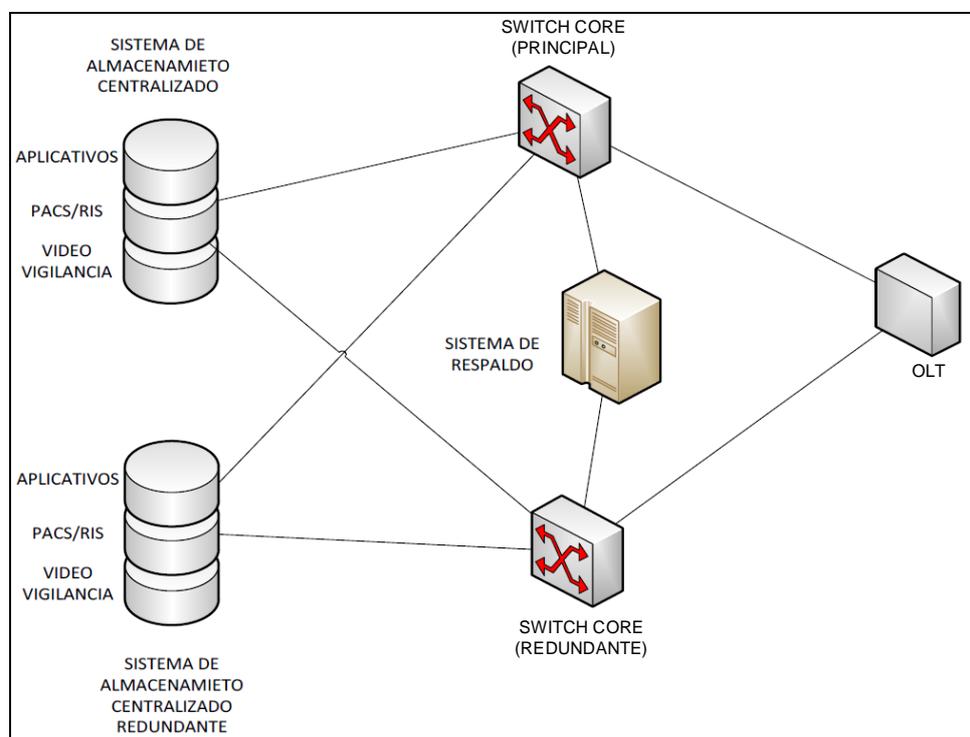


Figura 33. Esquema lógico del sistema de almacenamiento centralizado.

Elaboración: Autor

5.2.6. Arquitectura de red XG-PON a utilizar

La ODN de una red PON puede ser de arquitectura centralizada o distribuida, de esto dependerá el número de splitters en un canal. Eso sí, se debe garantizar en todo momento que la pérdida óptica de cada canal no supere los 25 dB.

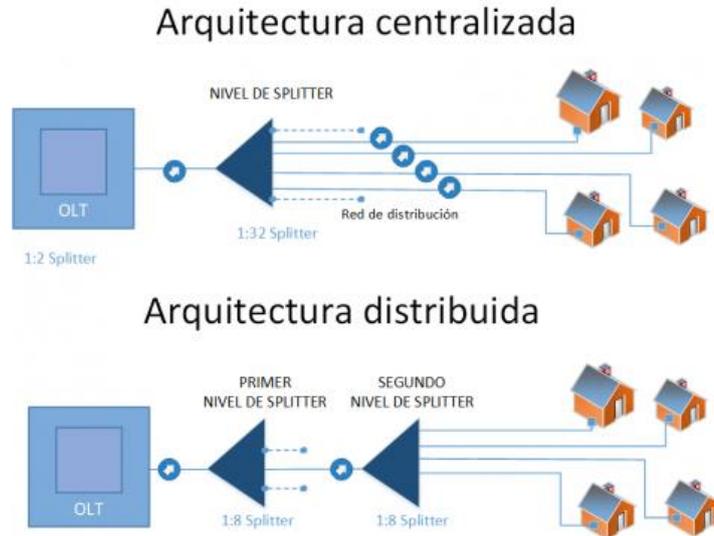


Figura 34. Arquitecturas de red PON en FTTH.
Fuente: ELECTRITEL

Arquitectura con división centralizada

Es aquella donde se implementa un solo nivel de splitters en los gabinetes de distribución. Es decir, cada hilo de fibra óptica que parte del OLT pasará únicamente por un divisor de potencia (splitter) antes de llegar a la ONU.

Arquitectura con división distribuida

La arquitectura distribuida o en cascada se caracteriza por tener más de un nivel de splitters, es decir la señal que parte del OLT será dividida dos o más veces antes de llegar a la ONU.

A continuación, se muestra un cuadro comparativo de ambas arquitecturas.

Tabla 6. Arquitectura Centralizada y Distribuida de redes XG-PON

Arquitectura Centralizada	Arquitectura Distribuida
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fácil mantenimiento. ✓ Mayor despliegue de la fibra óptica por todo el edificio. ✓ Ofrece menor atenuación por cada línea. ✓ Permite alcanzar mayores distancias. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mantenimiento un poco más laborioso. ✓ Menor despliegue de la fibra óptica por todo el edificio. ✓ Ofrece mayor atenuación por cada línea. ✓ Debido a la atenuación las distancias alcanzadas son menores.

✓ No es muy versátil cuando se trata de un edificio de varios pisos.	✓ Mayor versatilidad cuando se trata de un edificio de varios pisos.
--	--

Características del tipo de arquitectura centralizada y distribuida en redes GPON, XG-PON y NG-PON2.

Optaremos por la **arquitectura centralizada**, además al tratarse de una red LAN las distancias entre OLT y ONU's no son muy extensas.

5.2.7. Diseño de la Topología de la Red

Se ha considerado el diseño de una red XG-PON con topología de convergencia distribuida. Se tomará en cuenta que el Data Center será Tier 2 (TIA-942-A) por ser el estándar para un establecimiento de salud nivel II-2.

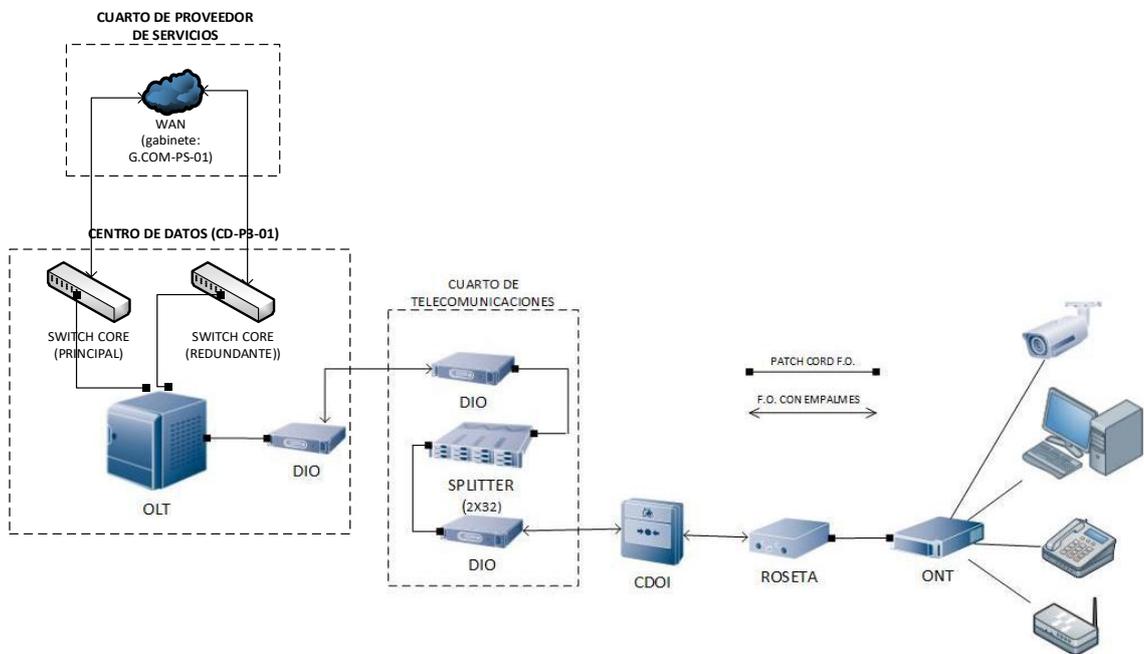


Figura 35. Topología de convergencia distribuida para la red XG-PON del Hospital. Elaboración: Autor

Explicación del diseño:

- La conexión empieza desde el Cuarto de Proveedor de Servicios (gabinete: G.COM-PS-01) hacia los Switches Core (principal y redundante) ubicados en el Centro de Datos en el 3er piso del edificio (CD-P3-01) mediante Fibra Óptica Monomodo de 2 hilos.
- Los Switches Core se conectarán mediante fibra óptica monomodo de 2 hilos con la OLT también ubicada en el Centro de Datos (CD-P3-01).
- El OLT tendrá módulos de conexión que se conectarán mediante fibra óptica monomodo de 2 hilos hasta los splitters con 2 entradas

- (1 entrada para la redundancia), ubicados en los cuartos de comunicaciones de cada piso (CT-Px-0x).
- Los Splitters se conectarán mediante fibra óptica monomodo de 12 hilos hasta las CDOI (Caja de Distribución Óptica Interna), que se ubicarán en puntos estratégicos de acuerdo a la distribución de los ONT en cada piso.
 - Las CDOI se conectarán mediante cables de fibra óptica monomodo de 2 hilos hasta las rosetas ópticas, que se ubicarán en muebles, paredes o techo dependiendo de la distribución de los ONT.
 - Las Rosetas Ópticas se conectarán mediante jumpers de fibra óptica monomodo con los ONT ubicados en muebles, paredes o techo, dependiendo de la distribución de los puntos de red.
 - Los ONT se conectarán a los equipos finales de la siguiente manera:
 - Para cámaras, relojes, registros de presencia, puntos BMS, access points y controles de acceso, se conectará directamente el ONT con los equipos, mediante cable patchcord S/FTP categoría 6A.
 - Para las TV, se usará patchcord coaxial y estará conectado directamente al ONT.
 - Para los puntos de voz y data, se usarán cable F/UTP categoría 6A desde el ONT hasta el faceplate (doble o simple) y luego se conectará desde el faceplate hacia los equipos finales mediante patchcord S/FTP categoría 6A.
 - Para los equipos médicos se conectarán también directamente desde el ONT hasta los equipos, mediante cable patchcord S/FTP categoría 6A.

Cantidad de dispositivos a necesitar:

A continuación, se listará un resumen del dimensionamiento total de los dispositivos necesarios para la implementación de la red. Para ver el detalle de este dimensionamiento, revisar el punto [5.3.2 Dimensionamiento de equipos activos y pasivos](#).

- 618 ONT distribuidos de la siguiente manera: 191 para el primer piso, 145 para el segundo piso, 110 para el tercer piso, 65 para el cuarto piso, 61 para el quinto piso y 46 para el sexto piso. La cantidad de ONT atienden al requerimiento de 1744 puntos de red y 179 puntos coaxial, ver [Tabla 8. Cuadro resumen del total de coaxial de red y coaxial por piso](#).
- 618 rosetas ópticas, puesto que a cada ONT le corresponde una roseta óptica.
- 73 cajas de distribución óptica interna (CDOI), cada una de estas cajas puede atender como máximo hasta 12 rosetas ópticas.

- 24 splitters 2x32 distribuidos de la siguiente manera: 7 para el primer piso, 5 para el segundo piso, 4 para el tercer piso, 3 para el cuarto piso, 3 para el quinto piso y 2 para el sexto piso.
- 48 distribuidores internos ópticos (DIO). Con distribución: 9 para el primer piso, 7 para el segundo piso, 6 para el tercer piso, 5 para el cuarto piso, 5 para el quinto piso, 4 para el sexto piso y 12 para el data center.
- 14 gabinetes de piso y 1 de pared con sus accesorios. Con distribución: 1 gabinete para cada piso, 8 gabinetes para el data center y el gabinete de pared irá en el cuarto de ingreso de servicios de telecomunicaciones, revisar el punto [5.3.6 Descripción de los ambientes y distribución de gabinetes](#)
- 1 equipo OLT equipado.
- 2 switches core equipados, principal y redundancia.
- Para el Sistema de Procesamiento Centralizado:
 - 2 servidores con chasis tipo blade equipados, principal y redundancia.
 - 2 consolas KVM, una para cada chasis de servidor.
 - 2 switches SAN, uno para cada chasis de servidor, esto servirá para conectar el sistema de procesamiento centralizado con el de almacenamiento centralizado.
- Para el Sistema de Almacenamiento Centralizado:
 - 2 equipos de almacenamiento de información SAN, principal y redundancia.
 - 20 discos duros SFF para SAN, 10 para cada equipo de almacenamiento.

Ancho de banda ofrecido por la red:

Al tratarse de una red pasiva de fibra óptica XG-PON (10 Gigabit capable PON) del tipo XG-PON2, las velocidades que ofrecerá el OLT para downstream y upstream en cada puerto es de 10 Gbps.

Como se mencionó en la *Realidad problemática* del capítulo 2 del presente informe, Loreto es una de las regiones más afectas por enfermedades infecciosas, debido a esto necesita una mayor atención por parte del Ministerio de Salud, y con más razón, ahora que enfrentamos una pandemia mundial por el COVID-19. Por lo sustentado en el punto [3.3.4 Salud pública y TIC's](#) el avance en tecnologías de comunicación aporta de manera positiva a la salud pública de una región, por ello la importancia de contar con una infraestructura preparada recibir las mejoras de conectividad que se darán

en la región con la ejecución de los proyectos que el estado tiene programado, ver punto *3.3.5 Proyectos de fibra óptica para la región Loreto*.

Consideraciones a tener en cuenta:

- El diseño en general, se ha planteado conforme a los planos arquitectónicos y el equipamiento de cada una de las áreas teniendo en cuenta su funcionamiento.
- El sistema deberá tener una distancia máxima de 20km desde el equipo de trabajo principal (OLT) hasta la estación de trabajo (ONT) (según TIA568-C.0-2 Adendum).
- Es recomendable que los equipos activos OLT y ONT sean de la misma marca.
- Se deberá incluir cualquier componente complementario necesario para la correcta instalación del sistema XG-PON tales como: puntos de consolidación (de fibra y/o cobre), pigtails, bandejas de fusión, conectores, acopladores, cajas de protección, etc.

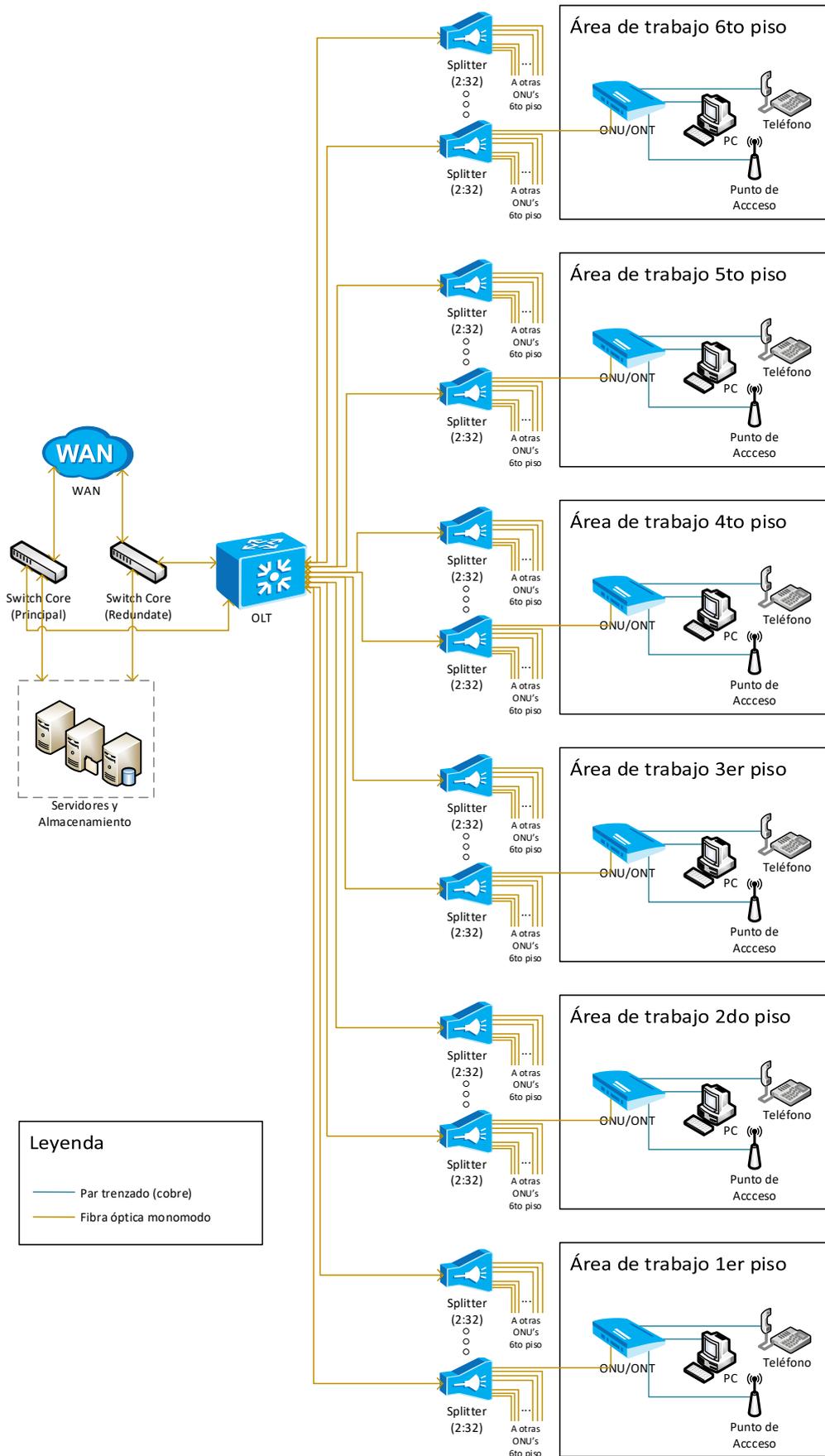


Figura 36. Diseño lógico general de la red XG-PON para el Hospital Iquitos César Garayar García. Elaboración: Autor.

5.2.8. Diseño lógico para el Piso Principal de la Red

El piso principal de la red es el 3er nivel, puesto que en este se encuentra el centro de datos. En el esquema siguiente se muestra el tendido horizontal para el 3er piso del edificio, partiendo desde el cuarto de telecomunicaciones.

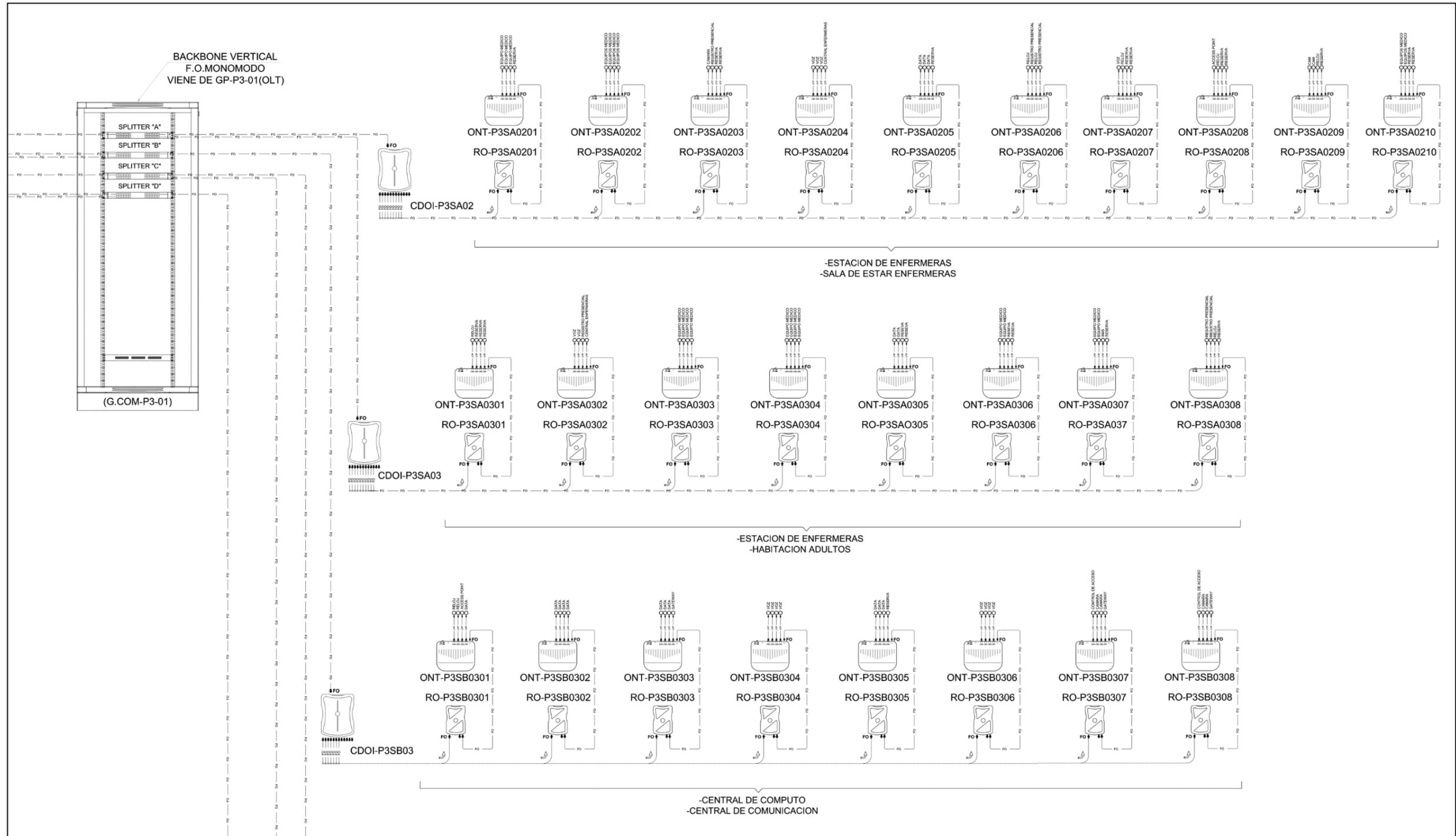


Figura 37. Parte del tendido horizontal: 3er piso.
Fuente: Consorcio Salud Loreto

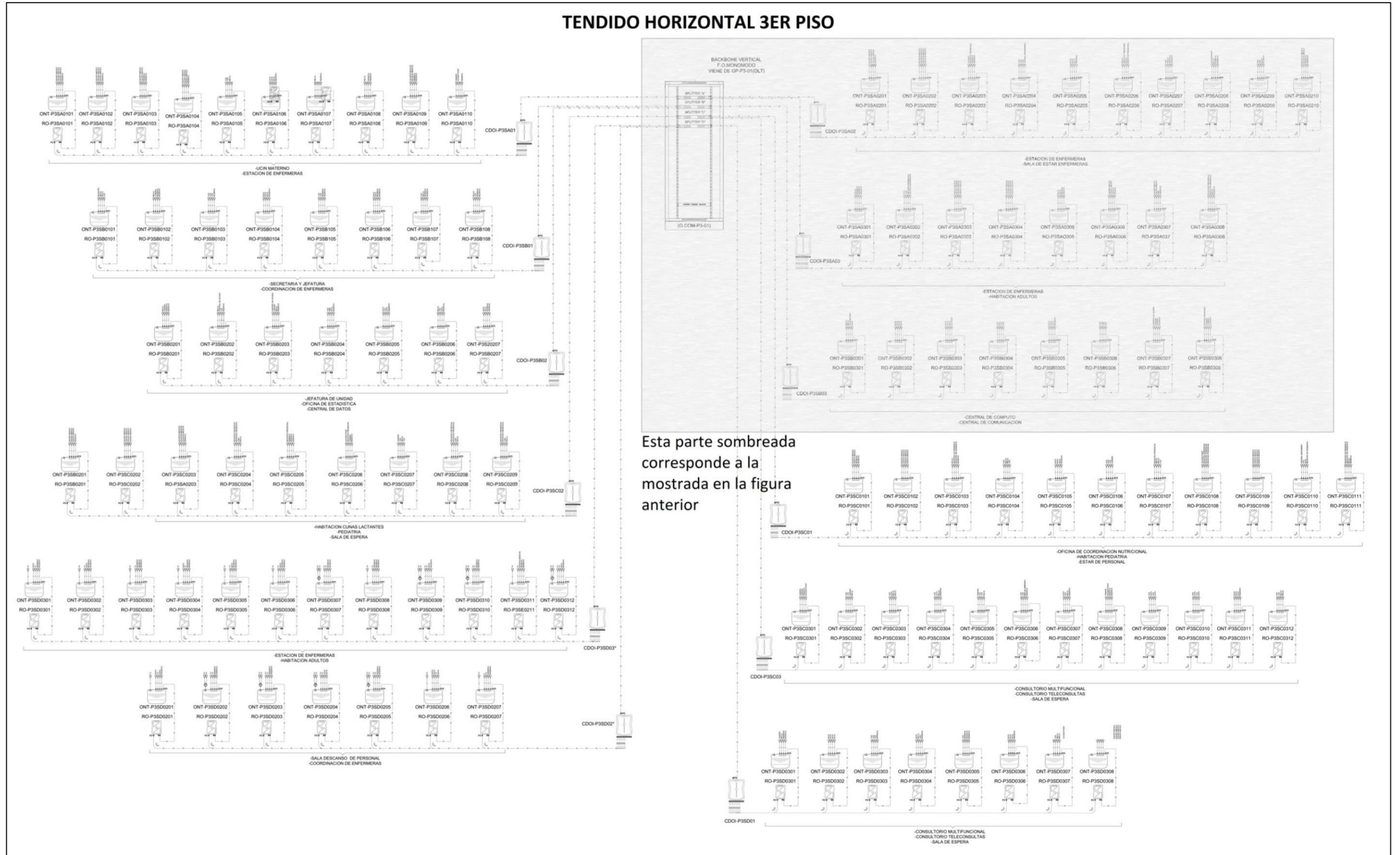


Figura 38. Tendido horizontal: 3er piso.
Fuente: Consorcio Salud Loreto

5.2.9. Selección de fibra óptica

El tipo de fibra óptica que se utilizará es monomodo de norma G.652D de 2 y 12 hilos, la razón por la que optamos por una fibra de 2 hilos es porque el precio respecto a un cable de fibra unifilar es casi el mismo. Este medio físico es el que conectará el OLT con los ONT de cada usuario.



Figura 39. Cable de fibra óptica monomodo.
Fuente: <https://beyondtech.us/>

La red XG-PON será enteramente conectada a través de fibra óptica desde el OLT hasta los ONT pasando por las cajas de distribución óptica interna (CDOI) y las rosetas ópticas, como se puede apreciar en el siguiente esquema.

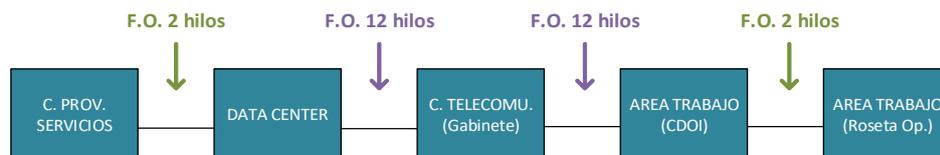


Figura 40. Configuración de fibra óptica en el diseño.
Elaboración: Autor

5.2.10. Selección de dispositivos y equipamiento

Una vez que tenemos claro el diseño de nuestra red, procedemos a revisar los elementos que la conformarán, para ello vamos a tomar en cuenta el siguiente criterio de clasificación:

- Centro de datos OLT y sus elementos.
- Red de Distribución Óptica (ODN) y sus elementos.
- Área de trabajo ONU y sus elementos.

A continuación, describiremos cada una de estas áreas mientras se indica la ubicación de los elementos que a conforman.

5.2.10.1. Centro de datos OLT y sus elementos

El Centro de datos es el lugar donde se encontrará nuestra OLT, así como los demás equipos de telecomunicación principales como son: el router, los servidores, etc.

1) OLT (Optical Line Terminal)

La Línea de Terminación Óptica, es un elemento activo de la red del cual parten las conexiones ópticas hacia los usuarios y empieza

la ODN, tiene la capacidad de dar servicio a cientos incluso miles de usuarios conectados.

El equipo OLT realiza la función de un enrutador para ofrecer todos los servicios demandados por los usuarios, para esto cuenta con varios puertos de línea XG-PON.



Figura 41. Equipo OLT Huawei SmartAX EA5800-X7.
Fuente: Huawei Technologies

Se espera que la empresa que provea este equipo cumpla con los siguientes términos:

- Asistencia técnica completa
- Responsabilidad de los trámites de importación y nacionalización de los equipos
- Sistema completo de administración centralizado de la red XG-PON.
- Responsabilidad de las licencias de XG-PON.

El equipo debe ser rentable y escalable, proporcionar interoperabilidad de varios proveedores y ser totalmente compatible con las especificaciones UIT-T G.987 (XG-PON). Además, debe cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ Debe ser adecuado para la utilización en redes ópticas pasivas como función de concentrador. Debe distribuir el acceso a cada usuario de la red y realizar tareas de gestión, tales como control de acceso, gestión de ancho de banda, entrega de servicios, etc.
- ✓ Recibir el tráfico Ethernet a través de interfaces de uplink de 10GE y enviarlo a través de señal óptica conforme el estándar XG-PON (10 Gigabit PON), atendiendo los requisitos de la norma ITU-T G.987.
- ✓ La velocidad en el sentido de downstream será de 10Gbps y de upstream 10Gbps (simétrica).
- ✓ Debe contar con un chasis, totalmente modular de 7UR.
- ✓ El módulo de uplink debe presentar 2 puertos 10GbE XFP y 4 puertos 1GbE SFP, el chasis tiene la capacidad de

- soportar 2 módulos (el segundo modulo es para redundancia)
- ✓ Debe soportar hasta 2560 usuarios, brindando la posibilidad de crecimiento a futuro de forma modular.
- ✓ Capacidad de slots para albergar al menos 7 tarjetas para módulos de servicio y cada tarjeta debe disponer por lo menos 16 interfaces XG-PON.
- ✓ Debe disponer como mínimo 3.6 Tbit/s de capacidad de switching y un ancho de banda máximo por ranura de servicio de 100 Gbit/s.
- ✓ Capacidad de upgrade de software en servicio ISSU (In Service Software Upgrade).
- ✓ Debe soportar ITU-T G.988 para gestión y control de la Interface de la ONU/ONT (OMCI)
- ✓ Gestión remota de la ONT, descubierta y ranging automático de la ONU/ONT
- ✓ Permite el uso de hasta dos fuentes de alimentación DC, en modo redundancia.

2) Switch principal (core)

Un switch core o switch troncal es el utilizado en el núcleo central de una red, en este caso, será el que conecte al OLT con los servidores.



Figura 42. Switch Huawei CloudEngine 8850-32CQ-EI.
Fuente: Huawei Technologies

El switch core, debe cumplir con las siguientes características:

- ✓ Deberá ser multiprotocolo/multilayer de Core (L2/L3) apilable.
- ✓ Debe proporcionar módulos de administración redundantes.
- ✓ Debe admitir al menos 24 puertos QSFP de 100Gbps.
- ✓ Capacidad de switching de 6.44 Tbit/s.
- ✓ Performance de al menos 3000Mpps para IPv4 e IPv6.
- ✓ Protocolos de ruteo IP, enrutamiento entre VLANs, enrutamiento IPv4 e IPv6 estático y dinámico RIPv2, OSPF, BGPv4, PIM (RFC 3973 y RFC 4601).
- ✓ Al menos 100k rutas IPv4 y 100k IPv6.

- ✓ Soportar listas de control de acceso (ACL) para capa L3/L4.
- ✓ El consumo máximo de energía no debe superar los 600W (incluyendo la fuente).
- ✓ El dispositivo debe soportar los siguientes protocolos de red: IEEE 802.1Q, 802.1p, ethernet: IEEE 802.3 10BASE-T; Fast ethernet: IEEE 802.3u, 100BASE-TX, 100BASE-FX; Gigabit ethernet: IEEE 802.3z, 802.3ab; 10 Gigabit ethernet; Smart rate multi-gigabit 1/2,5/5/XGT.
- ✓ Soporte QoS.
- ✓ Incluir accesorios para montaje en rack estándar de 19”.
- ✓ Mínimo 02 fuentes de poder (redundancia) cada una de las fuentes debe tener la capacidad de soportar toda la carga del equipo para asegurar la disponibilidad.

3) Gabinete cerrado

El gabinete es una estructura cerrada en forma de armario útil para albergar equipos eléctricos o accesorios de conectividad. Sus dimensiones están normalizadas para permitir la compatibilidad con los equipos, independientemente de quien sea su fabricante.

El modelo de gabinete que se empleará variará de acuerdo a las funciones que tenga, de esta manera tenemos la siguiente clasificación.

- Gabinete para servidores

La prioridad en estos gabinetes es un correcto flujo de aire para ventilar los equipos que contenga y un buen ahorro de espacio.



Figura 43. Gabinete de Siemon V600.
Fuente: The Siemon Company

Las características de estos gabinetes son las siguientes:

- ✓ Pueden tener una profundidad de 1000mm o 1200mm según se escoja sin embargo el ancho siempre es de 600mm.
- ✓ Cuenta con puertas frontales y posteriores perforadas para el fluido de aire.
- ✓ Disponibilidad de 42RU, 45RU y 48RU.
- ✓ Cuenta con una tapa superior que ofrece múltiples puntos de entrada de cable, de montaje para extractores de aire y protectores tipo cepillo.
- ✓ Permiten la instalación de paneles ciegos para los espacios que no se usen, de esa manera se bloquea el pase de aire frío.

▪ Gabinete para comunicaciones

Estos son un poco más anchos que los anteriores ya que deben permitir el acople de más accesorios para la organización de los cables.



Figura 44. Gabinete de Siemon V800.

Fuente: The Siemon Company

Las características de los gabinetes para comunicaciones son las siguientes:

- ✓ Pueden tener una profundidad de 1000mm o 1200mm según se escoja sin embargo el ancho siempre es de 800mm.
- ✓ Cuenta con puertas frontales y posteriores perforadas para el fluido de aire.
- ✓ Disponibilidad de varios tamaños, incluyendo: 24RU, 42RU, 45RU y 48RU.

- ✓ Cuenta con una tapa superior que ofrece múltiples puntos de entrada de cable, de montaje para extractores de aire y protectores tipo cepillo.
 - ✓ Permiten la instalación de paneles ciegos para los espacios que no se usen, de esa manera se bloquea el pase de aire frío.
 - ✓ Permite el uso de ordenadores verticales de cable.
 - ✓ Además de ordenadores verticales, algunas marcas ofrecen más accesorios como patch panels verticales, soporte para PDU, organizadores verticales, etc.
- Gabinete de pared
- Estos gabinetes son herméticos y pequeños, por lo general los fabricantes ofrecen tamaños de hasta 24RU. Son diseñados para su montaje en pared.



Figura 45. Gabinete de pared Siemon.
Fuente: The Siemon Company

Estos gabinetes cuentan con las siguientes características:

- ✓ Son pequeños y de cierre hermético, algunos incluso cuentan con protección IP si son para exteriores.
- ✓ Algunos permiten el uso de accesorios verticales para la administración del cableado.
- ✓ Por lo general incluyen ventiladores en la parte superior para refrescar los equipos activos que puedan contener.
- ✓ La puerta frontal es de vidrio templado resistente.
- ✓ Aunque sean pequeños permiten el acople de una barra de aterramiento.

4) Distribuidor Interno Óptico (DIO)

El DIO o ODF (Optical Distribution Fiber) es básicamente una bandeja rackeable que recibe en su interior cables de fibra óptica para organizarlos y distribuirlos en forma ordenada, al mismo tiempo les ofrece protección.



Figura 46. ODF Siemon FCP3-DWR deslizable.
Fuente The Siemon Company

Los requisitos que cumple el DIO son los que siguen:

- ✓ Su tamaño no es mayor a una unidad de rack y debe poder acomodar hasta 72 Puertos LC, 36 puertos para placas adaptadoras SC, MT-RJ; o 18 puertos para placas adaptadoras ST o FC.
- ✓ Debe tener placas adaptadoras ciegas para crecimiento futuro de la infraestructura de fibra.
- ✓ Debe tener un diseño modular a través de administradores de cable internos que permiten almacenar la holgura de los cables para cumplir con los radios de curvatura de la fibra y la longitud de reserva recomendada
- ✓ Debe tener una cubierta frontal removible que pueda usarse como superficie de rotulado y para proteger los jumpers. Esta cubierta debe permitir su reubicación a otra posición durante la terminación para mantener la identificación de circuitos.
- ✓ Debe estar disponible con un mecanismo deslizable que permita al panel deslizarse hacia el frente o hacia atrás, y debe tener seguros desmontables que permitan su retiro del rack o gabinete.
- ✓ Debe incluir los confrontadores SC, paneles ciegos, bandejas internas de empale, manguitos termocontraíbles, y demás accesorios necesarios.

5) *Jumpers*

Los jumpers o patchcords de fibra óptica son cordones de fibra óptica de corta longitud, preconectorizados y prepulidos en fábrica que garantiza un acabado de alta precisión.



Figura 47. Patchcord simplex monomodo SC/APC.
Fuente: The Siemon Company

Los jumpers que usaremos para el diseño serán simplex, es decir, de una sola fibra, monomodo con conectores SC/APC, la longitud será acorde a la separación del OLT y el ODF, un mínimo de 5 metros supone una buena alternativa.

Además, los jumpers deben cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ Deberán estar disponible en longitudes estándar de 1, 2, 3 y 5 metros con longitudes a medida disponibles bajo pedido al fabricante.
- ✓ Deberán utilizar cable de fibra monomodo 9/125um LS0H 60332-3.
- ✓ Deberán ofrecer un pulido superior de conector que cumpla con las especificaciones de Telcordia e ISO/IEC para geometría de superficie (incluyendo radio de curvatura, desfase de ápice, y corte esférico).
- ✓ Deberán usar conectores y cable que cumplan con las especificaciones de código de color especificado en ANSI/TIA-568-C.3 y ANSI/TIA/EIA-598-C.
- ✓ Deberán tener disponibles versiones híbridas LC-SC.
- ✓ Deberán incluir tapas contra polvo en todos los ensambles.
- ✓ Deberán estar verificado al 100% en pruebas ópticas para cumplir un alto desempeño.

6) Pigtails

Los pigtails serán usados para empalmar la fibra óptica dentro de los DIO y las CDOI. Deberán ser monomodo con conectores SC-APC.



Figura 48. Pigtail monomodo SC/APC.
Fuente: The Siemon Company

Los pigtails deben cumplir con lo siguiente:

- ✓ Deberán ser de fibra monomodo 9/125um con chaqueta LSOH 60332-3.
- ✓ Deberán ofrecer un pulido superior de conector que cumpla con las especificaciones de Telcordia e ISO/IEC para geometría de superficie (incluyendo radio de curvatura, desfase de ápice, y corte esférico).
- ✓ Deberán usar conectores y cable que cumplan con las especificaciones de código de color especificado en ANSI/TIA-568-C.3 y ANSI/TIA/EIA-598-C.
- ✓ Deberán tener disponibles versiones híbridas LC-SC.
- ✓ Deberán incluir tapas contra polvo en todos los ensambles.
- ✓ Deberán estar verificado al 100% en pruebas ópticas para cumplir un alto desempeño.

5.2.10.2. Red de Distribución Óptica (ODN) y sus elementos

En esta parte analizaremos la distribución de elementos puramente pasivos de la red.

1) Cable de fibra óptica monomodo

Para el tendido de fibra se usará cable tight buffered indoor para distribución de 2 y 12 hilos con chaqueta LSZH color amarilla. A continuación, se da más detalle.



Figura 49. Cable de fibra óptica monomodo tight buffered indoor.
Fuente: The Siemon Company

- Cable monomodo de 2 hilos
Se optará por este cable porque el precio es casi el mismo que de un cable unifilar.
Este cable debe cumplir con lo siguiente:
 - ✓ Debe ser de 2 hilos.
 - ✓ Cada hilo de fibra debe estar codificado por colores.
 - ✓ Debe ser del tipo tight buffered para interiores.
 - ✓ Tener un forro libre de plomo, de sección transversal redonda, color amarillo, con chaqueta LSOH según norma IEC 60332-3.

- ✓ Deberá contener longitudinalmente un hilo de rasgado dentro del forro para pelar fácilmente el cable
 - ✓ Deberán tener marcada su longitud en forma incremental cada 2 pies (61 cm)
 - ✓ Características técnicas:
 - Atenuación máxima a 1310 nm: 0.4 dB/km
 - Atenuación máxima a 1550 nm: 0.3 dB/km
 - Zero Dispersión de longitud de Onda: 1312 nm \pm 10 nm
 - Índice de Refracción 1.468
- Cable monomodo de 12 hilos
- Este cable debe cumplir con lo siguiente:
- ✓ Debe ser de 12 hilos.
 - ✓ Cada hilo de fibra debe estar codificado por colores.
 - ✓ Debe ser del tipo tight buffered para interiores.
 - ✓ Tener un forro libre de plomo, de sección transversal redonda, color amarillo, con chaqueta LSOH según norma IEC 60332-3.
 - ✓ Deberá contener longitudinalmente un hilo de rasgado dentro del forro para pelar fácilmente el cable
 - ✓ Deberán tener marcada su longitud en forma incremental cada 2 pies (61 cm)
 - ✓ Características técnicas:
 - Atenuación máxima a 1310 nm: 0.4 dB/km
 - Atenuación máxima a 1550 nm: 0.3 dB/km
 - Zero Dispersión de longitud de Onda: 1312 nm \pm 10 nm
 - Índice de Refracción 1.468

2) *Splitter*

Los splitters o divisores de potencia de fibra óptica son dispositivos pasivos, es decir que no usan energía eléctrica para funcionar. Deberán permitir el ingreso de 2 fibras (una redundancia) y salida de 32.



Figura 50. Splitter Siemon tipo panel 2x32.
Fuente: The Siemon Company

Este dispositivo debe cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ La estructura debe ser metálica de 19" de ancho.
- ✓ Debe ocupar 1RU.
- ✓ Deberán permitir el ingreso de 2 fibras con conectores SC-APC (una redundancia) y salida de 32 SC-APC.
- ✓ Operación en las tres ventanas de comunicación para los estándares de redes ópticas pasivas: 1310nm, 1490nm y 1550nm.
- ✓ Disponer de alta confiabilidad.
- ✓ Tener los puertos identificados.

3) Caja de distribución óptica interna (CDOI)

Las CDOI se utilizan como un punto de terminación y derivación de fibras ópticas.



Figura 51. Caja de distribución óptica interna.
Fuente: Corporación Furukawa

Las principales características de este dispositivo, son:

- ✓ Capacidad para realizar la terminación y derivación de cables ópticos a través de empalmes por fusión o mecánicos.
- ✓ Material plástico de alto impacto color blanco.
- ✓ Capacidad para terminación de 12 fibras, en una bandeja articulada reversible.
- ✓ Debe incluir accesorio de montaje en pared.
- ✓ Debe incluir los adaptadores SC-APC y tapas ciegas.

- ✓ Permite su instalación en superficies planas: horizontales o verticales.

4) Conectores prepulidos

Son aquellos cuyo proceso de conectorización es muy rápido ya que gran parte del proceso se hace en fábrica, con lo cual sólo basta unir la fibra óptica a un extremo del conector con la ayuda de una herramienta de terminación en campo.



Figura 52. Herramienta de terminación con conector prepulido LC marca Siemon.

Fuente: The Siemon Company

Para este proyecto el tipo de conector será SC debido a que este cuenta con una mejor fijación respecto a otros conectores, además de ser ligero y económico. El tipo de pulido será SC/APC que se caracteriza porque cuenta con un pulido de la férula en un ángulo de 3 grados, lo que permite reducir el ORL (Pérdida por Retorno Óptico).

Adicionalmente, los requerimientos que el conector debe cumplir son los siguientes:

- ✓ Debe estar disponible en versiones simplex y dúplex, por el fabricante.
- ✓ El kit de terminación debe estar hecho de plástico de alta dureza con la intención de hacerlo liviano.
- ✓ El kit de terminación deberá ser útil tanto para fibra monomodo como multimodo.
- ✓ Deberá permitir un proceso rápido de terminación en campo que no requiera alimentación eléctrica.
- ✓ Debe utilizar una férula de precisión de cerámica zirconio.
- ✓ Debe estar disponible en versiones para forro externo (jacketed) y para tubo apretado (buffered).
- ✓ Debe cumplir con las siguientes especificaciones de desempeño:
 - Pérdida de Inserción (típica): 0.1 dB
 - Pérdida de Inserción (máxima): < 0.3 dB
 - Durabilidad (500 ciclos): < 0.1 dB
 - Pérdida de Retorno (mínimo): 55 dB

5) Roseta óptica

La roseta óptica es el punto terminal óptico en forma de pequeña caja que permite hacer la terminación del cable de distribución para dar lugar al jumper que conectará el ONT.



Figura 53. Roseta óptica de 2 conectores SC.
Fuente: Corporación Furukawa

En la roseta óptica se realiza el empalme mecánico con el uso del conector prepulido.

Adicionalmente, las rosetas ópticas deben cumplir lo siguientes requerimientos:

- ✓ Deberá contar con un diseño compacto.
- ✓ Capacidad para permitir que los cables entren desde la parte superior o inferior de la unidad.
- ✓ La cubierta debe ser extraíble para un fácil acceso.
- ✓ Podrá sostener hasta 2 conectores SC simplex sin necesidad de adaptador.
- ✓ Conformidad con la RoHS.
- ✓ Debe permitir el ordenamiento de fibra en su interior.

5.2.10.3. Área de trabajo ONU y sus elementos

El área de trabajo es aquella donde se encuentra el usuario haciendo uso de la red y de sus recursos. Aquí se encuentra la ONU/ONT encargada de transformar los haces de luz en impulsos eléctricos que pueden ser interpretados por los equipos ethernet.

1) ONU/ONT (Optical Network Unit/Terminal)

La ONU (en español, unidad de red óptica) es el equipo activo que convierte la señal óptica transmitida por la fibra, en señal ethernet que los dispositivos de red puedan interpretar. Los hay de distintos modelos, según el área de trabajo donde serán instalados y los dispositivos que conectarán.

En general, los requisitos que deben cumplir las ONU son los siguientes:

- ✓ Debe ser compatibles con el estándar ITU-T G.984 y sobre todo ITU-T G.987
- ✓ Soportar tasas de hasta 10Gbps para upstream y 10Gbps para downstream.
- ✓ Debe ser compatible con el equipo OLT.
- ✓ Permitir aplicaciones en sistemas IP convergentes.
- ✓ Permitir la configuración de VLAN en cada puerto.
- ✓ Contar con entrada óptica protegida.
- ✓ En cuanto a las interfaces: 1 uplink XG-PON (SC/APC) y 2 o 4 puertos Gigabit Ethernet 10/100/1000Base-T (RJ-45), la cantidad de puertos Gigabit Ethernet dependerá de los modelos que se especifiquen en adelante.
- ✓ Auto negociación de puerto Ethernet o configuración manual.
- ✓ Forward Error Correction (FEC).

El fabricante debe tener y presentar certificaciones ISO 9001 e ISO 14001, con la finalidad de garantizar alto nivel de calidad y gestión internacional en el proceso productivo de los productos ofertados, además de garantizar que dicho fabricante dispone de un sistema internacional de calidad de gestión ambiental.

Para este proyecto se usarán 4 tipos de ONT, como se detalla en el siguiente cuadro.

Tabla 7. Tipos de ONT para este proyecto.

ONT	
ONT Tipo A	ONT con puntos de red ethernet de 2 o 4 puertos.
ONT Tipo B	ONT con puntos de red ethernet de 2 o 4 puertos con PoE para cámaras, puntos de acceso, relojes, cronómetros, etc.
ONT Tipo C	ONT de 2 o 4 puertos que soporta salida ethernet y de TV.
ONT Tipo D	ONT de 2 o 4 puertos que soporta salida exclusivamente de TV.

Fuente: Consorcio Salud Loreto

- **ONT Tipo A**
Estos equipos se usarán para conectar computadores y teléfonos de usuarios.



Figura 54. ONU de 4 puertos Ethernet.

Fuente: Zhong Xing Telecommunication Equipment Company Limited

Adicional a los requisitos anteriores, este modelo de ONT debe cumplir con lo siguiente:

- ✓ Deberá contar con 2 o 4 puertos Gigabit Ethernet 10/100/1000Base-T (RJ-45).
- ✓ Diseño ergonómico y compacto.
- ✓ Función VoIP proporcionada a través de uno de los puertos, compatible con softswitch SIP, IMS SIP o H.248 protocolo de control de voz, el teléfono se podrá conectar a través de esta interfaz.

▪ ONU Tipo B (PoE)

Estos dispositivos se usarán para conectar equipos cuyo suministro eléctrico sea a través de la conexión de par trenzado como pueden ser: el punto de acceso, cámaras IP, etc.



Figura 55. ONU de 2 puertos Ethernet PoE.

Fuente: Zhong Xing Telecommunication Equipment Company Limited

Además de los requisitos generales, este modelo de ONU debe cumplir con lo siguiente:

- ✓ Deberá contar con 2 o 4 puertos Gigabit Ethernet 10/100/1000Base-T (RJ-45) compatible con Power over Ethernet (PoE), puede proporcionar potencia y conectividad de datos en un único cable Ethernet.
- ✓ Diseño ergonómico y compacto.
- ✓ Función VoIP proporcionada a través de uno de los puertos, compatible con softswitch SIP, IMS SIP o

H.248 protocolo de control de voz, el teléfono se podrá conectar a través de esta interfaz.

- ✓ Compatible con IEEE 802.3af 3,1-2003 y 802.3at-draft 3.1.
- ✓ Power Sourcing Equipment (PSE).
- ✓ Detección estándar de dispositivos PD.
- ✓ Auto negociación de modo de alimentación.

▪ **ONT Tipo C**

Estos dispositivos se usarán para conectar equipos ethernet y CCTV.



Figura 56. ONU de 4 puertos Ethernet + 1 CCTV.

Fuente: Zhong Xing Telecommunication Equipment Company Limited

Además de los requisitos generales, este modelo de ONU debe cumplir con lo siguiente:

- ✓ Deberá contar con 2 o 4 puertos Gigabit Ethernet 10/100/1000Base-T (RJ-45).
- ✓ Diseño ergonómico y compacto.
- ✓ Función VoIP proporcionada a través de uno de los puertos, compatible con softswitch SIP, IMS SIP o H.248 protocolo de control de voz, el teléfono se podrá conectar a través de esta interfaz.
- ✓ Debe contar con salida coaxial para CCTV.

▪ **ONT Tipo D**

Estos dispositivos se usarán exclusivamente para conectar televisores.

2) *Cable F/UTP categoría 6A*

Este servirá para hacer los cordones que van desde las salidas de ONT hasta los faceplates empotrados en la pared.

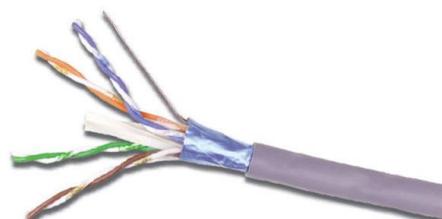


Figura 57. Cable Siemon F/UTP categoría 6A.
Fuente: The Siemon Company

Este cable debe cumplir las siguientes características:

- ✓ Cumplir los requerimientos del estándar para Categoría 6A y adendas a ISO/IEC 11801 Ed. 2.2 CLASE EA. Incluyendo los parámetros de Alien Crosstalk (ANEXT – PS ANEXT).
- ✓ Cumplir para LSOH, cumplir IEC 60332-1, IEC 60332-3-22, IEC 60754 e IEC 61034.
- ✓ El cable debe ser tipo F/UTP.
- ✓ Estará conformado por cuatro pares de conductores de par trenzado.
- ✓ Deberá tener separador interno en cruz (Cross Filled) entre los cuatro pares.
- ✓ Los conductores deben ser de cobre sólido calibre 23 AWG.
- ✓ El fabricante deberá contar con certificación ISO 9001 y 14001.

3) Conector categoría 6A

Este conector permitirá hacer el patchcord que parte desde el ONT ubicado en la caja mural hasta el faceplate empotrado en la pared.



Figura 58. Plug Siemon categoría 6A.
Fuente: The Siemon Company

Este conector tiene las siguientes características:

- ✓ Deberá ser blindado.
- ✓ Debe permitir su terminación en campo.
- ✓ Contará con un clip de color para su identificación y al mismo tiempo con un diseño anti enredos.
- ✓ Tendrá una bota en el extremo del conector para proteger el cable.
- ✓ Debe permitir su terminación con cables S/FTP y F/UTP de 23 a 26 AWG de cable sólido y 26 AWG de cables flexibles.
- ✓ Debe permitir hasta 2500 inserciones sin sufrir daño.

- ✓ Ser compatible retroactivamente con hardware y cables de menor categoría manteniendo el máximo desempeño de éstos.
- ✓ Permitir ambas opciones de terminación T568A o T568B en cada toma modular.
- ✓ Soportar PoE y PoE+.

4) Jack categoría 6A

Es el conector hembra que se acopla en el faceplate, con este se realizará la terminación del otro extremo del cable de par trenzado.



Figura 59. Jack Siemon blindado categoría 6A.
Fuente: The Siemon Company

Este conector tiene las siguientes características:

- ✓ Deberá ser blindado.
- ✓ Debe permitir su terminación en campo.
- ✓ Debe permitir su terminación con cables S/FTP y F/UTP de 23 a 26 AWG de cable sólido y 26 AWG de cables flexibles.
- ✓ Debe permitir hasta 2500 inserciones sin sufrir daño.
- ✓ Su diseño permitirá su instalación desde el frente o desde atrás del faceplate.
- ✓ Su diseño permita su montaje en el mismo faceplate en orientación plana o angulada sin necesidad de cambiar el jack ni faceplate.
- ✓ Ser compatible retroactivamente con hardware y cables de menor categoría manteniendo el máximo desempeño de éstos.
- ✓ Permitir ambas opciones de terminación T568A o T568B en cada toma modular.
- ✓ Soportar PoE y PoE+.
- ✓ Que incluya cuatro iconos diferentes para identificación de circuitos.

5) Faceplate

Los faceplates o placas frontales irán fijas en la pared y permitirán alojar los jacks.



Figura 60. Faceplate Siemon de 2 puertos.
Fuente: The Siemon Company

Los requisitos que deben cumplir son los siguientes:

- ✓ Los faceplates deben tener capacidad para alojar módulos de adaptadores RJ45.
- ✓ Deben tener porta etiquetas con protector transparente de acrílico.
- ✓ Deberán estar disponibles en configuración de uso vertical y en configuración de uso horizontal.
- ✓ Deberán estar disponibles en varios colores.
- ✓ Debe permitir la inserción del jack de categoría 6A de forma plana o angular sin necesidad de un accesorio adicional.
- ✓ Debe soportar el uso de tapas ciegas del mismo color del faceplate.

6) Patchcord de cobre

Estos cordones servirán para conectar los dispositivos de red a las tomas del faceplate. La longitud no debe ser menor a 2 metros.



Figura 61. Patchcord Siemon S/FTP categoría 6A.
Fuente: The Siemon Company

Los patchcords deben cumplir con lo siguiente:

- ✓ Cumplir con las especificaciones para componentes Categoría 6A para 10 Gb/s con un ancho de banda hasta 500MHz
- ✓ Utilizar cable multifilar S/FTP para un desempeño de transmisión óptima que elimine la diafonía exógena

(Alien Crosstalk) con un forro cilíndrico bajo en humo y libre de halógeno (LS0H)

- ✓ Ser compatible retroactivamente con categorías inferiores
- ✓ Tener contactos frontales fijos que aseguren la calidad del plug y una conexión consistente con las salidas.
- ✓ Tener una bota protectora delgada para aplicaciones de alta densidad y operación libre de enredos.
- ✓ Soportar PoE y PoE+.
- ✓ Para garantizar desconexiones no autorizadas de los patchcords en lugares críticos y que estos no puedan desconectarse sin autorización, se deberán ofrecer de manera alternativa patchcords de la misma marca que tengan seguridad y que sólo puedan ser extraídos con una llave.

5.3.FASE III: Diseño físico de la red

5.3.1. Dimensionamiento de la red

La configuración de una red XG-PON, como se ha visto en el marco teórico, tiene un alcance físico de 20Km de distancia, sin embargo; al tratarse de un edificio, este análisis no será necesario puesto que las distancias sobre las cuales va estar tendida nuestra red no son ni cercanas al máximo de 20 Km previsto para estas redes.

El dimensionamiento de la red tendrá en cuenta las siguientes premisas.

- Se llevará a cabo el diseño físico de la red para los enlaces de fibra óptica dentro del edificio.
- El tendido de la fibra dentro del edificio será a través de bandejas metálicas tipo rejilla y tubos Conduit.
- Se realizará una sectorización del Hospital, considerando lo siguiente: la capacidad por tarjeta XG-PON de la OLT, los splitter utilizados y la distribución del área de trabajo. Se tendrá puertos libres para una posible expansión de la demanda de puertos.

5.3.2. Dimensionamiento de equipos activos y pasivos

Para un adecuado dimensionamiento empezaremos por identificar la cantidad de puntos de red y coaxial que requiere el hospital en cada piso.

Tabla 8. Cuadro resumen del total de coaxial de red y coaxial por piso

Nivel	# Puntos de Red	# Puntos Coaxial
1er Piso	530	29
2do Piso	415	31
3er Piso	332	27
4to Piso	173	47
5to Piso	166	41
6to Piso	128	4
TOTAL:	1744	179

Fuente: Consorcio Salud Loreto

5.3.2.1. Cálculo de ONT y Roseta Óptica

Para determinar el número de ONT's y rosetas ópticas por cada piso, tendremos en cuenta la distribución de los equipos y el total de puntos de red y coaxial identificados en la Tabla 8. Cuadro resumen del total de coaxial de red y coaxial por piso.

1er Piso

Se ha proyectado de 2 a 4 puntos de red por cada ONT, y por cada ONT se proyectará una roseta óptica. Se distribuirá 4 tipos distintos de ONT's por todo el piso de acuerdo a los equipos que se conecten.

Tabla 9. Resumen de ONT's para el 1er Piso

ONT		SIGNIFICADO
ONT-A	49	Hace referencia a la cantidad de ONT's con puntos de red ethernet a instalar
ONT-B	117	Hace referencia a la cantidad de ONT's que soportaran puntos de red PoE(cámaras, puntos de acceso, relojes, cronómetros, etc.)
ONT-C	22	Hace referencia a la cantidad de ONT's que soportan puntos ethernet y de TV a instalar
ONT-D	3	Hace referencia a la cantidad de ONT's que soportan sólo puntos de TV a instalar
TOTAL:	191	

Fuente: Consorcio Salud Loreto

De acuerdo a la tabla anterior, tenemos 49 ONT tipo A, 117 ONT tipo B, 22 ONT tipo C y 3 ONT tipo D, que resulta 191 ONT en total, entonces se proyectará 191 rosetas ópticas.

2do Piso

Se ha proyectado también de 2 a 4 puntos de red por cada ONT, y por cada ONT se proyectará una roseta óptica. Se distribuirá 4 tipos de ONT's.

Tabla 10. Resumen de ONT's para el 2do Piso

ONT	
ONT-A	36
ONT-B	84
ONT-C	24
ONT-D	1
TOTAL:	145

Fuente: Consorcio Salud Loreto

De acuerdo a la tabla anterior, tenemos 36 ONT tipo A, 84 ONT tipo B, 24 ONT tipo C y 1 ONT tipo D, que resulta 145 ONT en total, entonces se proyectará 145 rosetas ópticas.

3er Piso

Se ha proyectado de 2 a 4 puntos de red por cada ONT, y por cada ONT se proyectará una roseta óptica. Se distribuirá 3 tipos de ONT's en este piso.

Tabla 11. Resumen de ONT's para el 3er Piso

ONT	
ONT-A	36
ONT-B	55
ONT-C	19
TOTAL:	110

Fuente: Consorcio Salud Loreto

De acuerdo a la tabla anterior, tenemos 36 ONT tipo A, 55 ONT tipo B y 19 ONT tipo C, que resulta 110 ONT en total, entonces se proyectará 110 rosetas ópticas.

4to Piso

Se ha proyectado de 2 a 4 puntos de red por cada ONT, y por cada ONT se proyectará una roseta óptica. Se distribuirá 3 tipos de ONT's en este piso.

Tabla 12. Resumen de ONT's para el 4to Piso

ONT	
ONT-A	5
ONT-B	31
ONT-C	29
TOTAL:	65

Fuente: Consorcio Salud Loreto

De acuerdo a la tabla anterior, tenemos 5 ONT tipo A, 31 ONT tipo B y 29 ONT tipo C, que resulta 65 ONT en total, entonces se proyectará 65 rosetas ópticas.

5to Piso

Se ha proyectado de 2 a 4 puntos de red por cada ONT, y por cada ONT se proyectará una roseta óptica. Se distribuirá 4 tipos de ONT's en este piso.

Tabla 13. Resumen de ONT's para el 5to Piso

ONT	
ONT-A	7
ONT-B	29
ONT-C	24
ONT-D	1
TOTAL:	61

Fuente: Consorcio Salud Loreto

De acuerdo a la tabla anterior, tenemos 7 ONT tipo A, 29 ONT tipo B, 24 ONT tipo C y 1 ONT tipo D, que resulta 61 ONT en total, entonces se proyectará 61 rosetas ópticas.

6to Piso

Se ha proyectado de 2 a 4 puntos de red por cada ONT, y por cada ONT se proyectará una roseta óptica. Se distribuirá 3 tipos de ONT's en este piso.

Tabla 14. Resumen de ONT's para el 6to Piso

ONT	
ONT-A	14
ONT-B	29
ONT-C	3
TOTAL:	46

Fuente: Consorcio Salud Loreto

De acuerdo a la tabla anterior, tenemos 14 ONT tipo A, 29 ONT tipo B y 3 ONT tipo C, que resulta 46 ONT en total, entonces se proyectará 46 rosetas ópticas.

Resumen: ONT's y Rosetas ópticas

En conclusión, en la Tabla 15. Cantidad total de ONT's y Rosetas ópticas detallamos la cantidad total de ONT y Rosetas ópticas para el hospital.

Tabla 15. Cantidad total de ONT's y Rosetas ópticas

N°	Descripción	Cantidad
1	ONT-A	147
2	ONT-B	345
3	ONT-C	121
4	ONT-D	5
5	Rosetas ópticas	618

Fuente: Consorcio Salud Loreto

5.3.2.2. Cálculo de Cajas de Distribución Óptica Interna. (CDOI)

Una vez conocido el número de ONT's para el edificio vamos a proyectar la cantidad de CDOI necesarias tomando en cuenta que cada CDOI atenderá como máximo a 12 ONT's.

Para realizar un buen cálculo se trabajará nuevamente por niveles de piso.

1er Piso

En la siguiente figura se muestra un esquema del primer piso del edificio dividido por áreas, cada área será atendida por una única CDOI que a su vez será atendida por uno de los splitters asignados para el piso (representado con una letra mayúscula).

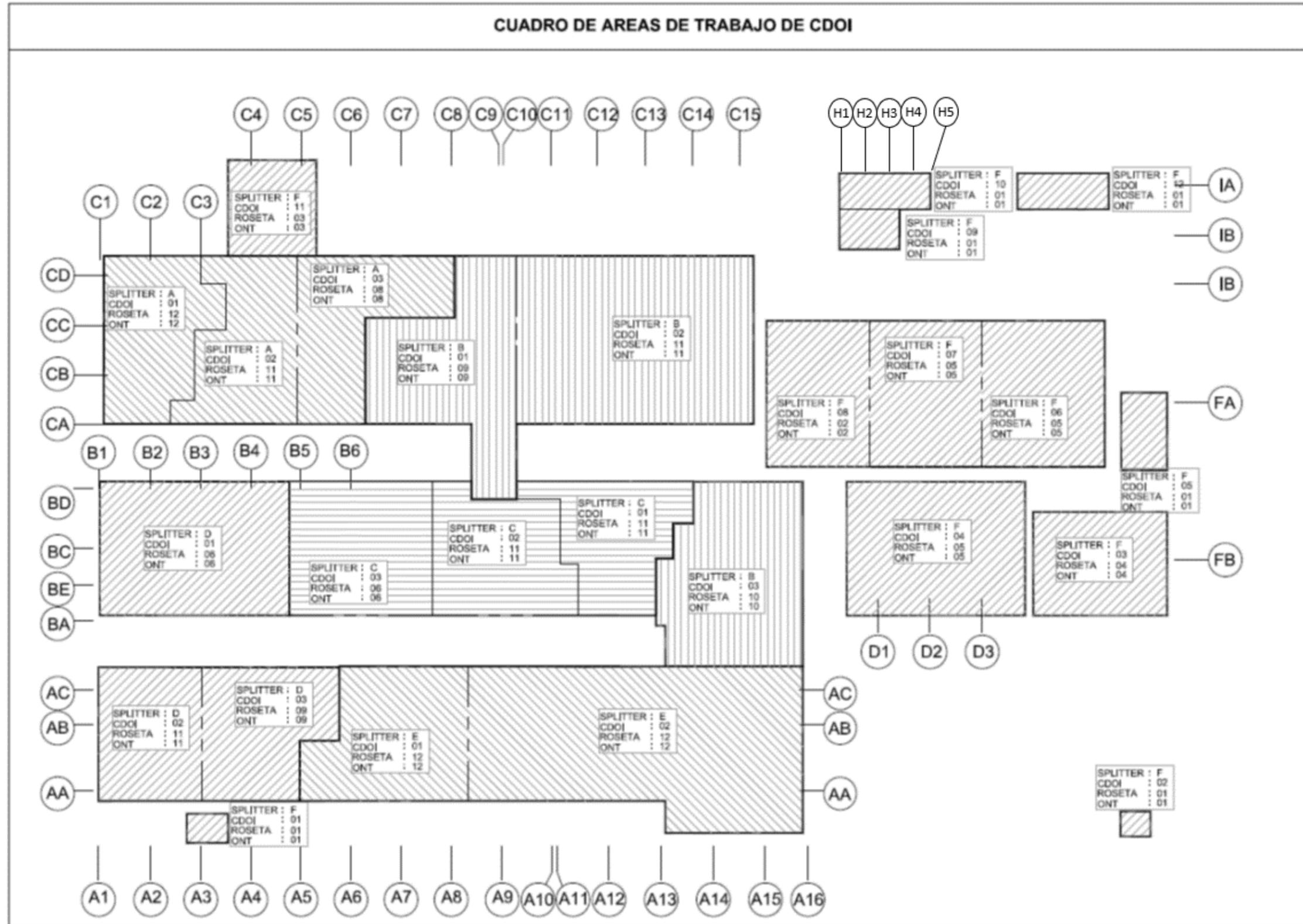


Figura 62. Esquema del 1er Piso dividido por área de trabajo de CDOI.
Fuente: Consorcio Saludo Loreto

En la figura anterior podemos ver el 1er piso del hospital dividido en áreas, y para cada área: el splitter asignado, el CDOI asignado, el número de rosetas y el número de ONT's.

Por ejemplo:

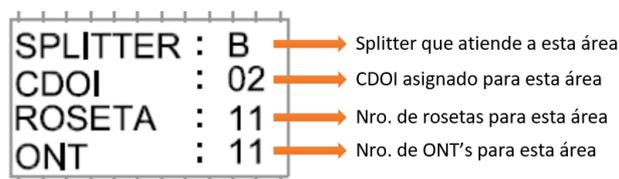


Figura 63. Ejemplo de CDOI asignado por área.

De acuerdo al esquema de piso, se detalla el siguiente cuadro con el resumen de CDOI por piso.

Tabla 16. Resumen de CDOI para el 1er Piso

CDOI	# Rosetas	# ONT	ONT-A	ONT-B	ONT-C	ONT-D
A01	12	12	2	10		
A02	11	11	4	7		
A03	8	8	4	4		
B01	9	9	3	6		
B02	11	11	2	9		
B03	10	10	2	8		
C01	11	11	5	6		
C02	11	11	5	6		
C03	6	6	1	5		
D01	6	6	1	5		
D02	11	11	3	8		
D03	9	9	3	6		
E01	12	12	7	5		
E02	12	12	3	9		
F01	1	1		1		
F02	1	1		1		
F03	4	4		3		1
F04	5	5		4	1	
F05	1	1		1		
F06	5	5	1	4		
F07	5	5	2	3		
F08	2	2	1	1		
F09	1	1		1		
F10	1	1		1		
F11	3	3		2	1	
F12	1	1		1		
G01	11	11			10	1
G02	11	11			10	1
28	191	191	49	117	22	3

Fuente: Consorcio Salud Loreto

De acuerdo a la tabla anterior, determinamos que se proyectará 28 CDOI para el primer piso.

2do Piso

De la misma forma se muestra un esquema del segundo piso del edificio dividido por áreas, cada área será atendida por una única CDOI que a su vez será atendida por uno de los splitters asignados para el piso (representado con una letra mayúscula).

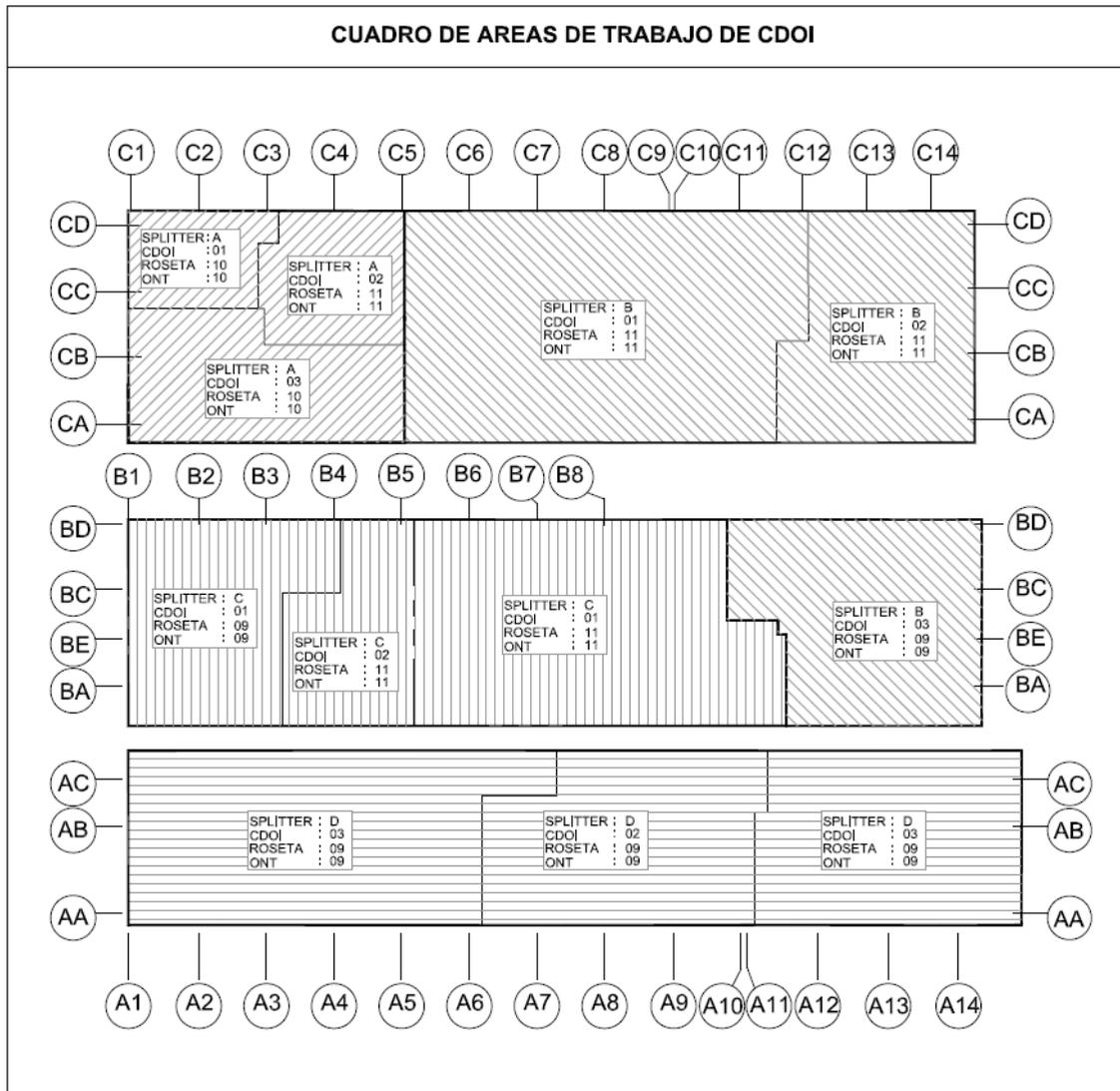


Figura 64. Esquema del 2do Piso dividido por área de trabajo de CDOI.
Fuente: Consorcio Saludo Loreto

De acuerdo al esquema de piso, se detalla el siguiente cuadro con el resumen de CDOI por piso.

Tabla 17. Resumen de CDOI para el 2do Piso

CDOI	# Rosetas	# ONT's	ONT-A	ONT-B	ONT-C	ONT-D
A01	10	10	7	3		

A02	11	11		11		
A03	10	10	10			
B01	11	11	3	8		
B02	11	11	3	8		
B03	9	9	3	6		
C01	11	11	1	10		
C02	11	11	5	6		
C03	9	9	3	6		
D01	8	8		8		
D02	9	9	1	8		
D03	13	13		9	3	1
E01	11	11			11	
E02	11	11		1	10	
14	145	145	36	84	24	1

Fuente: Consorcio Salud Loreto

De acuerdo a la tabla anterior, determinamos que se proyectará 14 CDOI para el segundo piso

3er Piso

Se muestra un esquema del tercer piso del edificio dividido por áreas, cada área será atendida por una única CDOI que a su vez será atendida por uno de los splitters asignados para el piso (representado con una letra mayúscula).

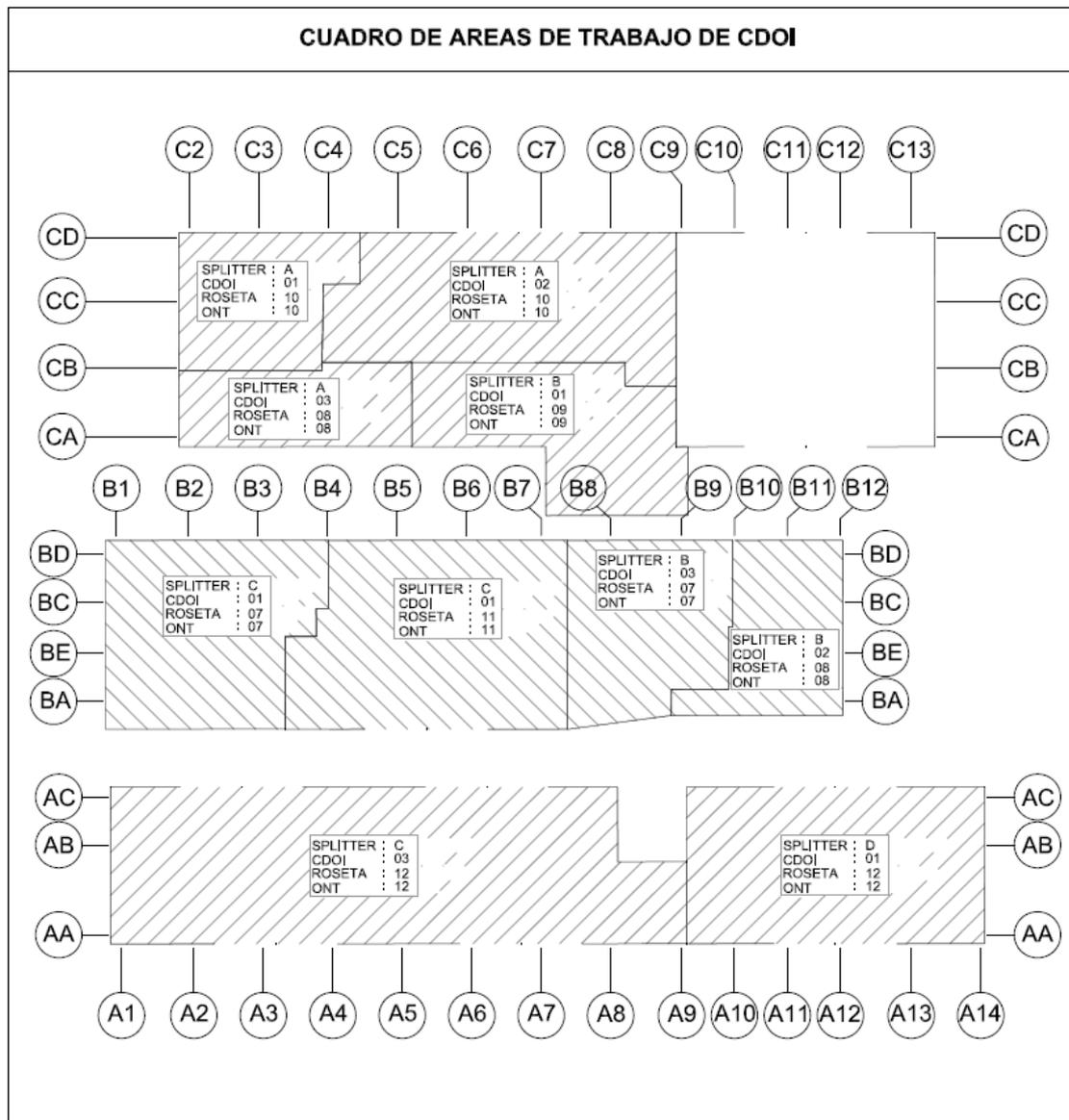


Figura 65. Esquema del 3er Piso dividido por área de trabajo de CDOI.
Fuente: Consorcio Saludo Loreto

De acuerdo al esquema de piso, se detalla el siguiente cuadro con el resumen de CDOI por piso.

Tabla 18. Resumen de CDOI para el 3er Piso

CDOI	# Rosetas	# ONT's	ONT-A	ONT-B	ONT-C	ONT-D
A01	10	10	6	4		
A02	10	10	4	6		
A03	8	8	5	3		
B01	8	8	2	6		
B02	7	7	2	5		
B03	8	8	4	4		
C01	11	11	4	7		
C02	9	9	5	4		
C03	12	12	2	10		

D01	8	8	2	6		
D02	7	7			7	
D03	12	12			12	
12	110	110	36	55	19	0

Fuente: Consorcio Salud Loreto

De acuerdo a la tabla anterior, determinamos que se proyectará 12 CDOI para el tercer piso.

4to Piso

Se muestra un esquema del cuarto piso del edificio dividido por áreas, cada área será atendida por una única CDOI que a su vez será atendida por uno de los splitters asignados para el piso (representado con una letra mayúscula).

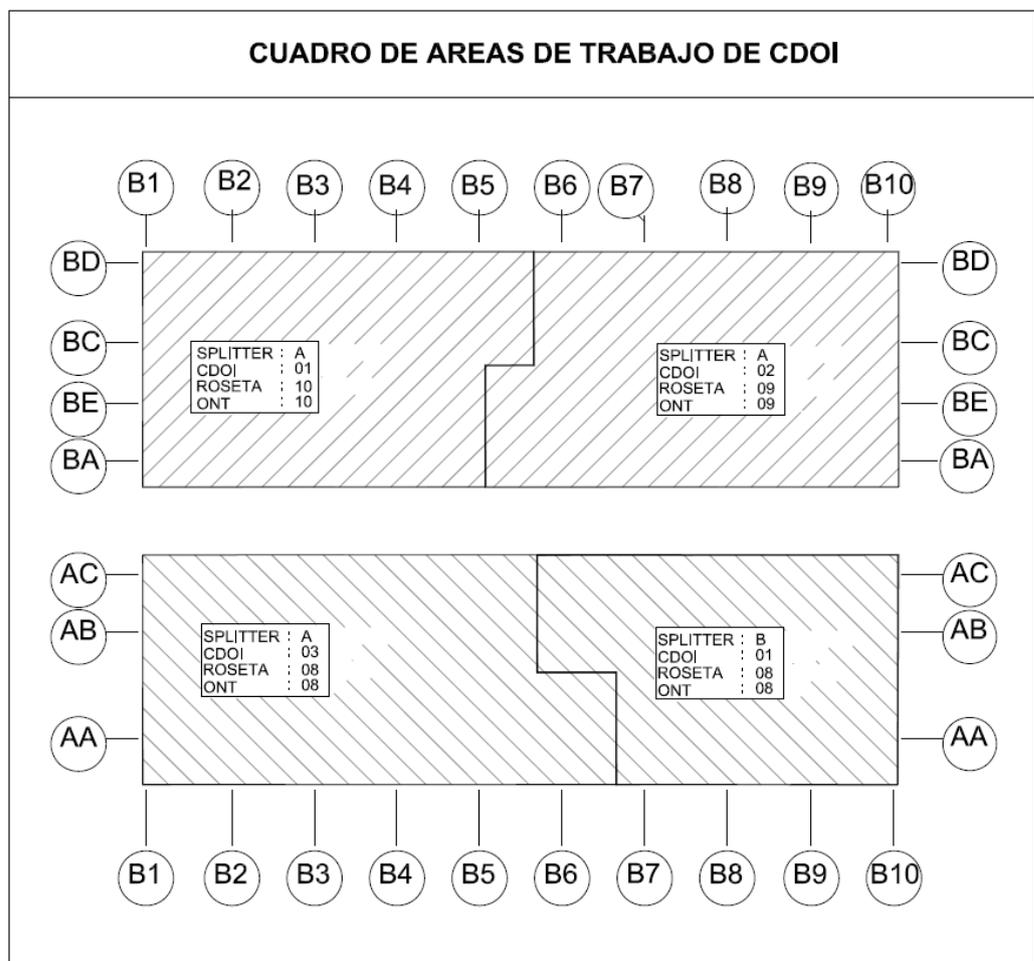


Figura 66. Esquema del 4to Piso dividido por área de trabajo de CDOI.

Fuente: Consorcio Salud Loreto

De acuerdo al esquema de piso, se detalla el siguiente cuadro con el resumen de CDOI por piso.

Tabla 19. Resumen de CDOI para el 4to Piso

CDOI	# Rosetas	# ONT's	ONT-A	ONT-B	ONT-C	ONT-D
A01	10	10	1	9		
A02	9	9	1	8		
A03	8	8	2	6		
B01	9	9	1	8		
C01	10	10			10	
C02	9	9			9	
C03	10	10			10	
7	65	65	5	31	29	0

Fuente: Consorcio Salud Loreto

De acuerdo a la tabla anterior, determinamos que se proyectará 7 CDOI para el cuarto piso.

5to Piso

Se muestra un esquema del quinto piso del edificio dividido por áreas, cada área será atendida por una única CDOI que a su vez será atendida por uno de los splitters asignados para el piso (representado con una letra mayúscula).

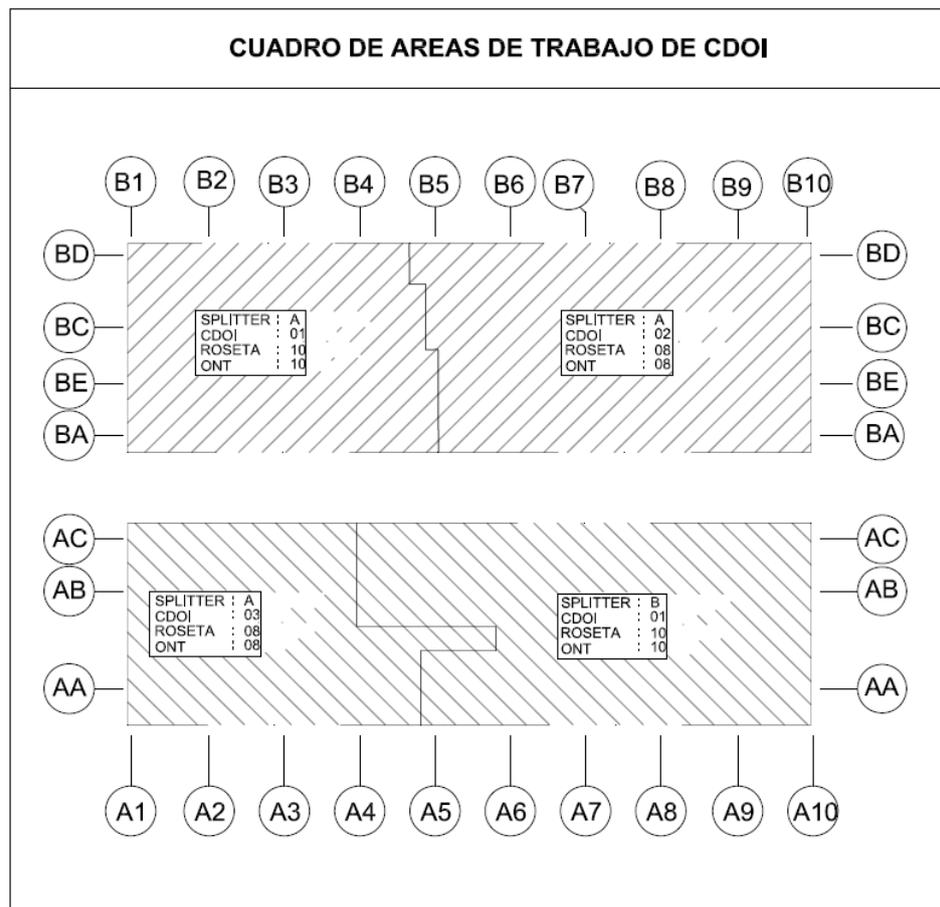


Figura 67. Esquema del 5to Piso dividido por área de trabajo de CDOI.

Fuente: Consorcio Salud Loreto

De acuerdo al esquema de piso, se detalla el siguiente cuadro con el resumen de CDOI por piso.

Tabla 20. Resumen de CDOI para el 5to Piso

CDOI	# Rosetas	# ONT's	ONT-A	ONT-B	ONT-C	ONT-D
A01	10	10	2	8		
A02	8	8	1	7		
A03	8	8	1	7		
B01	10	10	3	7		
C01	8	8			8	
C02	7	7			7	
C03	10	10			9	1
7	61	61	7	29	24	1

Fuente: Consorcio Salud Loreto

De acuerdo a la tabla anterior, determinamos que se proyectará 7 CDOI para el quinto piso.

6to Piso

Se muestra un esquema del sexto piso del edificio dividido por áreas, cada área será atendida por una única CDOI que a su vez será atendida por uno de los splitters asignados para el piso (representado con una letra mayúscula).

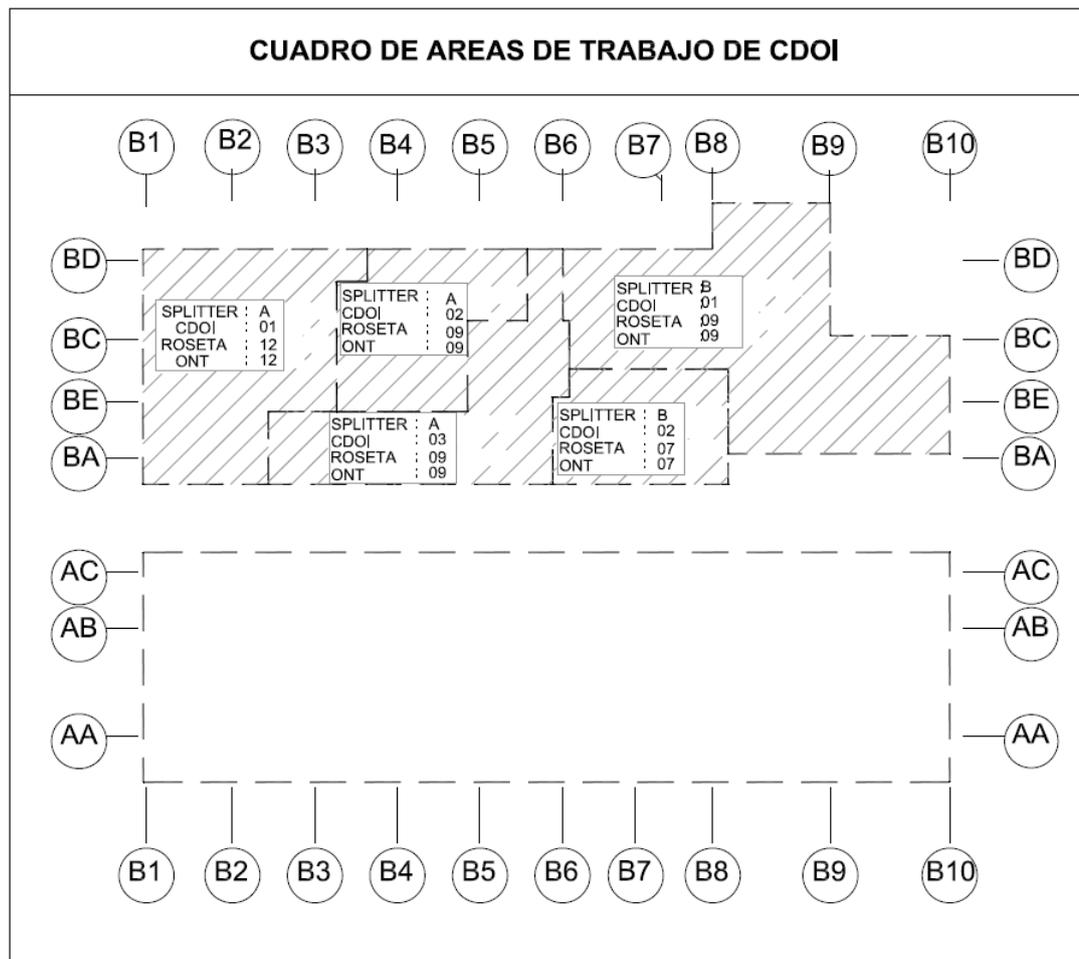


Figura 68. Esquema del 6to Piso dividido por área de trabajo de CDOI.
Fuente: Consorcio Salud Loreto

De acuerdo al esquema de piso, se detalla el siguiente cuadro con el resumen de CDOI por piso.

Tabla 21. Resumen de CDOI para el 6to Piso

CDOI	# Rosetas	# ONT's	ONT-A	ONT-B	ONT-C	ONT-D
A01	12	12	2	7	3	
A02	9	9	2	7		
A03	9	9	3	6		
B01	9	9	3	6		
B02	7	7	4	3		
5	46	46	14	29	3	0

Fuente: Consorcio Salud Loreto

De acuerdo a la tabla anterior, determinamos que se proyectará 5 CDOI para el sexto piso.

Resumen: Cajas de Distribución Óptica Interna (CDOI)

En conclusión, en la Tabla 22. Cantidad total de CDOI, detallamos la cantidad total de Cajas de Distribución Óptica Interna (CDOI) para el hospital.

Tabla 22. Cantidad total de CDOI

N°	Descripción	Cantidad
1	CDOI	73

Fuente: Consorcio Salud Loreto

5.3.2.3. Cálculo de Splitters

Para el dimensionamiento de splitters fue necesario obtener el número de CDOI y ONT requeridos.

La ubicación de los splitters será en un cuarto de comunicación por piso, cada splitter será del tipo 2x32 los cuales podrán atender hasta 3 CDOI (cada uno recibirá de 10 a 12 hilos), analizando los cálculos de CDOI y ONT obtenemos los siguientes cuadros de distribución de splitters.

1er Piso

Tabla 23. Resumen de splitters para el 1er Piso

Splitter 2X32	CDOI	# Rosetas	# ONT's
A	A01	12	12
	A02	11	11
	A03	8	8
B	B01	9	9
	B02	11	11
	B03	10	10
C	C01	11	11
	C02	11	11
	C03	6	6
D	D01	6	6
	D02	11	11
	D03	9	9
E	E01	12	12
	E02	12	12
F	F01	1	1
	F02	1	1
	F03	4	4
	F04	5	5
	F05	1	1
	F06	5	5
	F07	5	5
	F08	2	2
	F09	1	1
	F10	1	1

	F11	3	3
	F12	1	1
G	G01	11	11
	G02	11	11
7	28	191	191

Fuente: Consorcio Salud Loreto

2do Piso

Tabla 24. Resumen de splitters para el 2do Piso

Splitter 2X32	CDOI	# Rosetas	# ONT's
A	A01	10	10
	A02	11	11
	A03	10	10
B	B01	11	11
	B02	11	11
	B03	9	9
C	C01	11	11
	C02	11	11
	C03	9	9
D	D01	8	8
	D02	9	9
	D03	13	13
E	E01	11	11
	E02	11	11
5	14	145	145

Fuente: Consorcio Salud Loreto

3er Piso

Tabla 25. Resumen de splitters para el 3er Piso

Splitter 2X32	CDOI	# Rosetas	# ONT's
A	A01	10	10
	A02	10	10
	A03	8	8
B	B01	8	8
	B02	7	7
	B03	8	8
C	C01	11	11
	C02	9	9
	C03	12	12
D	D01	8	8
	D02	7	7
	D03	12	12
4	12	110	110

Fuente: Consorcio Salud Loreto

4to Piso

Tabla 26. Resumen de splitters para el 4to Piso

Splitter 2X32	CDOI	# Rosetas	# ONT's
A	A01	10	10
	A02	9	9
	A03	8	8
B	B01	9	9
C	C01	10	10
	C02	9	9
	C03	10	10
3	7	65	65

Fuente: Consorcio Salud Loreto

5to Piso

Tabla 27. Resumen de splitters para el 5to Piso

Splitter 2X32	CDOI	# Rosetas	# ONT's
A	A01	10	10
	A02	8	8
	A03	8	8
B	B01	10	10
C	C01	8	8
	C02	7	7
	C03	10	10
3	7	61	61

Fuente: Consorcio Salud Loreto

6to Piso

Tabla 28. Resumen de splitters para el 6to Piso

Splitter 2X32	CDOI	# Rosetas	# ONT's
A	A01	12	12
	A02	9	9
	A03	9	9
B	B01	9	9
	B02	7	7
2	5	46	46

Fuente: Consorcio Salud Loreto

Resumen: Splitters

En conclusión, en la Tabla 29. Cantidad total de Splitters, detallamos la cantidad total de Splitters para el hospital.

Tabla 29. Cantidad total de Splitters

N°	Descripción	Cantidad
1	Splitters 2x32	24

Fuente: Consorcio Salud Loreto

De acuerdo a la Tabla 29. Cantidad total de Splitters se detalla un total de 24 splitters 2x32 para el Hospital de Iquitos.

5.3.2.4. Cálculo de ODF o DIO (Distribuidor Interno Óptico)

Para proyectar la cantidad de ODF's también llamado Distribuidor Interno Óptico (DIO) fue necesario obtener el número total de splitters por gabinete de comunicaciones en cada piso.

La ubicación de los DIO será también en los cuartos de comunicación de cada piso, se tendrá por cada gabinete un DIO de entrada con su respectiva redundancia y además un DIO de reflejo por cada splitter.

Para el Data Center se requerirá un DIO por cada piso más su redundancia.

Analizando los cálculos del Splitters, CDOI y ONT obtenemos en el siguiente cuadro.

Tabla 30. Cantidad total de DIO

Nivel	# Splitters 2x32	# DIO
1er Piso	7	9
2do Piso	5	7
3er Piso	4	6
4to Piso	3	5
5to Piso	3	5
6to Piso	2	4
Data Center	0	12
TOTAL:	24	48

Elaboración: Autor

De acuerdo al cuadro anterior, se detalla un total de 48 DIO para el Hospital Iquitos.

5.3.3. Diseño vertical de la red XG-PON en el Hospital Iquitos

En la siguiente figura se muestra el tendido vertical de la red por todo el edificio empezando por el Cuarto de Proveedor de Servicios ubicado en el 1er piso, continuando luego con el data center en el 3er piso del cual parten las conexiones con fibra de 12 hilos hacia los Cuartos de Comunicaciones de cada piso, para luego distribuir fibra a las CDOI de las áreas de trabajo, estas se conectarán con las rosetas ópticas y luego con los ONT a través jumpers de fibra óptica. Finalmente, los ONT conectarán a los equipos de red con patchcords de cobre categoría 6A.

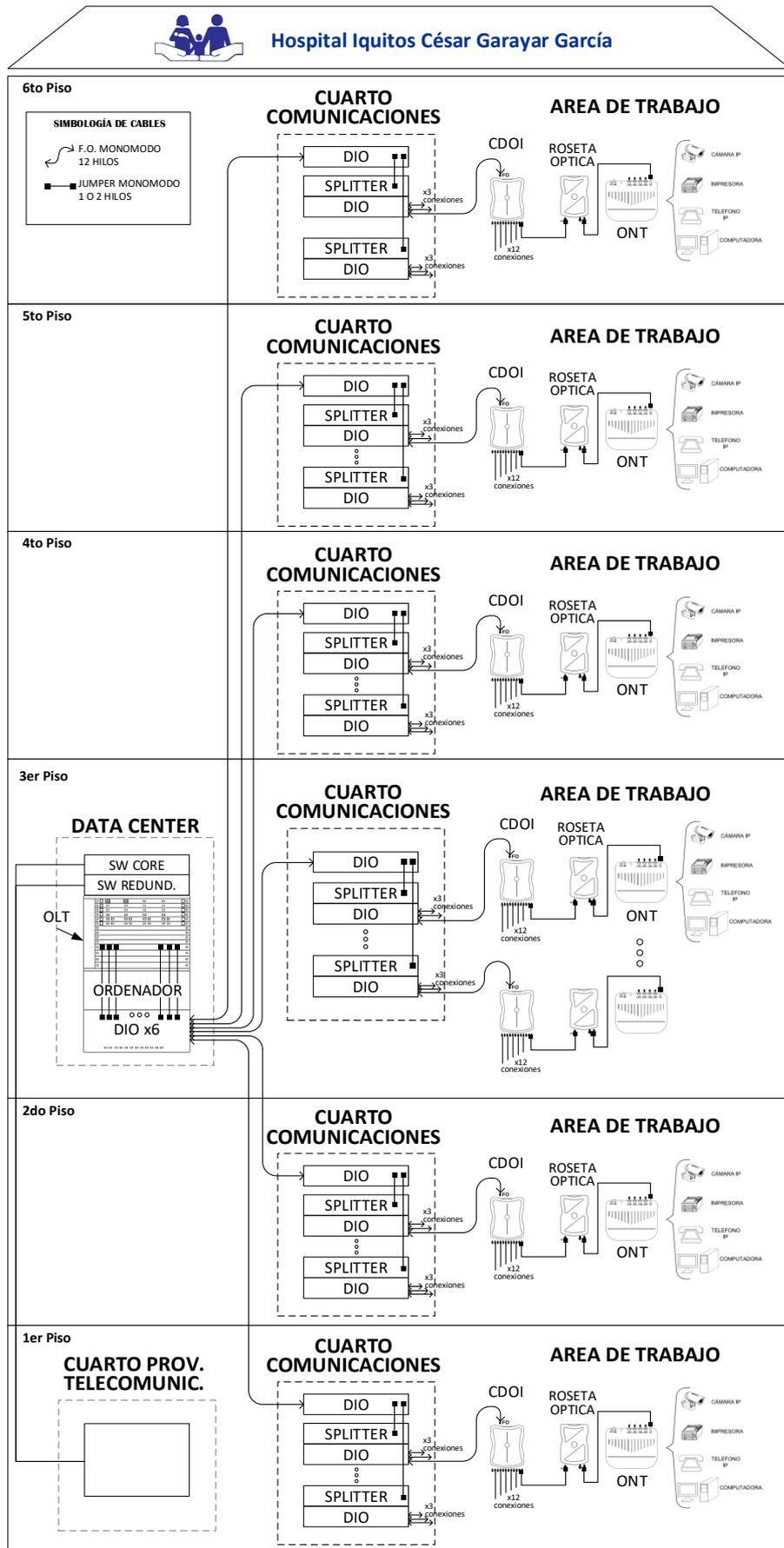


Figura 69. Diseño vertical de la red XG-PON en el Hospital Iquitos.
Elaboración: Autor.

5.3.4. Piso principal para la red en el hospital

La sala principal de la red se ubicará en el 3er piso del edificio por lo que este será nuestro piso principal.

En la siguiente imagen tenemos una visión superior de todo el 3er piso, el área de gestión de la información se encuentra sombreada.

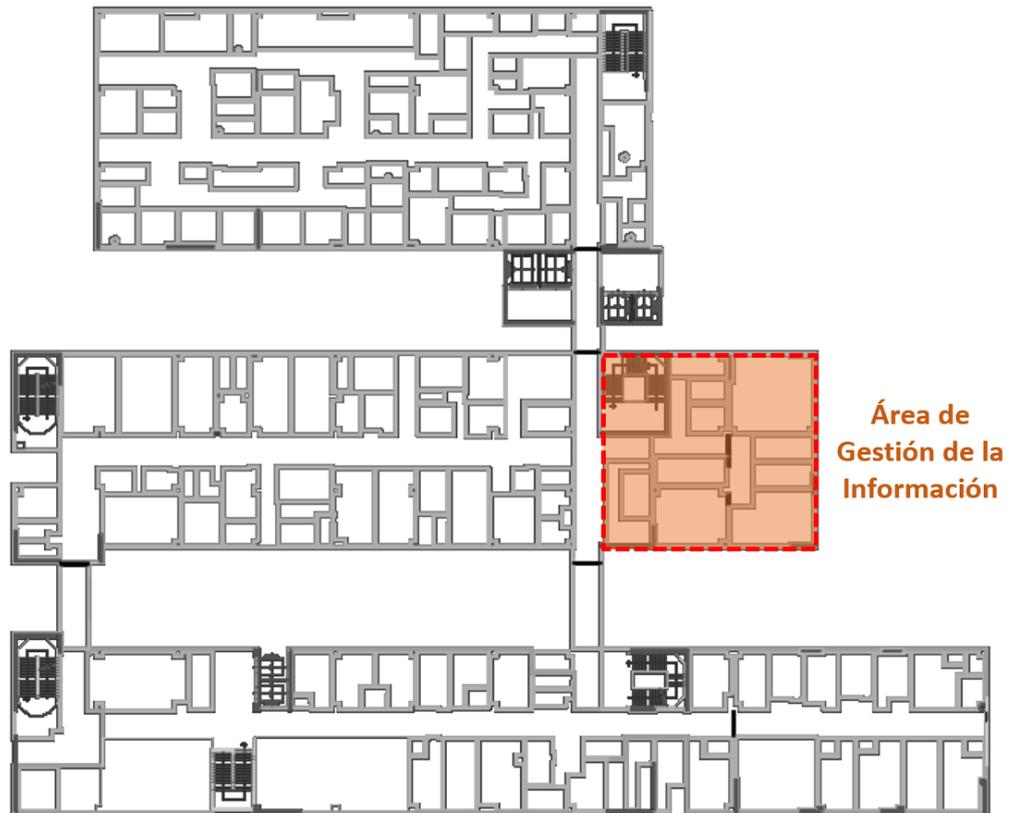


Figura 70. Vista superior del 3er piso del Hospital Iquitos César Garayar García.
Fuente: Consorcio Salud Loreto

Al tratarse de un espacio extenso, vamos a revisar el piso por áreas de especialización, de manera que tenemos las siguientes:

- Unidad de cuidados intensivos
- Hospitalización pediátrica
- Gestión de la información
- Consulta externa
- Corredores 1, 2 y 3

En la siguiente figura se muestra la ubicación de cada una de estas áreas de especialización en el plano del 3er piso.

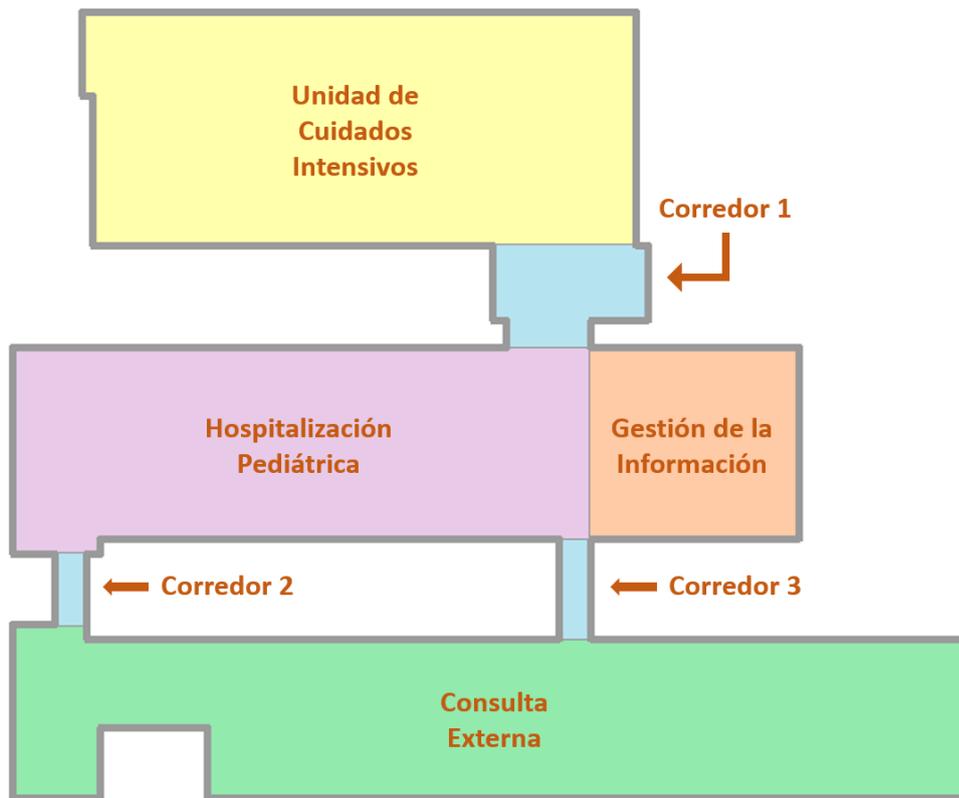


Figura 71. 3er piso del Hospital Iquitos dividido en áreas de especialización.
Elaboración: Autor

Para visualizar los planos técnicos de cada área, favor de consultar los siguientes anexos.

Tabla 31. Planos técnicos correspondientes al 3er piso del hospital

Área	Anexo
Unidad de cuidados intensivos	Anexo 1
Hospitalización pediátrica	Anexo 2
Gestión de la información	Anexo 3
Consulta externa	Anexo 4

5.3.5. Cableado en las instalaciones

5.3.5.1. *Red troncal*

La función del cableado vertical es brindar conexión entre los cuartos de telecomunicaciones y el centro de datos, y entre el centro de datos y el cuarto de proveedor de servicios.

Todas las conexiones entre la instalación del proveedor de servicios, los switches core (principal y redundante, ubicado en los gabinetes de comunicaciones del centro de datos), el OLT (ubicado en el gabinete principal del centro de datos) y los splitters (ubicados en el gabinete del cuarto de telecomunicaciones de cada piso, G.COM-P#-0#) se realizarán con fibra óptica monomodo de dos hilos.

Para todo el cableado troncal, incluyendo el empleado dentro del centro de datos, se debe utilizar soluciones en fibra óptica que permitan velocidades iniciales a 10 Gbps y soporten transmisiones futuras a 40/100 Gbps. Este cableado debe ser redundante de acuerdo a la canalización troncal diseñada, y debe contar con una garantía certificada de por lo menos 15 años.

La estructura para el tendido del cableado vertical por todo el edificio estará compuesta por bandejas metálicas tipo rejilla en los tramos cuya instalación discurre por el techo, adosados y sujetos con canal unistrut y abrazaderas; y mediante canalización con tubo rígido conduit HFT en los tramos cuya instalación discurre en las verticales, irán empotradas en pared.

La conexión entre el gabinete de comunicaciones principal GP-P3-01 con cada gabinete de servidores GS-P3-XX dentro del Centro de datos, estará compuesto por una conexión en fibra óptica de 50/125µm multimodo OM4 con redundancia.

5.3.5.2. *Red horizontal*

La distribución horizontal es la parte del cableado de comunicaciones que parte del gabinete de distribución o gabinete de telecomunicaciones ubicado en los cuartos de telecomunicaciones, conectando los splitters con las CDOI's de cada área, los CDOI's con las rosetas ópticas y las rosetas con los ONT's de las áreas de trabajo.

El cableado de distribución horizontal debe seguir una topología del tipo "estrella", teniendo como centro los cuartos de telecomunicaciones. Además, contará con velocidades de transmisión de hasta 10 Gbps.

Cada piso será dividido en áreas compuestas por un máximo de 12 ONT's cada una. Cada splitter alimentará 3 áreas en promedio, teniendo en cuenta que no se deberá superar un máximo de 32 ONT's por splitter. Cada área tendrá un CDOI, es decir cada splitter conectará 3 CDOI's mediante cables de fibra óptica monomodo de 12 hilos. Cada CDOI conectará todas las rosetas del sector mediante cable de fibra óptica

monomodo de 2 hilos. Cada roseta se conectará a su respectiva ONT mediante jumper de fibra óptica monomodo de 1 hilo.

Todos los componentes utilizados en el cableado de par trenzado deben de ser de la misma categoría y se debe contar con una garantía certificada de por lo menos de 15 años, debe ser cableado F/UTP LSZH categoría 6A que una el módulo de intercomunicación con la ONT.

La canalización horizontal del cableado estructurado debe tener las siguientes características:

- Desde los Cuartos de telecomunicaciones y por zonas con falso cielo raso la canalización se realizará con el uso de Bandejas Porta Cables del tipo malla de acero.
- Las derivaciones empotradas en pisos, paredes se realizan con tubería PVC pesada. Cada tubo debe ser instalado con un alambre galvanizado de guía.
- El punto terminal de la canalización horizontal, se debe realizar con el uso de cajas metálicas de fierro galvanizado del tipo pesado,
- Para la conexión entre la bandeja porta cables y la canalización adosada se usarán tuberías Conduit HFT.
- En todos los cruces con tuberías que transporten líquidos, siempre que sea posible la bandeja debe pasar sobre los mismos, a una distancia mínima de 100mm.
- Se evitará el paso de bandejas por debajo de cajas colectoras de cualquier instalación que transporte líquidos.
- Los ONT se instalarán según las indicaciones de las cantidades de puntos por zona de trabajo.

Podemos visualizar el esquema de la red troncal y horizontal en la [Figura 69](#). Diseño vertical de la red XG-PON en el Hospital Iquitos. del apartado [5.3.3 Diseño vertical de la red XG-PON en el Hospital Iquitos](#).

Para visualizar el tendido en el piso principal de la red, consultar los Anexos 1, 2, 3 y 4, ubicados al final del informe.

Tabla 32. Planos técnicos correspondientes al 3er piso del hospital

Área	Anexo
Unidad de cuidados intensivos – 3er piso	Anexo 1
Hospitalización pediátrica – 3er piso	Anexo 2
Gestión de la información – 3er piso	Anexo 3
Consulta externa – 3er piso	Anexo 4

5.3.5.3. Área de trabajo

Las áreas de trabajo incluyen los cordones de interconexión (patchcords), que se utilizan para la conexión de los equipos de la red. La distancia máxima del cable F/UTP LSZH categoría 6A será de 20 m, medida desde la ONT hasta los equipos finales tales como relojes, ordenadores, cámaras, etc.

La salida convencional en una estación de trabajo, consta de 2 conectores categorías 6A, uno destinado para la conexión de un equipo de cómputo y otro para la conexión de un equipo telefónico, tiene los siguientes componentes:

- 01 cable patchcord categoría 6A de 1 solo plug con longitud máxima de 17 metros, puede ser confeccionado en campo.
- 01 faceplate, con adaptador de 45° para salida de dos (02) conectores para categoría 6A, la instalación del adaptador debe permitir que los conectores categoría 6A tengan salida orientada al piso.
- 02 jacks para categoría 6A blindado.
- 02 patchcords categoría 6A - RJ45 de 3 metros, hechos de fábrica.

La salida simple, consta de 1 conector categoría 6A, destinado para la conexión de un equipo de cómputo o un equipo telefónico:

- 01 cable patchcord categoría 6A de 1 solo plug con longitud máxima de 17 metros, puede ser confeccionado en campo.
- 01 faceplate, con salida de un (01) conector para categoría 6A.
- 01 jack para categoría 6A blindado.
- 01 patchcord categoría 6A - RJ45 de 3 metros, hecho de fábrica.

En caso de salidas coaxiales para TV, estas serán mediante una tapa de salida tipo gang.

En el caso de salidas para los demás equipos como cámaras, registros de presencia, etc. será mediante las cajas de pase de cada equipo usando un patchcord categoría 6A.

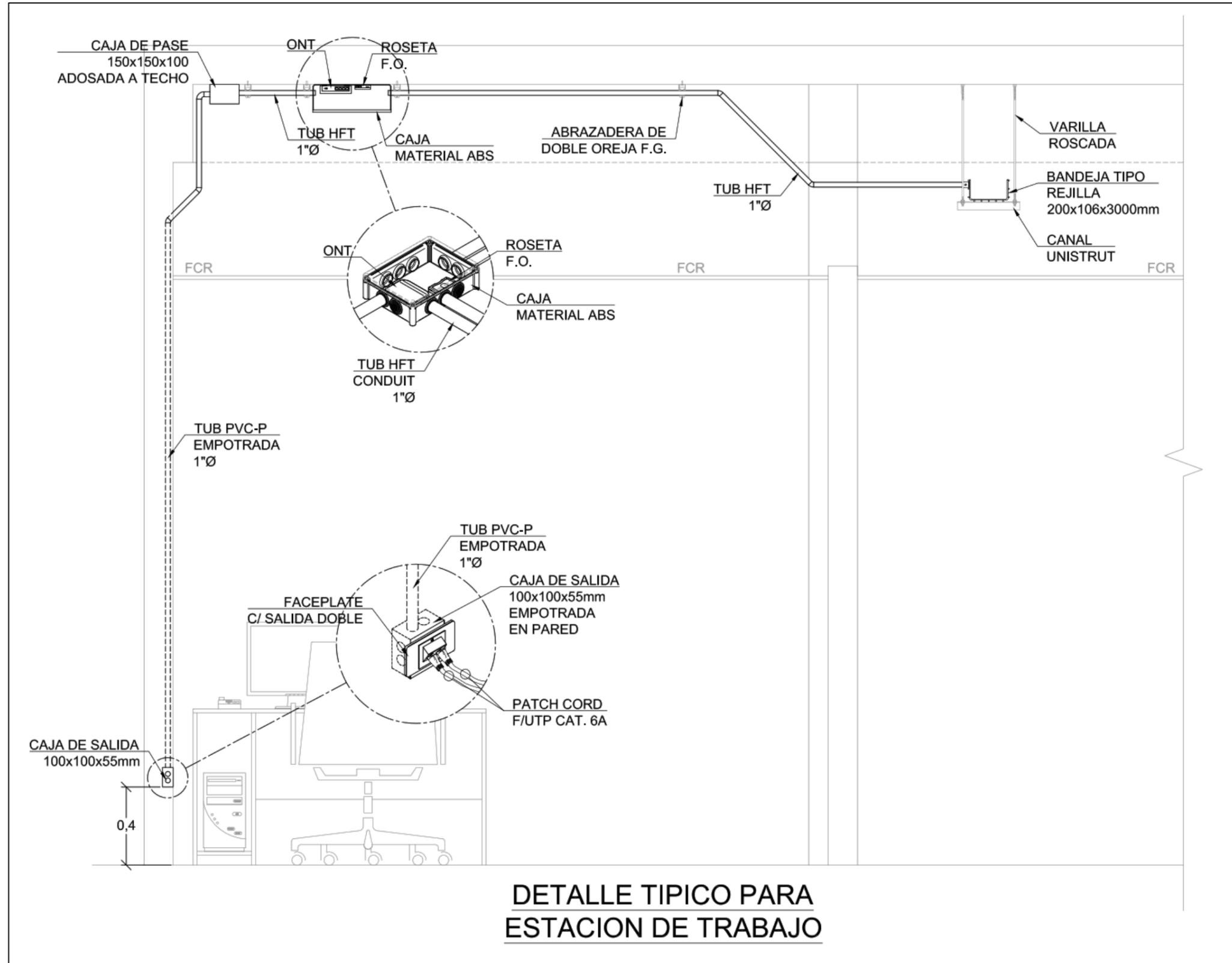


Figura 72. Esquema de la estación de trabajo.
Fuente: Consorcio Salud Loreto

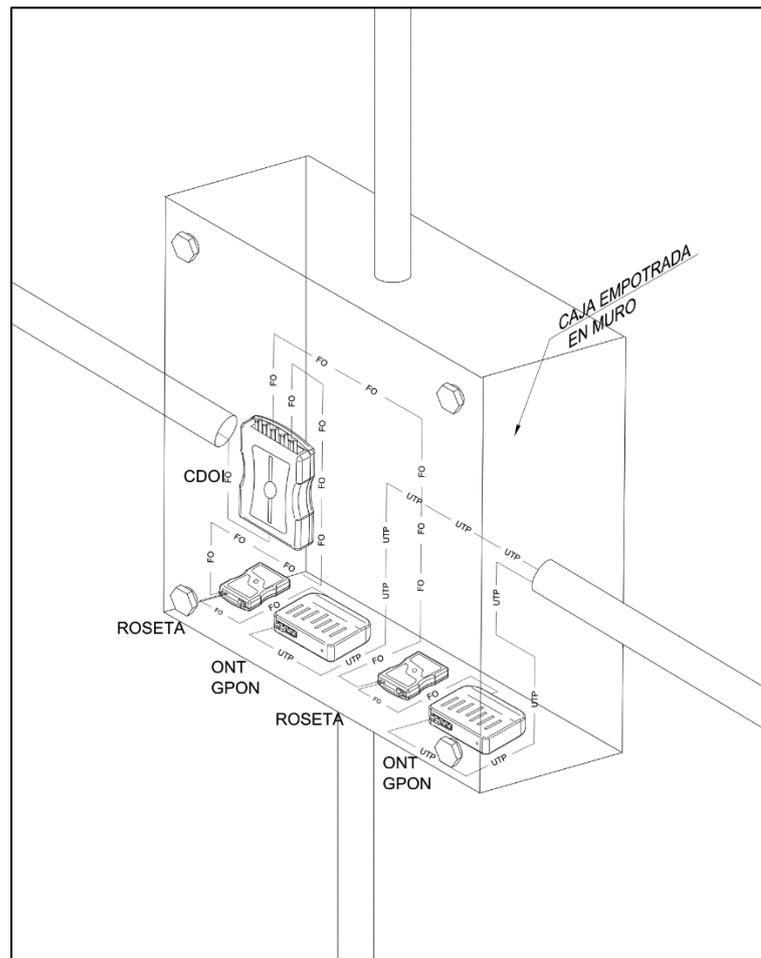


Figura 73. Esquema de la caja empotrada en muro.
Fuente: Consorcio Salud Loreto

5.3.6. Descripción de los ambientes y distribución de gabinetes

5.3.6.1. Cuarto de ingreso de Servicios de Telecomunicaciones (CPS-P1-01)

El Cuarto de Ingreso de Servicios de Telecomunicaciones o simplemente Cuarto del Proveedor de Servicios (CPS) Constituye el punto demarcatorio entre el cableado del proveedor de servicios de telecomunicaciones y el cableado estructurado del establecimiento de salud.

Estará ubicado en el primer nivel del edificio, entre los ejes H3, H4 y IA (ver Figura 62. Esquema del 1er Piso dividido por área de trabajo de CDOI) y contiene los equipos activos necesarios para el ingreso de los servicios de telecomunicación.

Consideraciones de arquitectura:

- Área interior de 4.28 m².
- El ambiente debe contar con piso de cemento pulido.

- Paredes pintadas con pintura mate a base de resina 100% acrílica.
- El ambiente no debe contar con falso cielo raso.
- Sin cruce de tuberías de agua y desagüe u otro líquido.
- La puerta de ingreso al ambiente debe ser de 1.00 m con sentido de apertura hacia afuera y altura mínima de 2.00 m.

Consideraciones eléctricas:

- El ambiente debe contar con dos tomacorrientes bipolares dobles del sistema eléctrico ininterrumpido y estabilizado.
- El ambiente debe contar con un tomacorriente bipolar doble del sistema eléctrico comercial.
- El ambiente debe contar con una barra de tierra para telecomunicaciones, la cual estará conectada al sistema de aterramiento para telecomunicaciones.
- El ambiente debe contar con una iluminación del 500 lux.

Consideraciones de seguridad:

- El ambiente debe contar con un detector de humo.
- El ambiente debe contar con un extintor manual con agente limpio, de 3 Kilos.
- La puerta de ingreso al ambiente debe contar con control de acceso.

Condiciones mecánicas:

- Control de temperatura en forma pasiva, de acuerdo a los estudios mecánicos respectivos logrando una temperatura promedio no mayor a 25° C.
- Para su diseño se debe seguir las recomendaciones indicadas en el estándar ANSI/TIA-569-C.

Gabinetes:

Se instalará en este ambiente un gabinete mural de 18RU (G.COM-PS-01).

5.3.6.2. Centro de Datos (CD-P3-01)

Este ambiente estará ubicado en el tercer nivel del edificio, entre los ejes BD/BC y B11/12 (ver Figura 65. Esquema del 3er Piso dividido por área de trabajo de CDOI).

Definición del nivel del centro de datos:

El centro de datos será diseñado bajo los parámetros establecidos por la ANSI/TIA 942-A para Tier 2.

Nivel de redundancia:

El centro de datos tendrá redundancia en todos sus equipos y dado que estamos usando tecnología XG-PON, se está considerado redundancia de slots en el chasis OLT.

Consideraciones de arquitectura:

- Área interior de 54.6m².
- Paredes pintadas con pintura mate a base de resina 100% acrílica.
- El contra piso de cemento debe tener terminado de pulido impermeabilizado.
- El plenum del piso técnico elevado debe ser pintado con esmalte epóxico en paredes y piso, además debe soportar un peso de al menos 450 Kg/m².
- El ambiente debe tener una altura libre mínima de 2.70 m, sin obstáculos.
- El ambiente debe tener una altura desde el suelo acabado y el punto más bajo del techo de 3.00 m.
- Sin cruce de tuberías de agua y desagüe u otro líquido.
- La puerta de ingreso al ambiente debe ser de 1.20m con sentido de apertura hacia fuera, del tipo corta fuego con 2 horas de resistencia.

Consideraciones eléctricas:

- El ambiente debe contar con dos tomacorrientes bipolares dobles del sistema eléctrico ininterrumpido, con tomas IEC 60309 2P+E 16A/250V, por cada gabinete principal.
- El ambiente debe contar como mínimo con ocho (08) tomacorrientes bipolares dobles del sistema eléctrico comercial.
- El ambiente debe contar con una barra de tierra para telecomunicaciones, la cual estará conectada al sistema de aterramiento para telecomunicaciones.
- El ambiente debe contar con la barra principal de tierra para telecomunicaciones.
- El ambiente debe contar con una iluminación del 500 lux.

Consideraciones de seguridad:

- El ambiente debe contar por lo menos con cuatro detectores óptico térmico y uno de aniego.

- El ambiente debe contar con un sistema de extinción de fuego con agente limpio del tipo automático.
- La puerta de ingreso al ambiente debe contar con control de acceso.
- Se debe instalar en este ambiente cámaras de video vigilancia.
- El ambiente debe contar con Fire Stopping.
- El ambiente debe contar con un sumidero en caso de inundaciones.

Sistema automático de extinción por agente limpio en Data Center

Se deberá emplear el concepto de inundación total de cada ambiente a fin de conseguir la extinción del fuego. El sistema deberá usar un agente extintor limpio que no posea cualidades agotadoras de la capa de ozono.

La implementación del sistema automático de extinción de incendios se deberá desarrollar siguiendo los lineamientos del estándar NFPA 2001: Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems edición 2000 y considerando las referencias normativas contenidas en ella, sin perjuicio de lo establecido en las normas nacionales.

Se deberá considerar que:

- El tiempo de descarga del agente extintor limpio no deberá exceder los 10 segundos.
- Se deberán mantener las distancias mínimas necesarias de los componentes del sistema de extinción a las partes eléctricas energizadas.
- La secuencia para la descarga del sistema de extinción deberá ser de acuerdo a las condiciones establecidas en el funcionamiento del sistema.
- El sistema de disparo deberá ser realizado por un solenoide, el que se encargará de la ruptura del disco de ruptura del cilindro contenedor, siendo efectuado desde el panel, activado por los detectores o las estaciones manuales de descarga.

Consideraciones mecánicas:

- Control de temperatura en forma activa, logrando las siguientes condiciones ambientes:
 - Temperatura máxima: de 25°C
 - Humedad relativa del aire: del 40% al 55%
 - Punto de rocío máximo: 21°C
 - Tasa máxima de cambio por hora: 5°C.
 - Sistema de enfriamiento por pasillos fríos y calientes.

Gabinetes:

Se instalará ocho (08) gabinetes de piso de 42RU:

- 06 gabinetes para servidores:
 - 03 para los servidores principales: GS-A1, GS-B1, GS-C1
 - 03 para los servidores redundantes: GS-A2, GS-B2, GS-C2
- 02 gabinetes de comunicación:
 - 01 principal GP-P3-01
 - 01 redundante GP-P3-02

El diseño también considera un espacio para ampliación futura de cuatro (04) gabinetes de comunicaciones; estos gabinetes deben de ser anclados al piso y techo para evitar efectos contraproducentes que puedan presentarse debido a los movimientos sísmicos.

5.3.6.3. Cuarto de Telecomunicaciones (CT-PX-0X)

Estos espacios constituyen puntos de transición entre la canalización troncal y la canalización horizontal.

Este ambiente generalmente contiene puntos de terminación e interconexión del cableado estructurado. Para su diseño se debe seguir las recomendaciones indicadas en el estándar ANSI/TIA-569-C.

Para el proyecto se han estimado un total de seis (6) salas de telecomunicaciones ubicadas en:

- CT-P1-01: en el 1er nivel, en los ejes BA/BC y B8/B9*.
- CT-P2-01: en el 2do nivel, en los ejes BA/BC y B8/B9*.
- CT-P3-01: en el 3er nivel, en los ejes BA/BC y B8/B9*.
- CT-P4-01: en el 4to nivel, en los ejes BA/BC y B8/B9*.
- CT-P5-01: en el 5to nivel, en los ejes BA/BC y B8/B9*.
- CT-P6-01: en el 6to nivel, en los ejes BA/BC y B8/B9*.

* Para ubicar los ejes de cada piso, ver las figuras correspondientes a cada nivel:

- 1er nivel: Figura 62. Esquema del 1er Piso dividido por área de trabajo de CDOI.
- 2do nivel: Figura 64. Esquema del 2do Piso dividido por área de trabajo de CDOI. Figura 64. Esquema del 2do Piso dividido por área de trabajo de CDOI
- 3er nivel: Figura 65. Esquema del 3er Piso dividido por área de trabajo de CDOI.
- 4to nivel: Figura 66. Esquema del 4to Piso dividido por área de trabajo de CDOI.

- 5to nivel: Figura 67. Esquema del 5to Piso dividido por área de trabajo de CDOI.
- 6to nivel: Figura 68. Esquema del 6to Piso dividido por área de trabajo de CDOI.

Consideraciones de arquitectura:

- Área interior de mínimo 12.00 m² promedio.
- El ambiente debe contar con piso de cemento pulido impermeabilizado.
- Paredes pintadas con pintura mate a base de resina 100% acrílica.
- El ambiente no debe contar con falso cielo raso.
- Sin cruce de tuberías de agua y desagüe u otro líquido.
- La puerta de ingreso al ambiente debe ser de 1.00 m con sentido de apertura hacia fuera y altura mínima de 2.00 m.
- El ambiente debe tener una altura libre mínima de 2.40 m, sin obstáculos.

Consideraciones eléctricas:

- El ambiente debe contar con dos tomacorrientes bipolares dobles del sistema eléctrico ininterrumpido, con tomas IEC 60309 2P+E 16A/250V, por cada gabinete secundario.
- El ambiente debe contar como mínimo dos (02) tomacorrientes bipolares dobles del sistema eléctrico comercial.
- El ambiente debe contar con una barra de tierra para telecomunicaciones, la cual estará conectada al sistema de aterramiento para telecomunicaciones.
- El ambiente debe contar con una iluminación del 500 lux.

Consideraciones de seguridad:

- El ambiente debe contar con un detector de temperatura.
- El ambiente debe contar con un extintor con agente limpio, de 6 kilos.
- La puerta de ingreso al ambiente debe contar con control de acceso.
- El ambiente debe contar con un sumidero en caso de inundaciones.

Condiciones mecánicas:

Control de temperatura en forma activa, logrando las siguientes condiciones ambientes:

- Temperatura máxima: de 25°C
- Humedad relativa del aire: del 40% al 55%

- Punto de rocío máximo: 21°C
- Tasa máxima de cambio por hora: 5°C.

Gabinetes:

Se instalará un gabinete de piso de 42RU o 24RU en cada sala de telecomunicaciones, dejando un espacio para futura ampliación de equipamientos, este gabinete debe de ser anclado al piso y techo para evitar los efectos de los movimientos sísmicos que puedan presentarse. El tamaño de cada gabinete y su identificación en cada piso, será la que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 33. Distribución de gabinetes para cuartos de telecomunicaciones

ITEM	DESCRIPCIÓN	NOMBRE	UBICACIÓN
1	Tipo piso 19" de 42RU	G.COM-P1-01	1er piso
2	Tipo piso 19" de 42RU	G.COM-P2-01	2do piso
3	Tipo piso 19" de 42RU	G.COM-P3-01	3er piso
4	Tipo piso 19" de 24RU	G.COM-P4-01	4to piso
5	Tipo piso 19" de 24RU	G.COM-P5-01	5to piso
6	Tipo piso 19" de 24RU	G.COM-P6-01	6to piso

Elaboración: Autor

5.4.FASE IV: Documentación del diseño de la red

5.4.1. Configuración de IP's

La red informática del establecimiento de salud estará compuesta, además de los medios de transmisión, por todos los equipos de telecomunicaciones de la red que van a interconectar los equipos de procesamiento, y almacenamiento de datos, como también los equipos de otras soluciones que trabajan con el protocolo IP. La conectividad se hará usando ONT's y equipos de acceso inalámbrico.

Los equipos de conectividad serán configurados en la VLAN de administración del establecimiento de salud, la red inalámbrica creada debe configurarse con un nivel de seguridad WPA2 (Wi-Fi Protected Access 2) y su administración estará a cargo del personal especializado del establecimiento de salud.

La identificación de cada componente del sistema y su dirección IP, será indicada en el plano de equipamiento informático respectivo.

Se crearán VLAN (Red de Área Local Virtual) por cada sistema a instalar, permitiendo elevar la seguridad de la información procesada.

Tabla 34. Configuración de IP's: Identificación de VLAN

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RANGO IP
010	Usuarios	192.168.10.X
020	Telefonía	192.168.20-21.X

030	Llamada de enfermeras	192.168.30-31.X
040	Sonido y perifoneo	192.168.40.X
050	Relojes	192.168.50-51.X
060	Televisores	192.168.60-61.X
070	Video vigilancia	192.168.70-71.X
080	Control de acceso	192.168.80.X
090	Equipamiento médico 1	192.168.90.X
100	Administración 1	192.168.100.X
110	Administración 2	192.168.110.X
120	Equipamiento médico 2	192.168.120.X
130	Ahorro energético	192.168.130-131.X
140	Equipamiento médico 3	192.168.140-141.X
150	Administración 3	192.168.150.X

Elaboración: Autor

5.4.2. Etiquetado de los elementos del Sistema

Todos los elementos del Sistema de Cableado Estructurado (SCE) estarán convenientemente etiquetados, de manera que se puedan identificar unívocas y permitan una correcta gestión y administración del sistema. Se definirá un sistema de identificación con codificación escrita (etiquetas), con la finalidad de facilitar el reconocimiento, las labores de mantenimiento y la identificación de cada punto de red.

5.4.2.1. Identificación de gabinetes de comunicación

Se colocará en la parte alta de la puerta delantera de cada gabinete. La regla para identificar será:

G.COM-P#-0#

Donde:

G.COM = Identificador de gabinete de comunicación.

P# = Identificador del piso en el que se encuentra el gabinete.

0# = Número correlativo de gabinete de comunicación.

5.4.2.2. Identificación del cableado backbone

El backbone es el cableado que une el gabinete de comunicación principal (GP-P3-0X) con los gabinetes de distribución de cada piso (G.COM-P#-0#) ubicados en los cuartos de telecomunicaciones (CT-PX-0X).

Este cableado permitirá conectar los siguientes ambientes:

- El Cuarto del proveedor de servicios (CPS-P1-01) y el Data center (CD-P3-01).
- El Data center (CD-P3-01) y los Cuartos de telecomunicaciones (CT-PX-0X).

La canalización tendrá una ocupación máxima inicial del 50%, y recomendaciones indicadas en el estándar ANSI/TIA-569-C.

Regla general:

G.COM-B#-FO#

Donde:

G.COM = Identificador de gabinete de comunicación.

B# = Backbone, #=P si es principal o #=R si es redundante

FO# = Número correlativo de cable backbone

5.4.2.3. *Enlaces horizontales*

Son aquellos que parten de los gabinetes de distribución de cada piso (*G.COM-P#-0#*) hasta los ONT ubicados en las áreas de trabajo del hospital.

Este cableado permitirá conectar los siguientes ambientes:

- Los Cuartos de telecomunicaciones (*CT-PX-0X*) y las Áreas de trabajo ubicadas en los diferentes ambientes del Edificio.

El diseño de la canalización para estos enlaces tendrá una ocupación inicial máxima del 40%.

La identificación del enlace horizontal se colocará al inicio y final de cada cable, para el lado del DIO del cuarto de telecomunicaciones habrá una etiqueta más grande que contendrá hasta 12 códigos, correspondiente a 12 enlaces horizontales.

Regla general:

ONT-P#-X-X-##

Donde:

ONT = Optical Network Terminal

P# = Identificador del piso en el que se encuentra el ONT

X = Identificador del splitter al que corresponde

X = Identificador del CDOI al que corresponde

= Número correlativo del enlace horizontal

Nota:

La identificación de cada Splitter se dará a través de letras (A, B, C, D, E, etc.) y los CDOI serán numerados correlativamente del 1 al 3.

5.4.2.4. *Barra principal de tierra para telecomunicaciones*

Esta barra de tierra es la TMGB del sistema de tierra, esta identificación debe colocarse al lado derecho inferior de la barra.

Regla general:

G.COM-TMBG

Dónde:

G.COM = Identificador de Gabinete de Comunicación.

TMBG = Identificador de la barra principal de tierra para telecomunicaciones.

5.4.2.5. *Barra de tierra para telecomunicaciones*

Es la TGB del sistema de tierra de cada cuarto de telecomunicaciones, esta identificación debe colocarse al lado derecho inferior de la barra.

Regla general:

G.COM-TGB-P#

Dónde:

G.COM = Identificador de Gabinete de Comunicación

TGB = Identificador de la barra de tierra para telecomunicaciones

P# = Número de piso al que corresponde

5.4.3. Plan de capacitación

Se deberá realizar un plan de capacitaciones sobre la red instalada al personal del área técnica correspondiente, así como también al personal usuario.

Se entregará a la institución un Plan de capacitación el cual será verificado y aprobado en la etapa de recepción del proyecto.

El contenido de los cursos y el material didáctico debe referirse al mismo tipo y versiones de hardware y software a adquirir.

5.4.3.1. *Capacitación para el personal usuario*

Esta capacitación estará orientada al personal usuario del equipamiento adquirido por la institución.

El plan de capacitación se hará sobre el sistema de software y hardware instalado, considerándose lo siguiente:

- Consistirá en un mínimo de 05 horas.
- El Plan del curso, contemplará lo siguiente:
 - Objetivos del curso.
 - Contenidos del curso.
 - Duración.
 - Lugar del curso.
 - Material didáctico y recursos pedagógicos.
 - Manuales y equipos necesarios para el dictado.
- El profesional a dictar la capacitación deberá contar con experiencia en la solución que corresponda capacitar, y certificación del fabricante.
- La institución, se reservará el derecho de solicitar el cambio de instructor, en caso de que lo considere necesario.

5.4.3.2. Capacitación para el personal técnico

Esta capacitación estará orientada al personal que se encargará de la administración y mantenimiento del sistema.

El plan de capacitación debe abarcar:

- Entrenamiento en la instalación, configuración y puesta en marcha de las soluciones de software y hardware instaladas.
- Consistirá en un mínimo de 5 horas por solución instalada.
- El curso se orientará a la instalación, configuración, funcionamiento, y administración.
- Se deberá proporcionar todos los recursos necesarios (equipos, medios didácticos y materiales de enseñanza), que se requiera para cumplir con los objetivos de cada curso.
- El curso se dictará en la modalidad teórico-práctica, considerando el syllabus indicado por los fabricantes de cada solución. El mismo que se realizará en la etapa de recepción.
- El profesional a dictar la capacitación será de profesión ingeniero de sistemas, electrónico, telecomunicaciones, o electricista, certificado por el fabricante y con tres (03) años de experiencia en la solución que corresponda capacitar.
- El profesional a dictar la capacitación deberá estar certificado por el fabricante de los equipos y soluciones adquiridas por el instituto.
- Se deberá facilitar las instalaciones, equipos, medios didácticos, herramientas y material que se requiera para cumplir con los objetivos de la capacitación.

Capítulo 6.

Análisis de factibilidad de la PON vs una red Ethernet

6.1. Costos para la PON

Los precios que aquí se detallan se encuentran en dólares americanos (USD) y no incluyen IGTV.

6.1.1. Costos que incurren en la implementación de la red

6.1.1.1. Costo de equipos activos

A. Adquisición de servidores

Tabla 35. Presupuesto: Adquisición de servidores

N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
1	Sistema de Procesamiento Centralizado				125,600.00
	Chasis de servidor de tipo Blade Marca: HPE, modelo: BladeSystem C7000 10RU	Unid	2	32,000.00	64,000.00
	Servidor tipo Blade Marca: HPE, modelo: Proliant BL680C G7	Unid	12	4,500.00	54,000.00
	Consola KVM para rack Marca: Tripp Lite, modelo: B021-000-19 1RU	Unid	2	1,800.00	3,600.00
	Switch Blade Ethernet Marca: HPE, modelo: GbE2c Layer 2/3 Ethernet Blade	Unid	2	1,000.00	2,000.00
	Switch SAN Marca: HPE, modelo: serie B 8/12c SAN para BladeSystem	Unid	2	1,000.00	2,000.00
2	Sistema de Almacenamiento Centralizado				28,000.00
	Almacenamiento de Información SAN Marca: HPE, modelo: HPE MSA 2052 SAN 2RU	Unid	2	6,000.00	12,000.00
	Disco duro SFF para SAN Marca: HPE, modelo: 765466-B21 2Tb SAS 12Gbps 7200rpm 2.5"	Unid	20	800.00	16,000.00
TOTAL (USD)					153,600.00

Elaboración: Autor

B. Adquisición de equipos de comunicación

Tabla 36. Presupuesto: Adquisición de equipos de comunicación

N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
1	Switch Principal (Core)				99,600.00
	Switch Principal Marca: Huawei, modelo: CloudEngine 8850-32CQ-EI	Unid	2	13,000.00	26,000.00
	Módulo óptico SFP Marca: Huawei, modelo: 100 GE QSFP28	Unid	32	2,300.00	73,600.00
2	Equipo OLT (Terminal de Línea Óptico)				50,000.00
	Equipo OLT Marca: Huawei, modelo: SmartAX EA5800-X7	Unid	1	50,000.00	50,000.00
3	Equipos ONT (Terminales de Red Ópticos)				133,666.00
	ONT-A Marca: Huawei, modelo: Serie EG8040*	Unid	147	212.00	31,164.00
	ONT-B Marca: Huawei, modelo: Serie EG8040*	Unid	345	212.00	73,140.00
	ONT-C Marca: Huawei, modelo: Serie EG8242	Unid	121	237.00	28,677.00
	ONT-D Marca: Furukawa, modelo: FRS-26A/ WDM	Unid	5	137.00	685.00
TOTAL (USD)					283,266.00

* Por disponibilidad del fabricante, se usará el mismo modelo de ONT para el tipo A y tipo B.

Elaboración: Autor

6.1.1.2. Costo de dispositivos pasivos

A. Adquisición de cables y conectividad de fibra

Tabla 37. Presupuesto: Adquisición de cables y conectividad de fibra

N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
1	Cable de fibra óptica monomodo				42,200.00
	Cable de fibra Marca: Siemon, tipo: Cable de fibra óptica monomodo tight buffered indoor 2 hilos LSZH IEC 60332-3	Km	14	1,600.00	22,400.00
	Cable de fibra Marca: Siemon, tipo: Cable de fibra óptica monomodo tight buffered indoor 12 hilos LSZH IEC 60332-3	Km	6	3,300.00	19,800.00
2	Conectividad de fibra				67,930.60
	Distribuidor Interno Óptico Marca: Siemon, modelo: FCP3-DWR deslizable + confrontadores + accesorios	Unid	48	120.00	5,760.00
	Splitter 2x32 Marca: Siemon, modelo: FSR-232SCA SCU01 splitter rackeable tipo panel	Unid	24	450.00	10,800.00
	Caja de distribución óptica interna Marca: Furukawa, modelo: 35261167 CDOI de 12 fibras	Unid	73	70.00	5,110.00
	Roseta óptica Marca: Furukawa, modelo: 35250168 2P 4x2 Superposición - blanco	Unid	618	20.00	12,360.00
	Jumpers Marca: Siemon, modelo: FJ1-SCASCA L-05H jumper simplex 5mts. SC/APC	Unid	1332	15.00	19,980.00
	Pigtails Marca: Siemon, modelo: FP1B-SCAL-01H pigtail simplex SC/APC	Unid	1332	9.00	11,988.00
	Conectores prepulidos Marca: Siemon, modelo: FC1-LB-SCA-9GR monomodo 900µm SC/APC	Unid	618	0.70	432.60
	Herramienta para conector prepulido Marca: Siemon, modelo: FT-LB-KIT kit de terminación LightBow™	Unid	6	250.00	1,500.00
TOTAL (USD)					110,130.60

Elaboración: Autor

B. Adquisición de cables y conectividad de cobre

Tabla 38. Presupuesto: Adquisición de cables y conectividad de cobre

N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
1	Cable de cobre				16,820.00
	Cable F/UTP categoría 6A Marca: Siemon, código: 9A6L4-A5, tipo: Cable par trenzado F/UTP categoría 6A IEC 60332-3-22	Rollo	58	290.00	16,820.00
2	Conectividad de cobre				83,712.00
	Conector categoría 6A Marca: Siemon, código: ZP1-6AS-01, plug macho cat. 6A blindado	Unid	1744	9.00	15,696.00
	Jack categoría 6A Marca: Siemon, código: Z6A-S06B, jack hembra cat. 6A blindado	Unid	1744	11.00	19,184.00
	Faceplate Marca: Siemon, código: MX-HFP-02-02B, placa blanca de pared de 2 puertos	Unid	1308	4.00	5,232.00
	Patchcord de cobre Marca: Siemon, código: ZM6A-S10-06B, patchcord S/FTP categoría 6A 3m.	Unid	1744	25.00	43,600.00
TOTAL (USD)					100,532.00

Elaboración: Autor

C. Adquisición de gabinetes y accesorios

Tabla 39. Presupuesto: Adquisición de gabinetes y accesorios

N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
1	Gabinetes				24,800.00
	Gabinete para servidores Marca: Siemon, código: V61B-2AB111-45, descripción: gabinete V600, 45U 600x1000mm. puertas ventiladas + llave	Unid	6	1,600.00	9,600.00
	Gabinete para comunicaciones Marca: Siemon, código: V81A-2AB111-45, descr: gabinete V800, 45U 800x1000mm. puertas ventiladas + llave	Unid	8	1,800.00	14,400.00
	Gabinete de pared Marca: Siemon, código: WC3-P101-18, descr: gabinete pared, 18U 737x762mm puerta delantera plexiglás + llave	Unid	1	800.00	800.00

2	Accesorios de los gabinetes				10,400.00
	Accesorios para gabinete de servidores Marca: Siemon, descripción: ordenadores, paneles, organizadores, paneles, escobillas, aterramiento, etc.	Pack	6	600.00	3,600.00
	Accesorios para gabinete de comunic. Marca: Siemon, descripción: ordenadores, paneles, organizadores, paneles, escobillas, aterramiento, etc.	Pack	8	800.00	6,400.00
	Accesorios para gabinete de pared Marca: Siemon, descripción: ordenadores, paneles, organizadores, paneles, escobillas, aterramiento, etc.	Pack	1	400.00	400.00
TOTAL (USD)					35,200.00

Elaboración: Autor

6.1.1.3. Costo de software

Tabla 40. Presupuesto: Licenciamiento de software

N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
1	Sistema operativo de la red				24,620.00
	Windows Server 2019 Marca: Microsoft, versión: Windows Server 2019 x64	Lic	4	6,155.00	24,620.00
2	Software servicios generales de la red				39,672.00
	SQL Server 2019 Marca: Microsoft, versión: SQL Server 2019 x64	Lic	2	3,586.00	7,172.00
	Virtual machine VMware Marca: VMware, versión: VMware vSphere Essentials Plus Kit, all in one	Lic	4	5,600.00	22,400.00
	Servicio FTP Marca: SmartSoft Ltd., versión: SmartFTP 9.0 Build 2739, por 1 año*	Lic	2	50.00	100.00
	Citrix Marca: Citrix Systems, Inc., versión: Citrix ADC	Lic	2	5,000.00	10,000.00

3	Software servicios especializados de la red				17,000.00
	Suitestensa RIS PACS Marca: Esaote Spa, versión: E-bit Software Healthcare IT	Lic	1	7,000.00	7,000.00
	Software integral Cirrus Marca: Ecaresoft, Inc, descrip: software integral para hospitals.	Lic	1	10,000.00	10,000.00
TOTAL (USD)					81,292.00

* Precio de licencia por 1 año
Elaboración: Autor

6.1.1.4. Costo de servicio de instalación

Tabla 41. Presupuesto: Servicio de instalación

N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
1	Centro de datos OLT y sus elementos				30,000.00
	Servicio de instalación de la red en el centro de datos OLT y sus elementos 1 centro de datos, 1 cuarto de entrada	Servicio	1	30,000.00	30,000.00
2	Red de Distribución Óptica (ODN) y sus elementos				90,000.00
	Servicio de instalación de la red de distribución óptica (ODN) y sus elem 6 cuartos de telecomunicaciones	Servicio	1	90,000.00	90,000.00
3	Área de trabajo ONU y sus elementos				87,200.00
	Servicio de instalación de la red en el área de trabajo ONU y sus element. 1744 puntos de red	Servicio	1	87,200.00	87,200.00
TOTAL (USD)					207,200.00

Elaboración: Autor

6.1.2. Costos que incurren en el funcionamiento de la red por un año

6.1.2.1. Consumo de energía eléctrica por un año

Tabla 42. Presupuesto: Consumo de energía eléctrica por un año

N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
1	Centro de datos OLT y sus elementos				7,182.00
	Consumo eléctrico anual del centro de datos OLT y sus elementos 1 OLT (150kW/mes) 2 Switches principales (120kW/mes)	kW	4680	0.15	702.00
	Consumo eléctrico anual para el aire acondicionado 1 sala (3600kW/mes)	kW	43200	0.15	6,480.00
2	Red de Distribución Óptica (ODN) y sus elementos				0.00
	Consumo eléctrico anual de la red de distribución óptica (ODN)	kW	0	0.15	0.00
	Consumo eléctrico anual para el aire acondicionado	kW	0	0.15	0.00
3	Área de trabajo ONU y sus elementos				8,899.20
	Consumo eléctrico anual de la red en el área de trabajo ONU y sus elem. 618 ONT's (8kW/mes)	kW	59328	0.15	8,899.20
TOTAL (USD)					16,081.20

Elaboración: Autor

6.1.2.2. Mantenimiento y Asistencia Técnica por un año

Tabla 43. Presupuesto: Mantenimiento y Asistencia Técnica por un año

N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
1	Centro de datos OLT y sus elementos				2,400.00
	Servicio de mantenimiento anual de la red en el centro de datos 1 centro de datos, 1 cuarto de entrada	Servicio anual	1	2,400.00	2,400.00
2	Red de Distribución Óptica (ODN) y sus elementos				1,440.00
	Servicio de mantenimiento anual de la red de distribución óptica (ODN) 6 cuartos de telecomunicaciones	Servicio anual	1	1,440.00	1,440.00

3	Área de trabajo ONU y sus elementos				2,472.00
	Servicio de mantenimiento anual de la red en el área de trabajo 618 ONT's	Servicio anual	1	2,472.00	2,472.00
4	Asistencia técnica por un año				9,600.00
	Servicio de asistencia técnica para toda la red por un año	Servicio anual	1	9,600.00	9,600.00
TOTAL (USD)					15,912.00

Elaboración: Autor

6.1.3. Resumen de costos para la PON

6.1.3.1. Costos de implementación

El costo de implementación de la PON es el CAPEX del proyecto, representa la inversión total para dejar la red funcionando, este monto incluye el costo de los equipos activos, dispositivos pasivos, software y servicio de instalación.

TOTAL (USD): 971,220.60

Hallaremos también este valor en soles peruanos (PEN) y en soles por día considerando el funcionamiento de la red por un año.

El tipo de cambio a usar será: 3.50

TOTAL (PEN): 3,399,272.10

TOTAL x DÍA (PEN): 9,313.08

6.1.3.2. Costos de funcionamiento

El costo de funcionamiento de la PON es el OPEX del proyecto, representa los gastos totales para hacer funcionar la red durante un año, este monto incluye el consumo de energía eléctrica, mantenimiento y asistencia técnica por año.

TOTAL (USD): 31,993.20

Hallaremos también este valor en soles peruanos (PEN) y en soles por día. El tipo de cambio a usar será: 3.50

TOTAL (PEN): 111,976.20

TOTAL x DÍA (PEN): 306.78

6.1.3.3. Costos total

Este monto es la suma del costo de implementación más el costo de funcionamiento de la red, ambos explicados anteriormente.

TOTAL (USD): 1,003,213.80

Hallaremos también este valor en soles peruanos (PEN) y en soles por día considerando el funcionamiento de la red por un año.

El tipo de cambio a usar será: 3.50

TOTAL (PEN): 3,511,248.30

TOTAL x DÍA (PEN): 9,619.86

Tabla 44. Resumen de costos para la PON

N°	DESCRIPCIÓN	TOTALES (USD)
1	Costos que incurren en la implementación de la red	971,220.60
	Costo de equipos activos	
	A. Adquisición de servidores	436,866.00
	B. Adquisición de equipos de comunicación	
	Costo de dispositivos pasivos	
	A. Adquisición de cables y conectividad de fibra	245,862.60
	B. Adquisición de cables y conectividad de cobre	
	C. Adquisición de gabinetes y accesorios	
	Costo de software	81,292.00
	Costo de servicio de instalación	207,200.00
2	Costos que incurren en el funcionamiento de la red por un año	31,993.20
	Consumo de energía eléctrica por un año	16,081.20
	Mantenimiento y Asistencia Técnica por un año	15,912.00
3	Costo total por un año	1,003,213.80

Elaboración: Autor

6.2. Costos para una red Ethernet

A continuación, se realiza un análisis de costos en el supuesto caso de instalar una solución Ethernet en categoría 6A F/UTP para el hospital.

Los precios que aquí se detallan se encuentra en dólares americanos (USD) y no incluyen IGV.

6.2.1. Costos que incurren en la implementación de una red Ethernet

6.2.1.1. Costo de equipos activos Ethernet

A. Adquisición de servidores

El costo para la adquisición de servidores es el mismo tanto en PON como en Ethernet, ver *Tabla 35. Presupuesto: Adquisición de servidores.*

TOTAL (USD): 153,600.00

B. Adquisición de equipos de comunicación Ethernet

Tabla 45. Presupuesto: Adquisición de equipos de comunicación Ethernet

N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
1	Switch Principal (Core)				99,600.00
	Switch Principal Marca: Huawei, modelo: CloudEngine 8850-32CQ-EI	Unid	2	13,000.00	26,000.00
	Módulo óptico SFP Marca: Huawei, modelo: 100 GE QSFP28	Unid	32	2,300.00	73,600.00
2	Switches Distribución en Centro de Datos				105,000.00
	Switch Distribución en CD Marca: Huawei, descrip: Switch de distribución con 12 puertos de fibra	Unid	3	35,000.00	105,000.00
3	Switches Distribución en Cuarto de Telecomunicaciones				351,000.00
	Switch Distribución en C. Telecom. Marca: Huawei, descrip: Switch de distribución de 48 puertos	Unid	39	9,000.00	351,000.00
TOTAL (USD)					555,600.00

Elaboración: Autor

6.2.1.2. Costo de dispositivos pasivos Ethernet

A. Adquisición de cables y conectividad de fibra para Ethernet

Tabla 46. Presupuesto: Adquisición de cables y conectividad de fibra para Ethernet

N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
1	Cable de fibra óptica multimodo				12,000.00
	Cable de fibra multimodo Marca: Siemon, tipo: Cable de fibra óptica multimodo tight buffered indoor 6 hilos LSZH IEC 60332-3	Km	6	2,000.00	12,000.00
2	Conectividad de fibra				10,464.00
	Distribuidor Interno Óptico Marca: Siemon, modelo: FCP3-DWR deslizable + confrontadores + accesorios	Unid	24	150.00	3,600.00
	Pigtails Marca: Siemon, descripción: Pigtails multimodo 1m.	Unid	312	12.00	3,744.00
	Jumpers Marca: Siemon, descripción: Jumpers dúplex multimodo 2m	Unid	156	20.00	3,120.00
TOTAL (USD)					22,464.00

Elaboración: Autor

B. Adquisición de cables y conectividad de cobre para Ethernet

Tabla 47. Presupuesto: Adquisición de cables y conectividad de cobre para Ethernet

N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
1	Cable de cobre				73,080.00
	Cable F/UTP categoría 6A Marca: Siemon, código: 9A6L4-A5, tipo: Cable par trenzado F/UTP categoría 6A IEC 60332-3-22	Rollo	252	290.00	73,080.00
2	Conectividad de cobre				113,056.00
	Patchcord de cobre (lado patch panel) Marca: Siemon, código: ZM6A-S03-06B, patchcord S/FTP categoría 6A 1m.	Unid	1744	12.00	20,928.00
	Ordenador horizontal 2RU Marca: Siemon, código: HCM-4-2U, color negro de 2RU.	Unid	76	30.00	2,280.00

Patch panel Marca: Siemon, código: TM-PNLZA-24-01, color negro de 24 puertos, 1RU.	Unid	76	30.00	2,280.00
Jack categoría 6A Marca: Siemon, código: Z6A-S06B, jack hembra cat. 6A blindado	Unid	3488	11.00	38,368.00
Faceplate Marca: Siemon, código: MX-HFP-02-02B, placa blanca de pared de 2 puertos	Unid	1310	4.00	5,240.00
Tapas ciegas (bosa x10) Marca: Siemon, código: MX-BL-02, placa blanca de pared de 2 puertos	Bolsa	90	4.00	360.00
Patchcord de cobre (lado faceplate) Marca: Siemon, código: ZM6A-S10-06B, patchcord S/FTP categoría 6A 3m.	Unid	1744	25.00	43,600.00
TOTAL (USD)				186,136.00

Elaboración: Autor

C. Adquisición de gabinetes y accesorios para Ethernet

Tabla 48. Presupuesto: Adquisición de gabinetes y accesorios para Ethernet

N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
1	Gabinetes				30,200.00
	Gabinete para servidores Marca: Siemon, código: V61B-2AB111-45, descripción: gabinete V600, 45U 600x1000mm. puertas ventiladas + llave	Unid	6	1,600.00	9,600.00
	Gabinete para comunicaciones Marca: Siemon, código: V81A-2AB111-45, descr: gabinete V800, 45U 800x1000mm. puertas ventiladas + llave	Unid	11	1,800.00	19,800.00
	Gabinete de pared Marca: Siemon, código: WC3-P101-18, descr: gabinete pared, 18U 737x762mm puerta delantera plexiglás + llave	Unid	1	800.00	800.00
2	Accesorios de los gabinetes				12,800.00
	Accesorios para gabinete de servidores Marca: Siemon, descripción: ordenadores, paneles, organizadores, paneles, escobillas, aterramiento, etc.	Pack	6	600.00	3,600.00
	Accesorios para gabinete de comunic. Marca: Siemon, descripción: ordenadores, paneles, organizadores, paneles, escobillas, aterramiento, etc.	Pack	11	800.00	8,800.00

Accesorios para gabinete de pared Marca: Siemon, descripción: ordenadores, paneles, organizadores, paneles, escobillas, aterramiento, etc.	Pack	1	400.00	400.00
TOTAL (USD)				43,000.00

Elaboración: Autor

6.2.1.3. Costo de software

El costo para la adquisición de licencias es el mismo tanto en PON como en Ethernet, ver

Tabla 40. Presupuesto: Licenciamiento de software

TOTAL (USD): 81,292.00

6.2.1.4. Costo de servicio de instalación para Ethernet

Tabla 49. Presupuesto: Servicio de instalación para Ethernet

N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
1	Centro de datos y sus elementos				30,000.00
	Servicio de instalación de la red en el centro de datos 1 centro de datos, 1 cuarto de entrada	Servicio	1	30,000.00	30,000.00
2	Red de Distribución y sus elementos				70,000.00
	Servicio de instalación de la red de distribución 6 cuartos de telecomunicaciones	Servicio	1	70,000.00	70,000.00
3	Área de trabajo y sus elementos				69,760.00
	Servicio de instalación de la red en el área de trabajo 1744 puntos de red	Servicio	1	69,760.00	69,760.00
TOTAL (USD)					169,760.00

Elaboración: Autor

6.2.2. Costos que incurren en el funcionamiento de la red Ethernet por un año

6.2.2.1. Consumo de energía eléctrica por un año para Ethernet

Tabla 50. Presupuesto: Consumo de energía eléctrica por un año para Ethernet

N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
1	Centro de datos y sus elementos				7,560.00
	Consumo eléctrico anual del centro de datos 2 Switches principales (120kW/mes) 3 Switch distribución (120kW/mes)	kW	7200	0.15	1,080.00
	Consumo eléctrico anual para el aire acondicionado 1 sala (3600kW/mes)	kW	43200	0.15	6,480.00
2	Red de Distribución y sus elementos				47,304.00
	Consumo eléctrico anual de la red de distribución (39 switches) 1° piso. 12 Switch distribución 48 prts. 2° piso. 9 Switch distribución 48 prts. 3° piso. 7 Switch distribución 48 prts. 4° piso. 4 Switch distribución 48 prts. 5° piso. 4 Switch distribución 48 prts. 6° piso. 3 Switch distribución 48 prts.	kW	56160	0.15	8,424.00
	Consumo eléctrico anual para el aire acondicionado 6 cuartos de telecomunicaciones (3600kW/mes por cuarto)	kW	259200	0.15	38,880.00
3	Área de trabajo y sus elementos				0.00
	Consumo eléctrico anual de la red en el área de trabajo	kW	0	0.15	0.00
TOTAL (USD)					54,864.00

Elaboración: Autor

6.2.2.2. Mantenimiento y Asistencia Técnica por un año para Ethernet

Tabla 51. Presupuesto: Mantenimiento y Asistencia Técnica por un año para Ethernet

N°	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
1	Centro de datos y sus elementos				2,400.00
	Servicio de mantenimiento anual de la red en el centro de datos 1 centro de datos, 1 cuarto de entrada	Servicio anual	1	2,400.00	2,400.00
2	Red de Distribución y sus elementos				2,880.00
	Servicio de mantenimiento anual de la red de distribución 6 cuartos de telecomunicaciones	Servicio anual	1	2,880.00	2,880.00
3	Área de trabajo y sus elementos				1,000.00
	Servicio de mantenimiento anual de la red en el área de trabajo 1744 puntos de red	Servicio anual	1	1,000.00	1,000.00
4	Asistencia técnica por un año				9,600.00
	Servicio de asistencia técnica para toda la red por un año	Servicio anual	1	9,600.00	9,600.00
TOTAL (USD)					15,880.00

Elaboración: Autor

6.2.3. Resumen de costos para una red Ethernet

6.2.3.1. Costos de implementación

El costo de implementación de la red Ethernet es el CAPEX, representa la inversión total para dejar la red funcionando, este monto incluye el costo de los equipos activos, dispositivos pasivos, software y servicio de instalación.

TOTAL (USD): 1,211,852.00

Hallaremos también este valor en soles peruanos (PEN) y en soles por día considerando el funcionamiento de la red por un año.

El tipo de cambio a usar será: 3.50

TOTAL (PEN): 4,241,482.00

TOTAL x DÍA (PEN): 11,620.50

6.2.3.2. Costos de funcionamiento

El costo de funcionamiento de la PON es el OPEX, representa los gastos totales para hacer funcionar la red durante un año, este monto incluye el consumo de energía eléctrica, mantenimiento y asistencia técnica por año.

TOTAL (USD): 70,744.00

Hallaremos también este valor en soles peruanos (PEN) y en soles por día. El tipo de cambio a usar será: 3.50

TOTAL (PEN): 247,604.00

TOTAL x DÍA (PEN): 678.37

6.2.3.3. Costos total

Este monto es la suma del costo de implementación más el costo de funcionamiento de la red, ambos explicados anteriormente.

TOTAL (USD): 1,282,596.00

Hallaremos también este valor en soles peruanos (PEN) y en soles por día considerando el funcionamiento de la red por un año.

El tipo de cambio a usar será: 3.50

TOTAL (PEN): 4,489,086.00

TOTAL x DÍA (PEN): 12,298.87

Tabla 52. Resumen de costos para una red Ethernet

N°	DESCRIPCIÓN	TOTALES (USD)
1	Costos que incurren en la implementación de una red Ethernet	1,211,852.00
	Costo de equipos activos Ethernet	
	A. Adquisición de servidores	709,200.00
	B. Adquisición de equipos de comunicación Ethernet	
	Costo de dispositivos pasivos Ethernet	
	A. Adquisición de cables y conectividad de fibra para Ethernet	251,600.00
	B. Adquisición de cables y conectividad de cobre para Ethernet	
	C. Adquisición de gabinetes y accesorios para Ethernet	
	Costo de software	81,292.00
	Costo de servicio de instalación para Ethernet	169,760.00
2	Costos que incurren en el funcionamiento de la red por un año	70,744.00
	Consumo de energía eléctrica por un año para Ethernet	54,864.00
	Mantenimiento y Asistencia Técnica por un año para Ethernet	15,880.00

3	Costo total por un año	1,282,596.00
---	------------------------	---------------------

Elaboración: Autor

6.3. Análisis de factibilidad económica

A continuación, se hará una comparativa de los costos para ambas tecnologías donde apreciaremos que la solución óptica pasiva es económicamente más factible que la solución Ethernet Categoría 6A.

6.3.1. Comparación de los costos que incurren en la implementación de la red.

En el siguiente cuadro se muestra los gastos de las dos tecnologías correspondientes a esta categoría.

Tabla 53. Comparación de los costos que incurren en la implementación de la red

DESCRIPCIÓN	PON (USD)	Ethernet 6A (USD)
Costos que incurren en la implementación	971,220.60	1,211,852.00
Costo de equipos activos		
A. Adquisición de servidores	436,866.00	709,200.00
B. Adquisición de equipos de comunicación		
Costo de dispositivos pasivos		
A. Adquisición de cables y conectividad de fibra	245,862.60	251,600.00
B. Adquisición de cables y conectividad de cobre		
C. Adquisición de gabinetes y accesorios		
Costo de software	81,292.00	81,292.00
Costo de servicio de instalación	207,200.00	169,760.00

Elaboración: Autor

Como se puede apreciar, implementar una red Ethernet categoría 6A para el hospital es 24.8% más caro que implementar una PON (Red Pasiva Óptica) o mejor dicho una POLAN (Passive Optical LAN – Red Pasiva Óptica de Área Local). Al contrario de lo que se puede creer, para esta cantidad de puntos de red, es económicamente más factible trabajar con PON. A continuación, veremos con detalle las diferencias de precios para cada apartado.

Costo de equipos activos

Es aquí donde encontramos el contraste más alto. Los costos para la adquisición de equipos activos Ethernet son 62.3% más altos que para PON, a continuación, explicamos porqué.

Respecto a la adquisición de servidores el costo es el mismo para ambas tecnologías, siendo USD 153,600.00 en cada caso, esto debido a que el modelo de servidores no varía según la tecnología de la red.

Sin embargo, la diferencia de precios está en la adquisición de equipos de comunicación.

Tabla 54. Comparación de costo de equipos de comunicación: PON y Ethernet 6A

N°	DESCRIPCIÓN PON	DESCRIPCIÓN ETHERNET 6A	PON (USD)	Ethernet 6A (USD)
1	Switch Principal (Core)		99,600.00	99,600.00
	Switch Principal 2 switches principales, 32 módulos ópticos SFP			
2	Equipo OLT (Terminal de Línea Óptico)	Switches Distribución en Centro de Datos	50,000.00	105,000.00
	Equipo OLT 1 equipo OLT Huawei	Switches Distribución 3 switches de distribuc.		
3	Equipos ONT (Terminales de Red Ópticos)	Switches Distribución en Cuarto de Telecomunicac.	133,666.00	351,000.00
	Equipos ONT 618 equipos ONT Huawei	Switches Distribución 39 switches de distrib.		
TOTALES (USD)			283,266.00	555,600.00

Elaboración: Autor

Para implementar Ethernet en lugar de PON se debe reemplazar el equipo OLT por switches de distribución de fibra óptica que se encargaran de repartir la conexión de fibra óptica a todos los pisos de edificio. En el escenario Ethernet se requiere 3 switches de distribución de fibra mientras que en la PON es suficiente 1 OLT, el precio de cada switch completo es USD 35,000.00 y el de la OLT es USD 50,000.00

La otra diferencia la encontramos en el punto 3 de la *Tabla 54. Comparación de costo de equipos de comunicación: PON y Ethernet 6A*. En lugar de 618 ONT repartidos por todo el edificio, la solución Ethernet 6A requiere de 39 switches de distribución repartidos entre los 6 cuartos de telecomunicaciones, el precio de cada ONT oscila entre USD 137.00 y USD 237.00 según el tipo mientras que cada switch de distribución cuesta USD 9,000.00

Finalmente podemos decir que, en lo que respecta a la adquisición de equipos de comunicación, la solución Ethernet es 96.1% más caro que la solución POLAN.

Costo de dispositivos pasivos

En este apartado podemos ver que el costo para la adquisición de dispositivos pasivos es 2.3% más caro en Ethernet que en PON.

Tabla 55. Comparación de costo de dispositivos pasivos: PON y Ethernet 6A

N°	DESCRIPCIÓN PON	DESCRIPCIÓN ETHERNET 6A	PON (USD)	Ethernet 6A (USD)
1	Adquisición de cables y conectividad de fibra		110,130.60	22,464.00
	Cable de fibra óptica monomodo	Cable de fibra óptica multimodo	42,200.00	12,000.00
	Conectividad de fibra	Conectividad de fibra	67,930.60	10,464.00
2	Adquisición de cables y conectividad de cobre		100,532.00	186,136.00
	Cable de cobre		16,820.00	73,080.00
	Conectividad de cobre		83,712.00	113,056.00
3	Adquisición de gabinetes y accesorios		35,200.00	43,000.00
	Gabinetes		24,800.00	30,200.00
	Accesorios de los gabinetes		10,400.00	12,800.00
TOTALES (USD)			245,862.60	251,600.00

Elaboración: Autor

Como es de esperarse, el costo de adquirir cables y conectividad de fibra óptica en PON es casi cinco veces el costo de adquisición en Ethernet. Sin embargo, esta diferencia es contrarrestada por los gastos que incurre la adquisición de cables y conectividad de cobre, y la adquisición de gabinetes y accesorios. En PON se necesita un total de 58 rollos de cable F/UTP categoría 6A para cubrir todo el hospital, mientras que en Ethernet se necesita 252 rollos, esto hace que se incremente la diferencia de precios en este apartado. Luego, el costo para adquirir gabinetes se eleva, no por algún cambio en el modelo o en los accesorios, sino en la cantidad de gabinetes y es que para PON se requiere 8 gabinetes de comunicación mientras que en Ethernet se requiere 11 gabinetes de comunicación, esto se debe al espacio que ocupan los switches, patch panels y ordenadores horizontales.

Costo de software

El software que se requiere para la red y para los servicios que esta debe ofrecer son los mismos sin importar la tecnología que se emplee, esto gracias a que XG-PON encapsula los datos que transmite a través de tramas que al llegar a su destino se vuelven a convertir en su formato inicial. Por lo tanto, el costo para la adquisición de licencias es el mismo en ambas tecnologías.

Costo de servicio de instalación

El servicio de instalación para Ethernet es 18.1% más barato que para PON, esto se debe a que el tendido de fibra requiere mayor cuidado y preparación por parte de los técnicos que realiza la instalación, además las herramientas que se utilizan son más cosas, como por ejemplo las máquinas empalmadoras que fusionan los hilos de fibra con una precisión microscópica.

6.3.2. Comparación de los costos que incurren en el funcionamiento de la red por un año

En el siguiente cuadro se muestra los gastos de las dos tecnologías correspondientes a esta categoría.

Tabla 56. Comparación de los costos que incurren en el funcionamiento de la red por un año

DESCRIPCIÓN	PON (USD)	Ethernet 6A (USD)
2. Costos que incurren en el funcionamiento de la red por un año	31,993.20	70,744.00
1.1. Consumo de energía eléctrica por un año		
Consumo eléctrico de los equipos	9,601.20	9,504.00
Consumo eléctrico del aire acondicionado	6,480.00	45,360.00
2.2. Mantenimiento y Asistencia Técnica por un año		
Servicio de mantenimiento de la red	6,312.00	6,280.00
Servicio de asistencia técnica	9,600.00	9,600.00

Elaboración: Autor

Los costos que incurren en el funcionamiento de la red Ethernet por un año es 121.1% más caro que en una PON, más del doble. Vamos analizar porqué.

Consumo de energía eléctrica por un año

Es aquí donde notamos la mayor diferencia de costos respecto al funcionamiento de la red y no por los equipos de comunicación sino por los equipos de aire acondicionado que son primordiales para que los equipos activos de la red operen sin problema.

El consumo eléctrico de los equipos activos de comunicación es muy parecido en ambas tecnologías, y es que, a pesar que PON no necesita energía eléctrica para operar en los cuartos de telecomunicaciones y Ethernet sí; la energía que no consume PON en los cuartos de telecomunicaciones lo consume en las áreas de trabajo con los 618 ONT's repartidos en todo el edificio.

Pero cuando hablamos de refrigeración, entonces PON tiene la ventaja con el menor consumo de energía eléctrica puesto que, a diferencia de Ethernet, PON no necesita equipos de aire acondicionado en los cuartos de telecomunicaciones por no contar con equipos activos en estos ambientes.

Probablemente será necesaria la instalación de equipos deshumedecedores, pero su consumo es menor ya que estos equipos se programan para que operen por intervalos de tiempo, además Ethernet también necesita deshumedecedores, y con mayor razón, ya que los equipos activos son más sensibles a las irregularidades de humedad en el ambiente, por lo tanto podemos decir que la instalación de equipos deshumedecedores es una necesidad compartida por ambas tecnologías por lo que sumar los costos de consumo de equipos deshumedecedores, movería la balanza a favor de ninguna de estas dos tecnologías.

Mantenimiento y Asistencia Técnica por un año

Los costos por mantenimiento y aire acondicionado son casi idénticos para ambas tecnologías, por lo que este apartado no marca diferencia.

6.4. Análisis de factibilidad técnica

A continuación, veremos porqué la instalación de un sistema de red óptico pasivo es técnicamente más factible que un sistema de red Ethernet categoría 6A. Revisaremos los criterios técnicos favorables y no favorables al escoger una PON frente a una red Ethernet para ver cuál de las dos brinda mayores ventajas.

6.4.1. Capacidad de transmisión

La capacidad de transmisión que ofrece la fibra óptica frente al par trenzado de cobre, cualquiera sea la categoría de esta última, es por mucho, superior. En la actualidad, todavía no se ha explotado la capacidad máxima de transmisión que puede ofrecer la fibra óptica monomodo, porque aún no existe la electrónica capaz de explotarla. El 12 de noviembre de 2018, el grupo de trabajo P802.3ct de la IEEE comenzó a trabajar para definir una especificación de capa física que admite la operación a 100 Gbps en una única longitud de onda capaz de alcanzar al menos 80 km en un sistema DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing, multiplexado denso por división en longitudes de onda) (IEEE P802.3cn, 2018). Mientras que la velocidad de transmisión para un canal Cat.6A es de 10 Gbps a una distancia máxima de 100 m.

Respecto al ancho de banda, las fibras monomodo están en el rango de los GHz, normalmente 100 GHz sobre 1 km de distancia (Blog Automatas, 2017) lo que significa que, a un kilómetro de distancia, este medio puede soportar aplicaciones de hasta 100 GHz sin que la señal se vea afectada. Mientras que el cable de par trenzado Cat.6A alcanza los 500 MHz sobre 100 m de distancia.

Tabla 57. Comparación de capacidad de transmisión: fibra SM y cable Cat.6A

	Fibra SM 9/125 μ m	Par trenzado Cat.6A
Velocidad de transmisión	100 Gbps sobre 80 km	10 Gbps sobre 100 m
Velocidad de transmisión	100 GHz sobre 1 km	500 MHz sobre 100 m

Elaboración: Autor

Ahora analizaremos la capacidad de transmisión de los sistemas completos, es decir tomando en cuenta todos los componentes que los componen.

En el caso de XG-PON2 cada puerto del OLT ofrece 10 Gbps para downstream y 10 Gbps para upstream, como sabemos cada puerto conecta a 32 ONT's de las áreas de trabajo gracias a la división de la señal que realiza el splitter, cada ONT puede conectar como máximo 4 terminales, y decimos como máximo porque la mayoría de ONT tendrán 2 o 3 terminales conectados, entonces cada puerto del OLT conecta como máximo a 128 terminales gracias a la división de los splitters, de esta manera estos 128 terminales pertenecen a un único dominio de colisión. Suponiendo que los 128 terminales estén operando y transmitiendo datos al mismo tiempo, entonces cada usuario tendría disponible 80 Mbps para downstream y 80 Mbps para upstream, si menos usuarios transmiten, entonces la capacidad disponible aumenta.

En el caso de Ethernet Cat.6A, todos los terminales conectados directamente al switch disponen de 1 Gbps de downstream y 1 Gbps de upstream sin importar el uso que otros usuarios estén dando a la red en ese mismo momento, hay que tener en cuenta que esta capacidad depende del ancho de banda disponible del host al que se esté conectando. Esto suponiendo que cada puerto del switch ofrezca una velocidad máxima de 1 Gbps por puerto, si el switch ofreciera 10 Gbps, entonces cada terminal dispondría de mayor velocidad, siempre y cuando su interfaz de red lo permita.

Tabla 58. Comparación de capacidad de transmisión: XG-PON2 y Ethernet Cat.6A

<i>Tecnología</i>	Downstream por usuario	Upstream por usuario
<i>XG-PON2</i>	80 Mbps*	80 Mbps*
<i>Ethernet Cat.6A</i>	1 Gbps**	1 Gbps**

* Siempre que los 128 usuarios de la red conectados al mismo splitter estén transmitiendo en ese preciso momento, si disminuyen entonces la velocidad aumenta.

** Esta velocidad podría aumentar hasta 10 Gbps si el switch y la interfaz de red del usuario lo permite.

Elaboración: Autor

6.4.2. Distancia

La distancia permitida para las conexiones es una de las principales ventajas que las redes pasivas ópticas pueden aportar a una LAN ya que los 20 km de distancia máxima entre OLT y ONT permiten cubrir cualquier escenario LAN que se nos pudiera ocurrir sin necesidad de añadir niveles de red intermedios. Mientras que Ethernet Cat.6A permite como máximo disponer de 100 m entre el switch de piso y el usuario; la distancia máxima entre el switch de piso y el switch principal va a depender del tipo de fibra multimodo que se utilice y de la velocidad que se quiera alcanzar, más o menos entre 300 y 550 m, podríamos estar hablando entonces de una distancia máxima 850 metros entre el servidor y el usuario frente a los 20 km que ofrece XG-PON2.

6.4.3. Seguridad

Las redes pasivas ópticas ofrecen un alto nivel de seguridad tanto a nivel físico como lógico. Físico ya que la propia naturaleza de la fibra óptica la hace inmune a las interferencias radioeléctricas y casi imposible de intervenir. Lógico porque todo el tráfico de downstream viaja encriptado haciendo uso de AES-128.

Por otro lado, el cable ethernet también ofrece soluciones de cifrado y cierto grado de protección frente a interferencias electromagnéticas, pero comparado con la fibra óptica, el cable de par trenzado es más fácil de intervenir incluso sin necesidad de cortar el cable.

6.4.4. Tiempo de vida útil del cableado

Las redes pasivas ópticas al estar basadas en la transmisión sobre fibra óptica permiten disponer de un cableado cuyo tiempo de vida útil es bastante largo sin temor a que el medio físico pueda suponer una limitación en el rendimiento de la red. Con el avance tecnológico el sistema de red evolucionará y será más rápido, seguramente será necesario reemplazar o mejorar la electrónica actual para gozar de estas nuevas ventajas, pero la fibra óptica monomodo podrá soportar las nuevas capacidades de transmisión requeridas por un buen tiempo.

En cambio, para las redes ethernet, la constante evolución de los sistemas de red sí conlleva un cambio en el medio físico, como el requerido por ejemplo para la migración de categoría 6A a categoría 7A, lo cual implica retirar el cableado actual y reemplazarlo por uno nuevo.

6.4.5. Espacio

Este aspecto es un punto a favor para las redes pasivas ópticas. Por un lado, el despliegue de fibras ópticas en el edificio requiere de menos espacio en

las canalizaciones que el requerido normalmente por los cables de cobre en una red Ethernet, además de ser más livianas y fáciles de manipular en el sentido de que no son tan rígidas. Al margen de ello el espacio reservado para armarios se reduce notablemente como hemos visto en la suma de los costos para Ethernet ya que XG-PON2 prescinde del uso de switches de distribución, patch panels y cierto número ordenadores horizontales.

La ausencia de switches de distribución ofrece también otra ventaja que se detalla a continuación.

6.4.6. Consumo energético

Al requerir de menos equipos activos las redes pasivas ópticas necesitan menos potencia para operar. Esto no sólo ofrece una ventaja económica sino también un ahorro de espacio y un menor uso de equipos complementarios como lo son el aire acondicionado, UPS, estabilizadores de corriente, etc.

6.4.7. Cantidad de equipos gestionados

Una XG-PON2 como cualquier red pasiva óptica no necesita switches para operar, en su lugar se usan ONT's para convertir la señal óptica en impulsos eléctricos que las interfaces de red puedan interpretar. Por cada 4 usuarios se requerirá al menos un ONT, es decir en lugar de un switch de 24 puertos se instalarán al menos 6 ONT's en las cajas murales ubicadas en las áreas de trabajo de todo el edificio, lo que exige un mayor nivel de gestión y mantenimiento.

6.4.8. Soporte PoE

En una red pasiva óptica los ONT's que dotarán de conexión a los diferentes dispositivos de la red requieren energía eléctrica para operar, lo que de cierta manera resta practicidad a la red frente a Ethernet. Esto no quiere decir que en una red pasiva óptica no pueda haber PoE, sino que, a diferencia de Ethernet, el PoE parte desde la caja mural donde se encontrará el ONT, en cambio en Ethernet el PoE parte desde el cuarto de comunicaciones donde se encuentra el switch de distribución. Sin embargo, para nuestro diseño esto será prácticamente imperceptible, ya que las áreas de trabajo tendrán faceplates con jacks RJ45 en las salidas listos para ser conectados, y de acuerdo a la ubicación en la que se encuentren estas salidas tendrán PoE.

Capítulo 7.

Resultados y discusiones

7.1. OptiSystem

Se trata de un innovador sistema de simulación de comunicación óptica creado por la compañía Optiwave, para el diseño, prueba y optimización de prácticamente cualquier tipo de enlace óptico a nivel de la capa física, desde los sistemas analógicos de radiodifusión de vídeo hasta grandes enlaces intercontinentales.



Figura 74. Software OptiSystem de Optiwave.
Fuente: google.com

OptiSystem cuentan con un entorno de simulación de gran alcance y una definición jerárquica de componentes y sistemas, sus capacidades pueden ampliarse fácilmente añadiendo componentes definidos por el usuario, y pueden conectarse con una amplia gama de herramientas complementarias.

Posee una interfaz gráfica amigable la cual permite controlar el diseño de los componentes ópticos y topología de la red, así como una amplia biblioteca de componentes activos y pasivos incluyendo parámetros realistas que dependen de la longitud de onda. (Poveda Escobar & Carrera Guerrero, 2015)

7.1.1. Principales características

Entre ellas encontramos:

- **Librería de Componentes.** Incluye más de 200 módulos, los cuales han sido validados para entregar resultados de cuidado que son comparables con aplicaciones reales.
- **Componentes de medición.** Permite gestionar los parámetros que pueden ser medidos con dispositivos reales. También se integra con equipos de medición de prueba de diferentes proveedores.
- **Representación de la Señal mixta.** Maneja formatos de señal mixta para las señales eléctricas y óptica. Calcula señales utilizando los algoritmos adecuados que estén relacionados con la eficiencia de la simulación y cogeneración de precisión requerida.

- **Algoritmos de calidad y rendimiento.** Calcula parámetros como el BER y el Factor Q utilizando análisis numérico o técnicas semianalíticas para sistemas limitados por interferencia intersímbolos y el ruido.
- **Herramientas avanzadas de Visualización.** Estas herramientas de visualización producen espectros OSA, señales con "chirp", diagramas del ojo, estado de polarización, diagramas de constelación. Herramientas de análisis WDM, que muestran la fuerza de la señal, la ganancia, factor de ruido, y la relación señal a ruido óptico OSNR.
- **Múltiples diseños.** Se puede crear muchos diseños utilizando el mismo archivo del proyecto, lo cual permite crear y modificar sus diseños de manera rápida y eficiente. Cada archivo de proyecto OptiSystem puede contener muchas versiones de diseño. Las versiones de diseño se calculan y se modifican de forma independiente, pero los resultados del cálculo se pueden combinar en diferentes versiones, lo que permite la comparación de los distintos diseños.

7.1.2. Beneficios

- Diseño rápido y sencillo.
- Permite crear prototipos de bajo costo, mediante el análisis del rendimiento del sistema.
- Tiene una interfaz gráfica amigable e intuitiva para el usuario.
- A través de ella se reduce el riesgo de la inversión y del tiempo de salida al mercado.
- Representación visual de opciones de diseño y de escenarios.

7.1.3. Interfaz gráfica

La interfaz gráfica del software consta de tres áreas importantes como se puede observar en la siguiente figura.

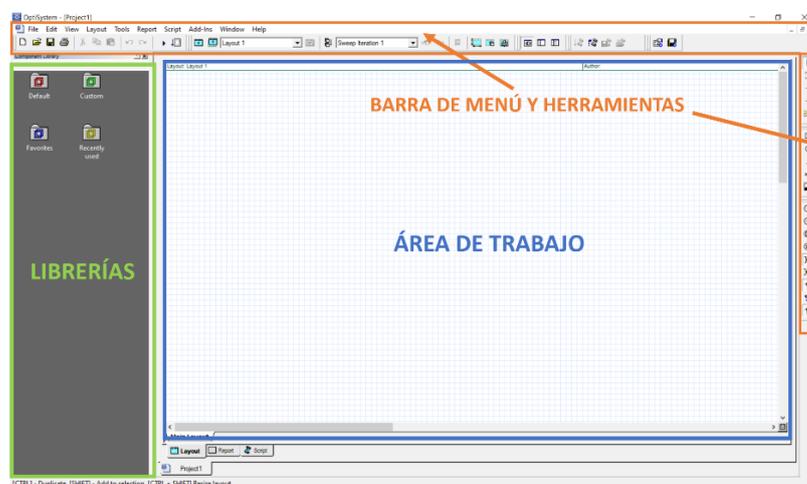


Figura 75. OptiSystem 7, interfaz gráfica.

Fuente: Autor

En el área de trabajo se arma el diseño de la red, arrastrando los componentes que se necesiten de la librería ubicada a la izquierda. En la librería, todos los componentes se encuentran ordenados en carpetas, después que se tengan todos los componentes necesarios para la simulación en el área de trabajo se procede a unir y configurar los diferentes parámetros de cada bloque.

Para ejecutar la simulación se debe presionar el botón “File” en la barra de menú y herramientas y luego “Calculate”, finalmente se analizan todos los datos obtenidos de la simulación.

7.1.4. Elementos utilizados en la simulación

OptiSystem cuenta con diversos elementos para simular redes ópticas. Para nuestro proyecto usaremos los siguientes componentes.

a. Pseudo-Random Bit Sequence Generator

Es un generador de secuencias de dígitos binarios, en el que por lo menos se cumple un estándar de aleatoriedad. Es usado en telecomunicaciones, encriptación, simulación, técnicas de correlación, etc.



Figura 76. Pseudo-Random Bit Sequence Generator.

b. NRZ Pulse Generator

Generador de pulso que crea una secuencia de pulsos no retorno a cero (Non Return to Zero), codificados por una señal digital de entrada.

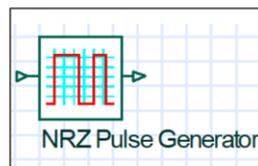


Figura 77. NRZ Pulse Generator.

c. CW Laser

Laser de onda continua, es una fuente óptica común en el simulador, emite una línea de transmisión con longitud de onda constante. El haz de luz que emite es constante en el tiempo.

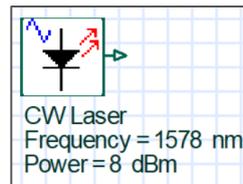


Figura 78. CW Laser.

d. Match – Zehnder Modulator

Moduladores de Niobato de Litio. Operan en segunda y tercera ventana. Generalmente modulan CW Laser para generar señales digitales para luego ser transmitidas a través de la fibra. Son componentes muy importantes en aplicaciones con TDM y en aplicaciones WDM.

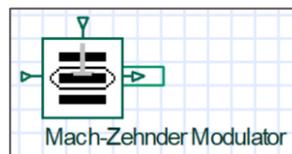


Figura 79. Match – Zehnder Modulator.

e. WDM Transmitter

Este equipo funciona como un transmisor de señales ópticas de parámetros configurables, realiza el mismo trabajo que el Pseudo-Random Bit Sequence Generator + NRZ Pulse Generator + CW Laser + Match – Zehnder Modulator, juntos. Este componente puede ser utilizado para la transmisión de voz, datos o video, en uno o más puertos.

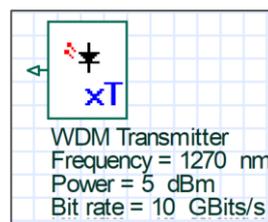


Figura 80. WDM Transmitter.

f. Dynamic Y Select

Se trata de un interruptor óptico dinámico que incorpora tiempos de conmutación con una constante de tiempo de conmutación. Matemáticamente, se asemeja al proceso de carga de un condensador lineal a través de una resistencia lineal.

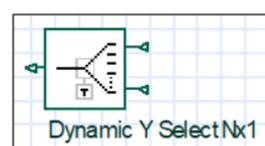


Figura 81. Optical Receiver.

g. Photodetector PIN

El componente Photodetector PIN, sirve para convertir la señal óptica recibida a señal eléctrica que después será filtrada por el Low Pass Bessel Filter.

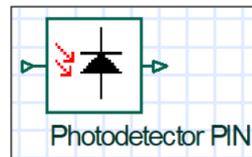


Figura 82. Photodetector PIN.

h. Low Pass Bessel Filter

Filtro paso bajos que quita el ruido generado a bajas frecuencias logrando con esto que la señal quede más limpia. El ruido generado en este tipo de sistemas puede estar entre 1Hz y 100Hz.

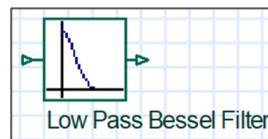


Figura 83. Low Pass Bessel Filter.

i. Buffer Selector

Componente que cumple la función de buffer en el sistema receptor, se encarga de recibir los datos conforme llegan de acuerdo al proceso simulado.

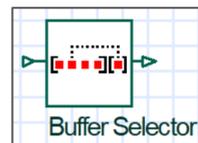


Figura 84. Buffer Selector.

j. 1xN Splitter Bidirectional

Divisor de potencia bidireccional de parámetros configurables, para nuestro proyecto este dispositivo tendrá 32 puertos de salida.

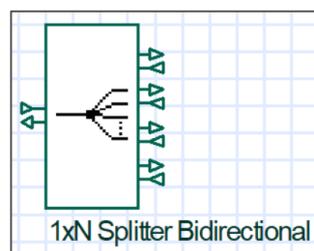


Figura 85. 1xN Splitter Bidirectional.

k. 3R Regenerator

Regenera la señal eléctrica para poder enviarla al analizador de errores BER.

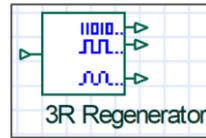


Figura 86. 3R Regenerator.

l. BER Analyzer

Es el analizador del fenómeno BER (Bit Error Rate, en español, taza de bits erróneos). El analizador BER calcula el rendimiento del sistema. Puede predecir la BER, el factor Q, el umbral y la apertura del ojo de un sistema. Puede ver los patrones de BER y el valor de BER en cada punto del diagrama Eye utilizando gráficos 3D.

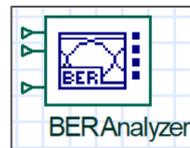


Figura 87. BER Analyzer.

7.2.Presupuesto óptico de la red propuesta

Para proceder con la simulación es necesario conocer el total de pérdidas en decibeles (dBm) a lo largo de todo el recorrido de la fibra óptica.

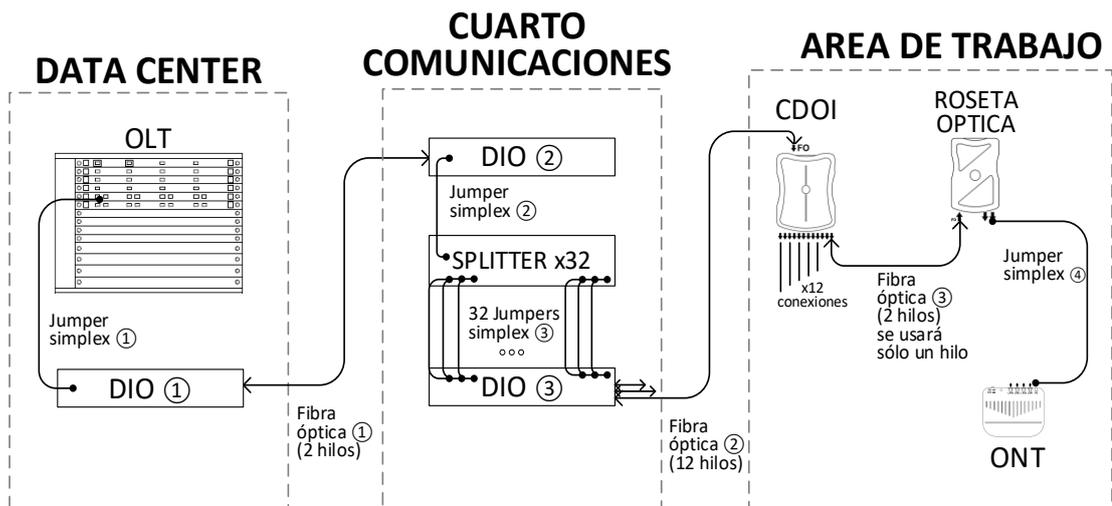


Figura 88. Diagrama del recorrido de la fibra óptica.
Elaboración: Autor

Analizaremos las pérdidas correspondientes a las tres áreas indicadas en el diagrama anterior, para ello aplicaremos la siguiente fórmula.

$$A(\text{dB}) = D(\text{Km}) * A_f(\text{dB/Km}) + N_c * A_c(\text{dB}) + A_s(\text{dB}) + N_e * A_e(\text{dB})$$

Dónde:

- A(dB) : Pérdida total en decibelios.
- D(Km) : Distancia en kilómetros.
- A_f(dB/Km) : Atenuación de la fibra óptica en decibelios por kilómetro.
- N_c : Número de conectores en el tramo.
- A_c(dB) : Atenuación de conector en decibelios.
- A_s(dB) : Atenuación del splitter.
- N_e : Número de empalmes en el tramo.
- A_e(dB) : Atenuación de empalme en decibelios.

7.2.1. Pérdidas en el Data Center

Incluye las pérdidas del distribuidor interno óptico (DIO) y del jumper simplex que conecta este dispositivo con el OLT.

DIO ①	{	0.4	Jumper simplex ①
		0.0	Confrontador
		0.2	Pigtail
		0.05	Empalme por fusión
		0.65 dB	

7.2.2. Pérdidas en el Cuarto de Comunicaciones

Incluye las pérdidas de: el cable de fibra óptica que va desde el Data Center hasta el Cuarto de Comunicaciones, el DIO de entrada, el splitter de 32 salidas y el DIO de salida. Se considera una distancia bastante amplia para la Fibra óptica ①, de 300 metros.

Fibra óptica ①	0.12	300 m. de cable SMF (0.4 dB/Km)	
DIO ②	{	0.4	Jumper simplex ②
		0.0	Confrontador
		0.2	Pigtail
		0.05	Empalme por fusión
		17.80	Splitter x32
DIO ③	{	0.4	Jumper simplex ③
		0.0	Confrontador
		0.2	Pigtail
		0.05	Empalme por fusión
		19.22 dB	

7.2.3. Pérdidas en el Área de Trabajo

Incluye las pérdidas de: el cable de fibra óptica que va desde el Data Center hasta el Cuarto de Comunicaciones, el DIO de entrada, el splitter de 32 salidas y el DIO de salida.

Fibra óptica ②	0.12	300 m. de cable SMF (0.4 dB/Km)
CDOI	0.05	Empalme por fusión
Fibra óptica ③	0.04	100 m. de cable SMF (0.4 dB/Km)
Roseta Óptica	}	0.4 Jumper simplex ④
		0.0 Confrontador
		0.2 Pigtail
		0.05 Empalme por fusión
	<hr/>	0.86 dB

Las suma de todas las pérdidas en el recorrido de la fibra es en total 20.73dB, representaremos este valor en el software de simulación.

7.3. Parámetros ópticos XG-PON

Los siguientes parámetros han sido obtenidos de las especificaciones técnicas de los equipos y serán usados para configurar los componentes del diseño simulado.

Tabla 59. Parámetros ópticos XG-PON

Equipo	Parámetro	Valor
OLT (Tarjeta: H901CGID)	Potencia óptica mínima de salida	4 dBm
	Potencia óptica máxima de salida	8 dBm
	Sensibilidad máxima del receptor	-29.5 dBm
ONT (HN8245Q)	Potencia óptica mínima de salida	2 dBm
	Potencia óptica máxima de salida	7 dBm
	Sensibilidad máxima del receptor	-28 dBm
Splitter 2x32	Pérdida de inserción máxima	17.8 dBm
	Pérdida de retorno mínima	55 dBm

Fuente: Especificaciones técnicas de los equipos

7.4. Simulación de la red XG-PON

Con los parámetros y el presupuesto óptico ya identificado procedemos a realizar la simulación en el software OptiSystem, representando la trayectoria de la fibra desde el OLT hasta el ONT según se muestra en la *Figura 88. Diagrama del recorrido de la fibra óptica*

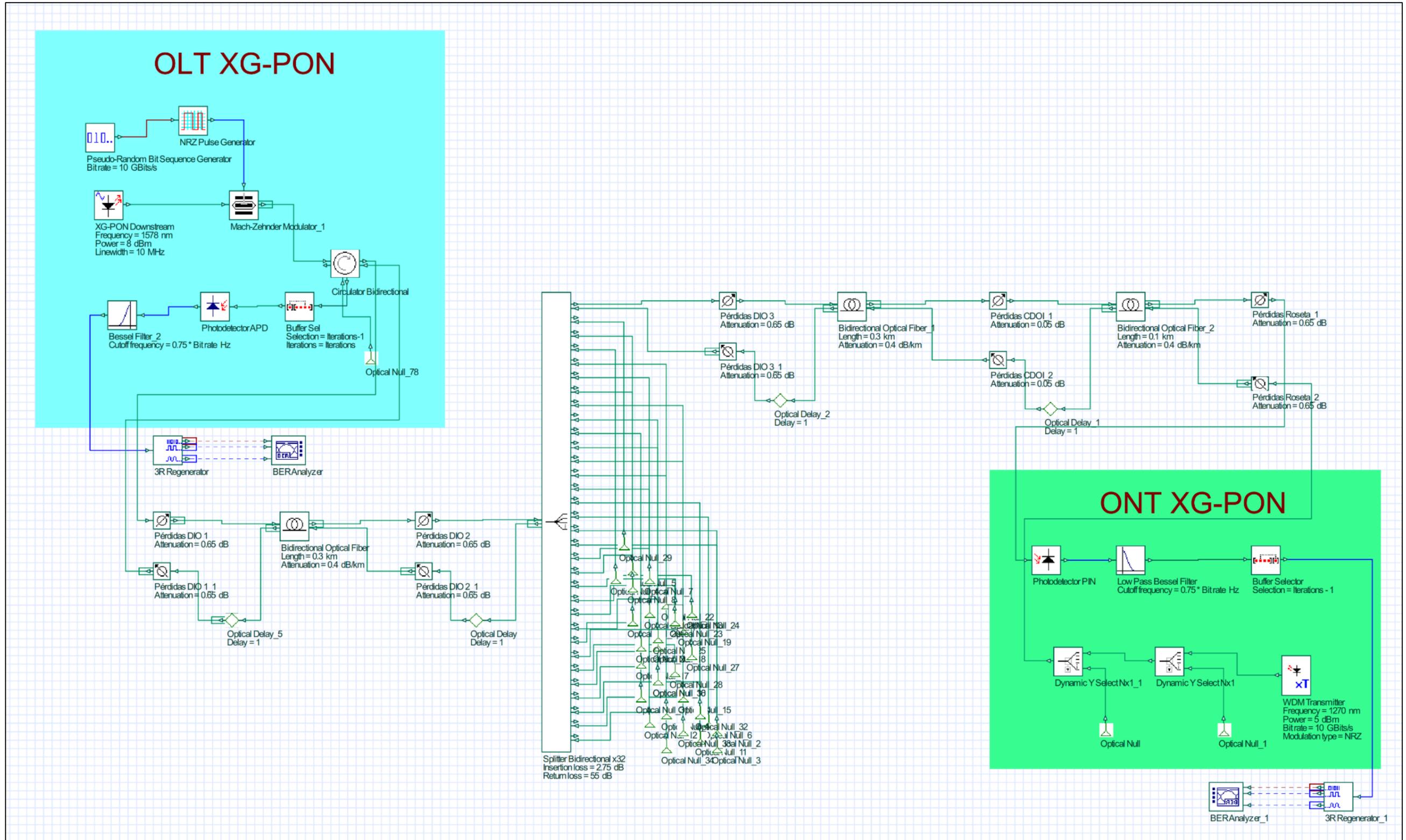


Figura 89. Diseño en la red XG-PON en OptiSystem.
Elaboración: Autor

7.4.1. Configuración del OLT

El OLT está conformado por un sistema de transmisión y un sistema de recepción cuyas señales viajan en la misma fibra, pero en distintas frecuencias, de manera que no se cruzan entre sí.

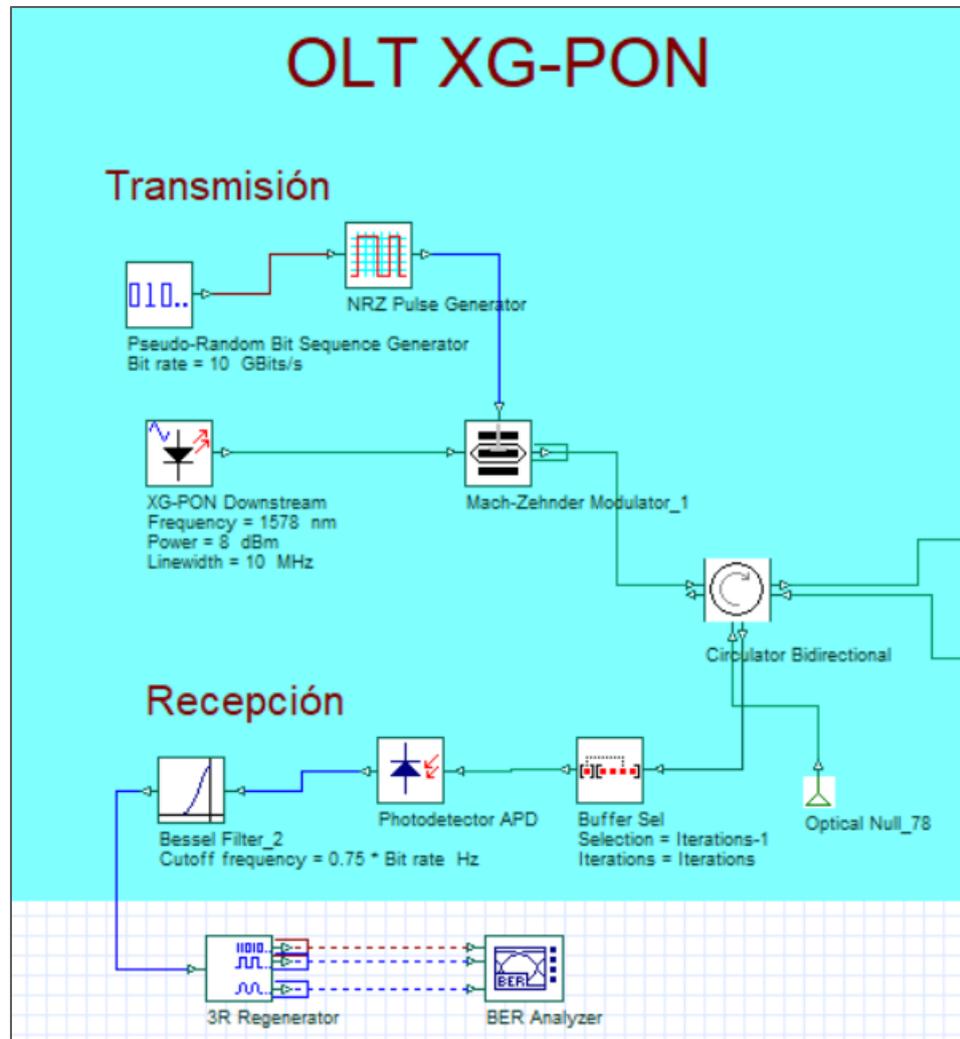


Figura 90. Diseño del OLT XG-PON en OptiSystem.
Elaboración: Autor

7.4.1.1. Configuración en la Transmisión del OLT

El sistema de transmisión del OLT está conformado por 4 bloques. El Pseudo-Random Bit Sequence Generator se encargará de generar una secuencia de bits aleatorias, para ello configuraremos la velocidad a 10Gbps como se aprecia en la siguiente figura.

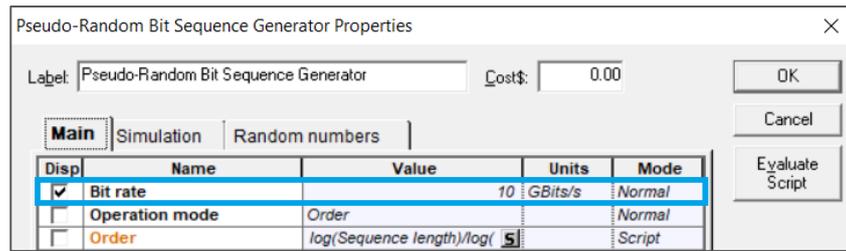


Figura 91. Conf. del Pseudo-Random Bit Sequence Generator en OptiSystem.
Elaboración: Autor

Luego esta señal pasara al NRZ Pulse Generator para convertirse en impulsos eléctricos.

El CW Laser ‘XG-PON Downstream’ emitirá una flujo constante de señal laser a 1578 nm que corresponde a la longitud de onda downstream para XG-PON, configuraremos también la potencia máxima para el OLT (8 dBm).

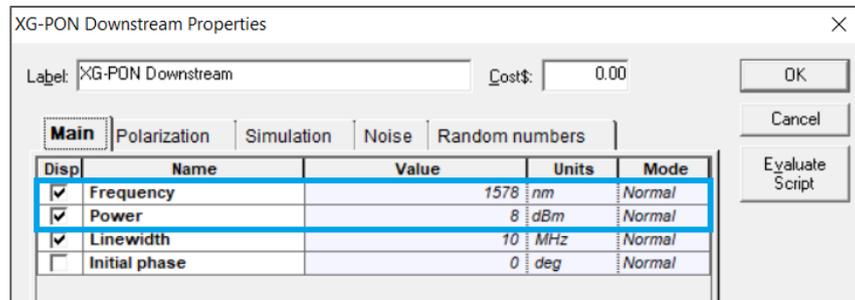


Figura 92. Configuración del CW Laser para el OLT en OptiSystem.
Elaboración: Autor

El Mach-Zehnder Modulator tomará la señal laser y los impulsos eléctricos para generar impulsos de señal óptica, la configuración del Mach-Zehnder Modulator se dejará por defecto.

7.4.1.2. Configuración en la Recepción del OLT

El sistema de recepción del OLT está conformado por 3 bloques. El Buffer Selector tendrá un valor ‘Iterations-1’ correspondiente al parámetro ‘Selection’

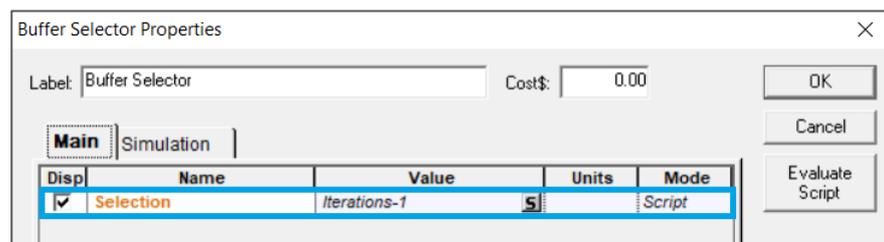


Figura 93. Configuración del Buffer Selector para el OLT en OptiSystem.
Elaboración: Autor

Los parámetros para el Photodetector y el Bessel Filter se dejan por defecto.

El 3R Regenerator y el BER Analyzer son componentes que se usan para analizar la señal de salida, tampoco se realizan cambios en la configuración de estos equipos.

El ‘Circulator Bidirectional’ es un componente necesario para simular el funcionamiento de una fibra óptica bidireccional, los valores se dejan por defecto.

7.4.2. Configuración del ODN

En nuestro modelo el ODN está conformado por los siguientes componentes.

- Optical Attenuator. Representará las pérdidas generadas por los DIO (Distribuidores Internos Ópticos), las CDOI (Cajas de Distribución Óptica Interna) y las rosetas ópticas, en cada área del trayecto.
- Bidirectional Optical Fiber. Representará los tramos de fibra óptica, en este componente se configurará la longitud del cable en kilómetros y la atenuación en dB/km.
- Optical Delay. Estos componentes generan retardos necesarios para el funcionamiento correcto de los dispositivos conectados en la fibra bidireccional. Los valores se dejarán por defecto.
- 1xN Splitter Bidirectional. Este será nuestro splitter x32 que cuya configuración se explicará más adelante.
- Optical Null. Los puertos de entrada en los dispositivos de fibra óptica no pueden quedar vacíos, por lo que se usará este componente para cerrarlos.

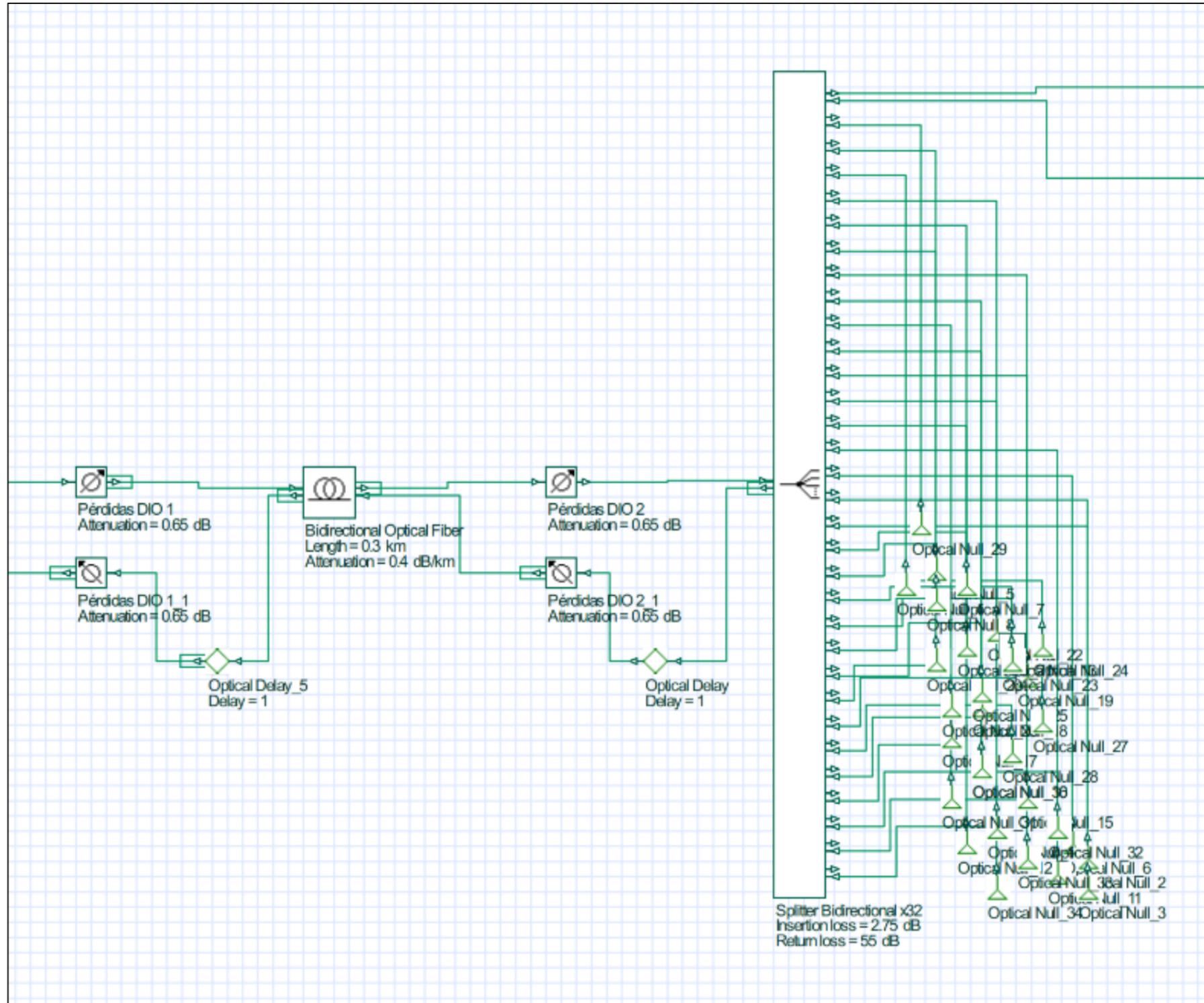


Figura 94. Diseño del ODN en OptiSystem, lado izquierdo.
Elaboración: Autor

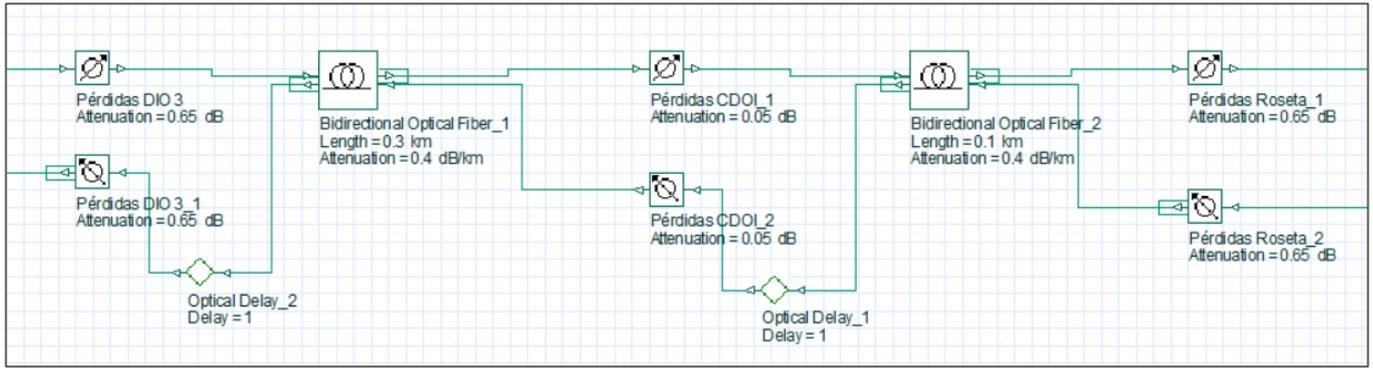


Figura 95. Diseño del ODN en OptiSystem, lado derecho.
Elaboración: Autor

7.4.2.1. Configuración del splitter

El splitter dividirá la potencia de la señal sólo en sentido downstream para los 32 ONT de la red. Configuraremos el número de puertos de salida, la pérdida de inserción y la pérdida de retorno según los datos técnicos del fabricante.

Para el caso de la pérdida de inserción, OptiSystem añade de forma automática un valor de 15.05 dBm por lo que sólo se debe ingresar la diferencia (2.75 dBm) para alcanzar el valor requerido en la [Tabla 59](#).

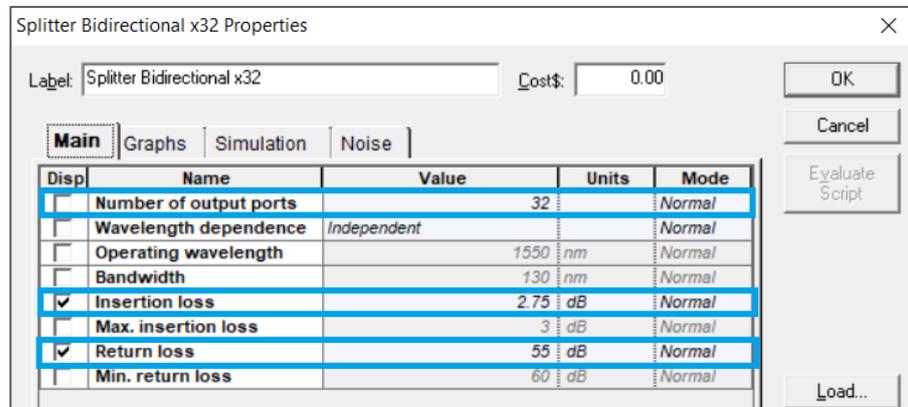


Figura 96. Configuración del splitter x32 en OptiSystem.
Elaboración: Autor

7.4.3. Configuración del ONT

De forma similar al OLT, también el ONT está conformado por un sistema de transmisión y un sistema de recepción cuyas señales viajan en la misma fibra, pero en distintas frecuencias, de manera que no se cruzan entre sí.

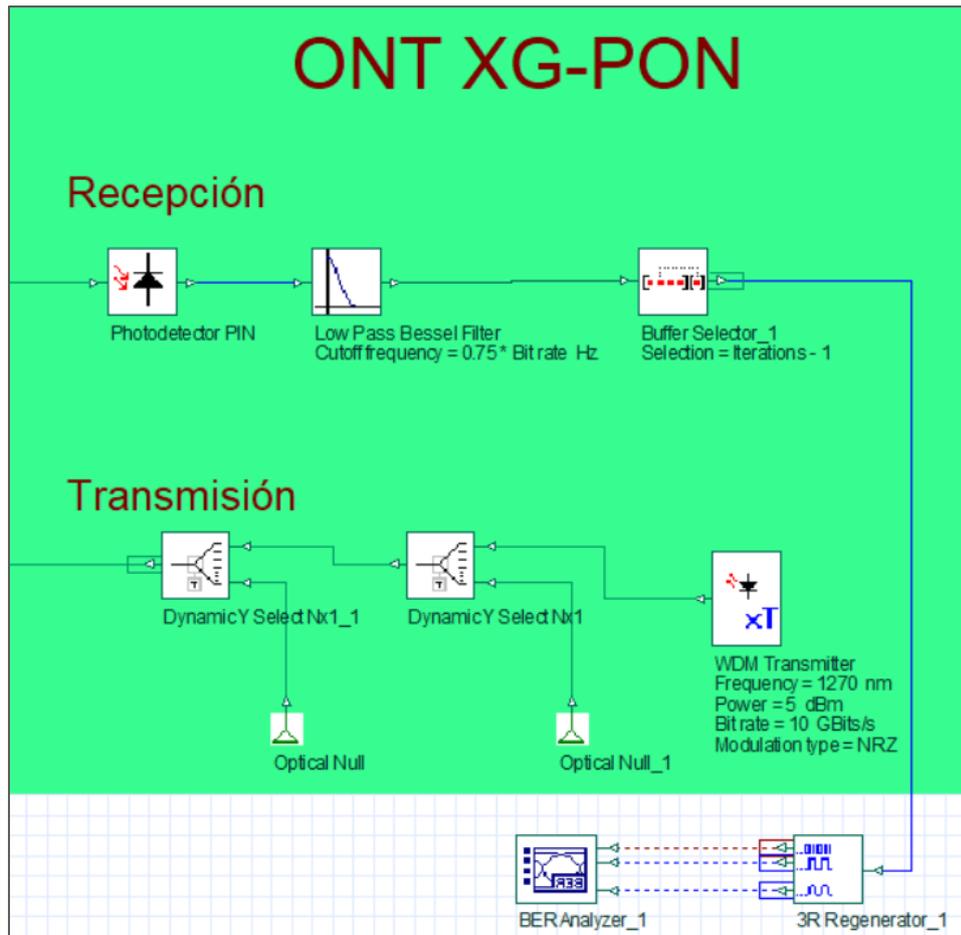


Figura 97. Diseño del ONT XG-PON en OptiSystem.
Elaboración: Autor

7.4.3.1. Configuración en la Transmisión del ONT

El sistema de transmisión del OLT está conformado por 3 bloques. El WDM Transmitter genera impulsos de señal óptica, para ello configuraremos la frecuencia, la potencia y la velocidad de bits que serán generados en forma aleatoria.

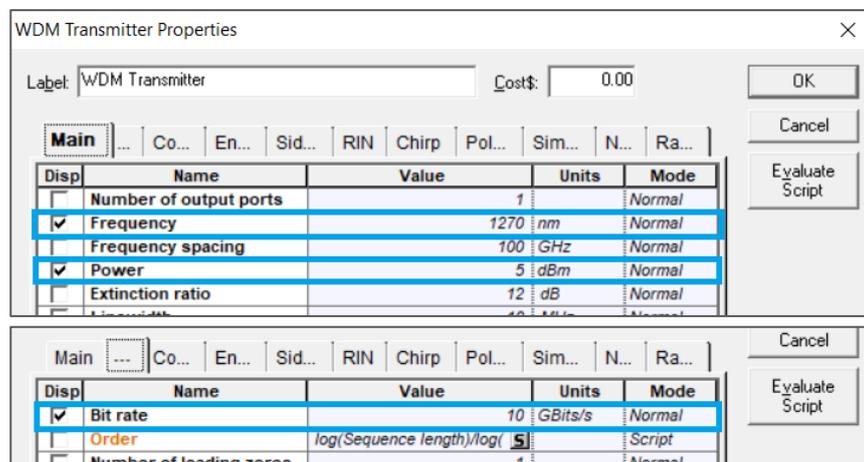


Figura 98. Configuración del WDM Transmitter en OptiSystem.
Elaboración: Autor

Los dos bloques ‘Dynamic Y Select Nx1’ simularán el algoritmo TDMA (Time Division Multiple Access) aplicado por el OLT sobre la red.

El bloque ‘Dynamic Y Select Nx1’ más cercano al WDM Transmitter tendrá el valor ‘ $TimeSlot * (1/Bit\ rate) * Sequence\ length / ONUno$ ’ en el parámetro ‘Switching event time’, la configuración es la siguiente.

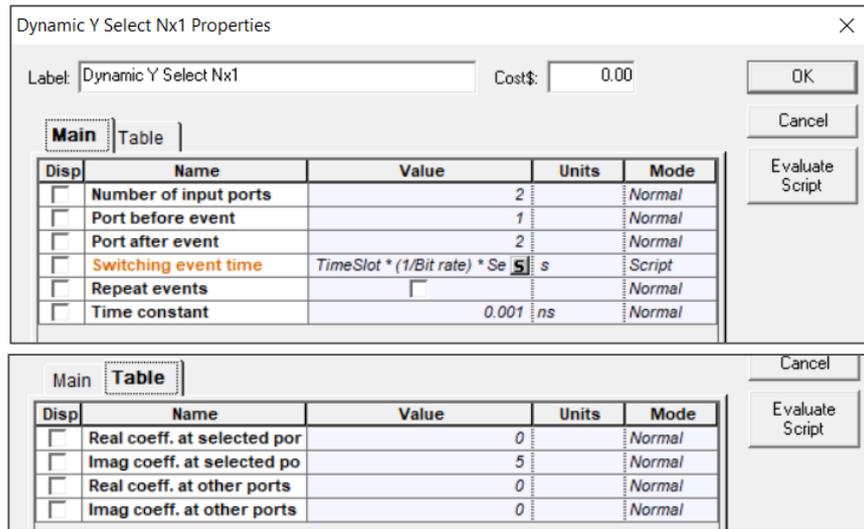


Figura 99. Conf. del primer Dynamic Y Select Nx1 en OptiSystem.
Elaboración: Autor

El bloque ‘Dynamic Y Select Nx1’ más distante al WDM Transmitter tendrá el valor ‘ $TimeSlot * (1/Bit\ rate) * Sequence\ length / ONUno + Time\ window / ONUno$ ’ en el parámetro ‘Switching event time’, la configuración es la siguiente.

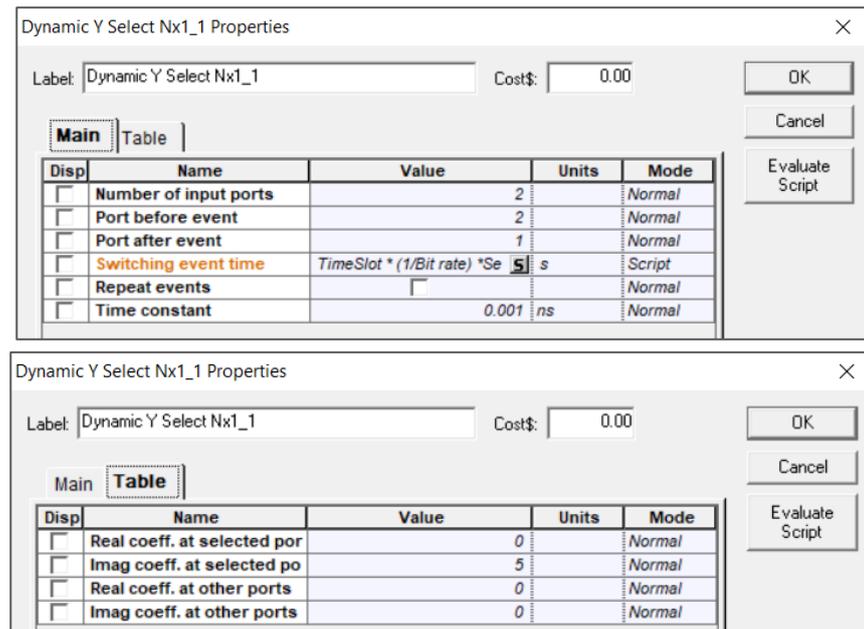


Figura 100. Conf. del segundo Dynamic Y Select Nx1 en OptiSystem.
Elaboración: Autor

7.4.3.2. Configuración en la Recepción del OLT

El sistema de recepción del OLT está conformado por 3 bloques. El Buffer Selector tendrá un valor 'Iterations-1' correspondiente al parámetro 'Selection'

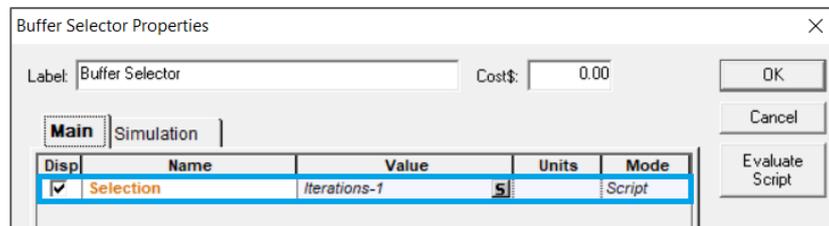


Figura 101. Configuración del Buffer Selector para el OLT en OptiSystem.
Elaboración: Autor

Los parámetros para el Photodetector y el Bessel Filter se dejan por defecto.

El 3R Regenerator y el BER Analyzer son componentes que se usan para analizar la señal de salida, tampoco se realizan cambios en la configuración de estos equipos.

El 'Circulator Bidirectional' es un componente necesario para simular el funcionamiento de una fibra óptica bidireccional, los valores se dejan por defecto.

7.5. Análisis de resultados de la simulación

Comprobaremos la calidad del enlace a través de los resultados arrojados en la simulación, para ello haremos uso del bloque BER Analyzer, que permite visualizar el diagrama de ojo y la tasa de bits errados (BER). De igual manera se utilizará el bloque Optical Power Meter, para verificar que la potencia de la señal que llega al ONT o al receptor del OLT sea adecuada, no tan alta porque podría quemar los equipos, ni tan baja porque no sería detectada.

7.5.1. Análisis en sentido downstream

Para el lado del ONT se obtuvo el siguiente diagrama de ojo en el BER Analyzer.

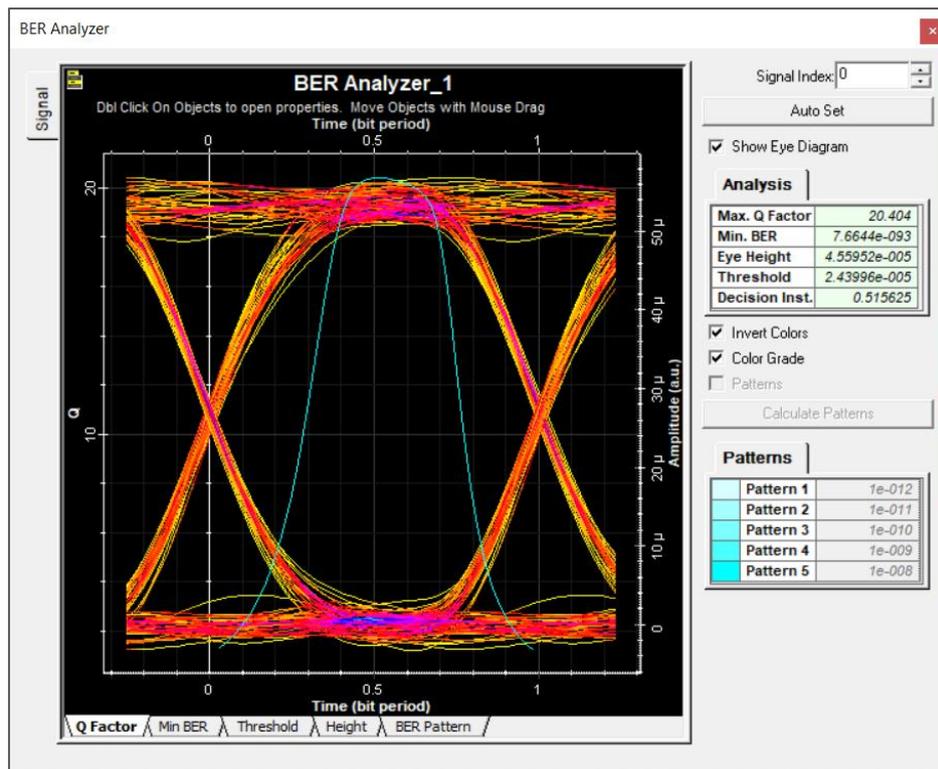


Figura 102. Diagrama de ojo en el sentido downstream en el BER Analyzer.

Fuente: Autor

El diagrama de ojo muestra la superposición de todas las combinaciones de unos y ceros de una cantidad de bits transmitidos aleatoriamente. (Velasco Rivera, 2018)

La tasa de bits errados (7.6644×10^{-93}) es mucho menor que 10^{-12} , que es el objetivo según la norma UIT-T G.987.2, es decir la norma acepta un bit errado por cada 12 billones de bits transmitidos, para nuestro caso, esta cifra es por mucho mejor.

El Q Factor se refiere a la calidad del enlace, este parámetro se utiliza como una indicación del desempeño del sistema, el grupo de normas UIT-T G.987 no establecen un valor para este indicador, sin embargo, en la norma UIT-T G.984.2 para redes GPON el valor mínimo permitido es alrededor de 6. En otras investigaciones, se busca que este valor sea el máximo posible (Ruiz Lovato, 2015) (Gómez Agredo, 2019). En nuestro caso el valor de Q Factor es 20.404 lo cual indica que la calidad del enlace es bastante aceptable.

El Eye Height y Threshold indican la altura y límite de la apertura del diagrama del ojo. Una gran apertura del ojo indica mayor tolerancia al ruido, jitter y mejor sensibilidad del receptor.

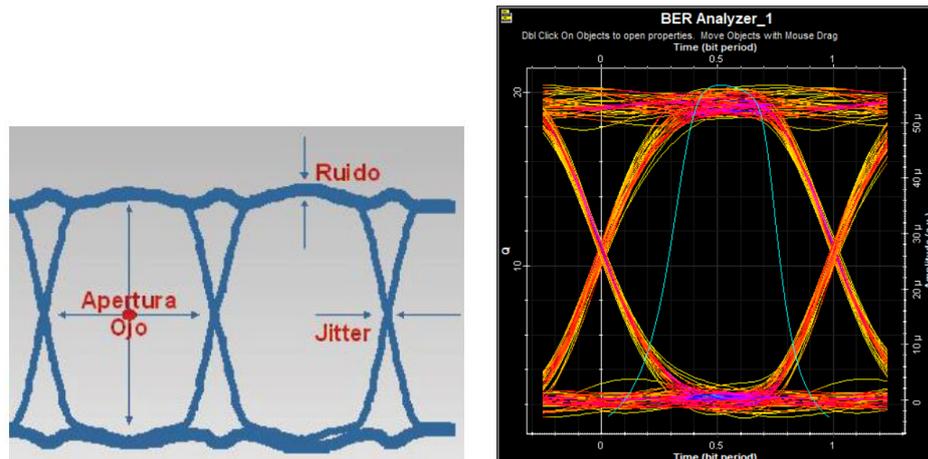


Figura 103. Comparación del diagrama de ojo ideal con el diagrama de ojo obtenido en sentido downstream, izquierda: diagrama de ojo ideal, derecha: diagrama obtenido.
Fuente: Autor

Comparando el diagrama de ojo ideal con el diagrama de ojo obtenido, como se observa en la *Figura 103*; se puede apreciar una mínima cantidad de ruido, aun así el jitter y la apertura del ojo son bastante aceptables, obteniendo así una tasa de bits errados dentro del valor permitido por el estándar UIT-T G.987.2

La medida del ruido es la distorsión causada por la ISI (transferencia intersimbólica), mientras que el jitter es una desviación de fase respecto de la posición ideal en el tiempo de una señal digital.

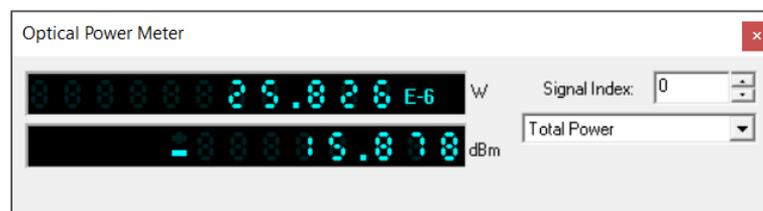


Figura 104. Potencia que llega al ONT en sentido downstream.
Fuente: Autor

De igual manera la potencia que llega al receptor del ONT (-15.878 dBm), como se observa en la *Figura 104*, se encuentra dentro del límite permitido para que la señal sea recibida (-28 dBm) ver *Tabla 59*, garantizando un correcto enlace óptico.

7.5.2. Análisis en sentido upstream

Para el lado del OLT se obtuvo el siguiente diagrama de ojo en el BER Analyzer.

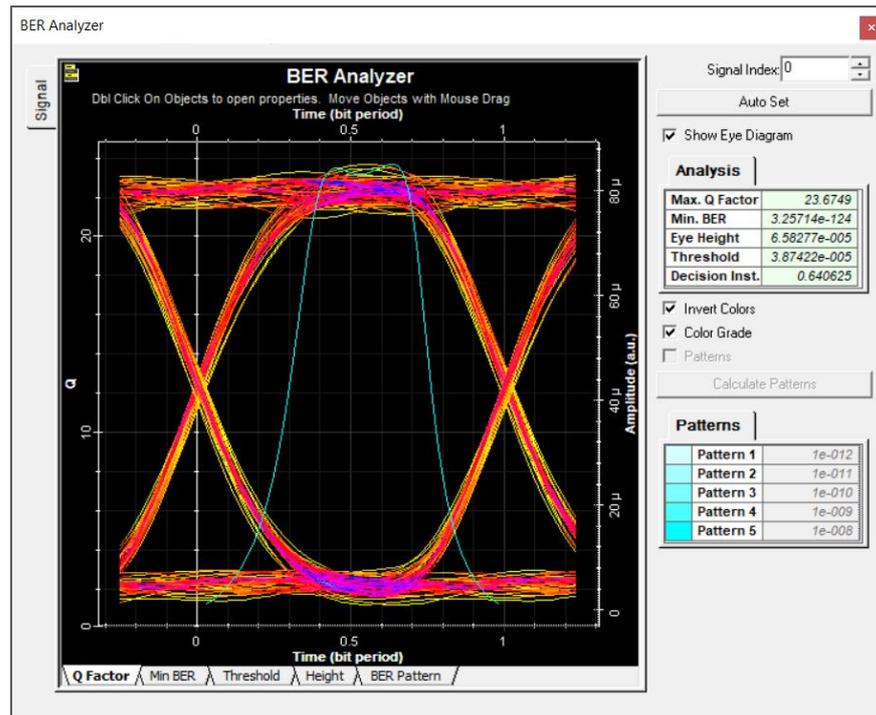


Figura 105. Diagrama de ojo en el sentido upstream en el BER Analyzer.
Fuente: Autor

En este caso la tasa de bits errados es 3.25714×10^{-124} que sigue siendo mucho menor que 10^{-12} , por lo tanto, cumple con la norma UIT-T G.987.2 para XG-PON. Estos valores tan buenos probablemente se deban a la corta distancia que usamos para nuestro sistema, frente a la enorme distancia de la que se puede disponer en este tipo de redes.

El Q Factor sigue siendo favorable, con un valor de 23.6749 que, como se explicó en el apartado anterior, debe ser lo más alto posible.

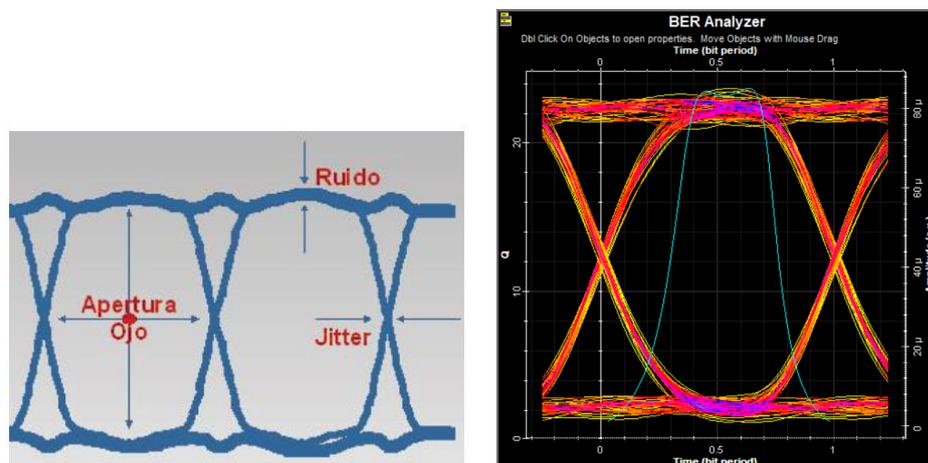
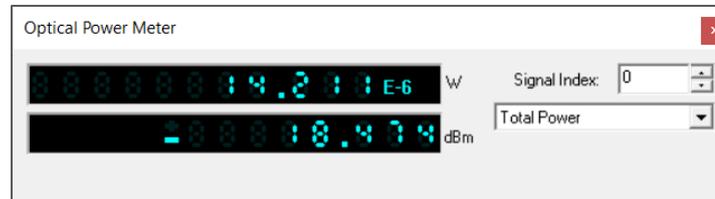


Figura 106. Comparación del diagrama de ojo ideal con el diagrama de ojo obtenido en sentido upstream, izquierda: diagrama de ojo ideal, derecha: diagrama obtenido.
Fuente: Autor

Comparando el diagrama de ojo ideal con el diagrama de ojo obtenido en sentido upstream, como se observa en la [Figura 106](#); apreciamos también una mínima cantidad de ruido donde el jitter y la apertura del ojo son bastante aceptables, obteniendo así una tasa de bits errados dentro del valor permitido por el estándar UIT-T G.987.2



*Figura 107. Potencia que llega al OLT en sentido upstream.
Fuente: Autor*

De igual manera la potencia que llega al receptor del OLT (-18.474 dBm), como se observa en la [Figura 107](#), se encuentra dentro del límite permitido para que la señal sea recibida (-29.5 dBm) ver [Tabla 59](#), garantizando un correcto enlace óptico.

7.6. Resultados obtenidos y conclusiones

Loreto es un departamento carente de tecnologías que fomenten la conectividad de alta velocidad y el acceso a internet, así mismo, es una de las zonas del país con mayor incidencia de epidemias.

Conclusión: La implementación de más y mejores infraestructuras tecnológicas en la región, no sólo facilitará el acceso a internet en la población, sino que también será de mucha ayuda para los encargados en labores sanitarias.

En nuestro país, la implementación de redes pasivas ópticas como alternativa en redes de área local, todavía no es muy común.

Conclusión: Se espera que este trabajo sirva de aporte y logre promover este tipo de tecnologías en el Perú.

Según la cantidad de puntos de red requeridos para un proyecto de cableado estructurado, la implementación de una red óptica pasiva es económica y técnicamente más factible que instalar una red ethernet.

Conclusión: Se recomienda entonces, optar por una red óptica pasiva para este proyecto.

Capítulo 8.

Conclusiones y recomendaciones

8.1. Conclusiones

En este trabajo se diseñó una red de interconexión óptica pasiva XG-PON bajo las recomendaciones del grupo de estándares G.987 de la UIT-T, a fin de que el Hospital Iquitos César Garayar García en la provincia de Maynas pueda llevar a cabo sus actividades.

Para lograrlo, se ejecutó una serie de pasos que empezó por recopilar y organizar información necesaria para diseñar la red del hospital. La información recopilada consistía en datos sobre el hospital, la realidad de Iquitos y detalles acerca de la construcción del nuevo edificio para el hospital. También se realizó una investigación minuciosa acerca de la tecnología a emplear para el diseño, fue necesario también encontrar y aprender a usar el software utilizado para simular la red propuesta.

Se determinaron los requisitos y características de la red de interconexión. Optando por una arquitectura centralizada en la que, cada salida del OLT se divide por un único splitter de 32 puertos. Además, la fibra óptica no llega hasta el escritorio del usuario, sino hasta una caja de muro empotrada y desde aquí se llega con cable Cat6A F/UTP hasta un faceplate empotrado en la pared con salidas RJ45.

Se aplicaron tecnologías en hardware y software para la red propuesta. Tecnologías que, por cierto, son muy recientes a la fecha de publicación de este informe, puesto que las redes GPON son todavía novedosas y no existen muchos fabricantes de tecnologías XG-PON.

Se diseñó la Red Óptica Pasiva, respetando normas y estándares nacionales e internacionales. Principalmente internacionales, aquellas que se encuentran en el grupo G.987 de la UIT-T y estándares de cableado estructurado como la ANSI/TIA/EIA-568-B para el tendido e identificación del cable Cat6A F/UTP.

8.2. Recomendaciones

La tendencia tecnológica y la innovación van en aumento, en un futuro cercano, la implementación de redes ópticas en entornos de área local será primordial para satisfacer los nuevos requerimientos de ancho de banda y conectividad.

En la actualidad existe una cantidad enorme de literatura y trabajos de grupos de investigación sobre proyectos relacionados al tema, a pesar de ello el campo de investigación no está en absoluto cerrado, y este trabajo puede servir de aporte para futuras investigaciones.

Para finalizar, se destacan algunos temas que podrían investigarse como una continuación de este trabajo o que podrían ser un complemento de este.

- Con relación al análisis comparativo de factibilidad entre las tecnologías PON y Ethernet, se podría realizar un estudio minucioso que incluya la generación de una matriz FODA para ambas tecnologías y el análisis de ambas propuestas a través de un árbol de problemas y un árbol de objetivos.
- Se podría reforzar el análisis comparativo entre las tecnologías PON y Ethernet, simulando también una red Ethernet y comparando los resultados.
- Respecto a la simulación de redes ópticas pasivas, se podría simular también otros diseños como propuestas para un entorno local y comparar los resultados a fin de encontrar el diseño óptimo.
- Con la evolución de las tecnologías pasivas ópticas, será necesario conocer los requisitos para migrar a nuevas y mejores generaciones de PON, así mismo, elaborar diseños que estén preparados para soportar las evoluciones tecnológicas futuras.

Referencias

- Apablaza M., F. (2012). *Redes de Telecomunicaciones cap3*. (P. U. Valparaíso, Ed.)
Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/fapablaza/redes-de-teleco-eie-551-cap3>
- Arias de la Cruz, J. W. (2015). *Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON en el distrito de Magdalena del Mar*. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima - Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7506>
- Ballesta P., J. C., & Boltimore, J. (diciembre de 2017). PASSIVE OPTICAL NETWORK (PON): CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS. *Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales*, 7(2), 4-9. Obtenido de <http://www.fundacioniai.org/raccis/v7n2/n13a1.pdf>
- Bernal Muñoz, C. F. (2013). *ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO*. Facatativa, Colombia: Escuela en Telecomunicaciones. Obtenido de <https://sites.google.com/site/pipevidabernal/home/trabajos/Comunicaciones%20I.pdf>
- Blog Automatas. (23 de julio de 2017). *Fibra - Monomodo o Multimodo*. Obtenido de infoPLC: <https://www.infopl.net/blogs-automatizacion/item/104568-fibra-monomodo-multimodo>
- Carmona Torondel, D. (2012). *Estudio tecno-económico de soluciones para el acceso multioperador del bucle de abonado en las redes de acceso de nueva generación (NGA)*. Barcelona, España: Universitat Politècnica de Catalunya. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2099.1/14480>
- Casado Lasteros, D., Delgado Yabar, G., Silva Valencia, J., & Condor Camara, D. (2018). *Estudio descriptivo de la conectividad móvil de establecimientos de salud MINSA del departamento de Loreto en la Amazonía del Perú*. Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima - Perú.
- Chayña Burgos, J. P. (2017). *Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa AMITEL S.A.C, Puno*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Perú. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3859>
- Cisco Systems, Inc. (2020). *Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper*. San Jose, USA: Cisco Systems, Inc. Retrieved from <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>
- Copa Merlo, J. C. (2016). *Diseño de una red GPON para los Rosales de Achumani del Municipio de la Paz en base a los requerimientos de Entel*. Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andres, La Paz - Bolivia. Obtenido de <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/11626>

- García Yagiüe, A. (mayo de 2014). *GPON y GPON Doctor. Introducción y Conceptos Generales*. (TELNET-RI, Ed.) Obtenido de CCÄPITALIA.NET: <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>
- Gómez Agredo, G. A. (2019). *Mejora de la Eficiencia Espectral en redes DWDM a 40Gbps a través de los Formatos de Modulación Avanzados DPSK y DQPSK*. Tesis de Maestría, Universidad del Cauca, Popayán. Obtenido de <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/1780>
- Gómez López, F., Puerto López, K. C., & Guevara Ibarra, D. (2015). La fibra óptica y el fenómeno no lineal mezcla de cuarta onda. *Mundo FESC*, 5(9), 43-59. Obtenido de <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/58>
- González, C. (19 de julio de 2015). Obtenido de ADSLZONE: <https://www.adslzone.net/2015/07/19/cual-es-el-limite-de-la-fibra-optica-300-mbps-1-gbps-1-tbps/>
- Guanotasig Molina, B. A. (2014). *Estudio y diseño de una red de fibra óptica con tecnología GPON (Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit) para el edificio matriz de la "Universidad Tecnológica Israel" implementada en una maqueta técnica de medición y pruebas*. Tesis de pregrado, Universidad Israel, Quito - Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/886>
- HOSPITAL QUITOS "CÉSAR GARAYAR GARCÍA". (2011). *PLAN DE RESPUESTA HOSPITALARIO A EMERGENCIAS SANITARIAS Y DESASTRES 2011*. Obtenido de http://www.paho.org/per/images/stories/Dengue2011/phrd_hospital_cesar_garayar.pdf?ua=1
- Hospital Iquitos. (2018). *HOSPITAL IQUITOS Historia*. Obtenido de <https://www.hospitaliquitos.gob.pe/Historia.htm>
- Icaza Álvarez, D. O., Campoverde Jiménez, G. E., Verdugo Ormaza, D. E., & Arias Reyes, P. D. (5 de febrero de 2019). El analfabetismo tecnológico o digital. *Polo del Conocimiento*, 4(2), 393-406. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7164297>
- IEEE P802.3cn. (13 de noviembre de 2018). *Adopted Objectives*. Obtenido de IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee: http://www.ieee802.org/3/cn/proj_doc/3ct_Objectives_181113.pdf
- Incom®. (s.f.). *Atenuación*. Recuperado el 22 de marzo de 2020, de INCOM BLOG: <https://blog.incom.mx/entrada/Atenuaci%C3%B3n/28>
- INEI. (abril de 2018). *RESULTADOS DE LA POBREZA MONETARIA 2017*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística e Informática: https://www.inei.gob.pe/media/cifras_de_pobreza/presentacion_evolucion-de-pobreza-monetaria-2017.pdf
- Instituto Tecnológico de La Laguna. (20 de setiembre de 2003). *Optoelectrónica*. Obtenido de Instituto Tecnológico de La Laguna: http://www.itlalaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/opteca/optopdf_archivos/OPTOELECTRONICA.pdf

- ITU-T G.984.1. (2008, marzo). *Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales*. Retrieved from Unión Internacional de Telecomunicaciones: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/es>
- ITU-T G.984.2. (2019, agosto). *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos*. Retrieved from Unión Internacional de Telecomunicaciones: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2-201908-I/es>
- ITU-T G.987.1. (2016, Marzo). *Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Requisitos generales*. Retrieved from Unión Internacional de Telecomunicaciones: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.1-201603-I/es>
- ITU-T G.989.1. (2013, marzo). *Redes ópticas pasivas con capacidad de 40 Gigabits (NG-PON2): Requisitos generales*. Retrieved from Unión Internacional de Telecomunicaciones: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.989.1-201303-I/es>
- Keck, S. (27 de junio de 2015). *Life Begins at 40(km) - 100G ZR Optics*. Obtenido de Juniper Networks: <https://forums.juniper.net/t5/Archive/Life-Begins-at-40-km-100G-ZR-Optics/ba-p/276483>
- López Bonilla, M., Moschim, E., & Rudge Barbosa, F. (Mayo de 2009). ESTUDIO COMPARATIVO DE REDES GPON Y EPON. *Scientia Et Technica*, XV(41), 321-326. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84916680058>
- López Guerra, H. (4 de enero de 2020). *FIBRA ÓPTICA para Iquitos, una necesidad que se hace URGENTE para el desarrollo sostenible de la región*. Obtenido de Labor: <http://www.labor.pe/2020/01/fibra-optica-para-iquitos-una-necesidad-que-se-hace-urgente-para-el-desarrollo-sostenible-de-la-region/>
- Lorenz, C., Azevedo, T., & Chiaravalloti Neto, F. (2020, abril 9). COVID-19 and dengue fever: A dangerous combination for the health system in Brazil. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 35. doi:10.1016/j.tmaid.2020.101659
- Luque Ordóñez, J. (2012). Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico. (ACTA, Ed.) *Manual formativo de ACTA*(62), 17-31. Obtenido de https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf
- Martínez, T. (17 de enero de 2017). *LAN óptica pasiva, ¿Amenaza para las LAN tradicionales?* Obtenido de Telequismo: <https://www.telequismo.com/2017/01/lan-optica-pasiva.html/>
- Mendoza Riofrío, M. (29 de mayo de 2019). *¿Cuál es el nivel de conexiones móviles y fijas a Internet de Loreto?* Obtenido de El Comercio: <https://elcomercio.pe/economia/peru/nivel-conexiones-internet-posee-loreto-noticia-ecpm-639164-noticia/?ref=ecr>
- Millán Tejedor, R. J. (enero de 2008). GPON (Gigabit Passive Optical Network). *bit*(166), 63-67. Obtenido de https://www.academia.edu/download/42331015/gpon_bit.pdf
- More, J., & Argandoña, D. (2019). *Documento de Trabajo N° 42: Redes de fibra óptica y microondas en el Perú*. Obtenido de OSIPTEL: <https://hdl.handle.net/20.500.12630/389>

- Moreno Manzanares, J. M. (2018). *Tesis: Estudio tecno-económico del despliegue del estándar NG-PON2 sobre infraestructura óptica heredada*. Barcelona, España: Universitat Oberta de Catalunya. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10609/74205>
- MTC. (2013). *Renovación de concesión de Telefónica del Perú S.A.A.* Obtenido de Portal del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones: https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/concesiones/renovacion_telefonica.html
- MTC. (s.f.). *Proyectos regionales de Banda Ancha*. Recuperado el 31 de julio de 2020, de Ministerio de Transportes y Comunicaciones: https://portal.mtc.gob.pe/logros_redes_regionales.html
- Muente Schwarz, R. (6 de setiembre de 2018). *Reporte Loreto*. Obtenido de Repositorio Institucional OSIPTEL: <https://repositorio.osiptel.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12630/91/ppt-situacion-sector-telecom-loreto.pdf>
- Notario, P. (2015). Nuevos estándares PON para sistemas FTTx. (E. T. REDE, Ed.) *Revista española de electrónica*(725), 62-64. Obtenido de https://www.redeweb.com/ficheros/articulos/unitronics_1959070987.pdf
- Ojeda Sotomayor, A. O. (2009). *Estudio y diseño de una red FTTH en un campus universitario y una vivienda residencial*. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima - Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/854>
- OMS. (2016). *mSalud: uso de las tecnologías móviles inalámbricas en la salud pública*. Organización Mundial de la Salud. Obtenido de https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB139/B139_8-sp.pdf
- Poveda Escobar, G. E., & Carrera Guerrero, C. A. (2015). *Estudio y simulación de la propagación de solitones en una fibra óptica monomodo*. Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11425>
- Ruiz Lovato, D. R. (2015). *Estudio comparativo y simulación de las tecnologías tradicionales y emergentes*. Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana, Quito - Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10187>
- Sánchez Cosavalente, A., & Campos Baca, L. (enero de 2014). *ESTUDIO TECNICO Y ECONÓMICO SOBRE CONECTIVIDAD DE BANDA ANCHA EN LORETO*. Obtenido de Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana: <http://www.iiap.org.pe/upload/Transparencia/PUBL1294.pdf>
- Sánchez Ortega, J. K. (2018). *Análisis evolutivo de las redes de acceso de fibra óptica GPON - XGPON*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10953>
- Trejo Flores, W. M. (2018). *Diseño de un sistema de telecomunicaciones basado en fibra óptica para mejorar la red de comunicaciones en la ciudad universitaria de la universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz 2016*. Tesis de maestría, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz - Perú. Obtenido de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2378>

- Vasquez Chavesta, A., Morán Mariños, C., Rodrigo Gallardo, P., & Toro Huamanchumo, C. (2020, junio 26). COVID-19 and dengue: Pushing the peruvian health care system over the edge. *Travel Medicine and Infectious Disease*. doi:10.1016/j.tmaid.2020.101808
- Velasco Rivera, B. L. (2018). *Diseño y simulación de una red GPON para ofrecer el servicio de Triple Play en el sector de San Antonio de Ibarra para la CNT-EP*. Tesis de graduación, Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19291>
- Viera Páez, A. S. (2013). *Red de Distribución Óptica (ODN), para la actualización de la red de acceso, en los sectores de Ficoa y Miraflores – CNT – EP Tungurahua*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/5850>
- Visual Networking Index (VNI) by Cisco. (2018, noviembre 27). Cisco Predicts More IP Traffic in the Next Five Years Than in the History of the Internet. *The Network Cisco's Technology News Site*. Retrieved from <https://newsroom.cisco.com/press-release-content?type=webcontent&articleId=1955935>
- Παπαστεργίου, Α. (2017). *Tesis: Τεχνολογία 10-100 Gb Ethernet. (Tecnología Ethernet de 10-100 Gb.)*. Epiro, Grecia: TEI Epirus School of Technology. Obtenido de <http://apothetirio.teiep.gr/xmlui/handle/123456789/6660>

Anexos

(ver páginas siguientes)

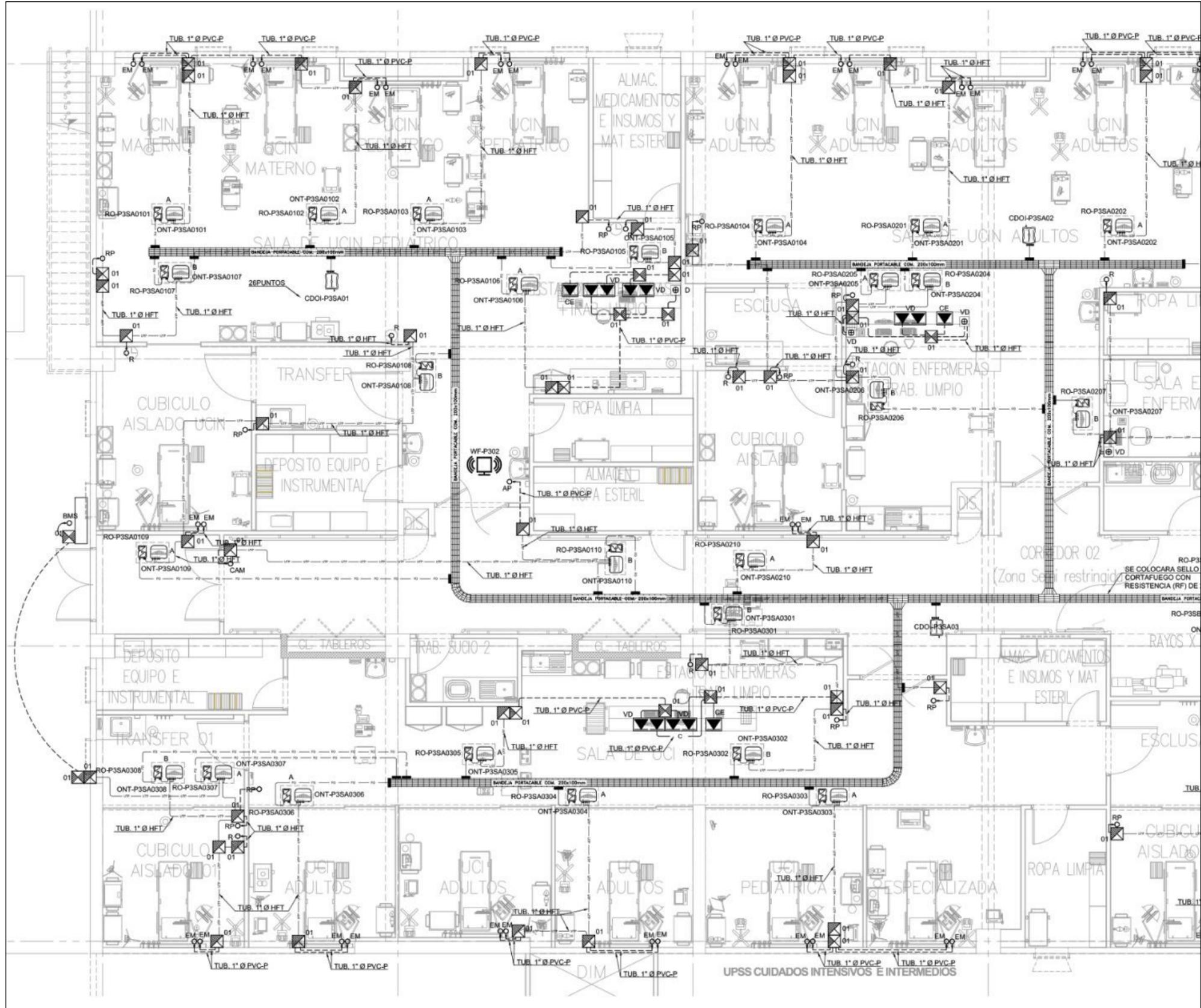


Figura 109. Plano técnico 3er piso: Unidad de cuidados intensivos (lado izquierdo).
Fuente: Consorcio Salud Loreto

Anexo 2
Planos técnicos 3er piso: Hospitalización Pediátrica



Figura 110. Plano técnico 3er piso: Hospitalización Pediátrica (lado derecho).
Fuente: Consorcio Salud Loreto

Anexo 3
Planos técnicos 3er piso: Gestión de la Información

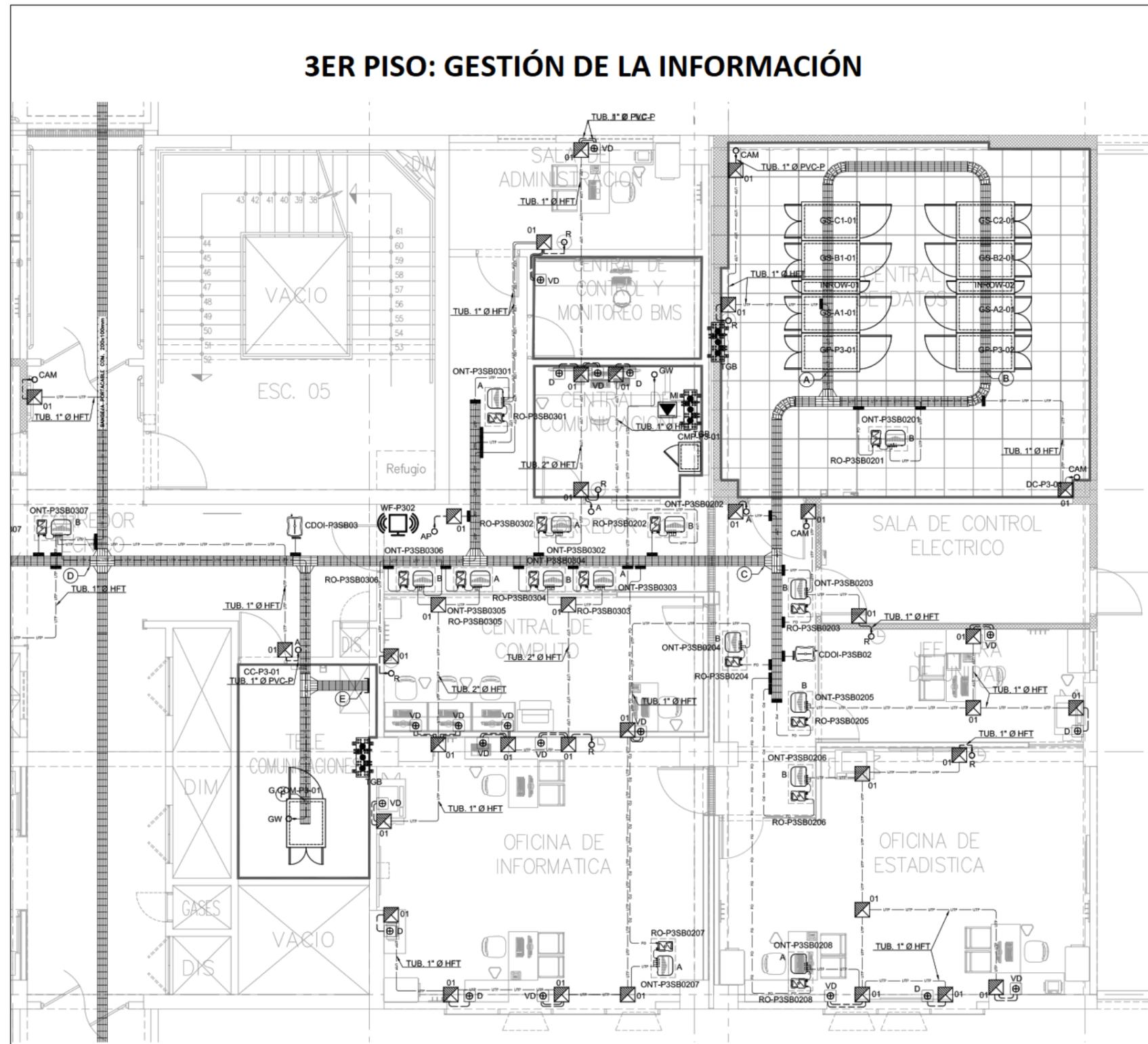


Figura 112. Plano técnico 3er piso: Gestión de la Información.
 Fuente: Consorcio Salud Loreto

Anexo 4 Planos técnicos 3er piso: Consulta Externa

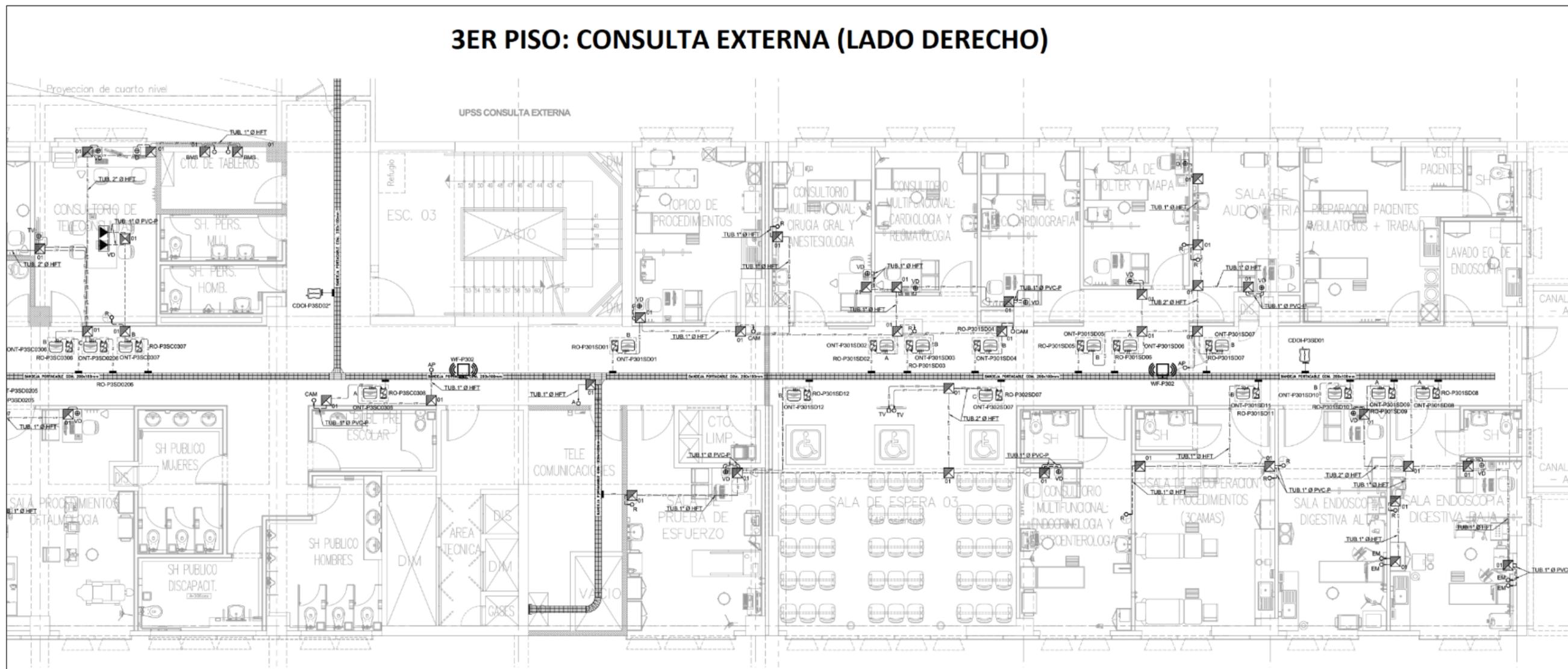


Figura 113. Plano técnico 3er piso: Consulta Externa (lado derecho).
Fuente: Consorcio Salud Loreto

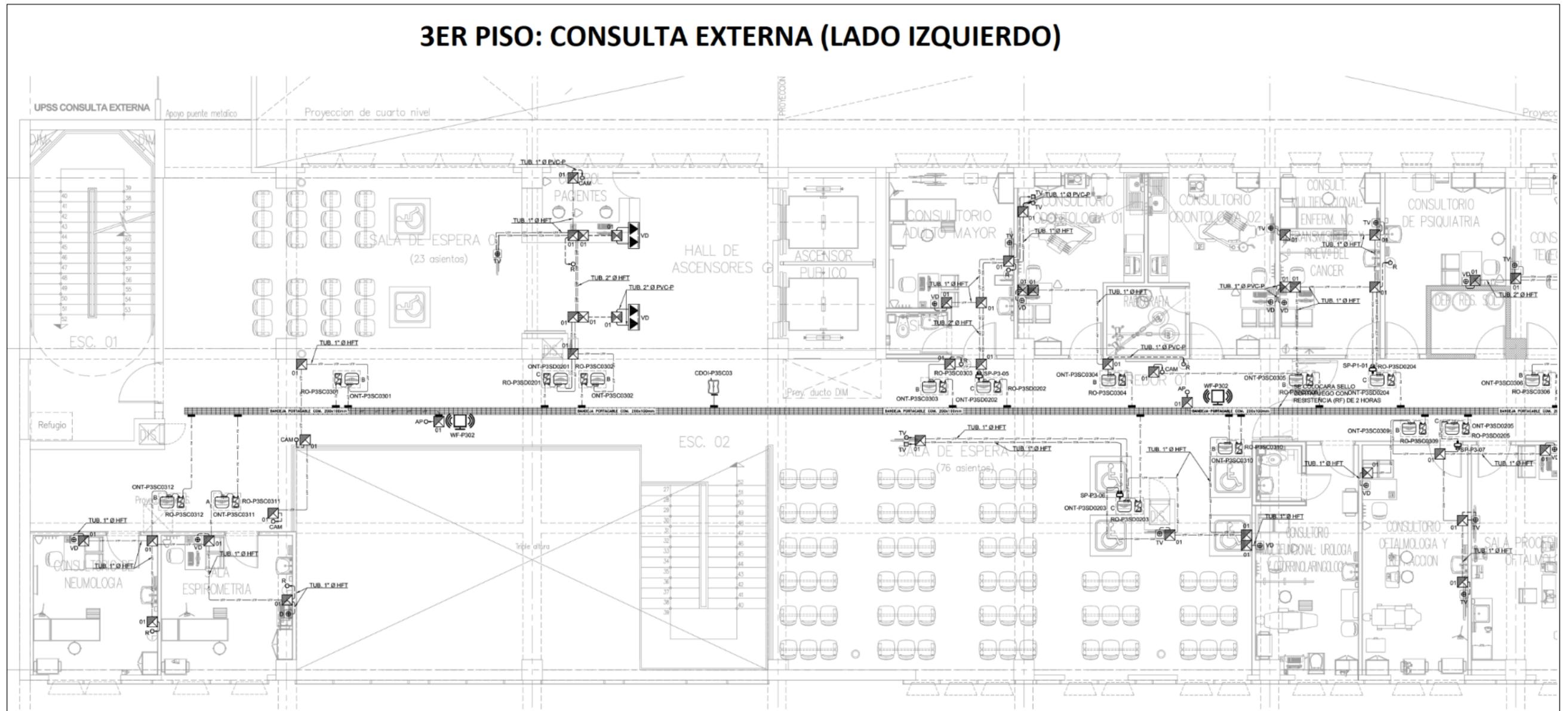


Figura 114. Plano técnico 3er piso: Consulta Externa (lado izquierdo).
 Fuente: Consorcio Salud Loreto