



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y  
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN:**

Propuesta tecnológica previo a la obtención del título de:

**INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**“Diseño de una red de accesos mediante fibra óptica aplicando  
tecnología GPON en las instalaciones del campus de la  
Universidad Estatal Península de Santa Elena”**

**AUTOR**

**CHIRIGUAYO RODRÍGUEZ ERIKA MICHELLE**

**PROFESOR TUTOR**

**ING. FREDDY SORIANO RODRÍGUEZ, MSc.**

**LA LIBERTAD - ECUADOR**

**2017**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, quiero expresar mi más grande agradecimiento a mis padres, Sergio y Patricia, por apoyarme y guiarme en los caminos de la vida, gracias por su amor, su apoyo incondicional y sus palabras de ánimo.

Quiero también agradecer a mi pequeño hijo Jared, que, a pesar de ser pequeño, él es y será mi motor para no decaer y continuar a pesar de toda aflicción.

Agradezco también a mi tutor el Ing. Freddy Soriano Rodríguez, por haberme brindado su apoyo para continuar con el tema a pesar del obstáculo que se presentó, además le agradezco por haberme tenido toda la paciencia posible en el transcurso del desarrollo de la propuesta tecnológica.

Agradezco a los profesores que fueron parte del día a día en la etapa universitaria, convirtiéndose en parte del crecimiento para llegar a ser una profesional.

Para finalizar, mi agradecimiento también va para todos mis amigos, compañeros de estudios, compañeros de trabajo que estuvieron conmigo dándome palabras de aliento para no desvanecer y continuar con la meta propuesta y gracias a un ser especial que estuvo conmigo en la evolución y desarrollo de mi proyecto.

**Erika Chiriguayo Rodríguez**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación denominado: “**DISEÑO DE UNA RED DE ACCESOS MEDIANTE FIBRA ÓPTICA APLICANDO TECNOLOGÍA GPON EN LAS INSTALACIONES DEL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**”, elaborado por la estudiante **CHIRIGUAYO RODRIGUEZ ERIKA MICHELLE**, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante para que inicia los trámites legales correspondientes.

La Libertad, septiembre del 2017



---

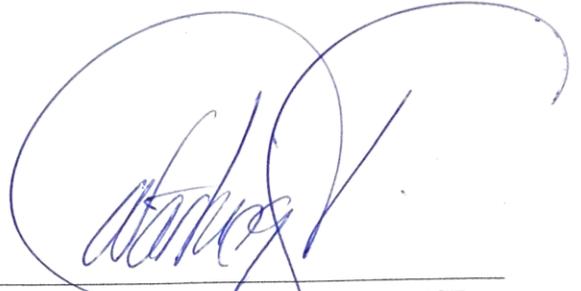
Ing. Freddy Soriano Rodríguez, MSc.  
TUTOR

**TRIBUNAL DE GRADO**



---

Ing. Shendry Rosero Vásquez, MGTIC.  
**DECANO DE FACULTAD**



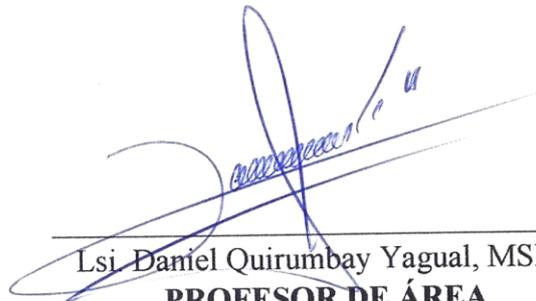
---

Ing. Washington Torres Guin, MUISD.  
**DIRECTOR DE CARRERA**



---

Ing. Freddy Soriano Rodríguez, MSc.  
**PROFESOR TUTOR**



---

Lsi. Daniel Quirumbay Yagual, MSIA.  
**PROFESOR DE ÁREA**



---

Abg. Brenda Reyes Tomalá, MSc.  
**SECRETARIA GENERAL**

## RESUMEN

El presente proyecto propone el diseño de una red de accesos para la UPSE mediante tecnología GPON por instalación soterrada con arquitectura punto-multipunto. El trabajo de titulación analiza la tecnología de acceso de la red actual con la finalidad de aprovechar y/o determinar los recursos existentes que conlleven al uso o reemplazo de los equipos necesarios para utilizar tecnología de última generación. En primera instancia, se realizó el levantamiento de información para conocer la situación actual de la red de accesos del campus universitario, dicha información fue recolectada por inspección en el campo, otra facilitada por el Departamento de Obra Civil de la Universidad y el Departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación. GPON es una tecnología de última generación que puede instalarse por tendido soterrado, por tal motivo, se propone la ruta soterrada respecto a la planimetría soterrada existente utilizando la plataforma informática AutoCAD. El diseño de la red propuesta se basa en equipos pasivos (splitters) y en sus extremos equipos activos como OLT y ONTs, estos estarán conectados por dos niveles de splitter. También se realizaron cálculos teóricos de las pérdidas ópticas que puede tener la red de accesos, para posteriormente comparar los resultados con la pérdida máxima (dB) que acepta el ODN, además, mediante el software OptiSystem se realizó la simulación de la red óptica pasiva de la zona de estudio considerando los parámetros de atenuación de cada elemento físico seleccionado concluyendo que la red de accesos propuesta es factibilidad técnicamente. Luego, se planteó un presupuesto económico para una futura implementación, el cual detalla los costos de equipos, fibra óptica, canalización, materiales entre otros, considerados en la planimetría presentada. Finalmente, se realizaron las debidas conclusiones y recomendaciones basadas en los objetivos planteados, demostrando así que este proyecto beneficiará a la comunidad universitaria para brindar calidad de servicio de telecomunicaciones.

## **ABSTRACT**

The present project proposes the design of a network of accesses for the UPSE using GPON technology for underground installation with point-multipoint architecture. The titling work analyzes the access technology of the current network in order to take advantage of and / or determine the existing resources that entail the use or replacement of the necessary equipment to use the latest technology. In the first instance, the information was collected to know the current situation of the access network of the university campus, this information was collected by inspection in the field, another facilitated by the Department of Civil Works of the University and the Department of Technologies of Information and Communication. GPON is a state-of-the-art technology that can be installed by underground piping. For this reason, the underground pipeline is proposed with respect to the existing underground planimetry using the AutoCAD computing platform. The design of the proposed network is based on passive equipment (splitters) and on its end active equipment such as OLT and ONTs, these will be connected by two levels of splitter. We also performed theoretical calculations of the optical losses that the access network can have, to later compare the results with the maximum loss (dB) that accepts the ODN, in addition, using the OptiSystem software, we performed the simulation of the passive optical network of the study area considering the attenuation parameters of each selected physical element, concluding that the proposed access network is technically feasible. Then, an economic budget was proposed for a future implementation, which details the costs of equipment, fiber optics, pipelines, materials among others, considered in the presented planimetry. Finally, the conclusions and recommendations were made based on the proposed objectives, demonstrating that this project will benefit the university community to provide quality telecommunications service.

## **DECLARACIÓN**

El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

  
Erika Michelle Chiriguayo Rodríguez  
**AUTORA**

## **TABLA DE CONTENIDOS**

<b>ÍTEM</b>	<b>PÁGINA</b>
AGRADECIMIENTO	I
APROBACIÓN DEL TUTOR	II
TRIBUNAL DE GRADO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
DECLARACIÓN	VI
TABLA DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
LISTA DE ANEXOS	XIV
INTRODUCCIÓN	15
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>16</b>
<b>FUNDAMENTACIÓN</b>	<b>16</b>
1.1 Antecedentes	16
1.2 Descripción	22
1.3 Objetivos	24
1.4 Justificación	25
1.5 Metodología	27
1.6 Resultados Esperados	28
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>29</b>
<b>PROPUESTA TECNOLÓGICA</b>	<b>29</b>
2.1 Marco Contextual	29
2.2 Marco Conceptual	31
2.3 Marco Teórico	36

<b>CAPÍTULO III</b>	<b>41</b>
<b>DESARROLLO DE LA PROPUESTA</b>	<b>41</b>
3.1 Componentes Físicos y lógicos	41
3.2 Diseño de la Propuesta	52
3.2.1 Información de la red actual del campus universitario	52
3.2.2 Red Óptica Troncal	59
3.2.3 Canalización subterránea para fibra óptica	65
3.2.4 Diseño de la red GPON	72
3.2.5 Simulación de la red GPON	91
3.3 Estudio de Factibilidad	94
3.3.1 Factibilidad Técnica	94
3.3.2 Factibilidad Financiera	105
3.4 Resultados	110
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>114</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>115</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>116</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>119</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
Figura 1:	Core UPSE 2016.	18
Figura 2:	Core UPSE 2017.	20
Figura 3:	Ubicación de canalización fibra óptica actual.	21
Figura 4:	Ubicación de canalización subterránea actual y propuesta.	23
Figura 5:	Campus actual UPSE.	29
Figura 6:	Red GPON.	32
Figura 7:	Fibra Monomodo y Fibra Multimodo.	33
Figura 8:	Estructura splitter.	34
Figura 9:	Arqueta de distribución.	36
Figura 10:	Etiqueta para FO.	36
Figura 11:	Cable submarino.	39
Figura 12:	OLT Huawei.	42
Figura 13:	Configuración de protección.	43
Figura 14:	Divisor Óptico.	47
Figura 15:	Caja Terminal Óptica.	47
Figura 16:	Conector SC-APC.	48
Figura 17:	Roseta óptica.	48
Figura 18:	Estructura del ODN.	50
Figura 19:	Entorno de trabajo Simulador OptiSystem.	51
Figura 20:	Vista Satelital Centro de Redes de la UPSE.	52
Figura 21:	Distribución de cable en pabellón 1.	53
Figura 22:	Zonas para distribución de red GPON.	59
Figura 23:	Ubicación de ADN1-Z1 a ADN1-Z5.	64
Figura 24:	Canalización 2007 sector 1.	66
Figura 25:	Canalización 2007 sector 2.	66
Figura 26:	Canalización mayo 2008.	67
Figura 27:	Canalización junio 2008.	68
Figura 28:	Canalización soterrada bloque de aulas 1 – 2 – 3.	70
Figura 29:	Canalización soterrada bloque U.	71

Figura 30: Distribución Actual De La Red De Acceso En La Zona 1, Fibra Tendida Poste A Poste.	73
Figura 31: Distribución Recomendada De La Red De Accesos En La Zona 1, Fibra Óptica Canalizada.	74
Figura 32: Distribución Actual De La Red De Acceso En La Zona 2, Fibra Tendida Poste A Poste.	76
Figura 33: Distribución Recomendada De La Red De Accesos En La Zona 2, Fibra Óptica Canalizada.	77
Figura 34: Distribución Actual De La Red De Acceso En La Zona 3, Fibra Tendida Poste A Poste.	79
Figura 35: Distribución Recomendada De La Red De Accesos En La Zona 3, Fibra Óptica Canalizada.	80
Figura 36: Distribución Actual De La Red De Acceso En La Zona 4, Fibra Tendida Poste A Poste.	82
Figura 37: Distribución Recomendada De La Red De Accesos En La Zona 4, Fibra Óptica Canalizada.	83
Figura 38: Distribución Actual De La Red De Acceso En La Zona 5, Fibra Tendida Poste A Poste.	85
Figura 39: Distribución Recomendada De La Red De Accesos En La Zona 5, Fibra Óptica Canalizada.	86
Figura 40: Distribución Actual De Los Equipos Locales.	88
Figura 41: Distribución Actual De Los Puntos De Accesos.	89
Figura 42: Distribución Recomendada Para Los Equipos Locales.	90
Figura 43: Distribución Recomendada Para Los Puntos De Accesos.	91
Figura 44: Diseño arquitectura punto-multipunto GPON.	92
Figura 45: Diseño GPON zona 1.	93
Figura 46: Resultado de BER.	93
Figura 47: Esquema red actual.	95
Figura 48: Esquema red propuesta.	96
Figura 49: Datos para calcular pérdida óptica.	97
Figura 50: Interfaz de Control de OLTs Huawei.	101
Figura 51: Interfaz de Configuración de la tarjeta	101

Figura 52: Selección del Modelo de Placa a Trabajar.	102
Figura 53: Tabla de Control de Tráfico de la Red.	102
Figura 54: Interfaz de Control de ONTs desde el OLT.	103
Figura 55: Interfaz de Control de los ONT del OLT Huawei MA5608T.	103
Figura 56: Interfaz de Control de Ancho de Banda de los ONT.	104
Figura 57: Interfaz para visualizar el Tráfico de la Red de cada Puerto GPON.	104
Figura 58: Cronograma de Actividades para una futura implementación del Proyecto.	108

## ÍNDICE DE TABLAS

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
<b>Tabla 1:</b>	Pérdida óptica por división de splitter.	35
<b>Tabla 2:</b>	Comparación equipos OLT.	42
<b>Tabla 3:</b>	Especificaciones Técnicas Modelo M5608T.	44
<b>Tabla 4:</b>	Características Cable Óptico G.652.D.	45
<b>Tabla 5:</b>	Características Cable Óptico G.657.A1.	46
<b>Tabla 6:</b>	Comparación equipos ONT.	49
<b>Tabla 7:</b>	Pérdida permitida para ODN.	51
<b>Tabla 8:</b>	Distribución de áreas por zona en la UPSE.	54
<b>Tabla 9:</b>	Áreas de Edificios administrativos 1 – 5.	54
<b>Tabla 10:</b>	Áreas de pabellones 1 – 11.	55
<b>Tabla 11:</b>	Áreas de red pabellones 12 – 15.	55
<b>Tabla 12:</b>	Áreas de Laboratorios y Talleres.	56
<b>Tabla 13:</b>	Áreas de Otras Dependencias Administrativas.	57
<b>Tabla 14:</b>	Áreas de Eventos, Cultura, Deportes y Recreación.	57
<b>Tabla 15:</b>	Áreas de Servicio a la Comunidad Universitaria.	58
<b>Tabla 16:</b>	Demanda Actual y Futura de puntos de red fijos en la UPSE.	58
<b>Tabla 17:</b>	División primer y segundo splitter zona 1.	60
<b>Tabla 18:</b>	División primer y segundo splitter zona 2.	60
<b>Tabla 19:</b>	División primer y segundo splitter zona 3.	61
<b>Tabla 20:</b>	División primer y segundo splitter zona 4.	62
<b>Tabla 21:</b>	División primer y segundo splitter zona 5.	62
<b>Tabla 22:</b>	Distancia entre ARQ_P1 a ADPN1 Z1-Z5 canalización subterránea.	63
<b>Tabla 23:</b>	Pérdida óptica Zona 1.	98
<b>Tabla 24:</b>	Pérdida óptica Zona 2.	98
<b>Tabla 25:</b>	Pérdida óptica Zona 3.	99
<b>Tabla 26:</b>	Pérdida óptica Zona 4.	99
<b>Tabla 27:</b>	Pérdida óptica Zona 5.	99
<b>Tabla 28:</b>	Velocidad GPON.	100
<b>Tabla 29:</b>	Ancho de banda por servicios.	100
<b>Tabla 30:</b>	Presupuesto Financiero de los Equipos para la Red de Accesos.	106

<b>Tabla 31:</b> Presupuesto Financiero de Elementos para la Canalización.	106
<b>Tabla 32:</b> Presupuesto Financiero de Dirección Técnica.	107
<b>Tabla 33:</b> Rubros varios.	107
<b>Tabla 34:</b> Presupuesto Total para la Implementación de la Red GPON.	109

## **LISTA DE ANEXOS**

### **N.- DESCRIPCIÓN**

Anexo 1: Solicitud al Departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación de la UPSE.

Anexo 2: Solicitud al Departamento de Obras Civiles de la UPSE.

Anexo 3: Datasheet OLT Huawei MA5608T.

Anexo 4: Datasheet ONT Huawei HG8546M.

Anexo 5: Especificaciones Técnicas Conector SC-APC.

Anexo 6: Plano red actual con fibra óptica tendida de poste a poste, referencia AutoCAD.

Anexo 7: Plano red propuesta GPON tendido por canalización soterrada, referencia AutoCAD.

## INTRODUCCIÓN

El trabajo de titulación tiene el objetivo de diseñar una red de accesos para la Universidad Estatal Península de Santa Elena con enfoque hacia tecnologías de última generación como GPON y que ofrezca servicios de telecomunicaciones de calidad. La tecnología GPON trabaja de acuerdo al estándar UIT G.984 ofrece una capacidad de 2.5 Gbps downstream y 1.25 Gbps upstream, es una tecnología atractiva para ofrecer fibra óptica en hogares y oficinas. Una de las características de la propuesta, consiste en instalar fibra óptica por tendido subterráneo lo cual será beneficioso para el campus porque reducirá el tendido de cables aéreos instalados que provocan un impacto visual negativo.

El proyecto permitirá contribuir a que la universidad optimice las falencias en el acceso a las TIC que reposa en el Plan Estratégico Institucional de Excelencia 2016-2020, con ello, dar un paso más hacia la excelencia y para una posterior evaluación por el CEAACES obtener una excelente calificación de las TIC.

La UPSE cuenta con varias áreas como laboratorios, auditorio, postgrado, etc., las cuales son aptas para impartir cursos, simposios entre otras actividades de interés académico, por ello, mediante el diseño de la presente propuesta, ofrecerá un óptimo acceso a las TIC; además de considerar la posibilidad de llevar a cabo, en tiempo real, videoconferencias y capacitaciones para docentes y administrativos, incluso a futuro, estudios de postgrados en línea o semipresencial con equipos convergentes con GPON.

# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTACIÓN

### 1.1 Antecedentes

La Universidad Estatal Península de Santa Elena fundada el 22 de Julio de 1998, según registro Oficial N° 366 del Congreso Nacional N° 110, legalmente se apertura con 5 facultades ubicando sus instalaciones en la Avda. principal La Libertad-Santa Elena, un punto estratégico para el acceso a ella por parte de los 3 cantones. (UPSE, 2016)

La comunidad universitaria hasta el segundo semestre del 2015 contó con 95 docentes titulares y 121 contratados un total de 216 y con 2.797 estudiantes, para ese año ofertó distintas carreras académicas en las 7 facultades, esta información fue obtenida del documento Plan Estratégico Institucional de Excelencia que reposa en la página de la universidad [www.upse.edu.ec/transparencia](http://www.upse.edu.ec/transparencia).

El campus universitario tiene un área de 30.17 Has, información obtenida por el Departamento de Obra Civil Universitario (DOCU), cuenta con alrededor de 58 edificaciones entre las cuales esta rectorado, departamentos administrativos, laboratorio de redes, laboratorio de electrónica, centro de idiomas, edificaciones de la escuelas Administración de Empresas, Contabilidad y Auditoría, Ingeniería en Gestión y Desarrollo Turístico, Educación Parvularia, Educación Física Deportes y Recreación, Ingeniería Civil, Ingeniería en Petróleo, Biología Marina, Informática, Electrónica y Telecomunicaciones, salas de postgrado, auditorio, centro de redes, salas de profesores de las escuelas antes mencionadas, museo paleontológico, biblioteca, bares entre otros.

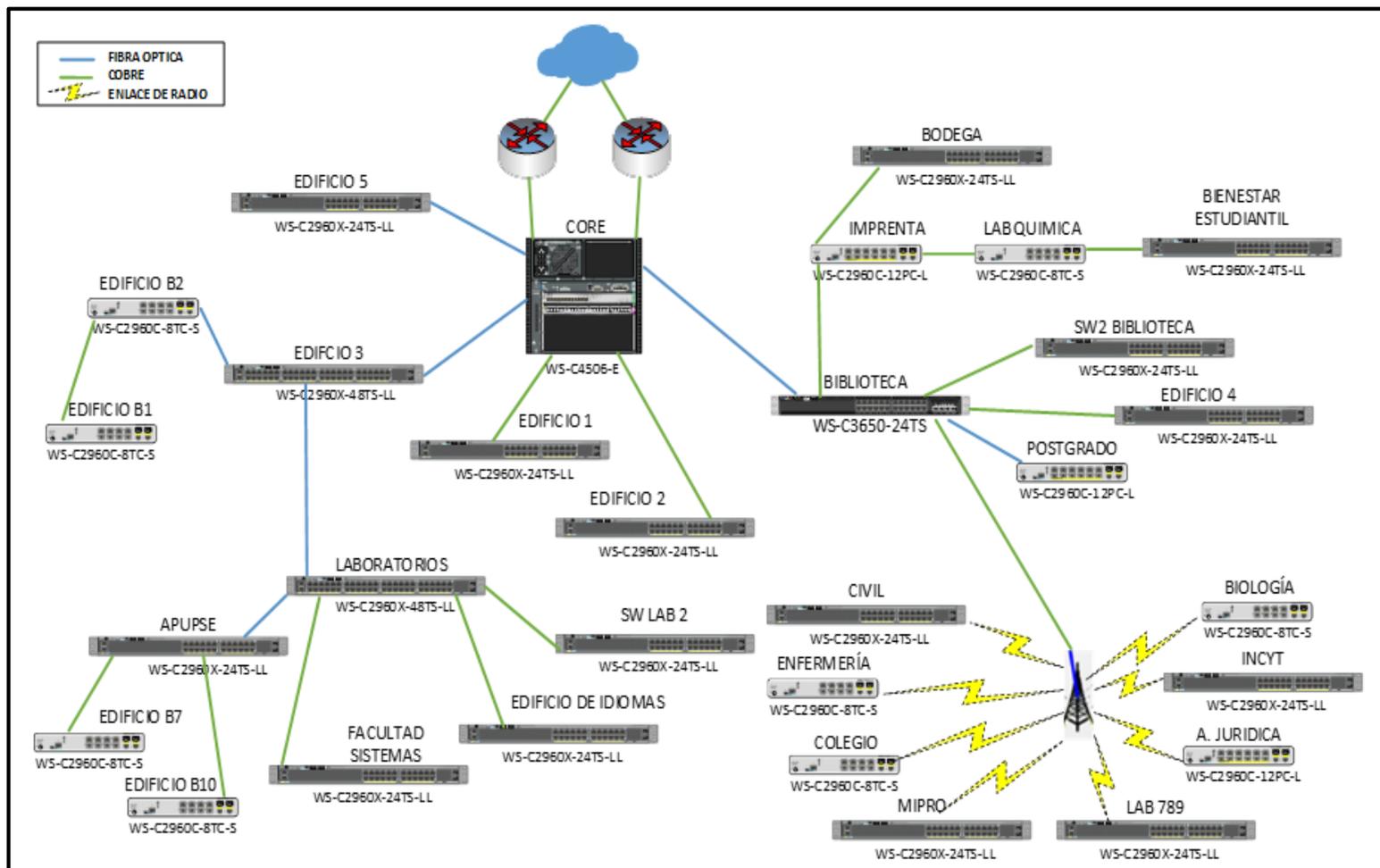
En el 2009, la UPSE estuvo comprometida con la posibilidad de suspender sus actividades, en ese año el ex Consejo Nacional de Evaluación y Acreditación de la

Educación Superior (CONEA) presentó un informe sobre la evaluación del desempeño institucional y la calidad académica, dando como resultado la designación de la UPSE en la categoría E, sin embargo, en el 2010, ahora el Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEAACES) realizó nuevamente el proceso de evaluación, acreditación y recategorización institucional, el resultado fue la acreditación en el Sistema de Educación Superior en la categoría C, de acuerdo a la resolución No. 001- 073-CEAACES-2013-52 en el 2015. (CEAACES, 2015)

La UPSE como institución académica proporciona el servicio de internet y beneficia a la comunidad universitaria, pero, respecto al análisis situacional del FODA existen falencias como áreas con corta cobertura, caída de la red wifi recurrente, limitado ancho de banda lo cual reduce la velocidad de navegación en red alámbrica e inalámbrica, lo que conlleva, que al momento de una evaluación institucional por parte del CEAACES se obtenga una calificación negativa de las TIC. (UPSE, 2016)

El servicio de internet se provee en la universidad como una facilidad para el acceso a nueva información a través de varios terminales en diferentes puntos de red como las oficinas, laboratorios, puntos inalámbricos, etc. permitiendo a toda la comunidad tener acceso a la red, el internet es una herramienta de trabajo. (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2016)

El departamento de Obras públicas de la UPSE clasificó a los edificios como administrativos, aulas, laboratorios y talleres, recreación-cultura, otros servicios administrativos y servicios al público, dentro de estas clasificaciones la red de acceso hasta junio del 2017 estuvo distribuida como muestra la figura 1. Los edificios como administrativos, laboratorios y biblioteca tuvieron su enlace con fibra óptica, el enlace hacia los edificios restantes era con cable de cobre e incluso enlaces de radio por el poco presupuesto e interés de mejorar la infraestructura de la red, la distribución interna era por cable UTP categoría 5.



**Figura 1:** Core UPSE 2016.

**Fuente:** Departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación.

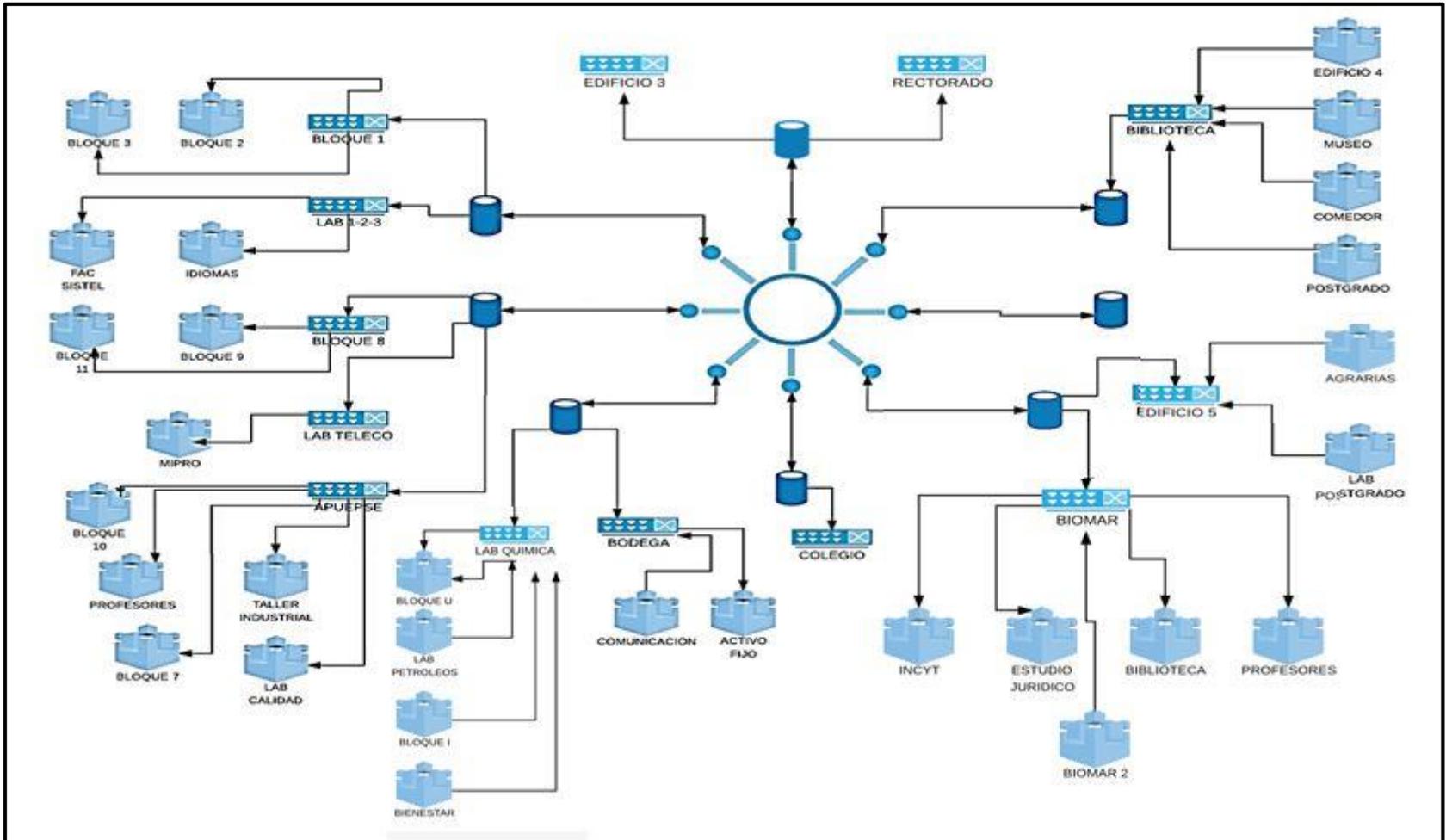
De acuerdo a la información proporcionada por el DOCU, para el nuevo diseño de la red se considerará las clasificaciones de las edificaciones, el Departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación estableció 12 puntos principales a los cuales llega fibra óptica. En cada punto principal llega la FO y por medio de un mini ODF se distribuye hacia los edificios restantes como muestra la figura 2; la distribución interna en los edificios es por cable UTP categoría 6a. (TIC, 2017)

Los servicios de telecomunicaciones son una fuente de información y medio de comunicación para el personal administrativo, estudiantil y docente, la tecnología actual utilizada para acceder al servicio son: router marca D-Link modelo DIR-610 en el pabellón de aulas 3-5-9-10, switch marca D-Link modelo DES-I8008A en edificio administrativo 3 y Facsistel.

Se realizó entrevista de forma libre a la parte administrativa y de docencia sobre velocidad y calidad de servicio que reciben al momento de realizar el levantamiento de información sobre la red actual, las respuestas fueron las siguientes: el servicio presenta la lentitud, la conectividad no es continua y la pérdida total de la red.

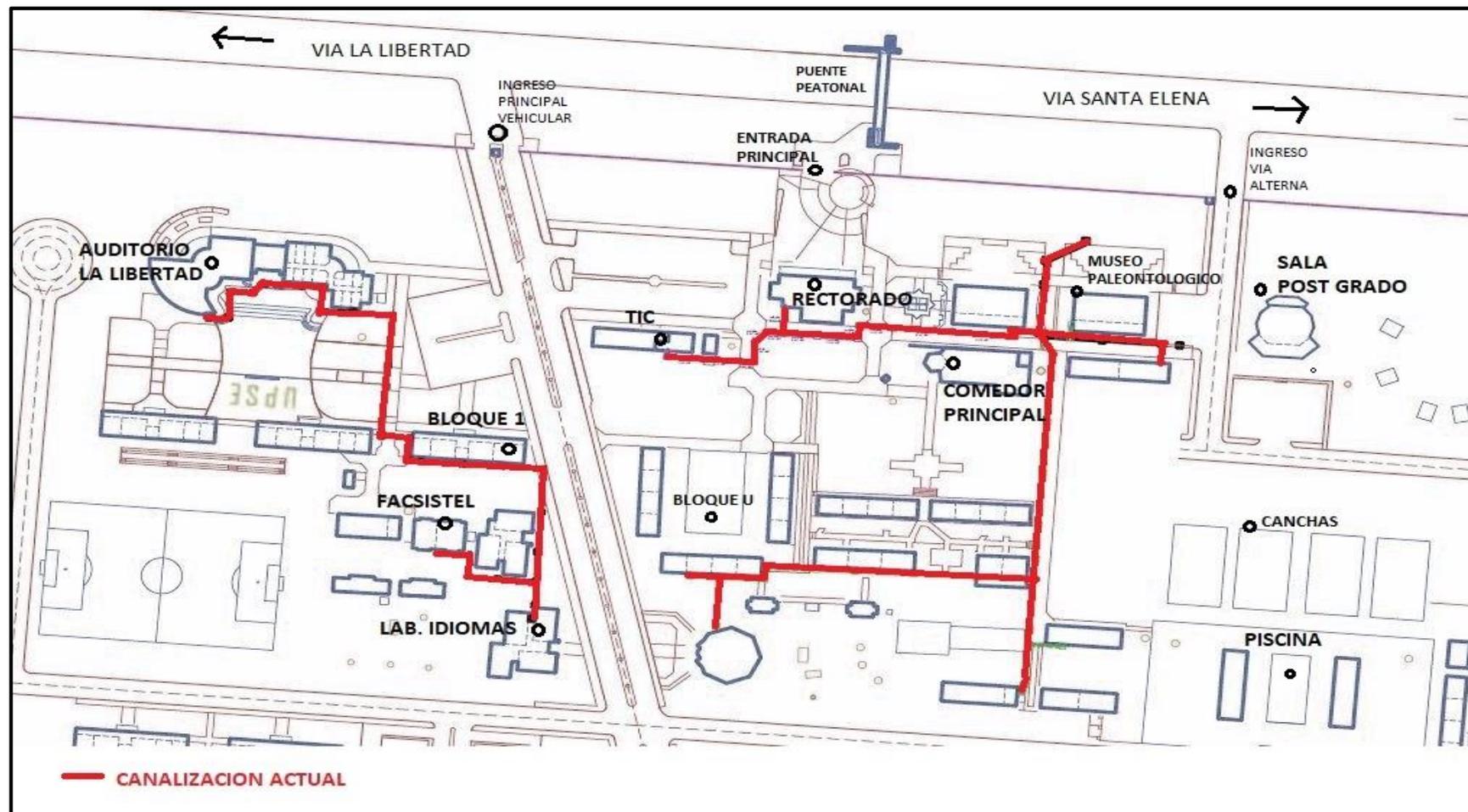
Las redes de telecomunicaciones por cable pueden ser aéreas y/o subterráneas, el tendido de cable aéreo interrumpe la línea de visión, por ello, se propone que la red de telecomunicaciones sea mediante tendido subterráneo. Para la ruta del tendido soterrado se considerará la planimetría proporcionada por el DOCU sobre la canalización soterrada existente en la UPSE como muestra la figura 3, y posteriormente proponer nueva ruta subterránea para cubrir las edificaciones restantes.

La red existente es una red convencional que consistió en cambiar el medio de acceso con fibra óptica sin aplicar tecnología GPON, siendo considerada como una tecnología de última generación.



**Figura 2:** Core UPSE 2017.

**Fuente:** Departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación.



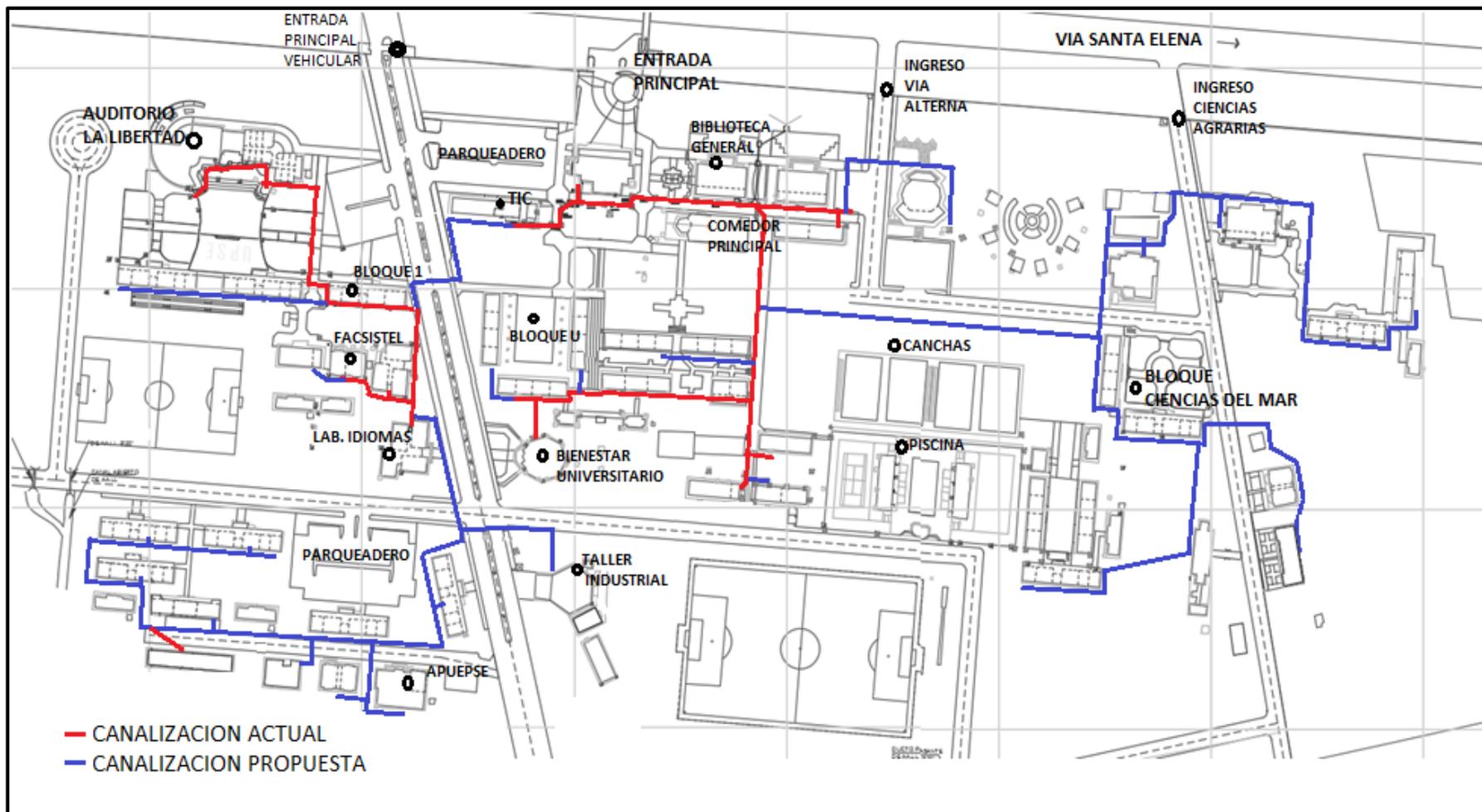
**Figura 3:** Ubicación de canalización fibra óptica actual.

## **1.2 Descripción**

La propuesta tecnológica tiene la finalidad de incorporar tecnología GPON a la red de acceso actual y la fibra óptica como medio de transmisión llegue hasta cada área de la edificación, puesto que, el servicio actualmente es provisto por medio de fibra óptica hasta un punto céntrico del edificio e internamente la red se encuentra distribuida por cable UTP categoría 6a.

Esta propuesta tecnológica también tiene la finalidad de analizar y recomendar equipos y elementos necesarios para una infraestructura GPON, empezando desde el centro de datos hasta cada área que forme parte de los edificios administrativos, edificios de aulas, laboratorios, recreación, servicios a la comunidad y otras dependencias administrativas que requieran el servicio de telecomunicación.

Para el desarrollo de la propuesta tecnológica se prioriza obtener información sobre la infraestructura y backbone actual, los equipos que distribuyen la fibra óptica hacia los edificios y el concentrador de los equipos internos, diseñar el backbone en base a la canalización subterránea existente, como muestra la figura 4. Se determinará los materiales y equipos a utilizar considerando la convergencia con la tecnología GPON, se especificará las atenuaciones ópticas de la red valorando los empalmes, conectores, tipo y longitud de la fibra para dar solución al problema mencionado en literal 1.1 Antecedentes.



**Figura 4:** Ubicación de canalización subterránea actual y propuesta.

Para el diseño de la red subterránea, se tomará en consideración la distancia máxima desde el centro de datos hasta cada splitter de primer nivel, este cálculo permitirá determinar la pérdida óptica; la red será escalable porque no habrá que rediseñar la red para crecimiento de usuarios, la topología será flexible a modificaciones por el número de fibras de reserva que habrá de respaldo, proveerá calidad de servicio por la velocidad que GPON ofrece, velocidad hasta 2.5 Gbps.

### **1.3 Objetivos**

#### **Objetivo General**

Realizar el diseño de una red de accesos mediante tecnología GPON y arquitectura punto-multipunto para mejorar a futuro las tasas de transferencia en el campus UPSE.

#### **Objetivos Específicos**

- Obtener información de los equipos e infraestructura existente en la universidad por el Departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación.
- Proponer la ruta de canalización subterránea mediante plataforma AutoCAD para instalación de una red de fibra óptica, de acuerdo a la planimetría de la universidad. (ver anexo 7).
- Determinar los equipos y elementos necesarios para la red de acceso con tecnología GPON en el campus universitario.
- Simular en la plataforma OptiSystem la red de acceso GPON para estimar el funcionamiento operativo con la finalidad de tener un acercamiento a la realidad.

## 1.4 Justificación

Los antecedentes mencionados sobre las falencias de la red actual están registrados en el Plan Estratégico Institucional de Excelencia de la UPSE, en ese documento en el literal de gestión (3.4.4) indica lo siguiente: limitaciones en el servicio de telecomunicaciones, como debilidad en el literal D9-Servicio de internet limitado y literal D15-Fallas recurrentes en el sistema de internet y conectividad, estos ítems son la base para realizar el diseño GPON, con la finalidad de instalar fibra canalizada en el campus y mejorar a futuro la calidad de los servicio de telecomunicaciones.

A medida que la tecnología y aplicaciones van actualizándose crean demandas de mayor ancho de banda y capacidades, para atender estas necesidades, se realizará la nueva red backbone basado en GPON. El diseño permitirá a los edificios del campus conectarse a la oficina central, en donde se encuentran los servidores y equipos de comunicaciones, se trabajará a mayores tasas de transferencia y con las necesidades de ancho de banda requeridas por usuario que cada vez va aumentando.

La infraestructura existente no cumple con las características y equipos para la tecnología GPON, la instalación actual en el campus es aérea, del centro de datos sale un cable óptico de 48 hilos, este va cruzando por los postes hasta llegar una caja de dispersión (8 cajas existentes), en esta se quedan 6 hilos y los restantes van hacia otra caja de dispersión continuando con el mismo procedimiento hasta llegar a la última caja. De los 6 hilos en cada caja, 2 de ellos se dirigen hasta el edificio principal (ver figura 2), en estos la fibra óptica llega a un mini ODF central de marca Furukawa y se conecta al switch HP Aruba a través de un puerto SFP, luego con cable UTP se conecta a un convertidor opto eléctrico llamado transceiver, al hacer la conversión de señal, se utiliza un pigtail óptico para conectarse a un nuevo mini ODF, posteriormente por medio de cable UTP categoría 6a distribuir la red por toda la construcción, del mini ODF principal sale fibra óptica para cubrir los edificios restantes y de la misma manera se realiza la

conversión de señal optoeléctrica, la FO al edificio secundario se conecta a un transceiver y al switch Aruba para distribución interna, existen varios puntos de conexiones hasta llegar al usuario final.

De acuerdo al párrafo anterior, la presente propuesta tecnológica difiere de la infraestructura existente en equipos y diseño. La instalación de la red de acceso propuesta es por canalización soterrada, este método permitirá reducir la contaminación aérea, porque la universidad tiene actualmente varios tendidos aéreos provocando un fuerte impacto visual negativo, además la fibra óptica subterránea no requiere de características especiales para soportar la intemperie, no está expuesta a posibles roturas o manipulaciones, los elementos de la instalación aérea a través del tiempo pueden corroerse por el ambiente en el que está situada la institución, por ello, la instalación canalizada reduciría los costos de elementos y mantenimiento de la red.

Para el diseño del nuevo backbone se tomará como referencia la figura 4, la ruta de la FO será determinada por la longitud de la misma y las edificaciones a cubrir, la nueva ruta canalizada se integrará a la canalización existente para reducir en la medida de lo posible el gasto de obra civil información que se detallará en el capítulo 3 literal 3.3.1 Ruta de fibra óptica por instalación subterránea.

Los equipos de esta red son activos y pasivos, los activos se asentarán en los extremos (OLT y ONT), entre los dos elementos estará la distribución por medio de elementos pasivos como splitter y en la propuesta habrá dos niveles de splitter, esto se especificará en el capítulo 3, se determinará la pérdida óptica en cada tramo de la red, reducirá el cable de cobre hasta cada área de la edificación, corregirá la problemática de latencia que existe optimizando la infraestructura actual.

La optimización de la infraestructura actual en la UPSE con tecnología GPON proveerá fiabilidad en el envío de datos, inmunidad al ruido electromagnético, mayor ancho de banda que permitirá considerar la posibilidad de llevar a cabo, en tiempo real, videoconferencias y capacitaciones para docentes y administrativos,

incluso a futuro, estudios de postgrados en línea o semipresencial. La factibilidad de los equipos para esta tecnología será recomendada en el literal 3.1 Componentes físicos y lógicos donde establecerá sus especificaciones técnicas para la elección del más óptimo, que cumpla la demanda actual y futura.

El cálculo de pérdidas de la red será imprescindible, mediante esta información se determinará la pérdida óptica en dB de manera teórica en cada tramo, para el cálculo se considerará la distancia más larga del equipo final como el peor de los casos; el usuario final obtendrá mayor ancho de banda y para el acceso a la red eliminará los cuellos de botella que se pueden producir diariamente con la instalación actual de la última milla.

Mediante un análisis económico permitirá determinar la viabilidad de la propuesta para una futura implementación en el campus. Disponer con la tecnología GPON en el campus universitario no solo ayudará a mejorar la calidad de servicio de telecomunicaciones para la comunidad universitaria, sino también para aquellas personas que impartan sus conocimientos en talleres, foros, cursos entre otros, porque la universidad tiene instalaciones adecuadas para esas actividades como auditorio, sala de postgrado, laboratorios incluso las aulas y así cuando visiten la institución dispongan de un excelente servicio de telecomunicaciones.

### **1.5 Metodología**

La metodología utilizada está basada en investigación documental con la finalidad de buscar y recolectar material informativo orientado hacia tesis de pre-grado relacionados con el tema de investigación. La información recolectada será clasificada y analizada para obtener datos técnicos y estructurales para la elaboración de este diseño de red GPON.

La metodología descriptiva también forma parte de la investigación, ésta permitirá conocer la situación actual de la UPSE por medio de una entrevista al director del departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación.

La universidad tiene canalización para fibra óptica en tres tramos, pero no cubre todo el campus, por ello, mediante el método de la observación de campo y participante se diagnosticará el área para establecer la ruta de la canalización subterránea propuesta complementando a la existente (ver figura 4) con el fin de cubrir todas las infraestructuras de la UPSE para reducir el costo de obra civil.

La investigación exploratoria será apoyo para familiarizarse con el entorno de estudio donde se va a desarrollar la propuesta tecnológica, también para obtener datos referentes a los equipos, áreas de trabajo y el diseño de la red actual permitiendo visualizar en que aspectos tomar acciones para mejorar.

### **1.6 Resultados Esperados**

Los resultados esperados de la presente propuesta tecnológica son los siguientes:

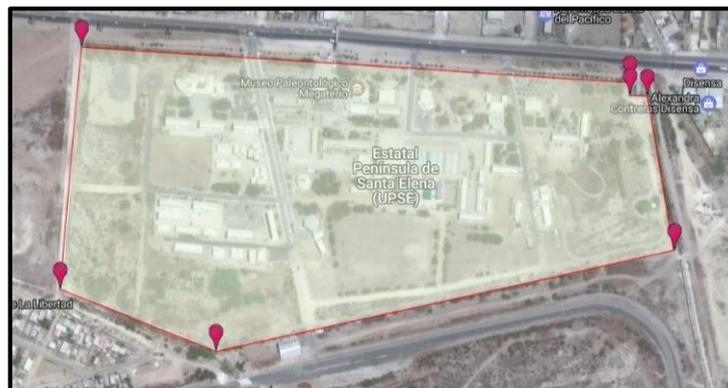
- De acuerdo a la información recolectada permitirá conocer los equipos e infraestructura actual de la red de accesos de la UPSE para determinar su utilización y/o reemplazo para la red GPON.
- Mediante la planimetría se detallará la ruta a seguir para una futura realización del tendido soterrado de la fibra óptica, las etapas de distribución y los elementos activos y pasivos que formarán la red GPON.
- La red de acceso será conformada por equipos activos en sus extremos como el OLT y ONTs y de elementos pasivos los cuales son parte de la red óptica de distribución (ODN), tales como splitter, conectores y fibra óptica.
- La red de accesos GPON operará de acuerdo a la norma de sistemas de comunicaciones UIT G.983.2 respecto a la tasa de error de bits mínima permitida.

## CAPÍTULO II

### PROPUESTA TECNOLÓGICA

#### 2.1 Marco Contextual

En 1988, los cantones Salinas, La Libertad y Santa Elena formaban parte de la provincia del Guayas, pero únicamente el cantón La Libertad tuvo instalaciones provisorias para la educación superior, era una extensión de la Universidad de Guayaquil; con solo con 4 facultades formó profesionales peninsulares. Los ciudadanos santaelenenses con extensiva experiencia en docencia y administración educativa, la demanda estudiantil y siendo ésta una región de grandes recursos como parte principal económica para el desarrollo del país, comunicaron la necesidad de tener una universidad autónoma para formar académicamente profesionales calificados de tercer nivel nativos de la península, por ello, para el año 1998 el Congreso Nacional N° 110 promulgó la Universidad Estatal Península de Santa Elena mediante registro Oficial N° 366. (Alarcón Rivera & Merino, 2014)



**Figura 5:** Campus actual UPSE.

**Fuente:** Google Maps.

La Universidad Estatal Península de Santa Elena está ubicada en el cantón La Libertad, Avda. principal La Libertad - Santa Elena ( $2^{\circ}13'58.4''S$   $80^{\circ}52'43.0''W$ ), posicionada estratégicamente para los habitantes de sus tres cantones, la

institución cuenta con infraestructura clasificada en edificios administrativos, edificios de aulas, laboratorios y talleres, eventos, cultura, deportes y recreación, y otras dependencias administrativas, el campus actual tiene una extensión de 30.17 Has, dicha información fue proporcionada por el Departamento de Obras Civiles de la Universidad (DOCU).

La universidad tiene 8 facultades que ofertan diferentes carreras académicas, cuenta con docentes altamente calificados para impartir sus conocimientos, los porcentajes de docentes para el segundo semestre del 2015 fueron: el 6% con título académico de Ph.D., el 84% título de magister y el 10% con título de tercer nivel. En el segundo semestre del 2015 hubo 2,797 estudiantes matriculados en las diferentes carreras que ofrece la institución, esta información fue obtenida en el documento Plan Estratégico Institucional de Excelencia (PEIE) de la UPSE.

La UPSE tiene un Plan Estratégico Institucional de Excelencia (PEIE), el documento especifica varios puntos como el diagnóstico institucional, proceso de planificación, análisis situacional y elementos orientadores, dentro de este plan se hace el análisis de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA), para identificar las debilidades en cuanto a tecnología de la información. (UPSE, 2016)

La disponibilidad del servicio de telecomunicaciones depende de la infraestructura (equipos y medio utilizado), la propuesta de cambiar la tecnología de acceso que tiene el campus universitario es una solución. La fibra óptica (FO) y la tecnología GPON (Gigabit Passive Optical Network) pueden ofrecer excelentes ventajas a diferencia de otras tecnologías.

El campus de la UPSE está localizado en la vía principal La Libertad-Santa Elena, el proveedor de internet se llama TELCONET y brinda un ancho de banda por dos canales, ofrece en canal 1 con 100 Mbps y canal 2 con 50 Mbps, uno para el tráfico normal de datos y el otro utilizado como backup. El centro de redes ofrece servicio de LSA en un 99.89 %, servicio de internet y seguridad lógica, ancho de

banda por medio alámbrico e inalámbrico de 70 Mbps, información proporcionada por el Departamento de Tecnologías de Información y Comunicación de la institución.

Este proyecto en base al aspecto geográfico, técnico y tecnológico propone una solución para mejorar el servicio de telecomunicaciones con incorporación de la infraestructura soterrada y tecnología de última generación.

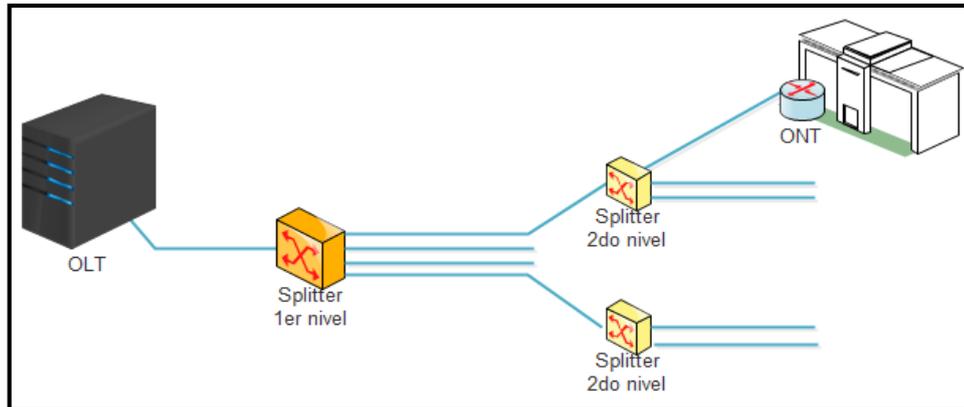
## **2.2 Marco Conceptual**

El diseño de la red de acceso de la presente propuesta, se basa en una red óptica pasiva con capacidad de Gigabits (GPON, en inglés Gigabit Passive Optical Network) para reutilizar la infraestructura existente que posee la UPSE permitiendo brindar estética al campus y ofrecer servicios de calidad en el acceso a redes locales y remotas. Para el diseño de la red de acceso se utilizará tecnología GPON, la cual trabaja con dos equipos activos y varios elementos pasivos, esta tecnología de acceso es de alta capacidad, ideal para ofrecer mayor velocidad y confiabilidad.

La red Gigabits-PON se rige por la recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) de serie “G” nombrada como “Sistemas y Medios de Transmisión, Sistemas y Redes Digitales”, esta serie consta de varias normativas, pero solo desde la UIT-T G 984.1 hasta la UIT-T G 984.6 se encargan de regular a estas redes de acceso. Estas normativas establecen las características que deben poseer los equipos para tecnología GPON, para la distribución y su elaboración, estas condiciones permiten la interoperabilidad entre varias marcas. (García Yagüe, 2014)

El enlace de una red GPON se hace a través de un OLT (Optical Line Termination) es un dispositivo activo que se encontrará ubicado en el centro de datos, la función del OLT es de gestionar, administrar y sincronizar el tráfico ascendente y descendente por multiplexación. La velocidad de transmisión de

GPON es de 1.25 Gbps y 2.5 Gbps en sentido ascendente y descendente respectivamente, en canal ascendente trabaja punto a punto y en canal descendente trabaja punto a multipunto. (Millán Tejedor, 2007). La figura 6, muestra la estructura de una red GPON.



**Figura 6:** Red GPON.

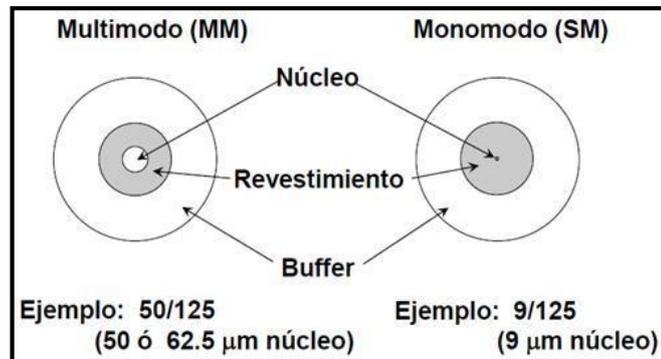
La multiplexación para GPON es WDM (Wavelength División Multiplexing), para el canal ascendente y descendente es tecnología TDMA y TDM respectivamente.

TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo) es una técnica para transmisión de señales digitales que transmite información solo cuando es necesario, el OLT controla el canal en sentido ascendente (longitud de onda 1310 nm) dándole a cada usuario una ranura de tiempo diferente para emitir datos, es decir, este indica cuando el ONT (Optical Network Termination) debe enviar los datos para evitar colisiones.

TDM (Multiplexación por División de Tiempo) es una técnica que se encarga del canal en sentido descendente (longitud de onda 1490 nm) donde a cada ONT llega toda información enviada desde el OLT, pero este procesa solo la información que le corresponde, este filtra los datos para seleccionar su mensaje.

El OLT tiene tarjetas con puertos GPON donde cada puerto soporta hasta 64 ONT, para la comunicación entre estos dispositivos debe existir un medio de transmisión y es la fibra óptica, consiste en un hilo muy fino de material vidrio o plástico, en esta se envían haces de luz (información) consiguiendo ancho de banda hasta 10 GHz (Tomasi, 2003), este cable es un medio de transmisión de última generación, permite comunicaciones a grandes distancias, se clasifica según por modo de propagación y estructura.

**Por su núcleo:** la FO monomodo, tiene núcleo de diámetro reducido de 8,3 a 10 micrones permitiendo el paso de solo un haz de luz, se caracteriza por enviar grandes tasas de bits y cubrir largas distancias (Km), la FO multimodo, tiene núcleo amplio por el cual pasan varios haces de luz, se caracteriza por instalarse en distancia de poco alcance menor a 1 Km y es recomendada para instalación de unión de edificios cercanos. La figura 7, muestra el núcleo de una fibra monomodo y multimodo.



**Figura 7:** Fibra Monomodo y Fibra Multimodo.  
**Fuente:** Sistemas Nonex.

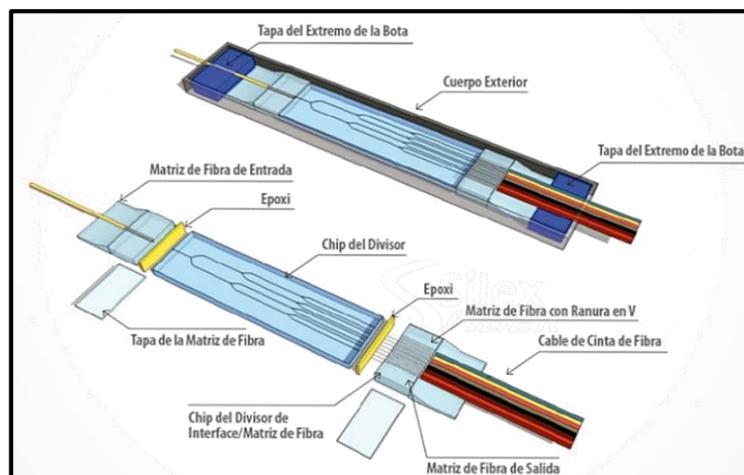
**Por su estructura:** holgada, es utilizada en exteriores como interiores; ajustada, flexible y diseñado para instalaciones en interior de los edificios.

Para la elección del tipo de FO a utilizar se considera la distancia, velocidad, como y donde será instalada, esto se detalla en el capítulo 3 literal 3.1 Componentes físicos y lógicos, además de los elementos ópticos para el área

externa e interna en las instalaciones del campus universitario con el fin de dar un servicio de calidad a los usuarios.

La fibra óptica sigue un trayecto hasta llegar al splitter considerado de primer nivel con conexión punto-multipunto, receipta una sola señal y la divide en múltiples señales, se recomienda utilizar hasta dos niveles de splitter, puesto que, a más niveles mayor pérdida existe en el enlace. La transmisión entre estos equipos es bidireccional, se puede utilizar la misma fibra óptica para el tráfico ascendente y descendente para cada uno de los usuarios conectados. (Guamán Chacha, 2015)

Existe división de splitter óptico de 1xn (donde  $n = 2, 4, 8, 16, 32, 64$ ), el funcionamiento de este elemento es por un chip divisor internamente configurado en cascada como muestra la figura 8, permitiendo tener una señal de entrada y varias señales de salidas.



**Figura 8:** Estructura splitter.

**Fuente:** SilexFiber

Cada splitter por relación de división posee un valor de pérdida de potencia en dB (decibeles), la relación mínima de splitter es de 1:2 con una pérdida de 3.5 dB, para calcular la pérdida de 1xn se toma como referencia la relación básica de 1:2, por ejemplo, un splitter de 1:32 (potencia sucesiva de base 2, ( $2^5 = 32$ )) tendrá 5 etapas de 1:2 y por medio de las etapas se puede determinar la pérdida óptica

aproximada ( $5 \times 3,5 \text{ dB} = 17,5 \text{ dB}$ ), a mayor número de divisiones mayor pérdida de potencia se produce, tal como detalla la tabla 1. (Barroso García, 2012)

<b>Relación</b>	<b>Pérdida de Potencia (dB)</b>
1:2	$\leq 3,5$
1:4	$\leq 7,0$
1:8	$\leq 10,5$
1:16	$\leq 14,0$
1:32	$\leq 17,5$
1:64	$\leq 21,0$

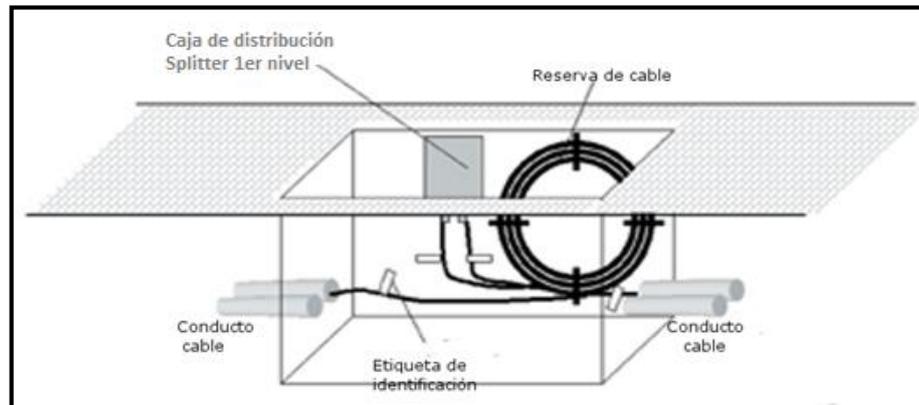
**Tabla 1:** Pérdida óptica por división de splitter.

Los sistemas de comunicación óptica se caracterizan por una fuente y destino, para la comunicación entre estos se necesita de elementos y equipos pasivos que conforman el ODN, al interconectar estos elementos introducen pérdidas, a continuación, se mencionan las mismas:

Las pérdidas del enlace dependen de la longitud de cable, del material y calidad de la fibra, la pérdida se determina por dB/Km; pérdidas en el conector sucede cuando se conecta dos tramos con conectores mecánicos, cuando esta conexión no es perfecta ocurren emisiones de energía luminosa hacia el exterior ocasionando pérdidas de potencia; también en los enlaces de comunicaciones óptica hay pérdidas por empalmes cuando no hay continuidad de cable, es decir, para unir tramos se funde la fibra óptica y la pérdida se produce de decimas de dB a varios dB en la señal; los splitter también introducen pérdidas en el enlace dependiendo de la relación de división como se mostró en la tabla 1; otra pérdida de potencia también ocurre por dobleces de cable que por la manipulación inadecuada el cable se dobla formando un ángulo muy agudo. (Tomasi, 2003)

Para la manipulación de la fibra óptica, debe existir arqueta, es una cámara de cemento prearmada de hormigón, puede ser de dos, tres y cuatro salidas, son diseñadas para ser enterradas siendo los únicos puntos de acceso para las operaciones de tendido, empalme, reparación y sustitución de cables, derivaciones, etc., al momento de instalar o para su mantenimiento, a

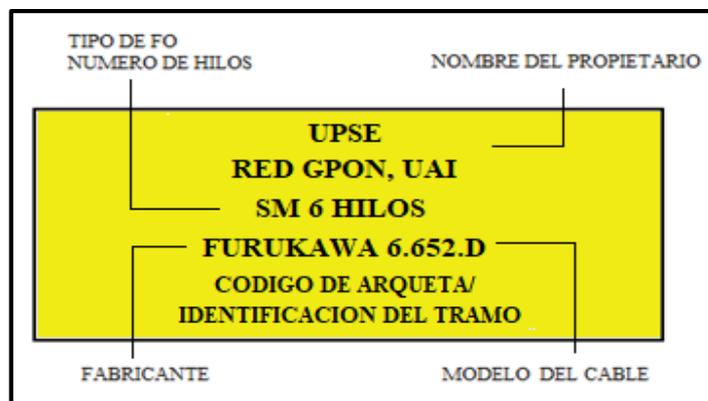
continuación, la figura 9 muestra el esquema del diseño de la arqueta que contendrá al splitter de primer nivel.



**Figura 9:** Arqueta de distribución.

**Fuente:** [www.conelectronica.com](http://www.conelectronica.com)

En cada arqueta habrá un etiquetado para identificar el tipo de cable, números de hilos, origen y destino, la figura 10 muestra el detalle para la etiqueta.



**Figura 10:** Etiqueta para FO.

**Fuente:** [www.conelectronica.com](http://www.conelectronica.com)

### 2.3 Marco Teórico

El acceso a internet indistintamente por el medio que se provea es de suma importancia, pero no solo radica en tener disponibilidad de servicio sino también el tener un servicio de calidad, capacidad, seguridad entre otras ventajas que brinda la entidad proveedora y el medio de transmisión de la red.

La comunicación con fibra óptica tuvo sus inicios en el año 1880 por el científico británico Alexander Graham Bell, quien hizo el experimento llamado fotófono cuyo resultado fue poco práctico, pero sin duda el primer intento para transportar un rayo de luz. El envío de ondas luminosas a través de fibra óptica se asienta en el año 1930, cuando dos científicos enviaron señales de televisión por dicho medio, en esa época la FO era poco relevante para las comunicaciones y fue usada como pasatiempo de laboratorio. (Tomasi, 2003)

Las prácticas de las comunicaciones ópticas empezaron con una guía de fibra, después se usaron cables de fibra no recubiertos, pero fue hasta dos décadas más tarde donde hubo avances considerables en este campo. En 1951, desarrollaron el fibroscopio flexible usado en el área de medicina, máser y láser óptico en 1960. (Tomasi, 2003)

En 1960, los cables de fibra no eran muy fiables en cuanto a envío de toda la información debido a las altas pérdidas que existían en las pruebas; sin embargo, en 1970, unos investigadores de Corning Glass Works después de varios estudios desarrollaron una fibra óptica que redujo considerablemente la atenuación a 4 dBm/Km y la información era transmitida a alta velocidad. En 1975, surgen proyectos experimentales y optaron por hacer instalaciones de telecomunicaciones y sistemas de red. (Tomasi, 2003)

En 1988, NEC Corporación desarrolló su propia fibra óptica donde envió 10 Gbps con 80.1 Km de cable óptico, estableciéndose como la transmisión más larga en esa época. Estados Unidos y varios países fueron incorporando la red óptica para voz y datos. (Tomasi, 2003)

Luego del boom del internet en 1998 y con el constante avance de la tecnología, en la actualidad y para futuras generaciones el acceso a internet se asienta como elemento fundamental en la sociedad, siendo esta una red de banda ancha que se provee por diferentes medios, una de las mejores opciones para transmisión es

ofrecer el servicio por medio óptico, el cual está teniendo bastante acogida, ofrece mayor velocidad y mejor conectividad, la tecnología GPON puede ofrecer tres servicios en conjunto con la arquitectura punto a multipunto llegando hasta el usuario final.

La tecnología GPON tiene su origen en el año 2002, pero la primera recomendación oficial se publicó en el 2003 por la UIT-T como recomendación G.984.X (siendo  $x = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ ) posterior a eso realizaron revisiones y actualizaciones de estas, permitiendo así mejorar las tecnologías anteriores APON y BPON.

La velocidad máxima que provee GPON es de 2,5 Gbps y 1.25 Gbps valor establecido en la norma UIT-T G.984.1 (03/08) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, a través de un hilo de fibra óptica con arquitectura punto a multipunto trayendo consigo mayor velocidad de transmisión y recepción. (IPTEL, 2016)

En el Ecuador algunos sistemas de las telecomunicaciones iniciaron por el sistema de chasquis utilizado en la época de los incas, los sistemas de comunicación por mar época precolombina, sistema de postillones de correo todos estos sistemas fueron avances para las comunicaciones entre regiones y son propios del Estado Ecuatoriano. (Gomezjurado Zevallos, 2015)

En 1871, empresas norteamericanas instalaron el cable submarino que unió al país con otros países del continente y fue realizado para la comunicación internacional, gracias a aquello, el país incorporo sistemas telegráficos, telefónicos y radiales.

Poco a poco el país fue modernizándose importando tecnología, instalando plantas y creando empresas públicas para la administración de estos servicios que sería en beneficio de los ecuatorianos. (Gomezjurado Zevallos, 2015)

El campo de las telecomunicaciones a pesar que gran parte fue incursionada por empresas privadas, se reguló con leyes y estatutos por parte de organismos públicos, cuyo fin es fortalecer y prevalecer el bien del estado ecuatoriano, actualmente la responsabilidad está a cargo de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT).

Para febrero del 2015, el Ecuador establece el acceso a internet de manera universal y lo declara como un servicio básico con regulaciones respectivas como la electricidad, agua y teléfono conforme lo indica el Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información del Ecuador 2016-2021 según la Ley Orgánica de Telecomunicaciones.(Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2016)

El Ecuador en el plan nacional 2013 – 2017 plantea objetivos del buen vivir, específicamente el Objetivo 10 tiene la finalidad de impulsar la transformación de la matriz productiva, por lo que, en el 2016 se inauguró la primera fábrica de cables de fibra óptica llamada LatamFiberHome ubicada en el cantón Durán, ahora el país tiene la capacidad de exportar el medio de transmisión de datos revolucionario, como la fibra óptica, con la visión de liderarse como el mayor productor de cable óptico en América del Sur para el 2019. (Diario El Telégrafo, 2016) (MINTEL, 2016)



**Figura 11:** Cable submarino.

**Fuente:** <http://submarine-cable-map-2017.telegeography.com>

La fibra óptica permite cubrir grandes distancias, en la actualidad hay dos rutas de cable submarino (ver figura 11) que permiten intercomunicarnos con otros países, los cables que hacen posible eso son: Pacific Caribbean Cable System (PCCS) desde Manta y desde Punta Carnero el Pan American (PAN-AM) y South America-1 (SAm-1), antes del culminar el 2017 TeleGeography espera que se termine el tendido de la fibra óptica y tener operativa toda la red. (Doctor Tecno, 2017)

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

Las redes ópticas pasivas integran elementos que son beneficiosos en costos y en servicio, pueden ser aplicadas en redes para distancias cortas como largas e implementarse en ciudades, campus, hogares, empresas, etc.

#### **3.1 Componentes Físicos y lógicos**

Para el desarrollo de la presente propuesta, a continuación, están definidos los elementos como parte constitutiva del diseño a presentar para incorporar a la infraestructura canalizada de la red de accesos con GPON.

##### **Componentes Físicos**

Las marcas y modelos de los equipos a seleccionar para la propuesta se basan por la disponibilidad de estos en los proveedores autorizados en el país y por las características técnicas que van de acuerdo a la necesidad de la propuesta tecnológica. Existen varias marcas como Cisco, Huawei, Nitrotel entre otras, que forman parte de los extremos de la red GPON.

##### **Optica Line Termination (OLT)**

El OLT se encarga de gestionar, administrar y sincronizar el tráfico ascendente y descendente de la red (OLT a ONT). En la tabla 2, se realiza una comparación de las características de equipos OLT de diferentes marcas para determinar el adecuado.

Característica	Huawei	Cisco	Nitrotel
Imagen			
Modelo	MA5608T	ME 4620	GL5600-08P
Estándar	ITU-T G.984	ITU-T G.984	ITU-T G.984
Capacidad de acceso	8 x GPON, 10 G 32 x GPON, 96 x GE	4 x 10GbE enlace ascendente, 16 x GPON	4096 port-IDs por GPON MAC 1024 Alloc -IDs por GPON MAC
Tipos de Puertos	10 GE uplink y 10 GE ópticos/eléctricos	10 Gigabit Ethernet	8*Puerto de PON, 8*GE FX + 8*GE TX, 2*10GE SFP+
Puertos GPON	16	256	8
Capacidad de conmutación	720 Gbps	120 Gbps	102 Gbps
Dimensiones	442 mm x 244.5 mm x 88.1 mm	620 mm x 483 mm x 248 mm	440mm × 44mm × 380mm
Peso	14 Kg	47 Kg	≤3 Kg
Rendimiento del sistema	1:256	1:128	1:128

**Tabla 2:** Comparación equipos OLT.

Para optar por el OLT adecuado para esta propuesta se considera el número de áreas a conectar y los parámetros técnicos conforme a la normativa UIT-T G.984.X, por lo cual a continuación se detallan las características técnicas necesarias.

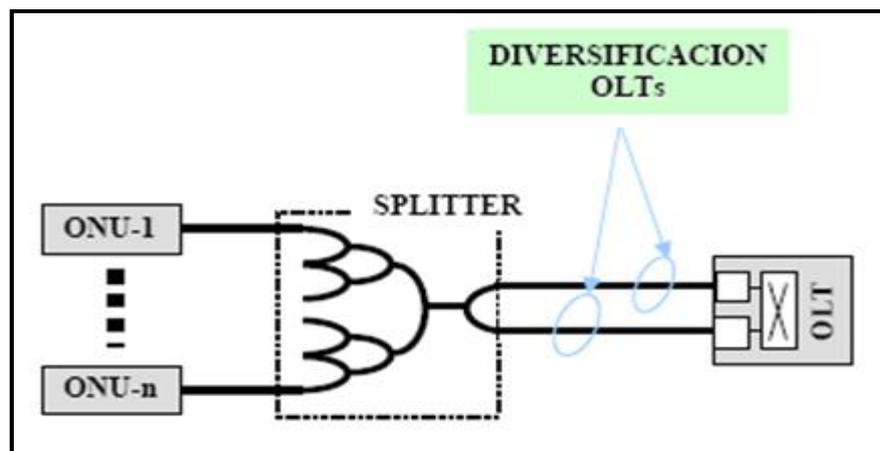
El OLT seleccionado es Huawei modelo MA5608T principalmente porque cumple con la norma UIT-T G.984 de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante, provee velocidad hasta 2.5 Gbps de bajada, tiene 2 tarjetas GPFD de 16 puertos y cada una con módulos GPON SFP B+/C+ respecto a la ODN, tiene sistema con configuración redundante, provee fiabilidad y reduce costos de mantenimiento, la disponibilidad del sistema para la configuración típica es mayor o igual a 99.999%.



**Figura 12:** OLT Huawei.

**Fuente:** Huawei.

El equipo consta de 32 puertos GPON, cada puerto de la tarjeta permitirá una conexión máxima de 1024 ONT's, lo cual es suficiente para atender la necesidad de 208 puntos de red en la red universitaria permitiendo un incremento a futuro, además por el número de áreas habrá dos niveles de splitter, el primer nivel tendrá de 5 splitter de 2:4 y 2:8 en las 5 zonas de distribución que se detallará en este capítulo 3 en el literal 3.2 Diseño de la propuesta, por la redundancia del splitter hacia el OLT (2xN, ver figura 13) implicará usar 24 puertos de los 32 que tiene el equipo, opera con 3 longitudes de onda 1310 nm, 1490 nm y 1550 nm (voz, datos y video). Este equipo funcionará a 20,41% de su capacidad normal, lo que permite a futuro incrementar el número de usuarios sin cambiar los equipos, mejorará la fiabilidad de la red, reducirá costos de operación y mantenimiento, además por las dimensiones del equipo permitirá instalarlo en una unidad de un rack (1U) de 19'' ahorrando espacio.



**Figura 13:** Configuración de protección.

**Fuente:** UIT-T.

El seleccionar el equipo OLT y las tarjetas de servicio GPON implican un análisis de la necesidad del ancho de banda que se proveerá a cada cliente, cada puerto GPON tiene un rendimiento de 2.4 Gbps, el cual se comparte entre todos los usuarios conectados a ese puerto (propuesta relación máxima hasta 64 usuarios), se obtiene un ancho de banda por usuario de 38,4 Mbps, suficiente velocidad para acceder hacia los diferentes servicios de internet sin problemas. (Verbel Sierra & Perez Alvarez, 2013)

<b>Atributos</b>	<b>Modelo Cisco MA5608T</b>
Capacidad de conmutación	720Gbps
Tarjeta GPON	Clase B+/C+ módulos SFP
Puertos	8 x GPON, 10 G 32 x GPON, 96 x GE
Redundancia de energía	Fuente de alimentación dual. Puede ser doble AC, doble DC o AC+DC
Fuente de alimentación	AC: 100V a 240V Entrada, 47~63Hz ; DC: -38.4V a -72V Entrada
Consumo de energía	≤85W
Dimensiones (mm) (W*D*H)	442 mm x 244.5 mm x 88.1 mm
Peso (en configuración máxima)	≤14kg
Requisitos medioambientales	Temperatura de trabajo : -15°C~55°C. Temperatura de almacenamiento: -40°C~70°C.

**Tabla 3:** Especificaciones Técnicas Modelo M5608T.

**Fuente:** Huawei.

## **Fibra Óptica**

Existen variedades de cables ópticos dentro de la clasificación multimodo y monomodo como se describió en el capítulo 2 en literal 2.2 Marco Conceptual, para la presente propuesta se debe tomar en cuenta el cable a utilizar para instalación externa en ductos subterráneos del tendido troncal y para la distribución interna en las edificaciones.

Para la troncal del campus por canalización subterránea, por ser área externa el cable óptico deberá ser de estructura holgada, totalmente dieléctrico, con armadura antioedor, y con cubierta universal LSZH que actúa como protector resistente a la humedad (Monar Monar & Torres Morante, 2015), esta fibra cumple con las propiedades de la ITU.T-G.652.D cable para tendido subterráneo, es la de mayor despliegue en la actualidad debido a que ofrece una tasa casi nula de pérdida de información y baja atenuación 0.3db/Km, cuyas características muestra la tabla 4. (Guamán Chacha, 2015)

<b>Atributos de la Fibra</b>		
<b>Atributo</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Rango de valores nominales	8.6-9.5 $\mu\text{m}$
	Tolerancia	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125,0 $\mu\text{m}$
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad	Máxima	0,6 $\mu\text{m}$
Revestimiento de no circularidad	Máxima	1,0%
Cable de corte de longitud de onda	Máxima	1260 nm
Pérdida macro curvatura	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máxima at 1625 nm	0,1 dB
Tensión de prueba	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0,092 ps/(nm <sup>2</sup> × km)
<b>Atributos del Cable</b>		
<b>Atributo</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
Coeficiente de Atenuación	Máxima de 1310 nm a 1625 nm	0.40 dB/km
	Máxima de 1383 nm $\pm 3$ nm	0.40 dB/km
	Máxima de 1530-1565 nm	0.30 dB/km
Coeficiente PMD	M	20 cables
	Q	0,01 %
	Máximo PMDQ	0,20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

**Tabla 4:** Características Cable Óptico G.652.D.

**Fuente:** ITU-T.

Para la conexión del splitter de primer nivel con el segundo nivel y para la red interna, se optó por fibra óptica de estructura ajustada que cumple con las propiedades de la ITU.T-G.657.A1, es compatible con el estándar G.652D porque tienen las mismas propiedades de transmisión e interconexión, es flexible e insensibilidad a las curvaturas, proporciona una gran resistencia a las pérdidas adicionales debidas a macro curvaturas, tiene alta resistencia a la humedad, la cubierta es termoplástica LSZH, tiene protección anti roedores, está diseñada para tendido canalizado y para interior de los edificios, las características ópticas se muestran en la tabla 5.

<b>Atributos de la fibra</b>			
Atributo	Detalle	Valor	
Diámetro del modo de campo	Longitud de onda	1310 nm	
	Rango de valores nominales	8.6-9.2 $\mu\text{m}$	
	Tolerancia	$\pm 0.4 \mu\text{m}$	
Diámetro del revestimiento	Nominal	125.0 $\mu\text{m}$	
	Tolerancia	$\pm 0.7 \mu\text{m}$	
Error de excentricidad del núcleo	Máximo	0.5 $\mu\text{m}$	
No circularidad del revestimiento	Máximo	1.0 %	
ITU-T G.657.A1			
Macrobendimiento de fibra sin cable pérdidas	Radio	15 mm	10 mm
	Numero de vueltas	10	1
	Max. a 1 550 nm	0.25 dB	0.75 dB
	Max. a 1 625 nm	1.0 dB	1.5 dB
ITU-T G.657 categoría A			
Tensión de prueba	Mínimo	0.69 GPa	
Dispersión cromática parámetro 3-termino Sellmeier	$\lambda_{0\text{min}}$	1 300 nm	
	$\lambda_{0\text{max}}$	1 324 nm	
	S0min	0.073 ps/(nm <sup>2</sup> × km)	
	S0max	0.092 ps/(nm <sup>2</sup> × km)	
<b>Atributos del cable</b>			
Coeficiente de atenuación	Máximo de 1 310 nm a 1 625 nm	0.40 dB/km	
	Máximo de 1 383 nm $\pm 3$ nm después de hidrógeno	0.40 dB/km	
	Máximo de 1 530–1 565 nm	0.30 dB/km	

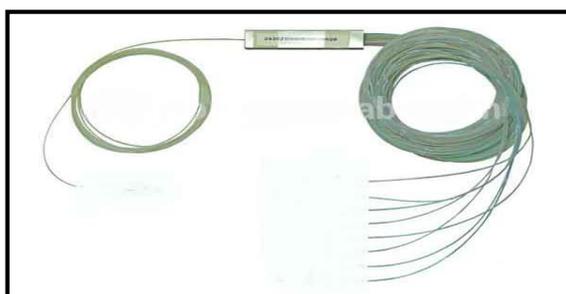
**Tabla 5:** Características Cable Óptico G.657.A1.

**Fuente:** ITU-T.

## Splitter

Para elegir el splitter o divisor óptico, se toma en cuenta el número de edificaciones a las cuales debe llegar la fibra óptica, dando un total de 51 edificaciones actuales y a futuro un total de 55 edificaciones, información obtenida por el DOCU, dichas edificaciones se las dividirá para 5 zonas considerando el área geográfica, numero de edificaciones, número de usuarios por zona y la atenuación de cada splitter, los divisores ópticos principales serán de 2:N que proveerán redundancia a la red como mecanismo de protección, los splitter de segundo nivel corresponderán a los que tendrán las edificaciones para la distribución interna considerando usuarios el número de usuarios en estas, la distribución será detallada en el literal 3.2.2 Red óptica troncal de este capítulo.

El splitter óptico para la propuesta es PLC SC APC, estos modelos tienen un diseño compacto, se caracterizan por su alta fiabilidad, mínima pérdida de inserción y gran uniformidad para optimizar la transmisión por fibra óptica. La selección de la división del splitter se tomó en consideración la potencia de pérdida y el número de niveles de splitter para el diseño, la figura 14 muestra el modelo de splitter seleccionado.



**Figura 14: Divisor Óptico.**  
**Fuente: ZC Mayoristas**

### **Caja Terminal Óptica (CTO) o Mini Terminal Box**

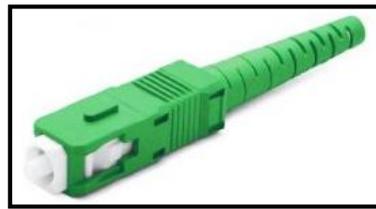
La CTO es una caja de plástico (figura 15), permitirá alojar el splitter para posterior con fibra óptica distribuirlo por toda la construcción. La instalación de la CTO dentro del edificio contendrá el splitter de segundo nivel de 1:2 hasta 1:16 PLC SM conector SC-APC, la instalación se deberá realizar en la fachada de cada edificio y determinar un área para alojar los equipos debido que estos no cuentan con RITU (Recinto de instalación de telecomunicaciones único).



**Figura 15: Caja Terminal Óptica.**  
**Fuente: ZC Mayoristas**

## Conectores de fibra óptica

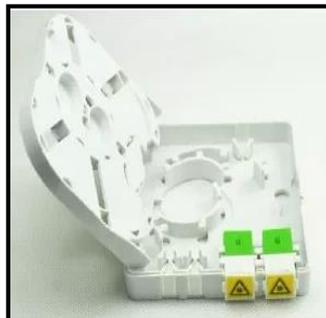
Los conectores de fibra óptica son de tipo especial porque permiten e interpretan los haces de luz provenientes de la red óptica, sirven de interfaz con los equipos. Los conectores habituales para aplicación en interior, en arquitecturas como PON, redes LAN y FTTH son los SC/APC como se observa en la figura 16 y tiene una pérdida máxima de 0,5 dB según norma UIT-T L.36, la conexión es rápida.



**Figura 16:** Conector SC-APC.  
**Fuente:** ZC Mayoristas

## Roseta Óptica

La fibra óptica para cada área llega hasta una roseta óptica (ver figura 17) determinado como punto de terminación para acondicionar el cable óptico proveniente de la CTO hasta el interior del área del usuario para posterior conectarlo al ONT por medio de patch cord óptico con conector SC/APC, cumpliendo con el objetivo de la propuesta tecnológica el de proveer fibra óptica a cada área dentro del campus. (Ramos Velasco, 2016)



**Figura 17:** Roseta óptica.  
**Fuente:** ZC Mayoristas

## Optical Network Termination (ONT)

Para la elección del equipo ONT que proveerá el acceso a GPON se tomará en consideración la comparación de las características técnicas de los equipos que se detallan en la tabla 6.

Característica	Huawei	Cisco	Nitrotel
Imagen			
Modelo	HG8546M	ME4601-SFU	GN2000-04GS-2VW
Estándar	ITU-T G.984	ITU-T G.984	ITU-T G.984
General	Interior	Interior	Interior
Tipo	Modem – Router Wireless	Modem	Modem – Router
Puerto Red Óptico	SC-APC	SC/APC	SC
Puertos Ethernet	4	4	4
Puertos Telefónicos	1	2	2
Wifi	802.11 b/g/n	No	802.11 b/g
Botón ON/OFF	Si	No	No
Clase óptica	B+/C+	B+	B+
Longitud de onda	1310, 1490 y 1550 nm.	1310, 1490 y 1550 nm.	1310 y 1490 nm.
Dimensiones	268 mm x 213 mm x 34 mm	210x210x40 mm	195x188x51 mm

**Tabla 6:** Comparación equipos ONT.

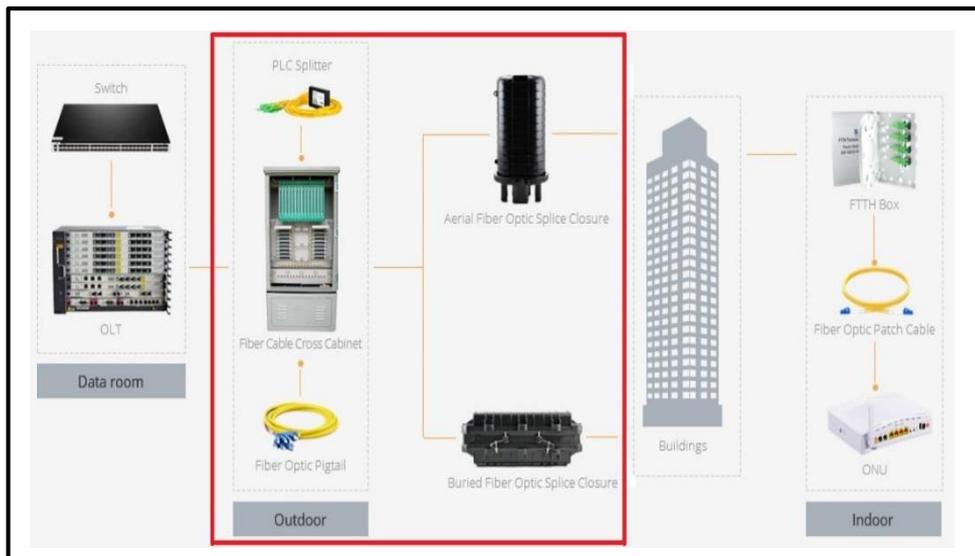
El equipo óptimo es Huawei modelo HG8546M, equipo fiable y duradero para ambiente interno, tiene capacidad de transmisión inalámbrica hasta 300 Mbps, tiene 4 puerto Ethernet y posee un conector óptico SC/APC, configuración fácil con asistente Huawei, ofrece múltiples configuraciones VLAN 1: 1 y N: 1 con calidad de servicio, es adecuado para implementación de GPON con bajo costo, alta eficiencia y rentabilidad siendo el mismo ideal para cumplir sus funciones.

## Componentes Lógicos

### Optical Distribution Network (ODN)

La Red de Distribución Óptica (Optical Distribution Network, ODN) es el punto intermedio de la red y contiene todos los elementos pasivos/elementos ópticos (splitter, empalmes, conectores) que conectan el OLT con el ONT.

Como aspecto operativo de la ODN (ver figura 18) debe existir una relación entre potencia y distancia (hasta 20 Km) respecto al OLT y ONT, es decir, mientras más cerca se encuentren estos equipos la potencia de transmisión será menor y viceversa, los elementos que forman parte de la ODN.



**Figura 18:** Estructura del ODN.

**Fuente:** Cozlink.

Los niveles de pérdida óptica para la ODN en redes GPON se muestran en la tabla 7, estos parámetros se tomarán en consideración para la factibilidad técnica, considerando además un máximo de 64 usuarios por puerto PON de la OLT, sumando los coeficientes de atenuación típica del cable óptico y distancia, atenuación por splitter, pérdidas por empalmes y por conectores.

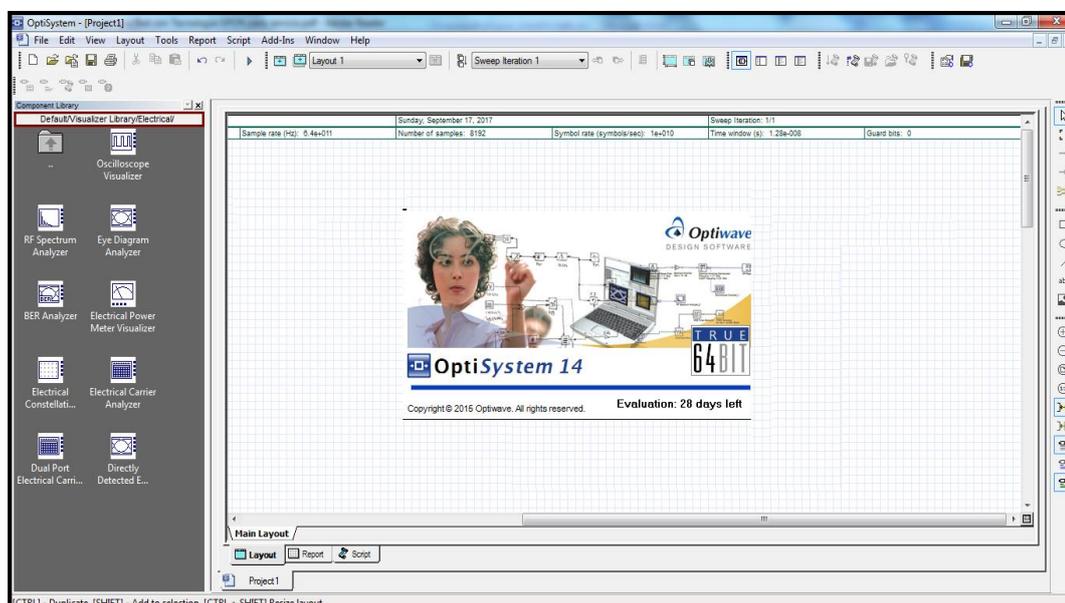
Clasificación	Pérdida permitida para ODN
Clase A	5-20 dB
Clase B	10-25 dB
Clase B +	13-28 dB
Clase C	15-30 dB
Clase C +	17-32 dB

**Tabla 7:** Pérdida permitida para ODN.

## OptiSystem

OptiSystem es un programa de diseño integral que permite a los usuarios planificar, probar y simular enlaces ópticos en la capa de transmisión de las modernas redes ópticas para aproximar los resultados a la realidad.

Este software tiene una interfaz gráfica que permite simular redes LAN, WAN y MAN con características referentes a los elementos a utilizar físicamente. La figura 19 muestra el entorno de trabajo.



**Figura 19:** Entorno de trabajo Simulador OptiSystem.  
**Fuente:** OptiSystem

### 3.2 Diseño de la Propuesta

Para el diseño de la red se considera aspectos como el área geográfica, elementos de la red, servicios a brindar, infraestructura tecnológica y arquitectura, se considera el número de áreas distribuidos en 51 edificaciones en todo el campus universitario ubicado en  $2^{\circ}13'54.8''S$   $80^{\circ}52'43.8''W$ , mediante esta red se proveerá servicios de calidad en el ámbito de las telecomunicaciones con los lineamientos técnicos descritos en el ítem 3.1 Componentes Físicos y Lógicos. El centro de redes de la UPSE se encuentra en el edificio administrativo 2 en el departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación del cual saldrá la distribución de la FO. La figura 20, muestra la ubicación del centro de redes en el Campus Universitario.



**Figura 20:** Vista Satelital Centro de Redes de la UPSE.

**Fuente:** Google Maps

#### 3.2.1 Información de la red actual del campus universitario

El Departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación tiene sus instalaciones en el edificio administrativo N° 2 (-2.232316,-80.879341), este proporcionó información sobre la red de acceso actual, los datos son los siguientes: El proveedor es TELCONET y brinda 150 Mbps, 100 Mbps para el tráfico de datos normal y 50 Mbps utilizados como backup, la fibra óptica se conecta a un transceiver para convertir la señal óptica a eléctrica y después se conecta al router Cisco 2911 que no tiene puerto óptico, para la distribución de la red ese equipo se conecta a un switch Cisco Gigabit SFP, la red físicamente es

estrella extendida y la distribución de la red es mediante fibra óptica monomodo de 48 hilos, existen 8 cajas de dispersión de las cuales salen 6 hilos hacia los edificios principales, tales como: edificio 2, rectorado, bloque 1, laboratorio 1-2-3, bloque 8, laboratorio de telecomunicaciones, APUEPSE, Laboratorio de química, bodega, Colegio, Biología Marina, edificio 5 y biblioteca ver figura 2 en capítulo 1 literal 1.1 antecedentes.

La fibra óptica de 2 hilos que se deriva de las cajas de dispersión llega a un switch HP Aruba 2540 en cada edificio principal mencionado en el párrafo anterior, luego por medio de cable UTP categoría 6a se distribuye a las áreas que necesitan el servicio de telecomunicaciones y desde el edificio principal se distribuye por fibra óptica por medio de un ODF hacia las otras edificaciones como muestra la figura 2 en literal 1.1 antecedentes.

La distribución de la red horizontal y vertical en los edificios está realizada por la parte de atrás con cable UTP categoría 6a y pasa a través de un tubo industrial como muestra la figura 21.



**Figura 21:** Distribución de cable en pabellón 1.

El cable de cobre se distribuye a cada área de la edificación y se conecta a equipos como router o switch principales y equipos secundarios como switch marca Cisco modelo 2960, router marca D-Link modelo DIR-610, switch marca D-Link modelo DES-I8008A, Access Point marca Ubiquiti modelo UNIFI, los cuales están distribuidos para el personal administrativo, docentes y estudiantes, a

continuación, se detalla el número de áreas (ver tabla 8) que se encontraran por zonas (1 a 5, ver figura 22) información actualizada a junio del 2017.

<b>ZONAS</b>	<b>AREAS DE TRABAJO</b>
Zona 1	50
Zona 2	54
Zona 3	26
Zona 4	26
Zona 5	52
<b>TOTAL</b>	<b>208</b>

**Tabla 8:** Distribución de áreas por zona en la UPSE.

La universidad cuenta con red interna además servicios de internet, correo electrónico para personal docente y administrativo, plataformas en línea, seguridad lógica y cámaras de seguridad, la red inalámbrica se provee por medio de dos Access Point por planta de marca Ubiquiti. Tiene un ancho de banda contratado de canal 1: 100 Mbps, Canal 2: 40 Mbps, Enfermería: 10 Mbps y Manglaralto: 5 Mbps. El ancho de banda para la parte alámbrica e inalámbrica es de 70 Mbps.

A continuación, se detallan las edificaciones actuales con las aéreas de trabajos actuales en ellas del campus principal Av. La Libertad – Santa Elena, basándose en información provista por el DOCU e información levantada por inspección en el campo.

### **Edificios Administrativos**

Los edificios administrativos se encargan de la dirección de la universidad, cada uno tiene varias áreas a las cuales debe instalarse un equipo ONT, ver la tabla 9.

<b>PUNTOS DE RED</b>	<b>AREAS DE TRABAJO</b>
ADMINISTRATIVO 1	10
ADMINISTRATIVO 2	5
ADMINISTRATIVO 3	13
ADMINISTRATIVO 4 - UNOPAC	4
ADMINISTRATIVO 5	6
<b>TOTAL</b>	<b>38</b>

**Tabla 9:** Áreas de Edificios administrativos 1 – 5.

## Edificios de Aulas

El pabellón 1 tiene un área de  $312,48 m^2$  es de 2 plantas y tiene distribución de aulas, Access Point, laboratorios, Facultades y salas de profesores lo que da un total de 9 áreas a cubrir. La institución además del pabellón 1 tiene pabellón 2, 3, 4,5, 6 (bloque colegio UPSE), 7, 8, 9, 10 y 11 dando un total de 11 edificios con las mismas dimensiones del pabellón descrito, lo que varía es el número de áreas de cada uno, ver tabla 10.

<b>PUNTOS DE RED</b>	<b>AREAS DE TRABAJO</b>
PABELLON 1	9
PABELLON 2	7
PABELLON 3	7
PABELLON 4	7
PABELLON 5	6
PABELLON 6	1
PABELLON 7	7
PABELLON 8	7
PABELLON 9	6
PABELLON 10	7
PABELLON 11	5
<b>TOTAL</b>	<b>69</b>

**Tabla 10:** Áreas de pabellones 1 – 11.

Es resto de pabellones son bloque aulas 12 (bloque U), 13 (bloque I), 14 y 15 (bloque colegio UPSE) son de una planta y tienen las mismas dimensiones un área de  $213.76 m^2$ . A continuación, se detalla los puntos de red de los pabellones de una planta, ver tabla 11.

<b>PUNTOS DE RED</b>	<b>AREAS DE TRABAJO</b>
PABELLON 12	8
PABELLON 13	6
PABELLON 14	2
PABELLON 15	0
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>

**Tabla 11:** Áreas de red pabellones 12 – 15.

## Laboratorios y Talleres

Hay varios laboratorios ubicados en diferentes puntos del campus de acuerdo al área de estudio para los estudiantes, hay laboratorios de electrónica, redes, petróleo, idiomas, biología marina, ciencias del mar, subsuelo, biotecnología, química, electricidad y también hay talleres de soldadura e industrial. Los puntos de red que cubren el área de laboratorios y talleres son los siguientes como muestra la tabla 12.

<b>PUNTOS DE RED</b>	<b>AREAS DE TRABAJO</b>
LABORATORIOS DE INFORMATICA 1 -2 - 3	3
LABORATORIOS DE INFORMATICA 4 - 5	0
LABORATORIOS DE INFORMATICA 6	0
LABORATORIOS DE POST GRADO	3
LABORATORIOS DE ELECTRONICA	1
LABORATORIOS DE IDIOMAS	6
LABORATORIOS DE FISICA – QUIMICA – BIOLOGIA	4
LABORATORIOS DE PETROLEO	1
TALLER BASICO INDUSTRIAL	1
TALLER DE SOLDADURA	1
LINEAS DE CALIDAD	1
LABORATORIO DE ELECTRICIDAD	1
LABORATORIO DE BIOLOGIA MARINA	1
LABORATORIO DE CIENCIAS DEL MAR	1
CAMPO DE PRÁCTICAS CIENCIAS	0
LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGOS Y ASFALTO	1
LABORATORIO DE ELECTRONICA Y REDES	3
LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA	1
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>

**Tabla 12:** Áreas de Laboratorios y Talleres.

En la tabla 12, no están contemplados 3 lugares los cuales son: el laboratorio de informática 4-5 no muestra ningún área de trabajo puesto que, ya está contemplado en el pabellón 1 de la tabla 10, también el laboratorio de informática 6 está contemplado como área de trabajo del edificio administrativo 6 de la tabla 9 porque forma parte de esa instalación, el campo de prácticas agrícolas es un área

de cultivos de la facultad de Ciencias Agrarias por lo que no está considerado como para un punto de red.

### Otras Dependencias Administrativas

Áreas de trabajo de las edificaciones de la clasificación Otras dependencias administrativas en la tabla 13.

<b>PUNTOS DE RED</b>	<b>AREAS DE TRABAJO</b>
EDIFICIO FACSISTEL	4
BIENESTAR UNIVERSITARIO	2
EDIFICIO INCYT – CIBPA – CIAP – CIGEO	13
DIRECCION POST – GRADO Y EDUCACION INTEGRAL	2
ASOCIACION DE PROFESORES	7
DEPARTAMENTO DE DIFUSION CULTURAL	1
ASUNTOS ESTUDIANTILES	2
BODEGA GENERAL	1
COORDINACION DE MANTENIMIENTO	1
CASETA DE MADERA	0
ARCHIVO GENERAL	1
CENTRO DE EMPRENDIMIENTO	1
EDIFICIO SALA DE DOCENTES 1	5
EDIFICIO SALA DE DOCENTES 2	5
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>

**Tabla 13:** Áreas de Otras Dependencias Administrativas.

En la tabla 13, no se contemplan dos lugares, la caseta de madera que es un lugar solo de almacenamiento.

### Eventos, Cultura, Deportes y Recreación

Los puntos de red que tiene esta clasificación son los siguientes como muestra la tabla 14.

<b>PUNTOS DE RED</b>	<b>AREAS DE TRABAJO</b>
AUDITORIO	1
MUSEO PALEONTOLOGICO	1
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>

**Tabla 14:** Áreas de Eventos, Cultura, Deportes y Recreación.

## Servicio a la Comunidad Universitaria

Esta clasificación tiene las siguientes áreas de trabajo como muestra la tabla 15.

<b>PUNTOS DE RED</b>	<b>AREAS DE TRABAJO</b>
BIBLIOTECA GENERAL Y VIRTUAL	3
CONSULTORIO JURIDICO	1
BIBLIOTECA DE CIENCIAS	3
COMEDOR PRINCIPAL	1
BAR SHARKY	1
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>

**Tabla 15:** Áreas de Servicio a la Comunidad Universitaria.

## Demanda Actual y Futura de puntos de red fijos

<b>PUNTOS DE RED EDIFICIOS ACTUALES</b>	<b>ACTUALES</b>	<b>FUTUROS</b>
EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS	38	0
EDIFICIOS DE AULAS	85	0
LABORATORIOS Y TALLERES	29	0
OTRAS DEPENDENCIAS ADMINISTRATIVAS	45	0
EVENTOS, CULTURA, DEPORTES Y RECREACION	2	0
SERVICIO A LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA	9	0
<b>PUNTOS DE RED EDIFICIOS NUEVOS</b>		
BLOQUE AULAS N12 SECTOR VIA 8		5
EDIFICIO GESTION ACADEMICA Y ADMINI		4
BIBLIOTECA Y AULAS VIRTUALES		3
BLOQUE DE AULAS 4 PLANTAS POST GRADO		8
<b>TOTAL</b>	<b>208</b>	<b>20</b>

**Tabla 16:** Demanda Actual y Futura de puntos de red fijos en la UPSE.

Los puntos contemplados como futuros son para edificios nuevos, aunque físicamente no existen, fueron considerados parte de la propuesta porque debe existir flexibilidad en incrementar áreas de trabajo sin modificar la infraestructura.

### 3.2.2 Red Óptica Troncal

La red de troncal propuesta se diseñó conforme a los lineamientos de la infraestructura de la UPSE y por la distribución de los edificios en el campus considerando además las atenuaciones al momento de introducir elementos pasivos a la red, la distancia de cable troncal proyectado es 808,85 metros de fibra óptica que corresponde a las 5 cajas de distribución que contendrán los splitter de primer nivel.

La red estará dividida en 5 zonas definidos por Z# entre ellos se establecerá el primer y segundo nivel de splitter para cada una, para la zonificación se utilizó la plataforma Google Earth ver figura 22. Del centro de datos saldrán 5 cables de FO de 6 hilos los cuales se dirigirán hacia cada caja de distribución la cual contendrá el splitter de primer nivel y reposará en la arqueta principal de cada zona.

Las 5 zonas fueron determinadas por el número de edificaciones a conectar, debido a que, a cada edificación se instalará un splitter el cual tiene una pérdida óptica considerando la tabla 1, y si al agrupar más edificaciones a un solo punto más pérdida se produce en el enlace y no estaría operativo bajo condiciones normales, saliendo del rango de pérdidas ópticas permitidas por la clase de la ODN mencionada en la tabla 7.



**Figura 22:** Zonas para distribución de red GPON.

#### **Zona 1:**

La zona 1 tendrá una cobertura de fibra óptica de 605.83 m. Del cuarto de datos hacia la arqueta principal saldrá un cable de 6 hilos llegará hasta la arqueta de

distribución ADN1-Z1 (ver figura 22) que contendrá 2 splitters de primer nivel de 2:4, esta se encontrará ubicada a una distancia de 101,47m de la ARQ\_P1, de esta caja de distribución saldrá la FO hacia cada CTO que tendrá el splitter de nivel dos ubicado en cada edificación, determinado de la siguiente manera como muestra la siguiente tabla 17.

Relación de Splitter	
Primer Nivel	Segundo Nivel
Zona 1 2SP de 2:4	1:8
	1:8
	1:8
	1:4
	1:4
	1:16
	1:16
	1:2

**Tabla 17:** División primer y segundo splitter zona 1.

#### Zona 2:

La zona 2 tendrá una cobertura de fibra óptica de 1813.78 m. Del cuarto de datos hacia la arqueta principal saldrá un cable de 6 hilos llegará hasta la arqueta de distribución ADN1-Z2 (ver figura 22) que contendrá 2 splitters de primer nivel de 2:4, esta se encontrará ubicada a una distancia de 203,96 m de la ARQ\_P1, de esta caja de distribución saldrá la FO hacia cada CTO que tendrá el splitter de nivel dos ubicado en cada edificación, determinado de la siguiente manera como muestra la siguiente tabla 18.

Relación de Splitter	
Primer Nivel	Segundo Nivel
Zona 2 3SP de 2:4	1:8
	1:8
	1:8
	1:8
	1:8
	1:8
	1:8
	1:8
	1:4
	1:4
	1:4
	1:2

**Tabla 18:** División primer y segundo splitter zona 2.

### Zona 3:

La zona 3 tendrá una cobertura de fibra óptica de 962.13 m. Del cuarto de datos hacia la arqueta principal saldrá un cable de 6 hilos llegará hasta la arqueta de distribución ADN1-Z3 (ver figura 22) que contendrá 2 splitters de primer nivel de 2:4, esta se encontrará ubicada a una distancia de 46,30m de la ARQ\_P1, de esta caja de distribución saldrá la FO hacia cada CTO que tendrá el splitter de nivel dos ubicado en cada edificación, determinado de la siguiente manera como muestra la siguiente tabla 19.

Relación de Splitter	
Primer Nivel	Segundo Nivel
Zona 3 2SP de 2:4	1:16
	1:8
	1:8
	1:4
	1:4
	1:2
	1:2

**Tabla 19:** División primer y segundo splitter zona 3.

### Zona 4:

La zona 4 tendrá una cobertura de fibra óptica de 1463 m. Del cuarto de datos hacia la arqueta principal saldrá un cable de 6 hilos llegará hasta la arqueta de distribución ADN1-Z4 (ver figura 22) que contendrá 3 splitters de primer nivel de 2:4, esta se encontrará ubicada a una distancia de 195,56 m de la ARQ\_P1, de esta caja de distribución saldrá la FO hacia cada CTO que tendrá el splitter de nivel dos ubicado en cada edificación, determinado de la siguiente manera como muestra la siguiente tabla 20.

Relación de Splitter	
Primer Nivel	Segundo Nivel
Zona 4 CD_Z4 3SP de 2:4	1:4
	1:4
	1:4
	1:4
	1:4
	1:2
	1:2
	1:2
	1:2
	1:2
	1:2

**Tabla 20:** División primer y segundo splitter zona 4.

### Zona 5:

La zona 5 tendrá una cobertura de fibra óptica de 2272 m. Del cuarto de datos hacia la arqueta principal saldrá un cable de 6 hilos llegará hasta la arqueta de distribución ADN1-Z5 (ver figura 22) que contendrá 2 splitters de primer nivel de 2:8, esta se encontrará ubicada a una distancia de 346,56 m de la ARQ\_P1, de esta caja de distribución splitter saldrá la FO hacia cada CTO que tendrá el splitter de nivel dos ubicado en cada edificación, determinado de la siguiente manera como muestra la siguiente tabla 21.

Relación de Splitter	
Primer Nivel	Segundo Nivel
Zona 5 CD_Z5 2SP de 2:8	1:16
	1:8
	1:8
	1:8
	1:8
	1:4
	1:4
	1:4
	1:4
	1:2
	1:2
	1:2
	1:2
	1:2

**Tabla 21:** División primer y segundo splitter zona 5.

Se determinó la distancia desde el centro de datos hacia cada caja de distribución (ver tabla 22) con propósito de determinar el presupuesto óptico detallado en el literal 3.4.1 Factibilidad técnica.

<b>ARQUETA</b>	<b>DISTANCIA (M)</b>
ADN1-Z1	101,47
ADN1-Z2	203,96
ADN1-Z3	46,30
ADN1-Z4	195,56
ADN1-Z5	346,56
<b>TOTAL</b>	<b>893,85</b>

**Tabla 22:** Distancia entre ARQ\_P1 a ADPN1 Z1-Z5 canalización subterránea.

Las ubicaciones de los splitter de primer nivel fueron seleccionadas de acuerdo al área geográfica de la institución, por la distribución y separación de las edificaciones, el número de áreas existentes y futuras como lo recalca la UIT-T L.90 literal 7 sobre el método de distribución, los puntos para distribución en cada área están en la figura 23, también se consideró la ruta canalizada existente.



**Figura 23:** Ubicación de ADN1-Z1 a ADN1-Z5.

### **3.2.3 Canalización subterránea para fibra óptica**

Para esta propuesta se toma en consideración 2 formas de instalar la fibra óptica:

- Aprovechar la canalización existente.
- Apertura de nueva canalización.

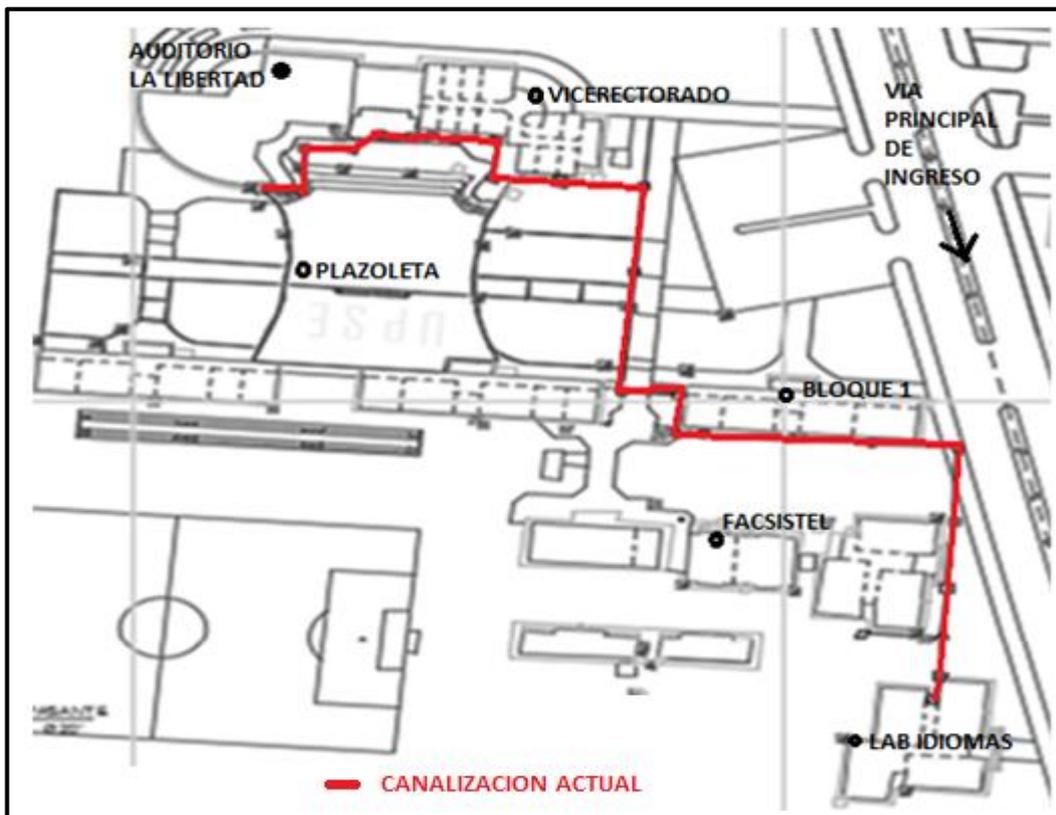
#### **Aprovechando la canalización existente**

Se consideró lo siguiente:

- Ubicación y medida de los tramos de canalización existentes.
- Ubicación y numeración de las arquetas existentes.

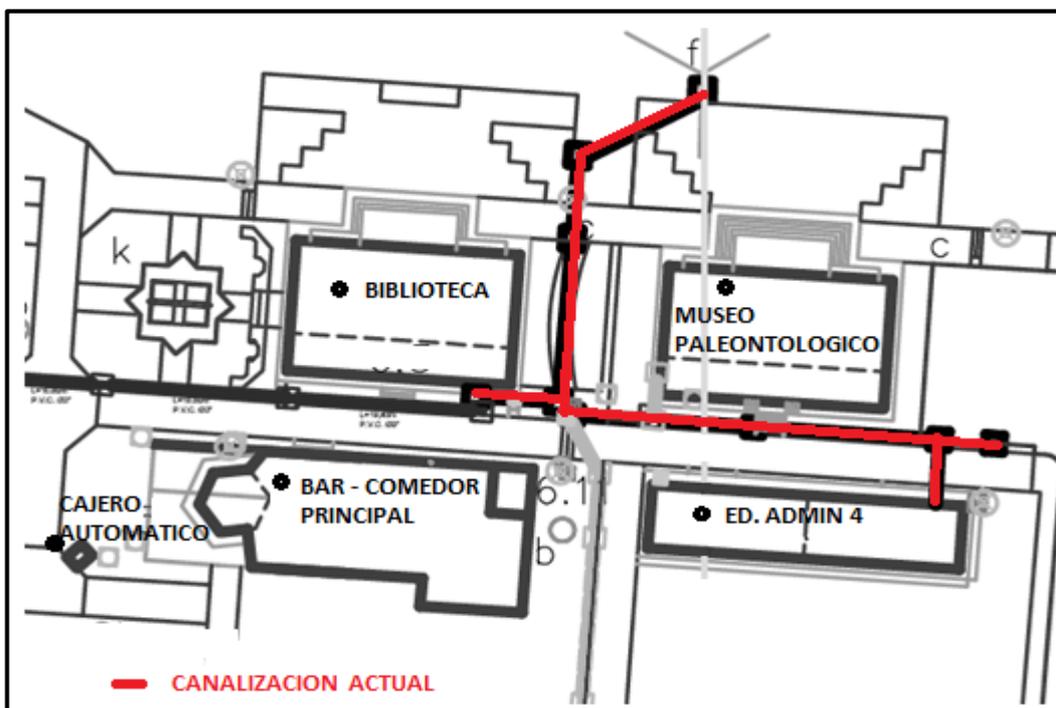
De acuerdo a la planimetría de la UPSE, existe canalización subterránea la cual se puede aprovechar para conectar las edificaciones que se encuentren alrededor, para ahorrar costos, acelerar el despliegue y evitar en la medida de lo posible tener que hacer obra civil externa e interna.

En la figura 24, se observa la primera canalización realizada en el 2007 con aproximadamente 235 metros que abarca el auditorio La Libertad, vicerrectorado, el bloque de aulas 1, laboratorios de informática 1-2-3, laboratorio de idiomas. En la figura 25, existe un segundo tramo de canalización realizada en ese año aproximadamente de 38,50 metros, abarca biblioteca, museo paleontológico y edificio administrativo 4.



**Figura 24:** Canalización 2007 sector 1.

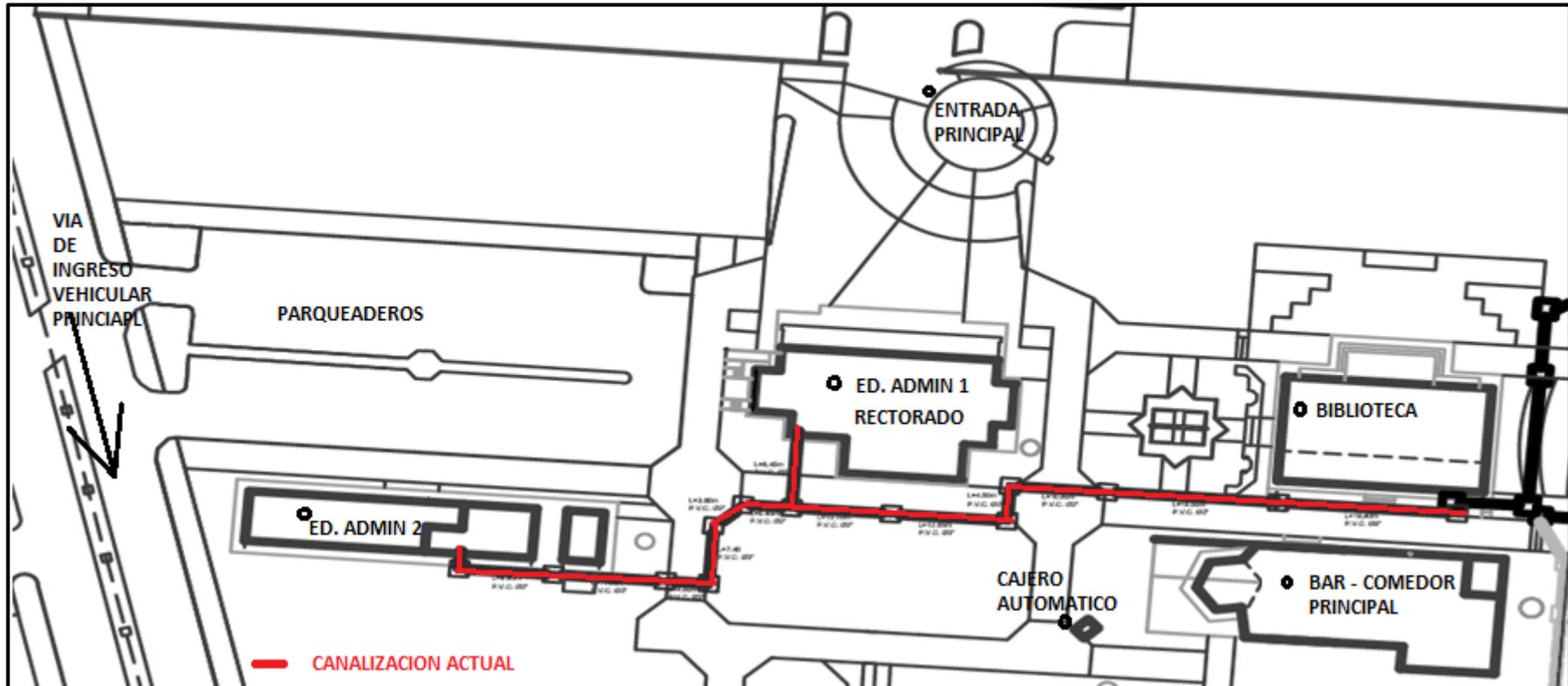
**Fuente:** DOCU, refiérase al plano original en el anexo 6.



**Figura 25:** Canalización 2007 sector 2.

**Fuente:** DOCU, refiérase al plano original en el anexo 6.

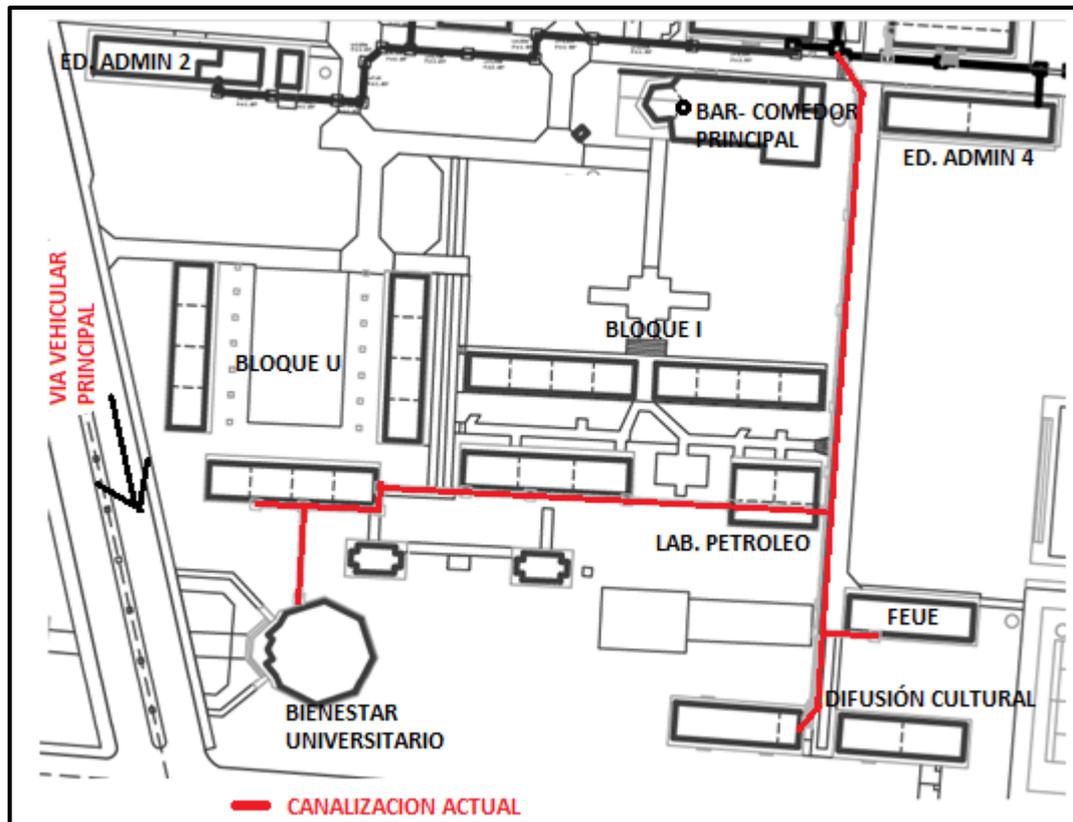
La figura 26 muestra la segunda sección con fibra óptica por canalización subterránea con aproximadamente 123,9 metros, la obra civil fue realizada en mayo del 2008 y tiene trayectoria del edificio administrativo 2, edificio administrativo 1 y biblioteca.



**Figura 26:** Canalización mayo 2008.

**Fuente:** DOCU, refiérase al plano original en el anexo 6.

La figura 27 muestra la canalización realizada en junio del 2008 con aproximadamente 248,41 metros y abarca el comedor principal, bloque de aulas I, laboratorio de petróleo, laboratorio de física, química y biología, caseta de madera, asuntos estudiantiles, difusión cultural y bodega general.



**Figura 27:** Canalización junio 2008.

**Fuente:** DOCU, refiérase al plano original en el anexo 6.

### **Apertura de nueva canalización para la fibra óptica**

La apertura de nueva canalización debe ser de acuerdo a los planos del DOCU de la UPSE, esta se realizará bajo aprobación, supervisión y coordinación de este departamento.

Para ello, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Ubicación y distancia de los tramos de canalización a construir.
- Tipo de tubo a instalar.

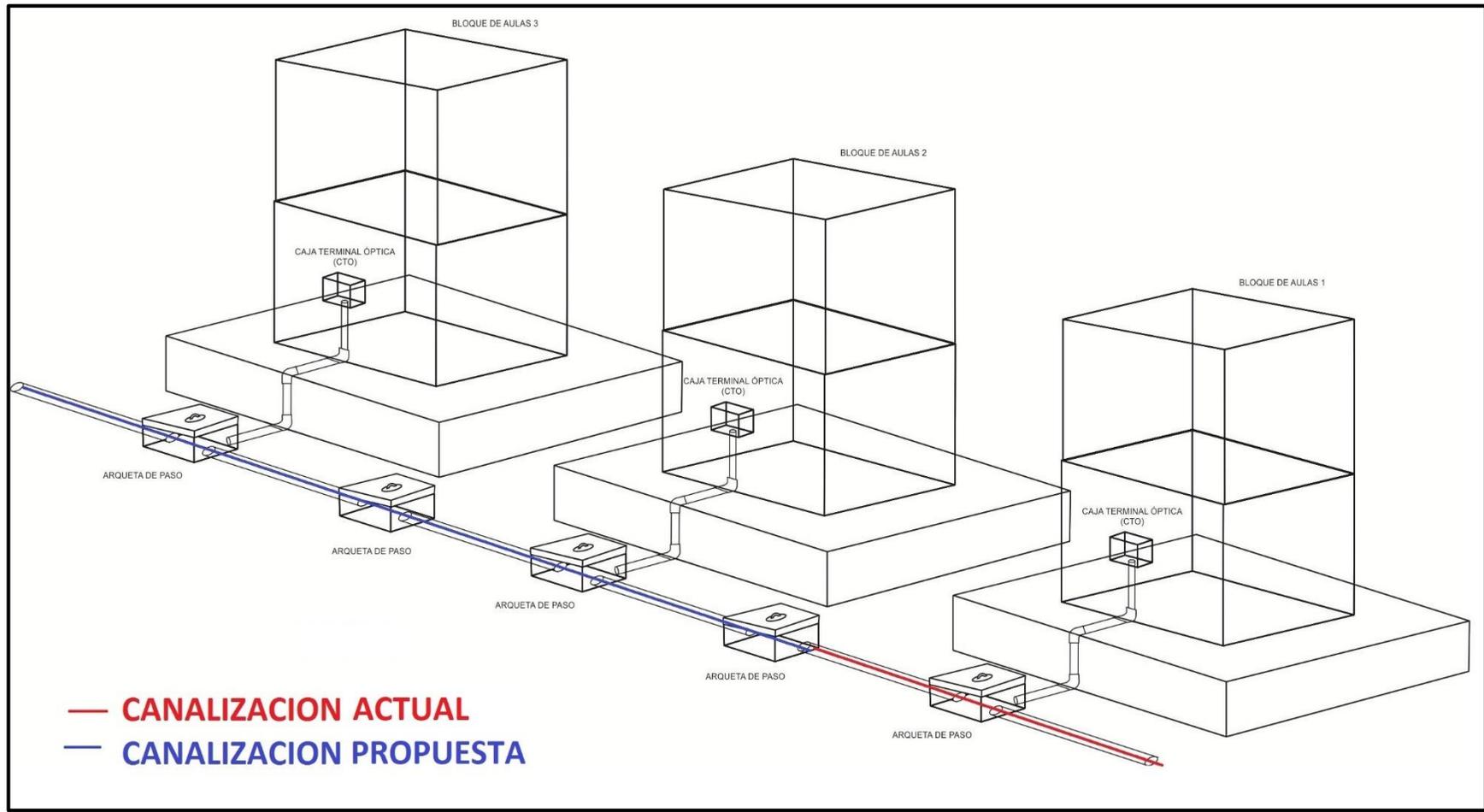
- Ubicación y distancia entre arquetas.
- En arquetas de distribución realizar etiquetado: tipo de fibra óptica y cantidad de hilos.

Basados en los parámetros mencionados para la nueva canalización subterránea y considerando la norma UNE 133100-2 2002 (AENOR, n.d.), se determinó lo siguiente:

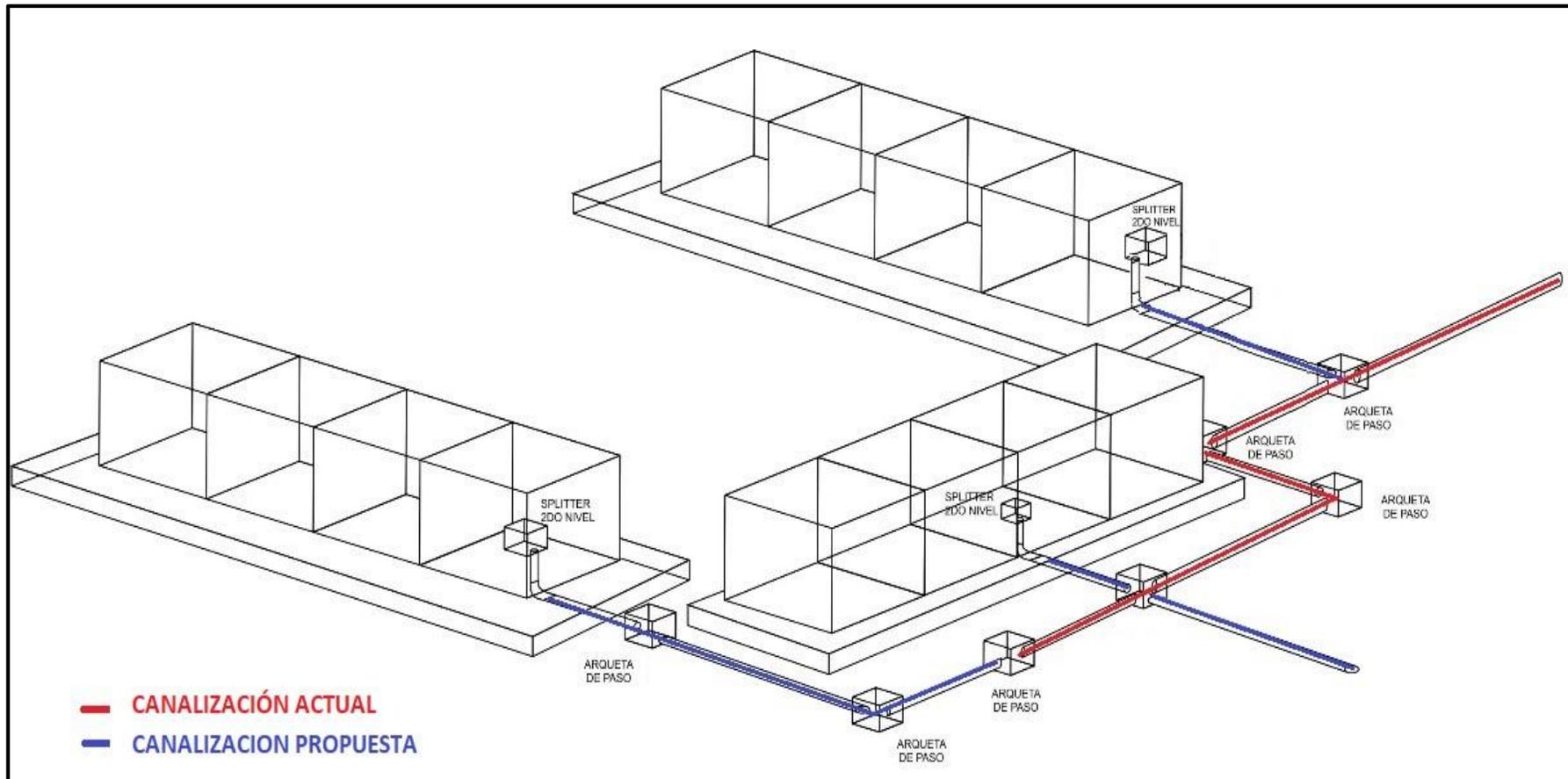
- Arquetas de 60 cm x 60 cm x 60 cm de forma cuadrada, tiene la característica para alojar cajas de distribución.
- Tubos PVC de 3 pulgadas para paso de la fibra óptica y tubo PVC de 2 pulgadas para acceso a los edificios.
- La distancia y ubicación de las arquetas estarán ubicadas a una distancia máxima de 50 metros.
- Reserva de cable de 3-5 metros en forma circular en arqueta de distribución con 4 puntos de agarre, ver figura 9.
- Etiquetado del cable para su posterior identificación esta será de color amarillo letras negras, las dimensiones mínimas serán de 5 x 15 cm aproximadamente, ver figura 10.

Estos lineamientos fueron considerados, ver Anexo 7 - Plano de Red Canalizada propuesta.

La figura 28 y 29 muestra cómo sería la conexión de la canalización existente y actual del bloque 1-2-3 y el bloque U.



**Figura 28:** Canalización soterrada bloque de aulas 1 – 2 – 3.



**Figura 29:** Canalización soterrada bloque U.

### **3.2.4 Diseño de la red GPON**

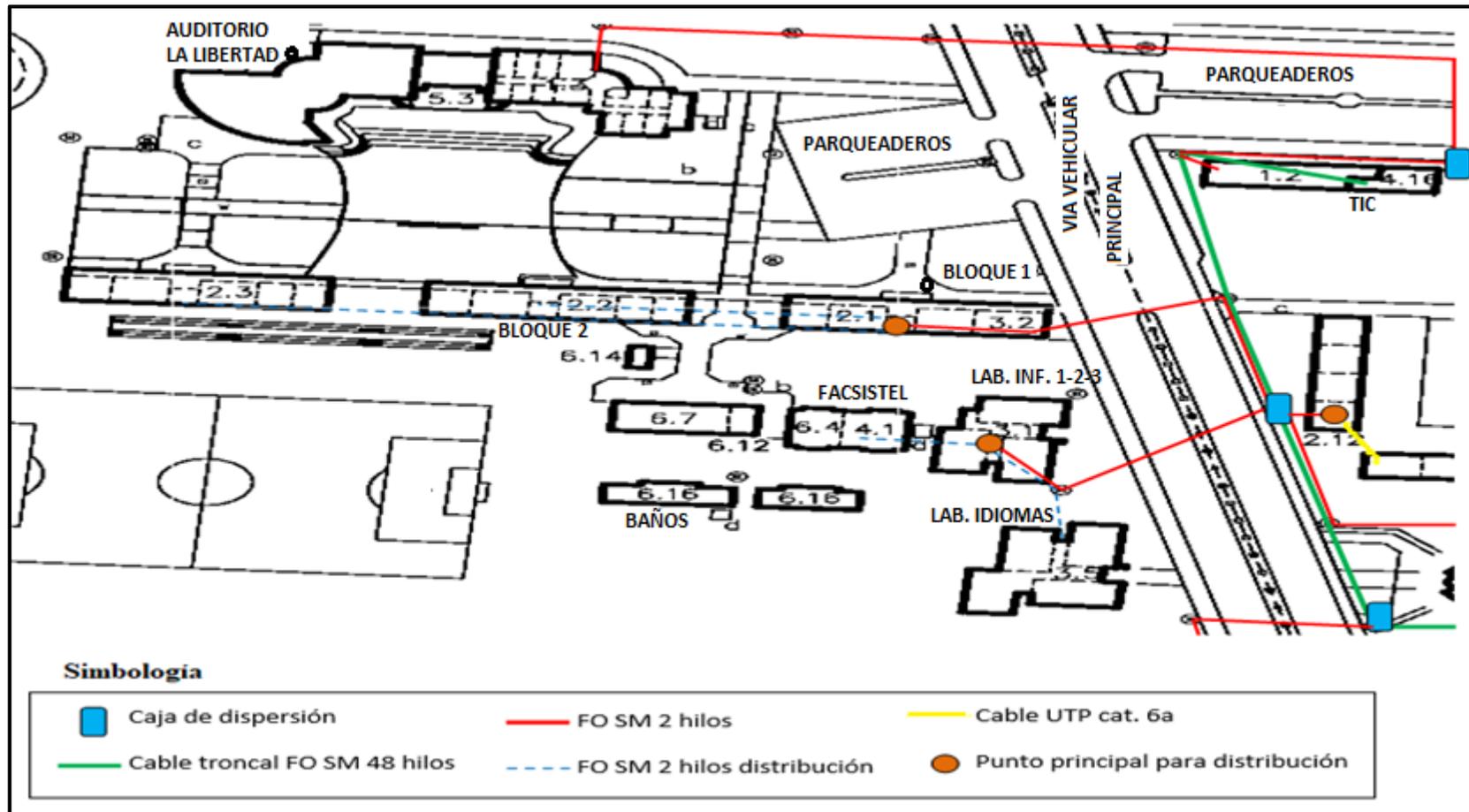
#### **Descripción del Campus UPSE**

Número de Infraestructura: 51 edificaciones (que debe llegar la FO)

Número de Áreas de trabajo: 208

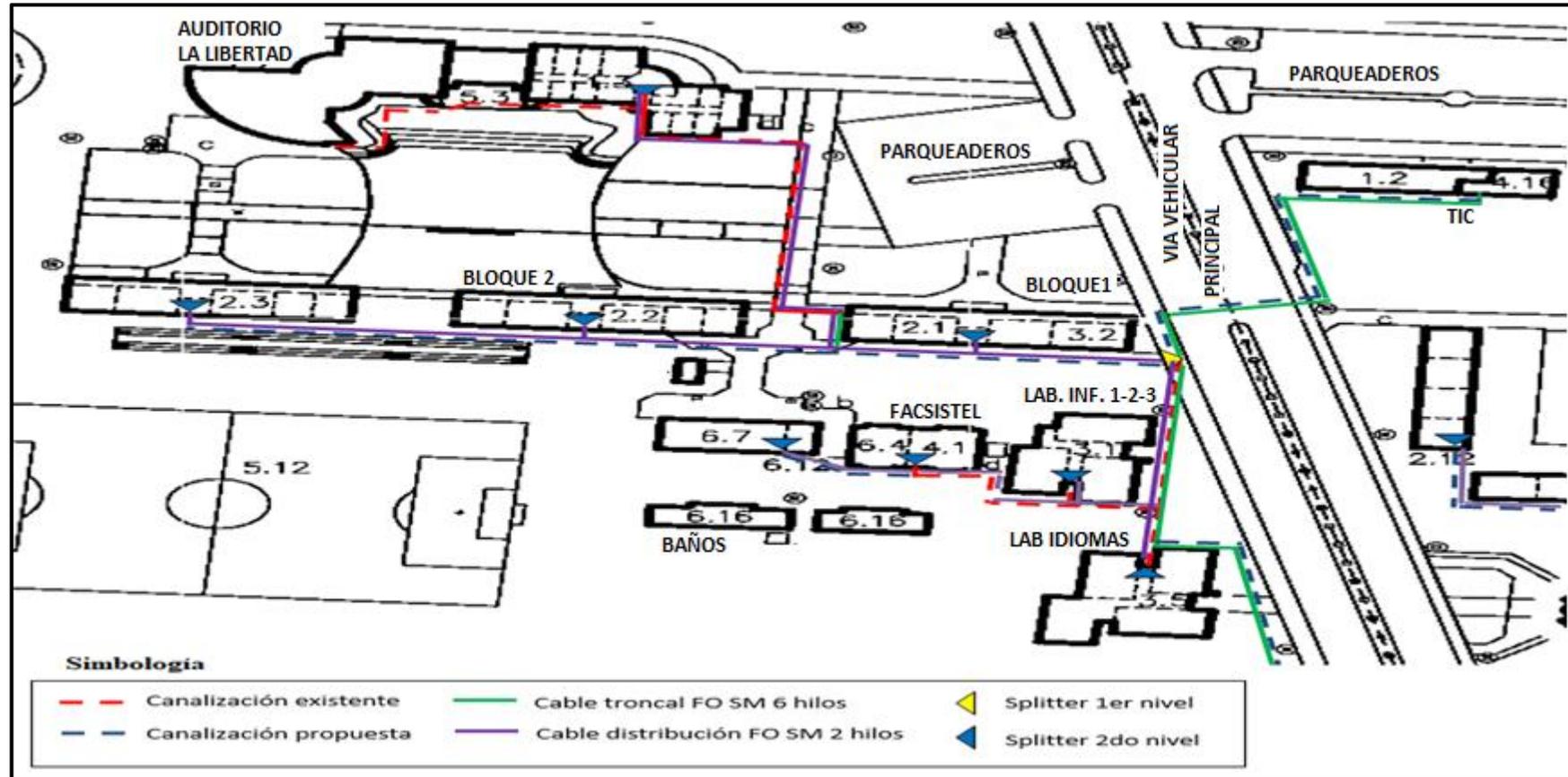
La FO deberá llegar hacia cada edificio y se conectará al CTO que será instalado en la fachada y los equipos estarán alojados en una zona común interior, puesto que, los edificios tienen varios años y no fueron diseñados con conductos ni cuarto de comunicaciones, a continuación, se presenta esquemas generales de la tecnología actual y la recomendada en el campus universitario.

### Distribución actual de la red de acceso en la zona 1, fibra tendida poste a poste



**Figura 30:** Distribución Actual De La Red De Acceso En La Zona 1, Fibra Tendida Poste A Poste. Refiérase al plano original en el anexo 6.

### Distribución recomendada de la red de accesos en la zona 1, fibra óptica canalizada



**Figura 31:** Distribución Recomendada De La Red De Accesos En La Zona 1, Fibra Óptica Canalizada.  
Refiérase al plano original en el anexo 7.

## **Descripción Zona 1**

En la figura 30 (red actual, ver anexo 6), muestra la ruta por tendido aéreo poste a poste, en la a figura hay tres cajas de dispersión (color celeste), a cada una llega fibra óptica de 48 hilos, desde cada caja salen 3 FO de 2 hilos, esos hilos se dirigen hasta los puntos de distribución principales (color naranja) a través de tendido aéreo. En los puntos principales hay un switch que conecta a otras edificaciones con FO de 2 hilos (color azul), cada bloque tiene su red interna por cable UTP y llega al usuario por router y/o switch. La red se caracteriza por ser una red de acceso con fibra óptica convencional y contribuye a la contaminación visual por varios cables aéreos.

En la figura 31 (red propuesta, ver anexo 7), muestra líneas segmentadas de color rojo, indica la canalización existente en esos tramos, pero no cubre todas las edificaciones, por lo que, las líneas segmentadas de color azul muestran la ruta soterrada propuesta, esta zona tendrá puntos de distribución primarios (color amarillo) siendo splitter de primer nivel y se encontrarán en un área centralizada hacia las edificaciones que tendrán al splitter de segundo nivel. La fibra óptica de 2 hilos se instalará dentro del edificio con el fin de llegar al usuario final por medio del ONT. La red se caracteriza por ser una red de acceso con tecnología GPON considerada una tecnología de última generación, la red será instalada por tendido canalizado aportando en la reducción de cable aéreo, tomando en cuenta que existen varios en el campus y provocan un impacto visual negativo.

Distribución actual de la red de acceso en la zona 2, fibra tendida poste a poste

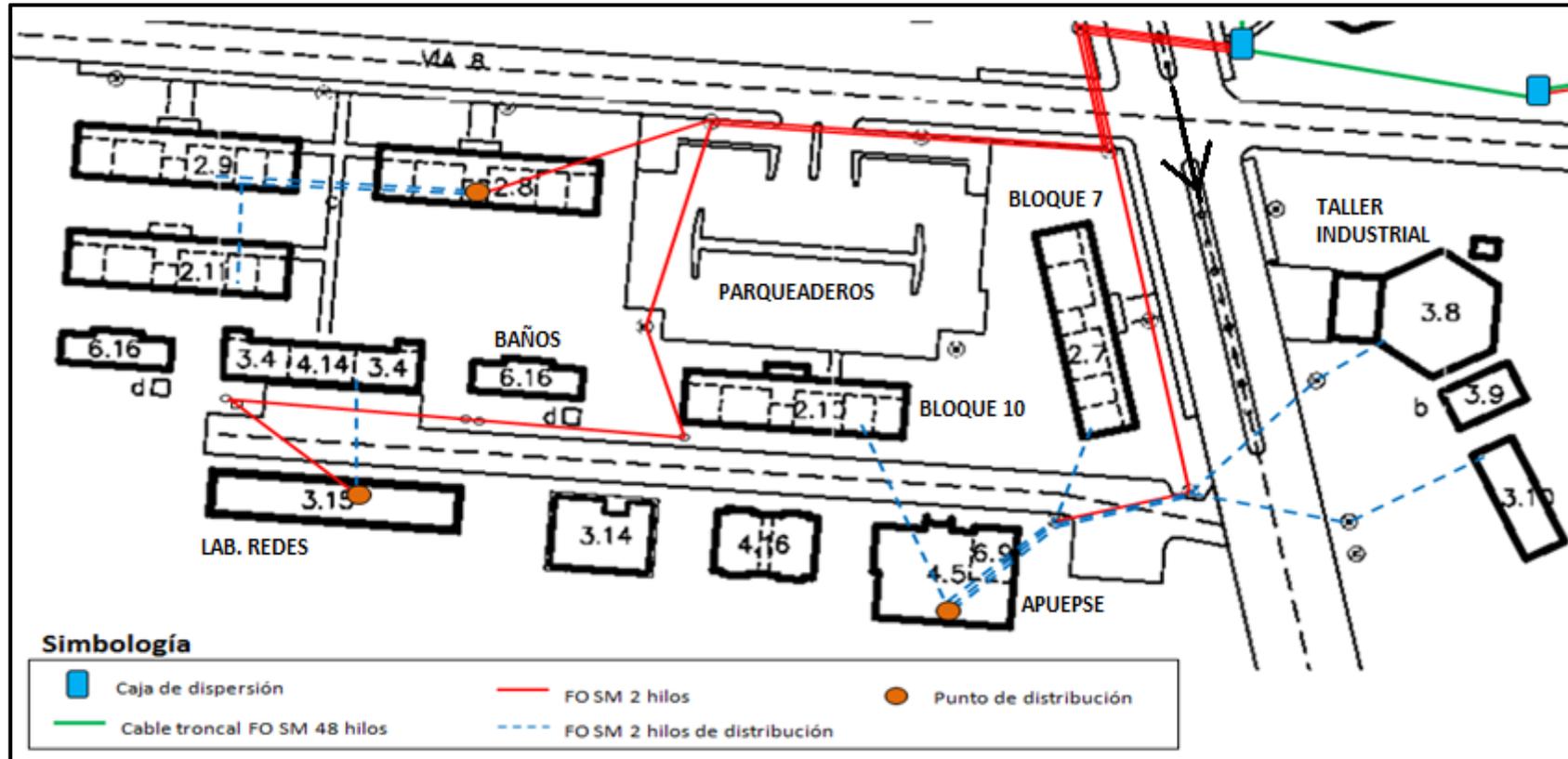


Figura 32: Distribución Actual De La Red De Acceso En La Zona 2, Fibra Tendida Poste A Poste.

Refiérase al plano original en el anexo 6.

Distribución recomendada de la red de accesos en la zona 2, fibra óptica canalizada

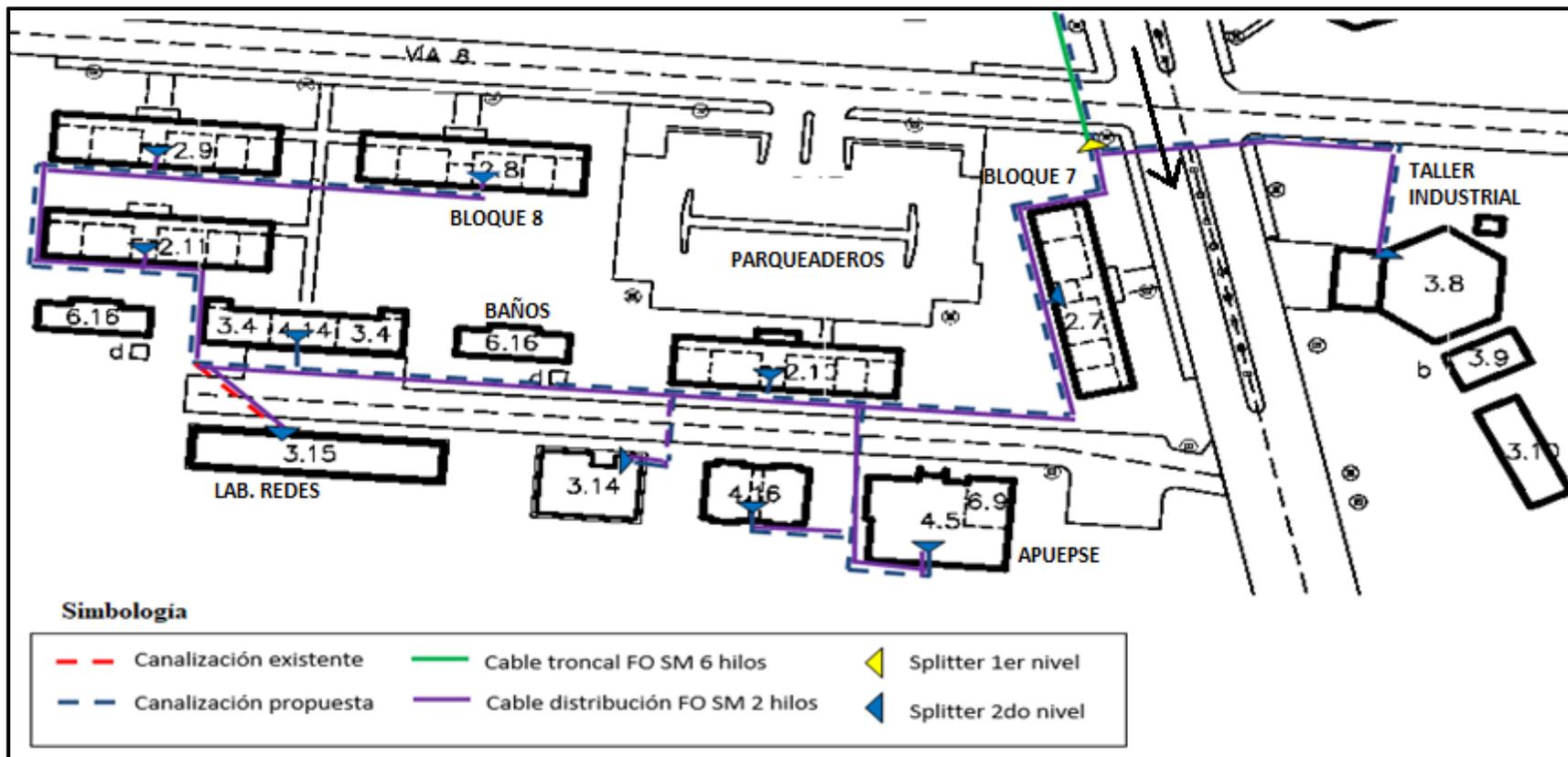


Figura 33: Distribución Recomendada De La Red De Accesos En La Zona 2, Fibra Óptica Canalizada.

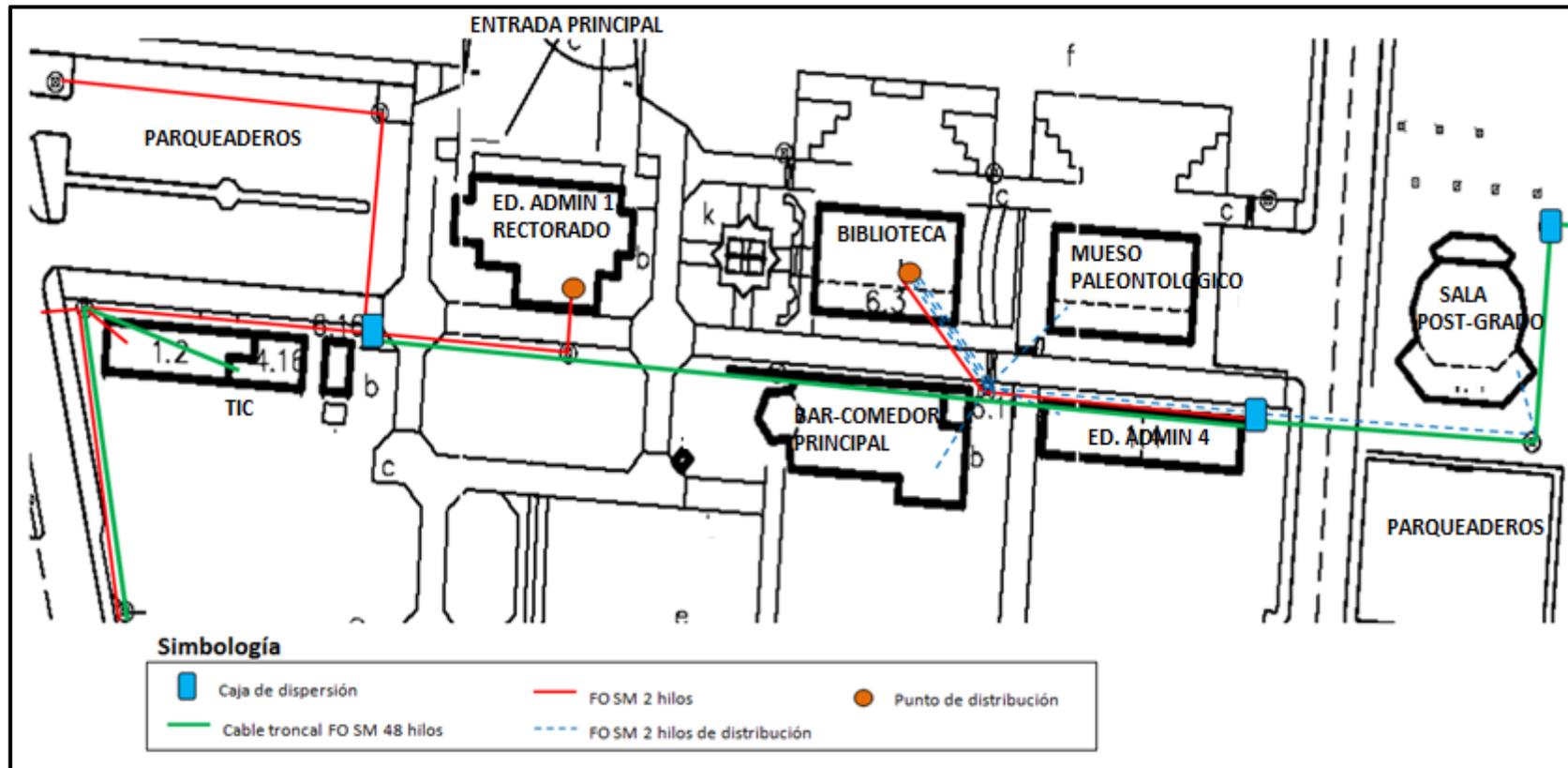
Refiérase al plano original en el anexo 7.

## **Descripción Zona 2**

En la figura 32 (red actual, ver anexo 6), muestra la ruta por tendido aéreo poste a poste, en la figura hay 2 cajas de dispersión (color celeste), están reciben la fibra óptica 48 hilos, desde ahí salen 3 FO de 2 hilos, estos parten de la caja hasta cada punto de distribución (color naranja) a través de tendido aéreo, desde ahí se concentran los cables conectarse por medio de un switch a otras edificaciones de igual manera con 2 hilos (color azul), cada bloque tiene su red interna por cable UTP y llega al usuario por router y/o switch. La red se caracteriza por ser una red de acceso con fibra óptica convencional y contribuye a la contaminación visual por excesivos cables aéreos.

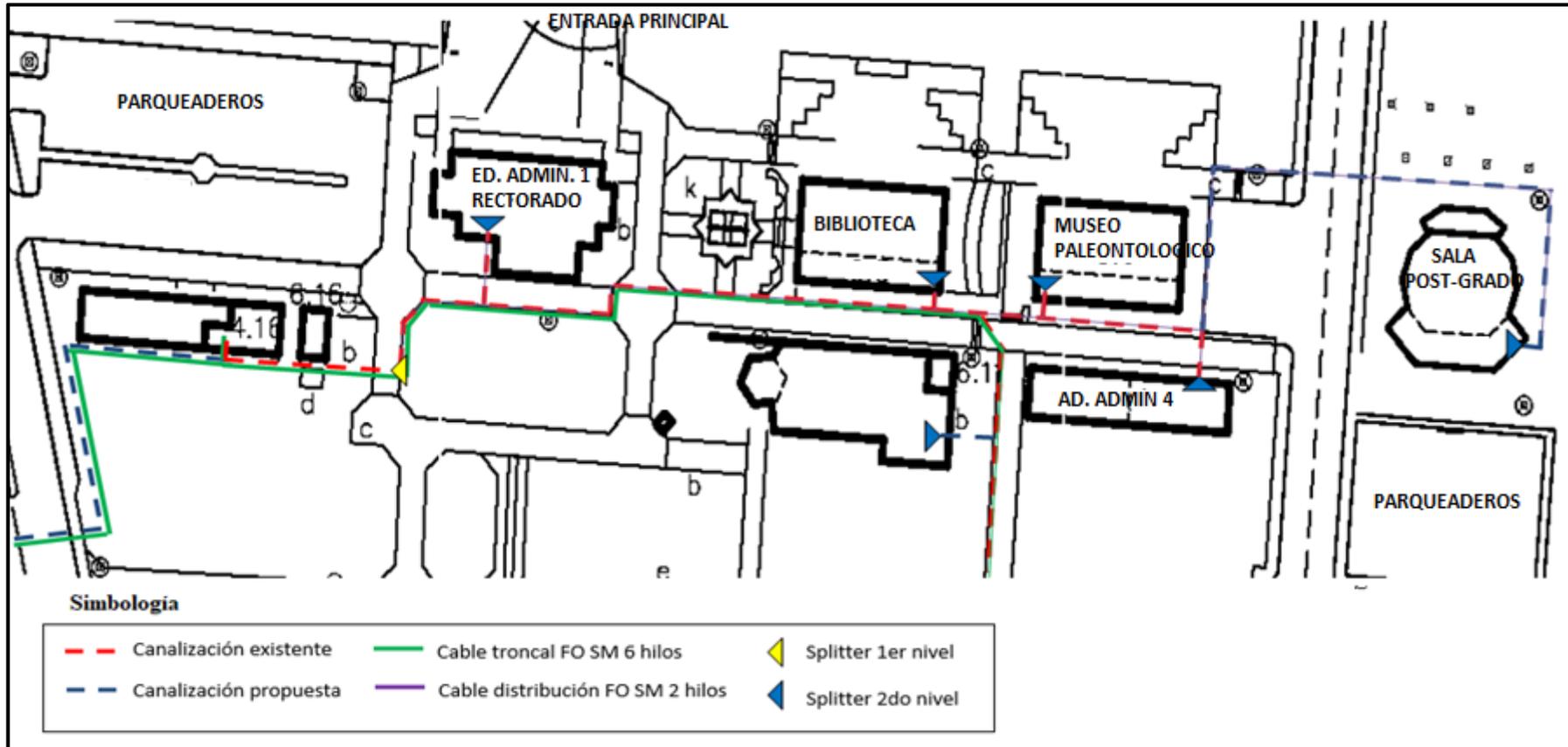
En la figura 33 (red propuesta, ver anexo 7), muestra una corta línea segmentada de color rojo que indica la canalización existente, pero no cubre todas las edificaciones; las líneas segmentadas de color azul indican la ruta soterrada propuesta, esta zona tendrá puntos de distribución primarios (color amarillo) siendo splitter de primer nivel que se encontrará en un área centralizada hacia las edificaciones que contendrán al splitter de segundo nivel. La fibra óptica de 2 hilos se instalará dentro del edificio con el fin de llegar al usuario final por medio del ONT. La red se caracteriza por ser una red de acceso con tecnología GPON considerada una tecnología de última generación. La red será instalada por tendido canalizado aportando en la reducción de cable aéreo, tomando en cuenta que existen varios en el campus y provocan un impacto visual negativo.

### Distribución actual de la red de acceso en la zona 3, fibra tendida poste a poste



**Figura 34:** Distribución Actual De La Red De Acceso En La Zona 3, Fibra Tendida Poste A Poste. Refiérase al plano original en el anexo 6.

**Distribución recomendada de la red de accesos en la zona 3, fibra óptica canalizada**



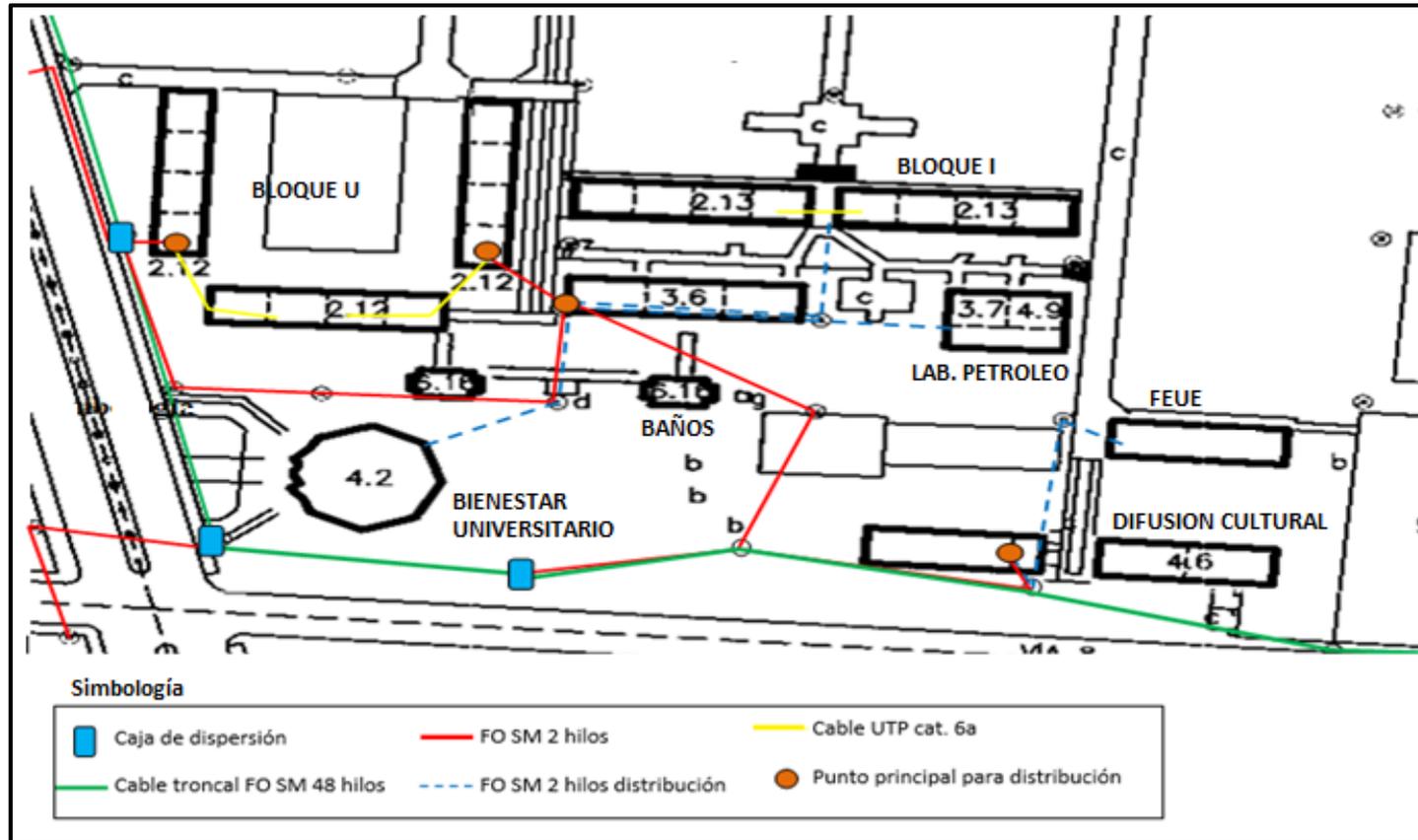
**Figura 35:** Distribución Recomendada De La Red De Accesos En La Zona 3, Fibra Óptica Canalizada. Refiérase al plano original en el anexo 7.

### **Descripción Zona 3**

En la figura 34 (red actual, ver anexo 6), muestra la ruta por tendido aéreo poste a poste, en la figura hay 3 cajas de dispersión (color celeste), a cada una llega fibra óptica de 48 hilos, desde caja salen 3 FO de 2 hilos, estos parten de la caja hasta cada punto de distribución (color naranja) a través de tendido aéreo, en este se concentran los cables para conectarse por medio de un switch a otras edificaciones con 2 hilos (color azul), cada bloque tiene su red interna por cable UTP y llega al usuario por router y/o switch. La red se caracteriza por ser una red de acceso con fibra óptica convencional y contribuye a la contaminación visual por varios cables aéreos.

En la figura 35 (red propuesta, ver anexo 7), muestra la línea segmentada de color rojo que indica la canalización existente cerca de las edificaciones de esa zona, pero se propone unos cortos tramos de canalización nueva, son las líneas segmentadas de color azul. Esta zona tendrá puntos de distribución primarios (color amarillo) siendo splitter de primer nivel, se encontrará en un área centralizada hacia las edificaciones que contendrán al splitter de segundo nivel. Por medio de FO de 2 hilos permitirá la distribución dentro del edificio con fibra óptica con el fin de llegar al usuario hacia un ONT. La red se caracteriza por ser una red de acceso con tecnología GPON considerada una tecnología de última generación, la red será instalada por tendido canalizado aportando en la reducción de cable aéreo, tomando en cuenta que existen varios en el campus y provocan un impacto visual negativo.

### Distribución actual de la red de acceso en la zona 4, fibra tendida poste a poste



**Figura 36:** Distribución Actual De La Red De Acceso En La Zona 4, Fibra Tendida Poste A Poste. Refiérase al plano original en el anexo 6.

Distribución recomendada de la red de accesos en la zona 4, fibra óptica canalizada

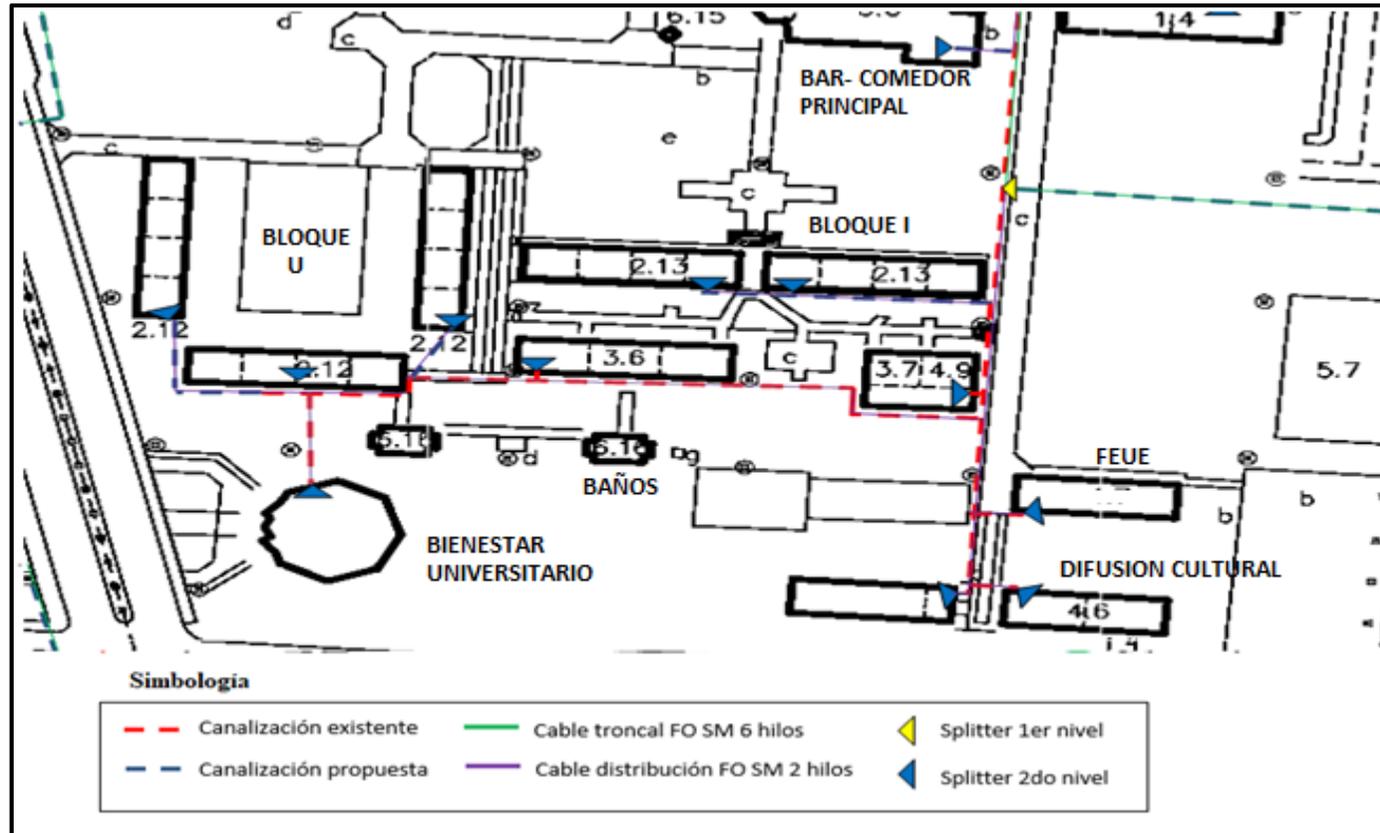


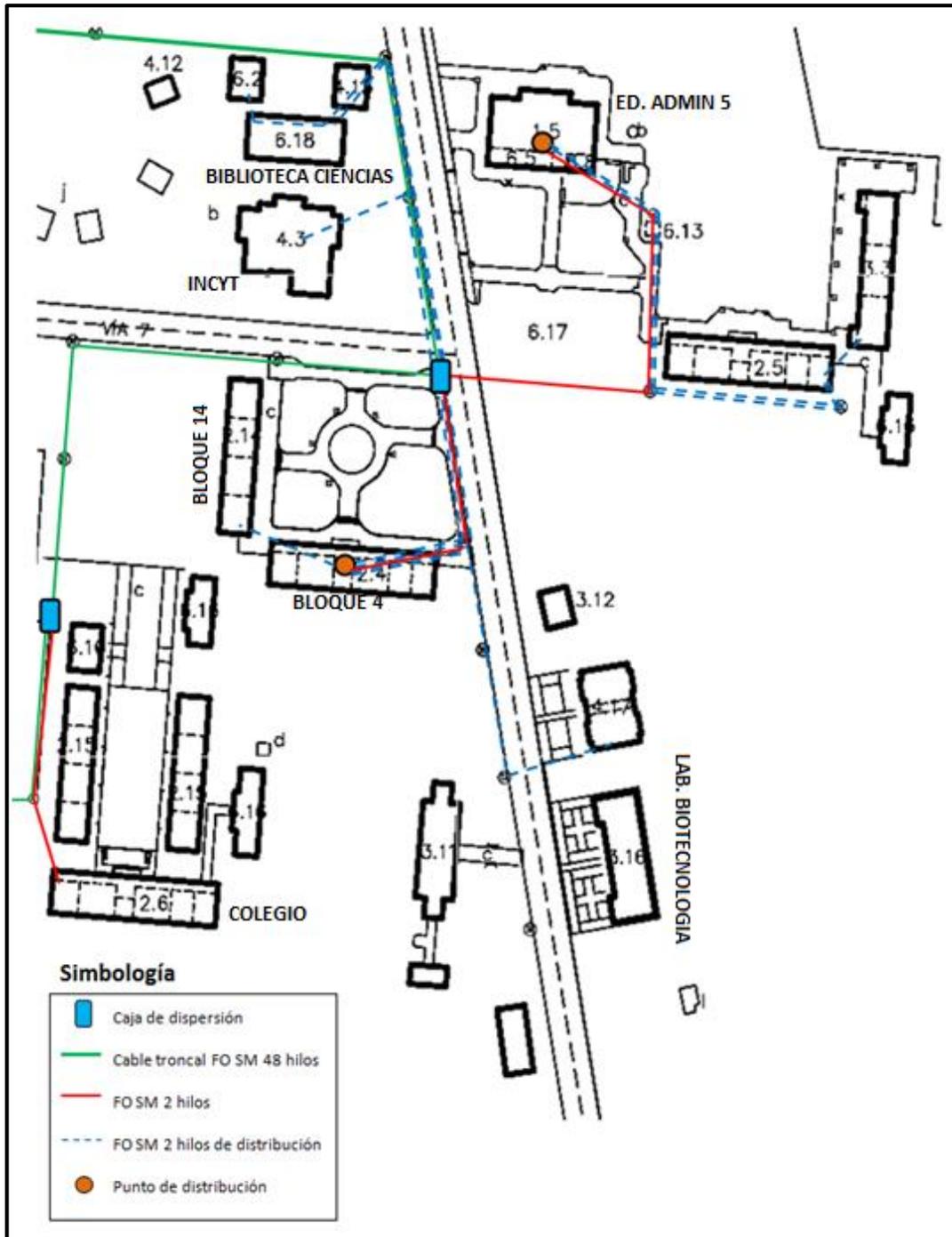
Figura 37: Distribución Recomendada De La Red De Accesos En La Zona 4, Fibra Óptica Canalizada. Refiérase al plano original en el anexo 7.

#### **Descripción Zona 4**

En la figura 36 (red actual, ver anexo 6), muestra la ruta por tendido aéreo poste a poste, en la a figura hay 3 cajas de dispersión (color celeste) a las cual llega fibra óptica 48 hilos, desde ahí salen 3 FO de 2 hilos, dos hilos parten de la caja hasta cada punto de distribución (color naranja) a través de tendido aéreo, en este se concentran los cables para conectarse por medio de un switch a otras edificaciones de igual manera con FO de 2 hilos (color azul), cada bloque tiene su área interna por cable UTP y llega al usuario por router y/o switch. La red se caracteriza por ser una red de acceso con fibra óptica convencional y contribuye a la contaminación visual por varios cables aéreos.

En la figura 37 (red propuesta, ver anexo 7), al igual que en la zona 3 la canalización existente línea segmentada de color rojo cubre un 90% de la zona por lo que las líneas segmentadas de color azul indican la ruta soterrada propuesta. La zona tendrá puntos de distribución primarios (color amarillo) siendo splitter de primer nivel y se encontrará en un área centralizada hacia las edificaciones que contendrán al splitter de segundo nivel. Por medio de FO de 2 hilos permitirá la distribución dentro del edificio con fibra óptica con el fin de llegar al usuario hacia un ONT. La red se caracteriza por ser una red de acceso con tecnología GPON considerada una tecnología de última generación, la red será instalada por tendido canalizado aportando en la reducción de cable aéreo, tomando en cuenta que existen varios en el campus y provocan un impacto visual negativo.

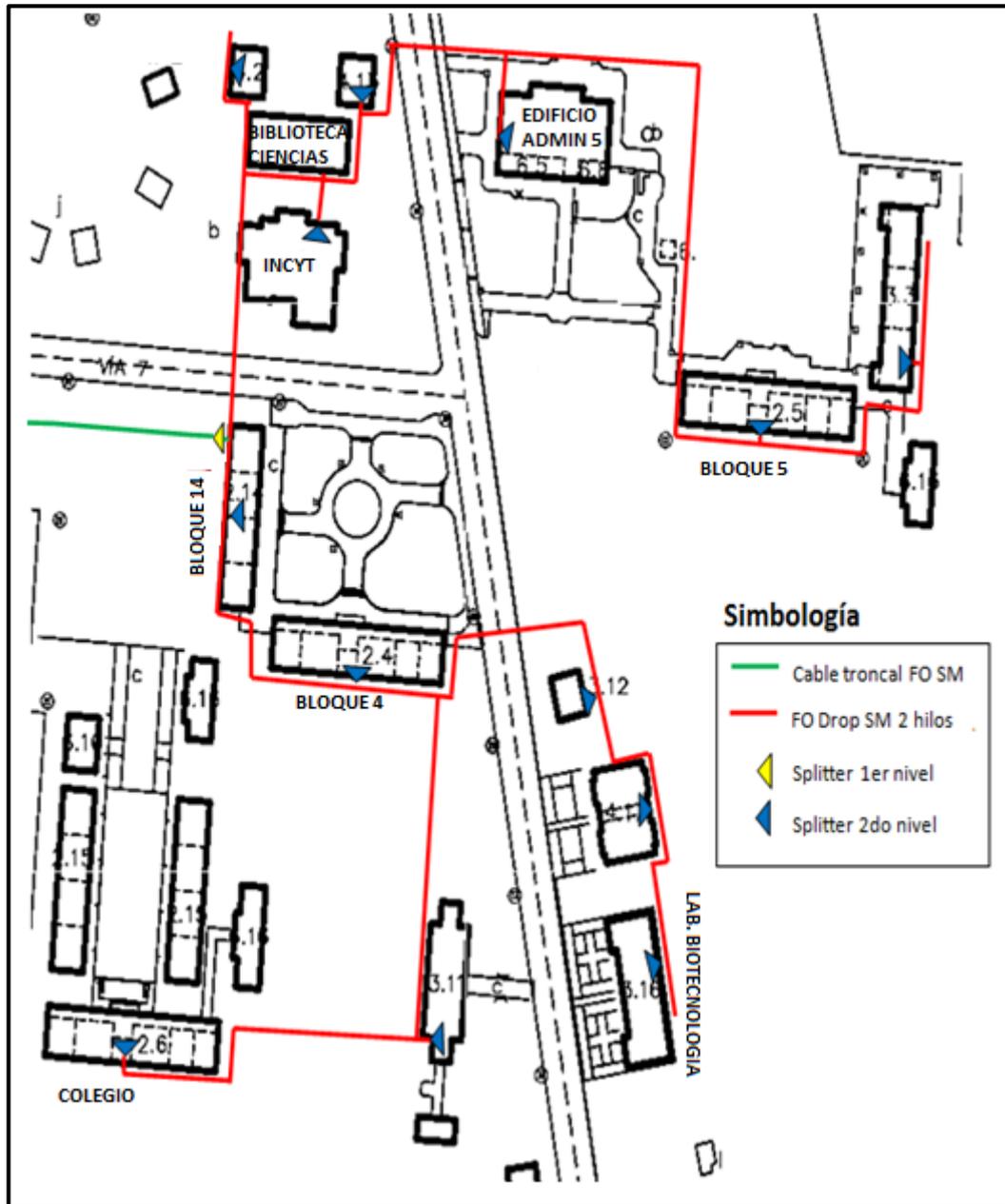
**Distribución actual de la red de acceso en la zona 5, fibra tendida poste a poste**



**Figura 38:** Distribución Actual De La Red De Acceso En La Zona 5, Fibra Tendida Poste A Poste.

Refiérase al plano original en el anexo 6.

**Distribución recomendada de la red de accesos en la zona 5, fibra óptica canalizada**



**Figura 39:** Distribución Recomendada De La Red De Accesos En La Zona 5, Fibra Óptica Canalizada. Refiérase al plano original en el anexo 7.

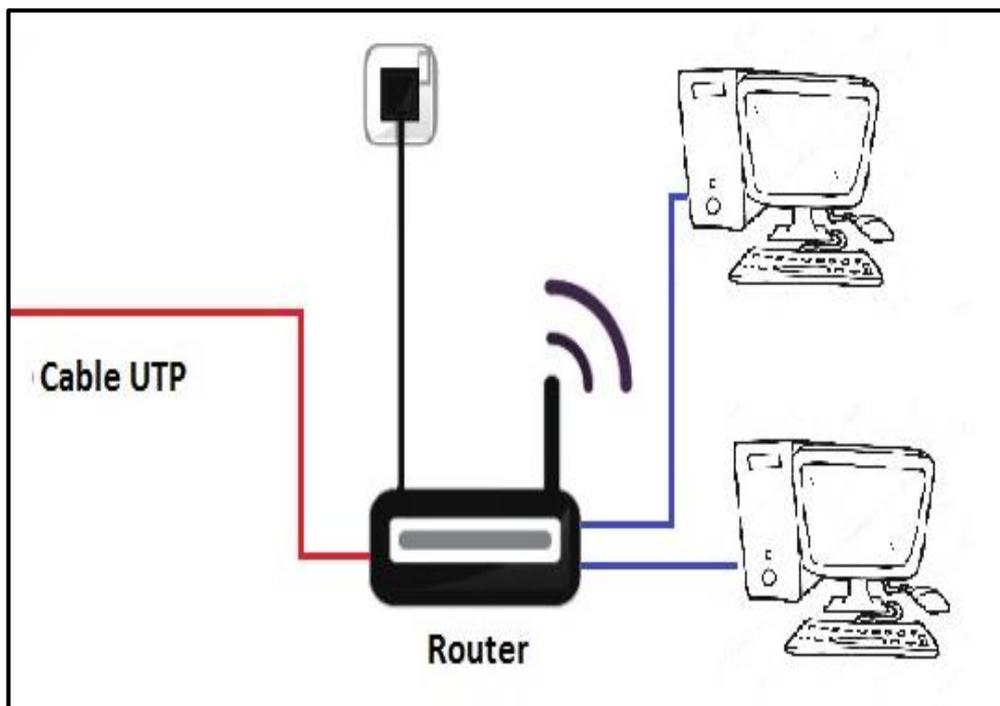
## **Descripción Zona 5**

En la figura 38 (red actual, ver anexo 6), muestra la ruta por tendido aéreo poste a poste, en la a figura hay 2 cajas de dispersión (color celeste) a las cual llega fibra óptica 48 hilos, desde ahí salen 3 FO de 2 hilos, estos ser dirigen hasta cada punto de distribución (color naranja) a través de tendido aéreo, en este se concentra los cables para conectarse por medio un switch a otras edificaciones de igual manera con FO de 2 hilos (color azul), cada bloque tiene su área interna por cable UTP y llega al usuario por router y/o switch. La red se caracteriza por ser una red de acceso con fibra óptica convencional y contribuye a la contaminación visual por varios cables aéreos.

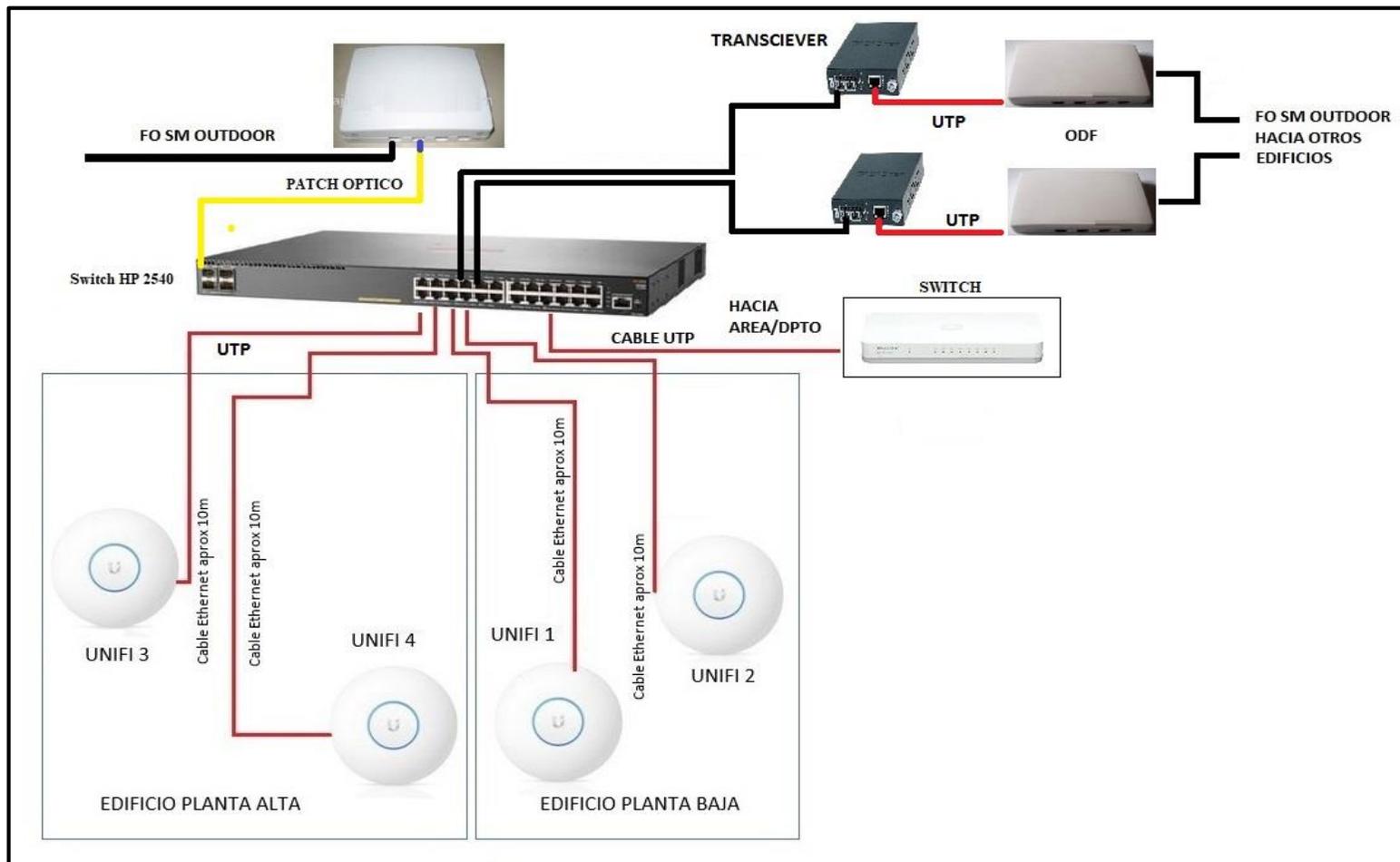
En la figura 39 (red propuesta, ver anexo 7), zona 5 no existe ningún tramo de canalización, la línea roja muestra la ruta de toda la canalización propuesta para cubrir todas las edificaciones, para esta zona habrá puntos de distribución primarios (color amarillo) siendo splitter de primer nivel que se encontrará en un punto para distribución centralizada hacia las edificaciones que contendrán al splitter de segundo nivel. Por medio de FO de 2 hilos permitirá la distribución dentro del edificio con fibra óptica con el fin de llegar al usuario hacia un ONT. La red se caracteriza por ser una red de acceso con tecnología GPON considerada una tecnología de última generación, la red será instalada por tendido canalizado aportando en la reducción de cable aéreo, tomando en cuenta que existen varios en el campus y provocan un impacto visual negativo.

### Distribución actual de los puntos de accesos y equipos locales

La red interna hacia cada área está realizada con cable de cobre desde el switch principal ARUBA hasta los puntos terminales, uno de estos elementos es el Punto de Acceso, que provee de internet inalámbrico a los estudiantes de la Universidad. Las figuras 40 y 41, presentan el esquema conexión alámbrico e inalámbrico de la red interna de cada edificio.



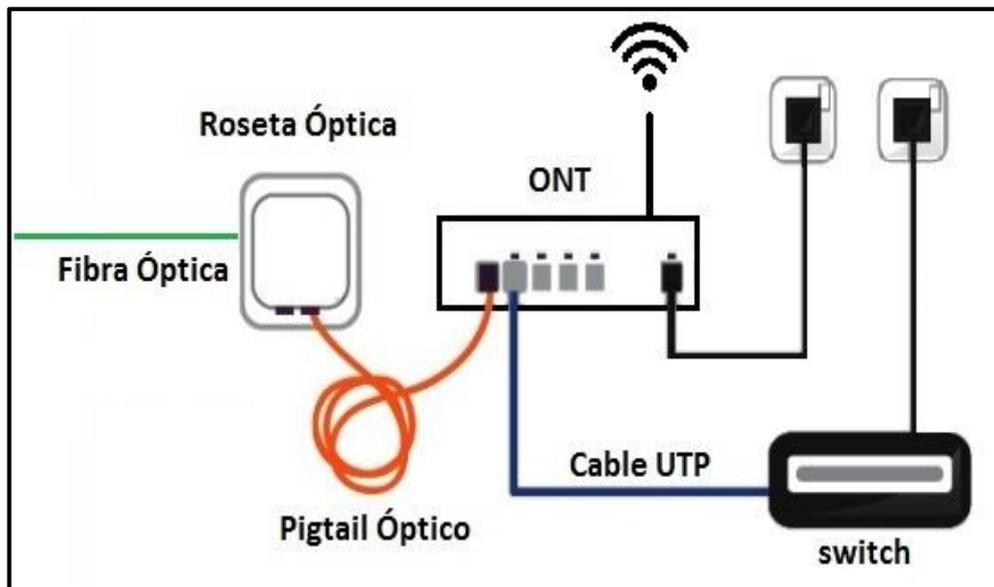
**Figura 40:** Distribución Actual De Los Equipos Locales.



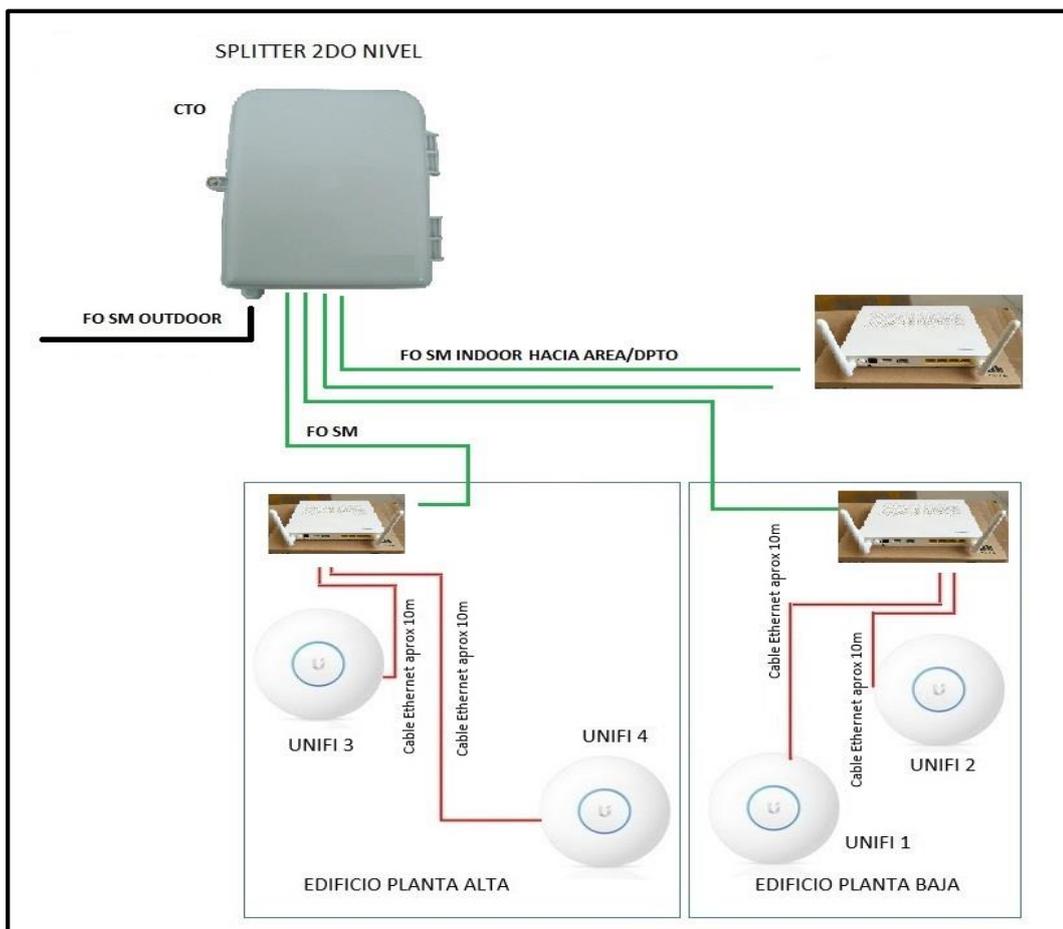
**Figura 41:** Distribución Actual De Los Puntos De Accesos.

## Distribución recomendada para los puntos de accesos y equipos locales

Para la red interna, en los puntos terminales de cada área, se recomienda realizar las conexiones directas con equipos ONT, en las áreas de profesores y estudiantes, parte alámbrica e inalámbrica. Las figuras 42 y 43, presentan el esquema de la red interna propuesta para cada edificio.



**Figura 42:** Distribución Recomendada Para Los Equipos Locales.



**Figura 43:** Distribución Recomendada Para Los Puntos De Accesos.

### 3.2.5 Simulación de la red GPON

Para obtener un mejor enfoque sobre el rendimiento y el uso de los parámetros técnicos especificados en la propuesta se utilizó la plataforma OptiSystem que permite obtener datos cercanos a la realidad de una red óptica pasiva como GPON y verificar la factibilidad del enlace.

El BER y Q-Factor son factores importantes para determinar la factibilidad de la red óptica pasiva, para ello, se considera la normativa UIT G.983.2 con un valor BER de  $10^{-10}$  siendo un enlace muy bueno. La figura 44 muestra el diseño de la red de accesos óptica basada en los parámetros técnicos de cada equipo y elementos de acuerdo a la distribución zonal de este capítulo en el literal 3.2.2 Red óptica troncal.

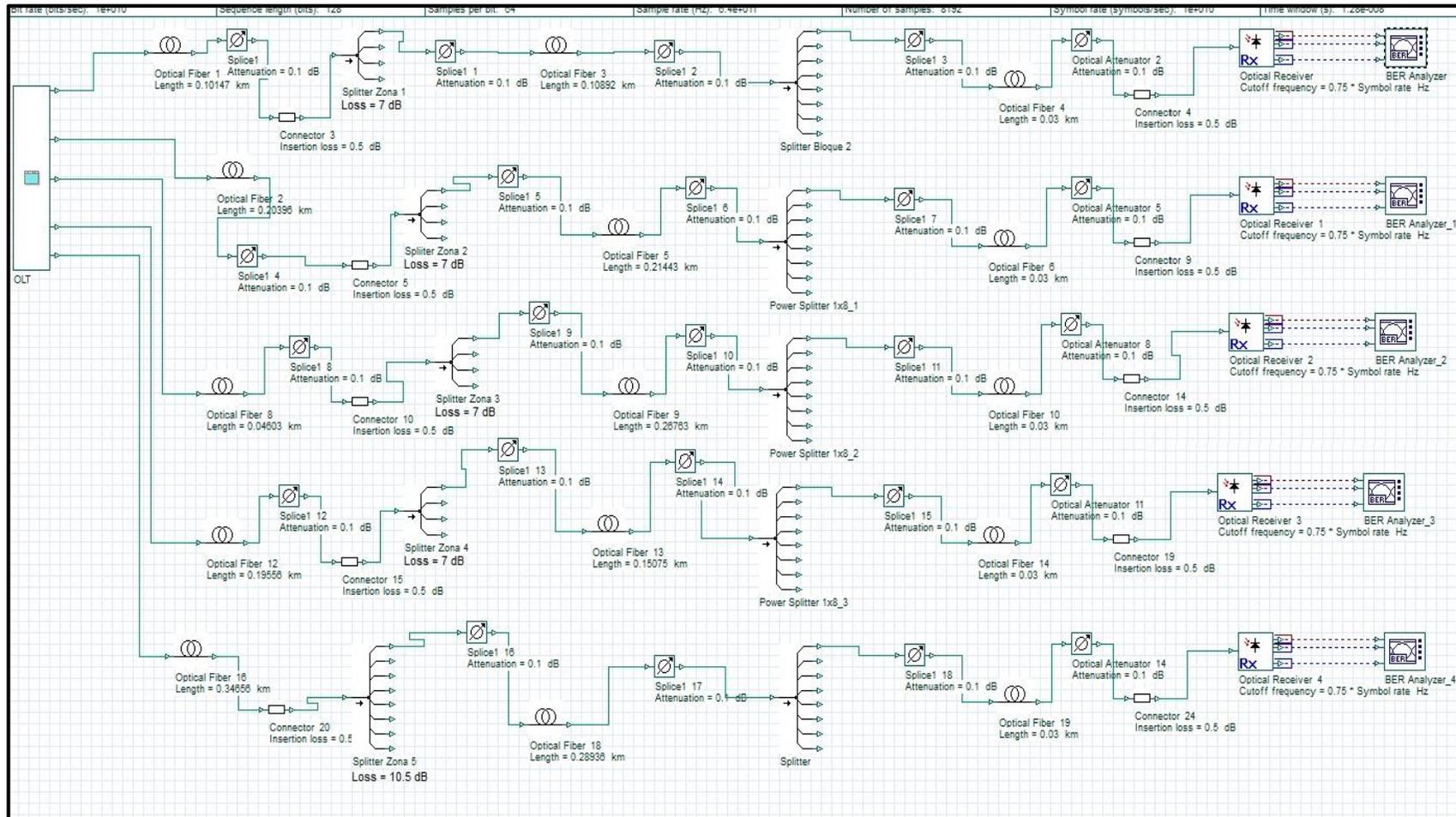
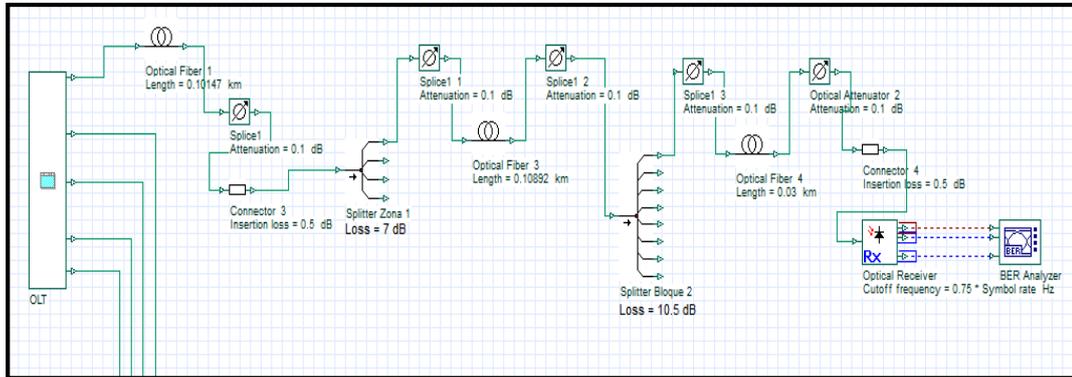


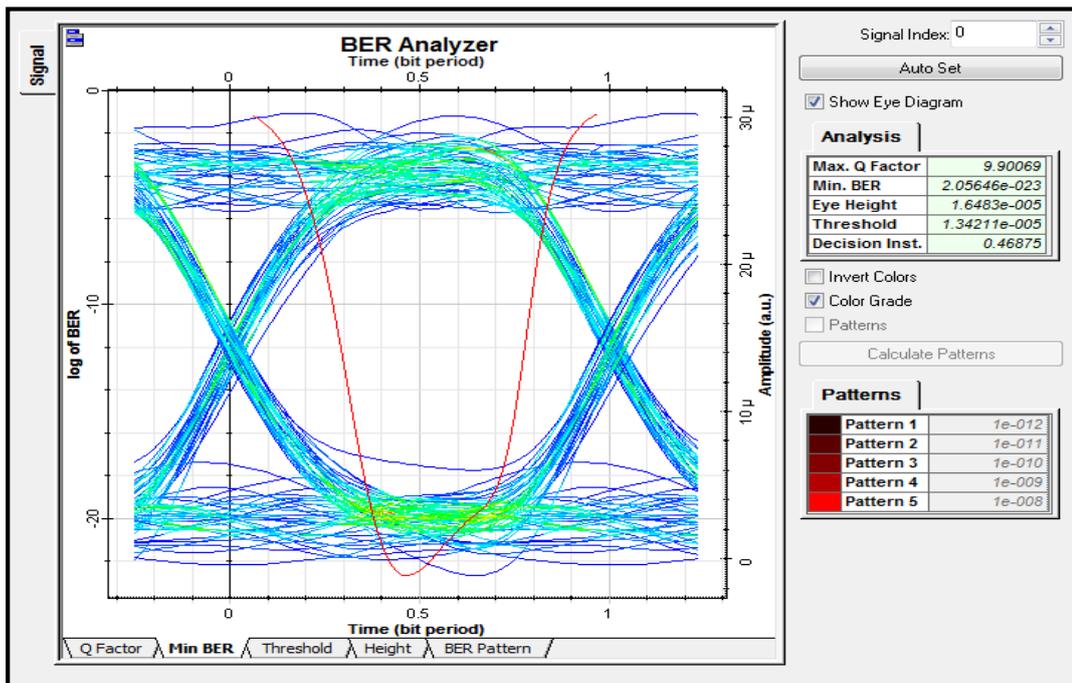
Figura 44: Diseño arquitectura punto-multipunto GPON.

La figura 45 muestra el diseño de la primera y segunda etapa de los divisores ópticos de la zona 1, este diseño es similar para cada zona, pero lo datos que varían son los parámetros de atenuación de cada elemento que influye en la red como distancia de la fibra óptica, fusión, conectores y splitter.



**Figura 45:** Diseño GPON zona 1.

Después de iniciar la simulación para ver el cálculo del BER se abre el analizador BER, este elemento permite ver la tasa de error de la zona 1, el resultado de la simulación es  $2.05646 \times 10^{-23}$  (ver figura 46), significa que tiene un valor menor al establecido por la UIT G.983.1 de  $10^{-10}$ , por lo tanto, basado en este resultado es factible implementar este diseño de red de accesos.



**Figura 46:** Resultado de BER.

### **3.3 Estudio de Factibilidad**

Los recursos técnicos son esenciales para el diseño de esta propuesta tecnológica que discrepa de los elementos existentes puesto que, la red actual consta de equipos que no cumplen las normas para GPON por lo cual, la convierte en una red de accesos convencional.

#### **3.3.1 Factibilidad Técnica**

Para la presente propuesta se realizó levantamiento de información sobre el backbone actual y los equipos existentes en el campus universitario. Los equipos que tiene la UPSE principalmente desde el centro de redes no son elementos con norma de tecnología GPON, actualmente en la cabecera de la red se encuentra un equipo activo switch Cisco el cual tiene módulos SFP (Small Form-Factor Pluggable) que sirven de interfaz entre un equipo activo de comunicaciones y enlace de fibra óptica, la fibra sale del centro de redes y tiene un trayecto hacia cada caja de dispersión hasta llegar al edificio principal el cual tiene la función de distribuir el cable hacia los edificios que el departamento de TIC determinó como principales; los equipos que distribuyen la red en ellos se encuentran alojados en rack de pared, las conexiones que se encuentran ahí son las siguientes: fibra óptica hacia mini odf, de mini odf sale un patch cord óptico hacia equipo activo switch hp 2540, de este equipo salen los cables utp para el interior de la edificación y para la distribución secundaria es de la siguiente manera: del mismo switch sale cable utp hacia un transceiver luego a un mini odf que se encuentra en ese rack (se repite en caso de 2 a 3 puntos secundarios), del distribuidor óptico la fibra va hacia el exterior e ingresa al edificio secundario para conectarse al mini odf y con patch de fibra hacia el switch Aruba.

El enlace de fibra hacia cada edificación no es directo, es decir no existe enlace directo con centro de redes, establecieron puntos intermedios para llegar a todas las edificaciones del campus, como muestra la figura 47.

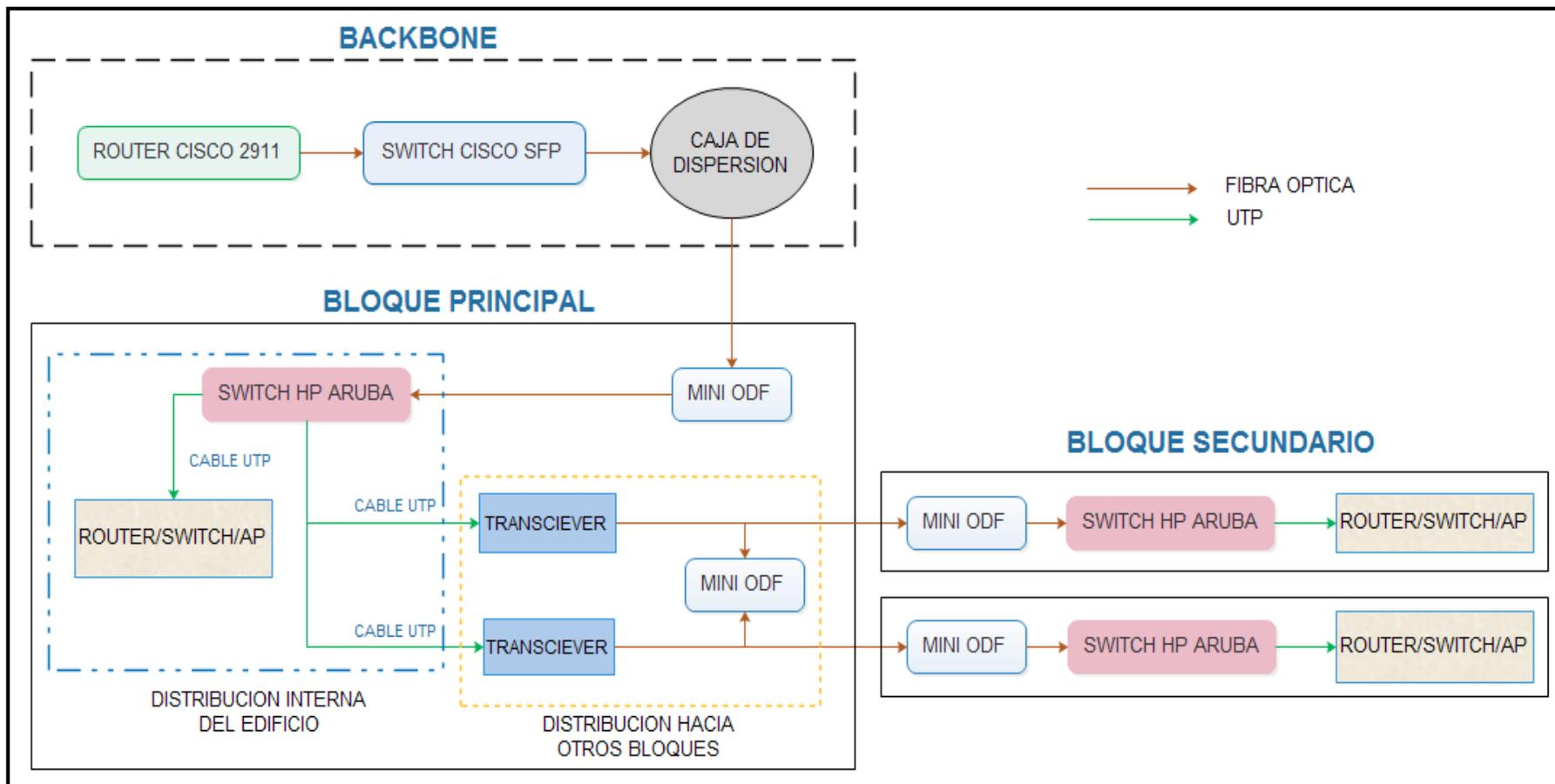


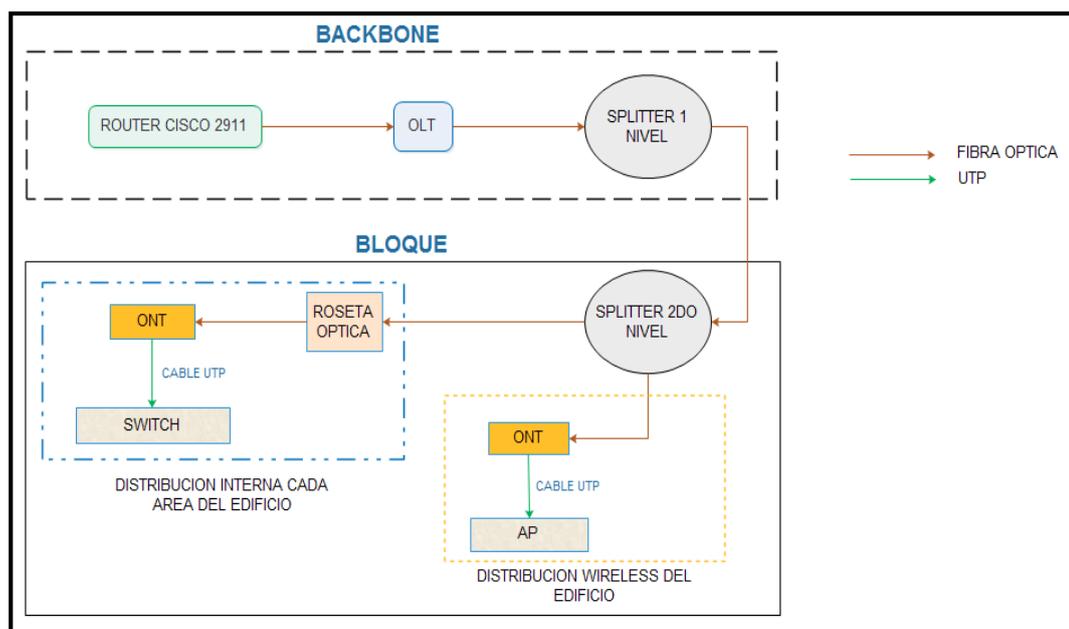
Figura 47: Esquema red actual.

En la propuesta tecnológica, se determinó el uso de equipos de marca Huawei para OLT y ONT, dichos equipos son reconocidos a nivel mundial, están elaborados mediante normativas UIT-T G.984.X que permiten la interoperabilidad con otras marcas como Cisco, ZTE entre otras.

La conexión de la red propuesta, a diferencia del esquema anterior esta reducido en equipos como muestra la figura 47, porque se elimina la conexión con otros bloques, permitiendo concentrar solo la distribución interna del bloque

Cada bloque tendrá un splitter considerado de segundo nivel referido en el literal 3.2.2 Red Óptica Troncal, el cual se conectará al splitter de primer nivel de manera centralizada con un orden de división de 2:4, la cantidad de ramales del primer nivel estarán de acuerdo al número de edificaciones encontradas en cada zona.

Para la incorporación de GPON en el campus, se propone instalar splitters con relación de división de 2:4 y por ramal utilizando splitter de 1xN (N=2, 4, 8, 16) utilizando fibra óptica monomodo de dos hilos por rama, ver esquema en figura 48.



**Figura 48:** Esquema red propuesta.

La realización del soterramiento del cable troncal, es posible mediante previa información obtenida en el Departamento de Obras Civiles de la Universidad, a fin de identificar los ductos existentes en las instalaciones del campus universitario, evitando así cavar en estos lugares donde ya existan canalizaciones.

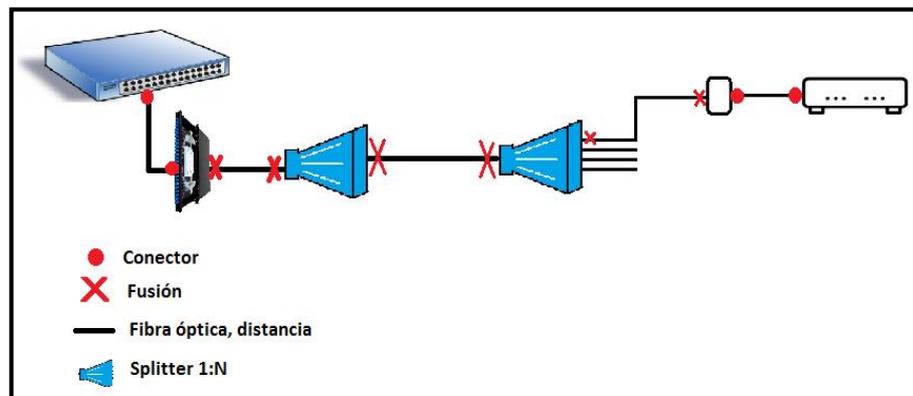
Para determinar la confiabilidad en el enlace, se realizó el cálculo de la pérdida óptica, el cual se enfoca en el análisis del margen dinámico de atenuaciones que existe en los elementos pasivos de la ODN tomando como referencia la tabla 7, se consideró lo siguiente (ver figura 49):

La longitud, tipo de fibra óptica y atenuación máxima por Km de la fibra por longitud de onda (dB/km) con 0.4 dB/Km.

Número de empalmes por fusión con pérdida de 0.1dB.

Numero de conectores con pérdida de 0.5 dB.

Splitter por relación de división, referencia tabla 1.



**Figura 49:** Datos para calcular pérdida óptica.

Para el cálculo de pérdida óptica se aplicó la siguiente fórmula (León Araujo, 2015):

$$A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y + A_{sp1} + A_{sp2}$$

Donde:

A: Atenuación medida en dB

$\alpha$ : Coeficiente de atenuación de la fibra óptica en dB/Km

$L$ : Longitud de la fibra óptica por enlace en Km

$\alpha_s$ : Atenuación por empalmes en dB

$x$ : Número de empalmes por enlace

$\alpha_c$ : Atenuación por conectores en dB

$y$ : Número de conectores por enlace

$A_{sp1}$ : Atenuación splitter 1er nivel

$A_{sp2}$ : Atenuación splitter 2do nivel

Considerando los parámetros anteriores, se realizó cálculos de pérdida óptica por zona en el peor de los casos con la edificación más lejana al centro de datos.

### Pérdida óptica zona 1

ELEMENTOS	CANTIDAD	ATENUACION	TOTAL
DISTANCIA	0,21949	0,4	0,087796
CONECTORES	4	0,5	2
EMPALMES	6	0,1	0,6
SPLITTER 1	1	7	7
SPLITTER 2	1	14	14
MARGEN	1	3	3
<b>TOTAL (dB)</b>			<b>26,688</b>

Tabla 23: Pérdida óptica Zona 1.

### Pérdida óptica zona 2

ELEMENTOS	CANTIDAD	ATENUACION	TOTAL
DISTANCIA	0,41839	0,4	0,167356
CONECTORES	4	0,5	2
EMPALMES	6	0,1	0,6
SPLITTER 1	1	7	7
SPLITTER 2	1	10,5	10,5
MARGEN	1	3	3
<b>TOTAL (dB)</b>			<b>23,267</b>

Tabla 24: Pérdida óptica Zona 2.

### Pérdida óptica zona 3

ELEMENTOS	CANTIDAD	ATENUACION	TOTAL
DISTANCIA	0,31393	0,4	0,125572
CONECTORES	4	0,5	2
EMPALMES	6	0,1	0,6
SPLITTER 1	1	7	7
SPLITTER 2	1	14	14
MARGEN	1	3	3
<b>TOTAL (dB)</b>			<b>26,726</b>

Tabla 25: Pérdida óptica Zona 3.

### Pérdida óptica zona 4

ELEMENTOS	CANTIDAD	ATENUACION	TOTAL
DISTANCIA	0,34631	0,4	0,138524
CONECTORES	4	0,5	2
EMPALMES	6	0,1	0,6
SPLITTER 1	1	7	7
SPLITTER 2	1	10,5	10,5
MARGEN	1	3	3
<b>TOTAL (dB)</b>			<b>23,239</b>

Tabla 26: Pérdida óptica Zona 4.

### Pérdida óptica zona 5

ELEMENTOS	CANTIDAD	ATENUACION	TOTAL
DISTANCIA	0,63592	0,4	0,254368
CONECTORES	4	0,5	2
EMPALMES	6	0,1	0,6
SPLITTER 1	1	10,5	10,5
SPLITTER 2	1	10,5	10,5
MARGEN	1	3	3
<b>TOTAL (dB)</b>			<b>26,854</b>

Tabla 27: Pérdida óptica Zona 5.

Para el cálculo de la pérdida óptica de este diseño de red de acceso GPON, considerando el usuario más lejano en el peor de los casos, con las longitudes de onda 1390 nm y 1490 nm, se obtuvo entre 23,239 dB y 26,85 dB de pérdida óptica, concluyendo que este diseño de red está dentro del rango admisible de la clase B+/C+ con la característica del equipo OLT propuesto, siendo factible para

una futura implementación, las pérdidas son bajas y permitirán incrementar la el número de usuarios hasta llegar una distancia de 20Km, como indica la norma UIT-T G.984.1 GPON.

El dimensionamiento de la tecnología GPON es la siguiente: trabaja con velocidad de bajada con 2,5 Gbps y 1,25 Gbps velocidad para subida, como se especificó en el capítulo 2 literal 2.2 marco conceptual, si a cada puerto del OLT se asigna una capacidad máxima de 64 usuarios (64 ONT) entonces la asignación de velocidad sería como muestra en la tabla 28.

<b>Canal</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Usuario</b>
Ascendente	1.25 Gbps	20 Mbps
Descendente	2.5 Gbps	40 Mbps

**Tabla 28:** Velocidad GPON.

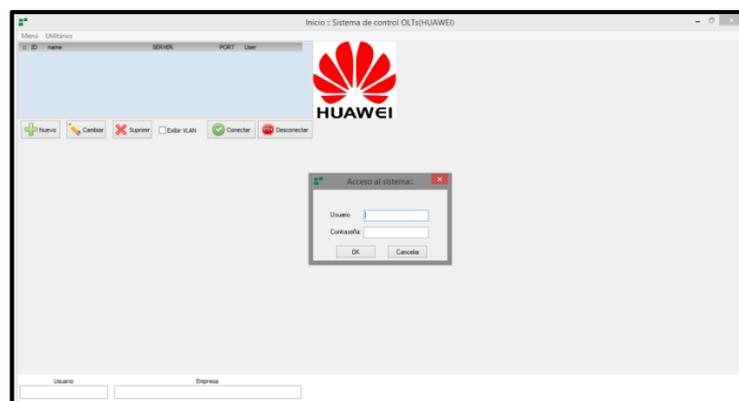
**Fuente:** UIT-T

La tabla 28 muestra la velocidad requerida para acceder a servicios de telecomunicaciones, la cual es comparada con la tabla 29 donde se determinó que la velocidad para acceder a estos servicios estan dentro de la velocidad de subida y bajada, teniendo como conclusion que esta tecnologia GPON es óptima para la UPSE porque esta en el rango de la tasa de transferencia de subida y bajada con la capacidad maxima de usuarios por puerto GPON hasta 32 ONT.

<b>SERVICIO</b>	<b>VELOCIDAD (MBPS)</b>	
	<b>SUBIDA</b>	<b>BAJADA</b>
Navegación Web	0,640	1,5
Voz	0,256	0,256
Video conferencia	1,5	1,5
Video bajo demanda	0,128	18
Aprendizaje a distancia	1,5	1,5
Transferencia de archivos	0,512	1
	<b>4,536</b>	<b>23,756</b>

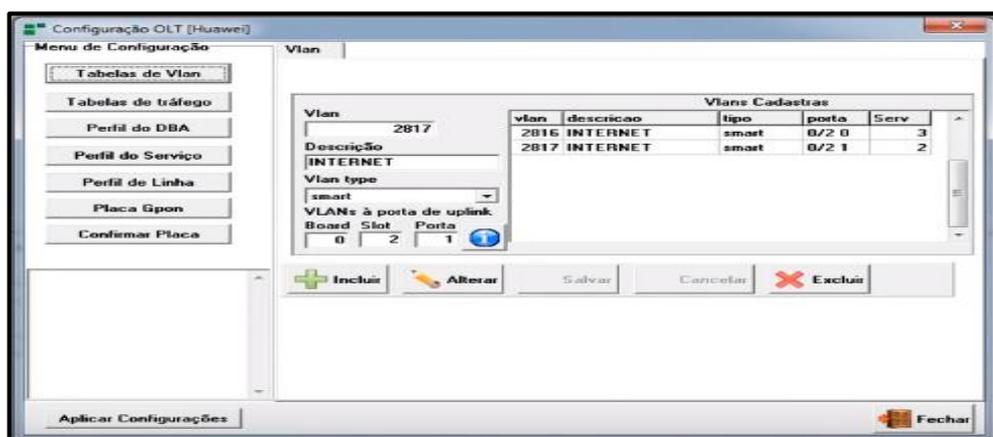
**Tabla 29:** Ancho de banda por servicios.

Para efecto de administración de la red GPON existen varios software como TGMS de Telnet, ZNID-GPON-2427A de ZHONE, SmartOLT de ZTE, ControleOLTsHuawei de Huawei, entre otros, que mediante las propiedades que poseen facilitan la configuración para el monitoreo de tráfico de los ONTs. Debido a que se propone el equipo OLT y ONT de marca Huawei se hace mención a la utilización de la aplicación ControleOLTsHuawei el cual cumple el propósito de administrar y gestionar la red óptica pasiva. En la figura 50, se muestra la interfaz de la aplicación.



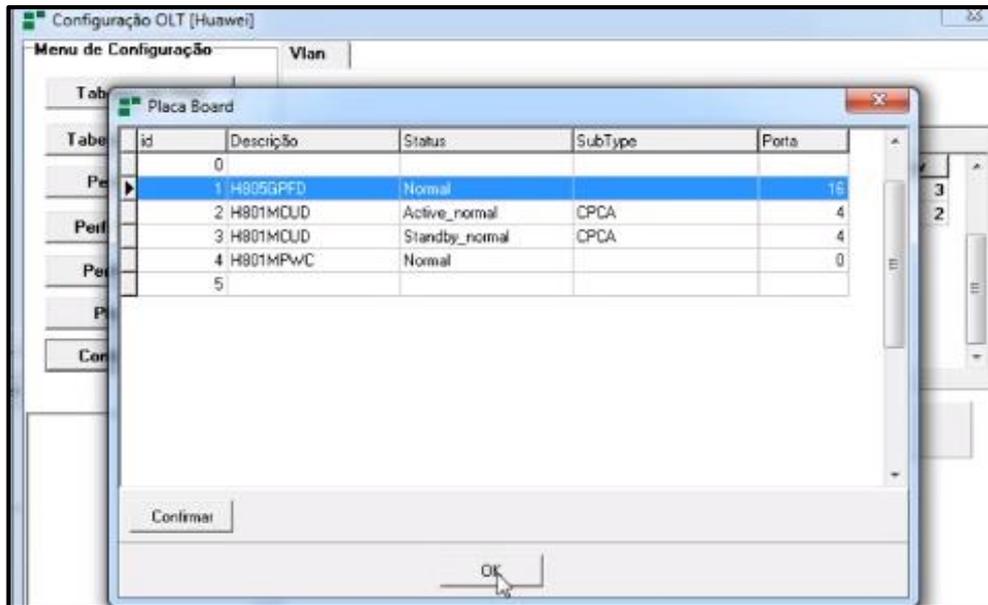
**Figura 50:** Interfaz de ControleOLTsHuawei.  
**Fuente:** Huawei.

En la figura 51, se presenta la ventana para seleccionar y configurar la placa GPON con la que se va a trabajar, para la propuesta se utilizará dos tarjetas de 16 puertos GPBH incorporada en el OLT modelo MA5608T.



**Figura 51:** Interfaz de Configuración de la tarjeta  
**Fuente:** Huawei.

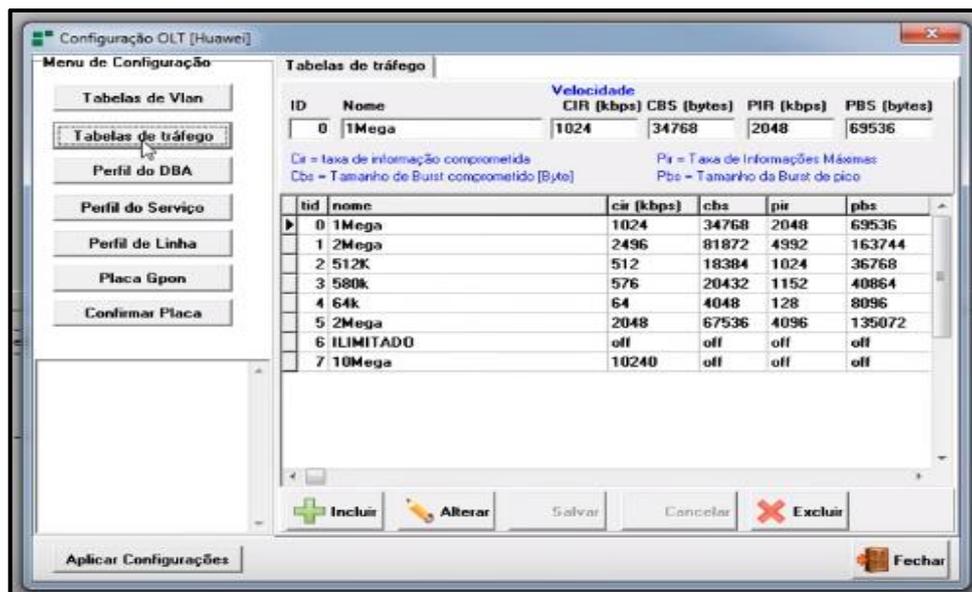
En la figura 52, se observa que el software ya trae incorporada la característica para operar con este tipo de OLT.



**Figura 52:** Selección del Modelo de Placa a Trabajar.

**Fuente:** Huawei.

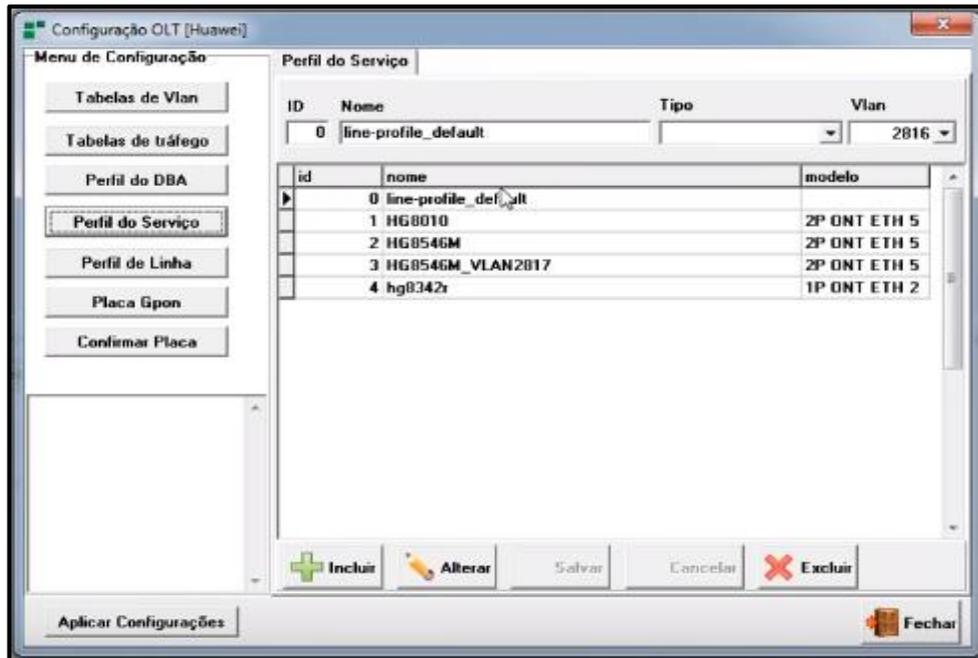
El Software ControleOLTsHuawei, incorpora una característica en su función para generar tablas para el control de tráfico de la red GPON, tal como muestra la figura 53.



**Figura 53:** Tabla de Control de Tráfico de la Red.

**Fuente:** Huawei.

De acuerdo a las características técnicas del Huawei MA5608T permitirá controlar por cada puerto GPON hasta 32 ONT, en la propuesta se utilizará el ONT HG8546M. La figura 54, detalla el control que se puede establecer a los ONT a través de los puertos de la tarjeta GPBH, tal como se observa en este ejemplo el puerto 5 está controlando el tráfico de 3 ONTs.



**Figura 54:** Interfaz de Control de ONTs desde el OLT.

**Fuente:** Huawei.

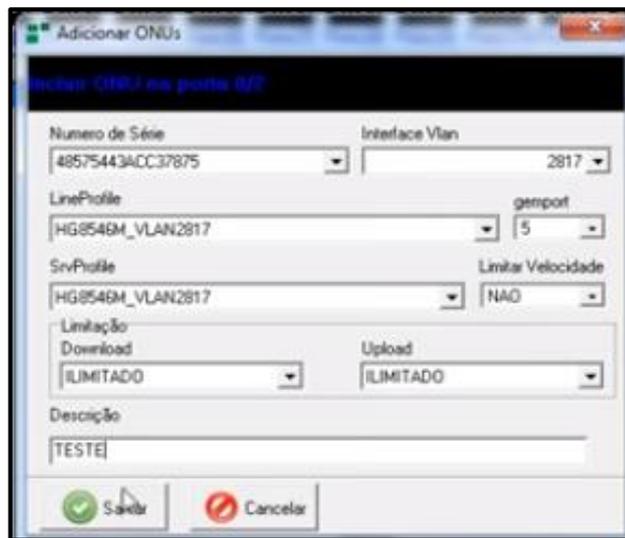
En la figura 55, se observa la interfaz gráfica para la gestión de los ONT a través de una placa GPFD de 16 puertos GPON, por ejemplo, en el puerto 1 y 2 están conectados 4 y 1 ONT respectivamente.



**Figura 55:** Interfaz de Control de los ONT del OLT Huawei MA5608T.

**Fuente:** Huawei.

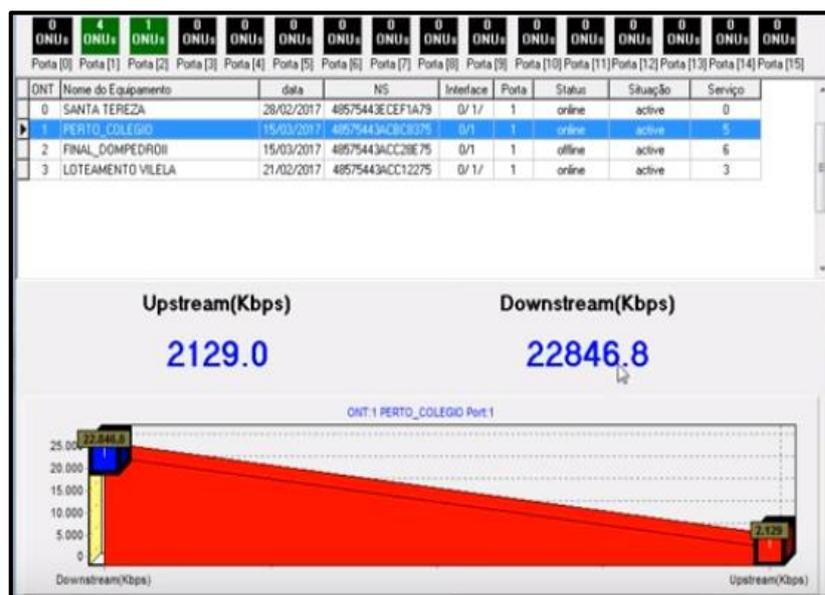
El Software de Gestión también permite a través de opciones limitar el ancho de banda de los ONTs agregados a la red, tal como se observa en la figura 56.



**Figura 56:** Interfaz de Control de Ancho de Banda de los ONT.

**Fuente:** Huawei.

En la figura 57, se observa que la aplicación de gestión permite visualizar y hacer seguimiento del tráfico generado en cada puerto, además incorpora una función para realizar pruebas de velocidad desde el OLT hasta un ONT específico, y los resultados los muestran en gráficas estadísticas.



**Figura 57:** Interfaz para visualizar el Tráfico de la Red de cada Puerto GPON.

**Fuente:** Huawei

EL Software Control de OLTs Huawei de acuerdo a lo detallado es indispensable para administrar y controlar los equipos de la red de acceso GPON propuesta, por tal motivo es técnicamente recomendable utilizar esta herramienta informática en caso de una futura implementación.

### **3.3.2 Factibilidad Financiera**

Analizados y elegidos los equipos que formarán parte de la nueva red de acceso propuesta para la Universidad Estatal Península de Santa Elena, se presenta el presupuesto financiero de equipos pasivos, activos y el presupuesto de operación técnica para su realización, detallados en las siguientes tablas.

La red de acceso GPON en las instalaciones de acuerdo a esta propuesta se divide en 5 zonas, se caracterizará por ser una red en forma de árbol-rama redundante, a continuación, se detallarán de manera general los equipos que formarán parte de esta distribución, tal como muestra la tabla 30.

La tabla 31, detalla los materiales que se utilizarán para la canalización de la red troncal, el precio de las arquetas ya implementadas es un valor actual estimado por el Departamento de Obra Civil de la Universidad (DOCU), basado en las obras de canalización que se ejecutaron en años anteriores y cámara de construcción de Guayaquil.

En la tabla 32, se detalla el presupuesto financiero para el personal que se encargará de dirigir, supervisar y realizar la futura implementación del proyecto, con un estimado máximo de 90 días para su ejecución, en la figura 58, se detalla un posible cronograma de actividades de este período de tiempo para una futura implementación. Los valores presentados por los servicios de la dirección técnica, están basados en mensualidades de profesionales de empresas contratistas en el área de telecomunicaciones, lo cual garantizará un trabajo de excelencia.

<b>PRESUPUESTO FINANCIEROS DE LOS EQUIPOS PARA LA RED DE ACCESO</b>				
<b>EQUIPOS ACTIVOS</b>				
<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Subtotal</b>
OLT Huawei MA5608T	1	u	\$ 5.999,00	\$ 5.999,00
ONT Huawei HG8546M	208	u	\$ 50,00	\$ 10.400,00
<b>TOTAL EQUIPOS ACTIVOS</b>				<b>\$ 16.399,00</b>
<b>EQUIPOS PASIVOS</b>				
<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Subtotal</b>
Fibra Óptica SM G.652.D 6 hilos Troncal	900	mts	\$ 1,55	\$ 1.395,00
Fibra Óptica DROP SM G.657.A1 2 hilos	12056	mts	\$ 0,18	\$ 2.170,08
ODF 12 puertos para rack 1u	1	u	\$ 78,00	\$ 78,00
Conectores ópticos SM SC-APC	530	u	\$ 3,00	\$ 1.590,00
Terminal BOX FTTH para exteriores	5	u	\$ 69,00	\$ 345,00
Splitter 2:4 fusión	10	u	\$ 60,00	\$ 600,00
Splitter 2:8 fusión	2	u	\$ 100,00	\$ 200,00
Caja terminal óptica 2 puertos interior	15	u	\$ 13,00	\$ 195,00
Splitter 1:2 fusión	15	u	\$ 16,00	\$ 240,00
Caja terminal óptica 4 puertos interior	16	u	\$ 35,84	\$ 573,44
Splitter 1:4 fusión	16	u	\$ 18,00	\$ 288,00
Caja terminal óptica 8 puertos interior	16	u	\$ 45,00	\$ 720,00
Splitter 1:8 fusión	16	u	\$ 23,50	\$ 376,00
Caja terminal óptica 16 puertos interior	4	u	\$ 57,90	\$ 231,60
Splitter 1:16 fusión	4	u	\$ 28,00	\$ 112,00
Patch Cord SM 1 mt	208	u	\$ 6,16	\$ 1.281,28
Roseta Óptica	208	u	\$ 3,02	\$ 628,16
Rack de Pared 8u, incluye regleta energía y organizador	49	u	\$ 249,00	\$ 12.201,00
<b>TOTAL EQUIPOS PASIVOS</b>				<b>\$ 23.224,56</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO FINANCIEROS DE EQUIPOS</b>				<b>\$ 39.623,56</b>

**Tabla 30:** Presupuesto Financiero de los Equipos para la Red de Accesos.

<b>PRESUPUESTO FINANCIERO DE ELEMENTOS PARA LA CANALIZACIÓN</b>				
<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Subtotal</b>
Arquetas (material y elaboración)	115	u	\$ 100	\$ 11.500,00
Tubos PVC Ø3 (6m)	310	u	\$ 7,00	\$ 2.167,67
Codos PVC Ø2 (45°)	153	u	\$ 1,50	\$ 229,50
Tubos PVC Ø2 (3m)	51	u	\$ 4,60	\$ 234,60
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 14.131,77</b>

**Tabla 31:** Presupuesto Financiero de Elementos para la Canalización.

<b>PRESUPUESTO FINANCIERO DE DIRECCIÓN TÉCNICA</b>				
<b>Personal Requerido</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Meses</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Director de Obra	1	3	\$ 2.500,00	\$ 7.500,00
Supervisor de Obra	1	3	\$ 1.500,00	\$ 4.500,00
Cuadrilla (x4)	2	3	\$ 2.000,00	\$ 12.000,00
Rubros Varios	1	3	\$ 2.460,00	\$ 7.380,00
<b>TOTAL PRESUPUESTO DE DIRECCIÓN TÉCNICA</b>				<b>\$ 31.380,00</b>

**Tabla 32:** Presupuesto Financiero de Dirección Técnica.

<b>RUBROS VARIOS</b>	
<b>DETALLES</b>	<b>PRECIO</b>
ALMUERZOS	\$ 60,00
HORAS EXTRA OBRERO	\$ 1.000,00
HORAS EXTRA SUPERVISOR	\$ 375,00
HORAS EXTRA DIRECTOR	\$ 625,00
MOVILIZACIÓN	\$ 400,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2.460,00</b>

**Tabla 33:** Rubros varios.

### Cronograma de actividades para futura ejecución del proyecto tecnología gpon.

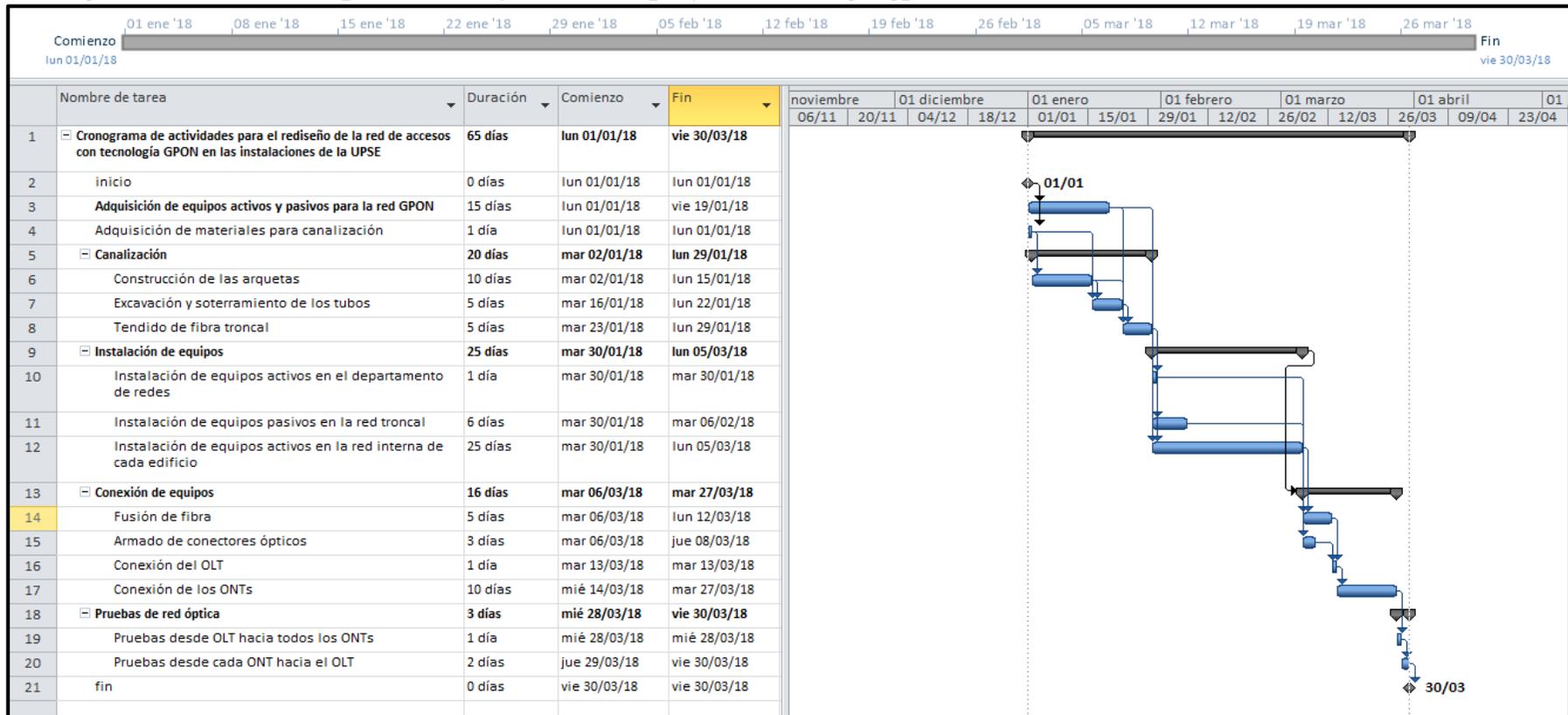


Figura 58: Cronograma de Actividades para una futura implementación del Proyecto.

La tabla 34, muestra como resultado final la sumatoria del total del presupuesto financiero de equipos, materiales para la canalización y la dirección técnica, dicha cantidad es la inversión que tendría que hacer la Universidad Estatal Península de Santa Elena para tener la tecnología GPON en sus instalaciones.

<b>PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTACIÓN</b>	
PRESUPUESTO DE LOS EQUIPOS PARA LA RED DE ACCESO	\$ 39.623,56
PRESUPUESTO FINANCIERO DE ELEMENTOS PARA LA CANALIZACIÓN	\$ 14.131,77
PRESUPUESTO DE DIRECCIÓN TÉCNICA	\$ 31.380,00
<b>TOTAL PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTACIÓN</b>	<b>\$ 85.135,33</b>

**Tabla 34:** Presupuesto Total para la Implementación de la Red GPON.

### 3.4 Resultados

La red de acceso del campus actual está constituida por fibra óptica, su instalación se basa en tendido aéreo poste a poste, el anexo 6 detalla la distribución de la red actual. Se realizó levantamiento de información de la red existente, luego un análisis detallado a los equipos y la ruta que sigue la fibra óptica, de acuerdo a la especificación técnica del fabricante y a la topología que posee actualmente el campus universitario como se detalló en la figura 2, se pudo constatar que la red de acceso a servicios de telecomunicaciones no es la más adecuada, por estética y distribución, los métodos de distribución son similares al core 2016 (figura 1). La red existente es un proyecto aceptable; sin embargo, no está dirigido a la convergencia con otras tecnologías de última generación, por tal motivo, se propuso el proyecto de tecnología GPON canalizada, como se detalla en la planimetría propuesta en el anexo 7. En el campus existen sectores que cuentan con canalizado soterrado, y permite aprovechar estos tramos para anexar nuevos, los cuales estructurarán el canal para el tendido backbone de la red.

El beneficio de realizar tendido canalizado soterrado en el campus permite contribuir a la reducción de cable aéreo, debido que existen demasiados cables en postes provocando un impacto negativo a la vista de las personas.

GPON es una red pasiva, su distribución desde el centro de datos hacia los usuarios se compone de equipos no energizados, esto reduciría drásticamente el costo y los requisitos de mantenimiento de la red, por ser arquitectura punto a multipunto es una red escalable, confiable y segura sin necesidad de modificar su infraestructura, es decir, cambiar los equipos en ella.

El OLT propuesto de marca Huawei modelo MA5608T permite la conexión gigabit a través de sus puertos GPON para las diferentes zonas establecidas en la propuesta, por cada puerto ofrece una velocidad en canal ascendente de 1.25 Gbps y canal descendente de 2.5 Gbps.

Los equipos de tecnología GPON propuestos para cada edificación permiten conectarse a la red de acceso principal a través de dos niveles de splitter. En la planimetría propuesta se estableció arquetas que contendrán los puntos de distribución principal (splitter 1er nivel) conectados directamente al centro de datos, a partir de ahí la fibra óptica seguirá un camino donde atravesara arquetas de paso hasta que el cable óptico llegue a una arqueta de distribución secundaria la cual se conectará directamente al edificio donde se alojará el splitter 2do nivel, estos son equipos pasivos de pérdidas prácticamente nulas lo que beneficiará a la comunidad universitaria en servicios de telecomunicaciones.

El rango de operación de la ODN propuesta es clase B+/C+, por lo cual, los splitters principales establecidos son de relación 2:4, considerando que a mayor relación de división en la primera etapa genera pérdidas más altas. Los splitter principales de 2:4 tienen una atenuación de 7dB, por tal motivo, la sumatoria de pérdidas total en el enlace es aceptable en la ODN considerando un margen de error de 3 dB. Para la segunda etapa de splitteo se utilizaron los siguientes elementos: divisor de 1:2 ubicado en una infraestructura de 2 usuarios, fijo e inalámbrico, su atenuación es de 3,5 dB; divisor de 1:4 ubicado en una infraestructura que contendrá máximo 4 usuarios, fijo e inalámbrico y la atenuación es de 7dB; divisor de 1:8 ubicado en una infraestructura de máximo 8 usuarios, fijo e inalámbrico, su atenuación es de 10,5dB; divisor de 1:16 ubicado en una infraestructura con máximo 16 usuarios, fijo e inalámbrico, su atenuación es de 14dB; cada uno de los splitter permitirá incrementar el número de usuarios en la zona que lo requiera.

Los divisores ópticos fueron seleccionados estratégicamente por el número de usuarios y las edificaciones de cada zona, tomando en cuenta que, al sobredimensionar los divisores ópticos se tiene pérdidas más altas en el enlace, por ello, el diseño de la red está en el rango operativo en base a la pérdida máxima permitida por la ODN Clase B+/C+.

El ONT de marca Huawei modelo HG8546M de gama alta, instalado en cada área administrativa, docente y estudiantil, permite a los usuarios finales beneficiarse de los servicios de telecomunicaciones con un equipo de alto rendimiento, sus características técnicas que hacen posible lo mencionado son las siguientes: a través del módulo GPON del equipo de clase B+/C+ permite que sea compatible con la ODN propuesta, además trabaja con protocolo 802.11 b/g/n, soporta un ancho de banda teórico de hasta 300 Mbps con mayor intensidad de señal inalámbrica y está certificado por la WI-FI Alliance, con el estándar 802.1ag define la comunicación con el OLT para la gestión, administración y mantenimiento, también tiene la capacidad de reenvío de datos lo que garantizará los servicios de VoIP, Videos HD, y todo a través de despliegue GPON arquitectura punto-multipunto.

Las infraestructuras de telecomunicaciones con instalación soterrada, en casos de futuros mantenimientos de la red física, el único medio de acceso son las arquetas, estos contendrán tapas de alta durabilidad y resistencia de acuerdo a normas nacionales aplicables en este tipo de construcciones y considerando recomendaciones del Departamento de Obras Civiles Universitario.

Esta propuesta tecnológica aportará para el desarrollo de la universidad en materia de infraestructura digital, dar un paso más hacia la excelencia y para una posterior evaluación por el CEAACES obtener una excelente calificación de las TIC.

Diseñar esta red de acceso GPON, beneficiará a la comunidad universitaria, proveyendo un acceso eficiente a servicios de telecomunicaciones con alta velocidad de transmisión y con bajas pérdidas, permitirá la conectividad permanente y acceso oportuno a la información, además con esta tecnología se podrá incorporar a la red varios servicios y aplicaciones con excelente calidad. En caso de fallos a gran escala, esta red tendrá mecanismo de protección que brindará confiabilidad al usuario en el establecimiento de la red por ser topología redundante de forma automática.

La comunidad universitaria dispondrá de tecnología de punta, permitiendo que trabajen con altos niveles de tráfico de datos y contenido multimedia, no solo permitirá el acceso de manera eficaz a la información, sino también al ámbito investigativo y docencia, desarrollar proyectos en todas las áreas de conocimiento con requerimientos de ancho de banda.

## CONCLUSIONES

- La red backbone actual para el servicio de telecomunicaciones del campus UPSE está basada en fibra aérea tendida poste a poste, utiliza dos hilos de fibra monomodo simple para llegar a cada edificación (TX y RX), lo cual implica hacer uso de un número considerable de equipos activos como transceiver para convertir la señal óptica a eléctrica, de acuerdo a las especificaciones técnicas de estos equipos insertan mayores pérdidas (db) en la comunicación a diferencia de los equipos pasivos.
- El diseño de la planimetría para la red GPON soterrada se anexa a rutas existentes, además posee una escalabilidad para futuras ampliaciones.
- A través de cálculos teóricos se pudo constatar que la red de acceso propuesta en su totalidad posee una pérdida óptica promedio de 25.35 dB, mediante la normativa de red GPON para el presupuesto óptico aceptable menciona que el rango operable máximo de atenuación es -30 dB, por tal motivo se concluye que la red propuesta es totalmente confiable para ofrecer acceso a servicios de telecomunicaciones de calidad.
- Mediante la plataforma informática OptiSystem se realizó una evaluación del comportamiento técnico operativo de la red de accesos propuesta, para determinar la relación de bits emitidos respecto a los bits errados, concluyendo que en los trayectos más distantes de las diferentes zonas establecidas la tasa de error es menor que  $10^{-10}$  de acuerdo a la normativa UIT G.983.1 que hace referencia a los sistemas de transmisión digital.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda cambiar los equipos inalámbricos por equipos con interfaces gigabit que permitan adaptarse a la tasa de transferencia que ofrece la tecnología GPON.
- A pesar que se elaboró la planimetría de la red de accesos en la plataforma AutoCAD se recomienda que sea rediseñada por un ingeniero civil puesto que se encarga del estudio y análisis técnico del terreno, además de un adecuado dimensionamiento de las arquetas de paso y distribución.
- Para no incrementar las atenuaciones obtenidas para la ODN, se recomienda utilizar los equipos activos y los elementos pasivos propuestos que cumplen con las normativas UIT-T G.984.X, para así contribuir con un servicio de calidad y que el despliegue de la red tenga la menor pérdida posible.
- En caso de futuras ampliaciones de la red de accesos se recomienda utilizar la plataforma OptiSystem ingresando los detalles técnicos como las atenuaciones de los equipos para tener un comportamiento real antes de la implementación.

## BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. (n.d.). AENOR: Norma UNE 133100-2:2002. Retrieved August 28, 2017, from <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0026162#.WaRB-SgjHIV>
- Alarcón Rivera, F., & Merino, W. (2014). Ley de Creación de Universidad Estatal Península de Santa Elena. Retrieved July 18, 2017, from <http://upse.edu.ec/index.php/ley-de-creacion>
- Barroso García, A. (2012). *Diseño de una red de fibra óptica para la implementación de servicios de una banda ancha en una zona de viviendas en casco urbano*. Retrieved from [http://oa.upm.es/21757/2/PFC\\_ANDRES\\_BARROSO\\_GARCIA.pdf](http://oa.upm.es/21757/2/PFC_ANDRES_BARROSO_GARCIA.pdf)
- CEAACES. (2015). Resultados de la acreditación y categorización vigentes. Retrieved July 19, 2017, from <http://www.ceaaces.gob.ec/sitio/acreditacion-y-categorizacion/>
- Diario El Telégrafo. (2016). Ecuador estrena su primera fábrica de cables de fibra óptica. Retrieved July 19, 2017, from <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/ecuador-estrena-su-primera-fabrica-de-cables-de-fibra-optica>
- Doctor Tecno. (2017). Manta y Punta Carnero nos unen a Internet por cables submarinos. Retrieved August 12, 2017, from <http://www.eluniverso.com/tendencias/2017/05/17/nota/6187579/mapa-cables-submarinos-que-nos-unen-internet>
- García Yagüe, A. (2014). GPON y GPON Doctor. Retrieved July 18, 2017, from <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>
- Gomezjurado Zevallos, J. et al. (2015). HISTORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR. CNT, 7 y 8. Retrieved from <http://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2014/07/LIBRO-CNT-WEB.pdf>
- Guamán Chacha, K. F. (2015). *Diseño de una red GPON FTTB para la Base*

- Naval Sur de la ciudad de Guayaquil*. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL. Retrieved from <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/4522>
- IPTEL. (2016). ¿Qué es GPON? Retrieved July 24, 2017, from <http://www.iptel.com.ar/que-es-gpon/>
- León Araujo, C. M. (2015). *Analisis Y Diseño De La Red FttH Con Tecnologia Gpon Para El Isp Troncalnet En El Canton Cañar*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Millán Tejedor, R. J. (2007). GPON (Gigabit Passive Optical Network). Retrieved July 24, 2017, from <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (2016). PLAN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES Y TECNOLOGÍAS 2016-2021, 17. Retrieved from [https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/Libro\\_plan\\_tti\\_REGISTRO-OFICIAL\\_30\\_AGOSTO.pdf](https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/Libro_plan_tti_REGISTRO-OFICIAL_30_AGOSTO.pdf)
- MINTEL. (2016). Ecuador es pionero en la Fabricación de Fibra Óptica de la región. Retrieved August 2, 2017, from <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-es-pionero-en-la-fabricacion-de-fibra-optica-de-la-region/>
- Monar Monar, J. D., & Torres Morante, G. L. (2015). *Estudio y diseño de la migración de la ruta número 32 de cable de cobre de la central norte de CNT a fibra óptica como medida para soportar servicio de banda ancha fija*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/99914/D-103172.pdf>
- Ramos Velasco, M. A. (2016). *Diseño de una red de Acceso FTTH-GPON para una urbanización en la parroquia Cumbaya con servicios triple play*. Universidad de las Américas. Retrieved from <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/5095>
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electronicas*. (G. Trujano Mendoza, Ed.) (4ta ed.). Mexico: Pearson Education, Inc. Retrieved from <https://hellsingge.files.wordpress.com/2014/08/sistemas-de-comunicaciones-electronicas-tomasi-4ta-edicion3b3n.pdf>

UPSE. (2016). Plan Estratégico Institucional de Excelencia 2016 – 2020 (PEIE). Retrieved July 18, 2017, from <http://www.upse.edu.ec/transparencia/images/TRANSPARENCIA/files/PED I2016.pdf>

Verbel Sierra, A. A., & Perez Alvarez, R. J. (2013). *Análisis y diseño de una red de fibra al hogar FTTH (fiber to the home), a la urbanización Barcelona de Indias*. Universidad Tecnológica de Bolívar. Retrieved from <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0064390.pdf>

# ANEXOS

**Anexo 1: Solicitud al Departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación de la UPSE.**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**  
Creación: Ley No. 110 R.O No. 366 (Suplemento) 1998-07-22  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Oficio No. DET-137-2017

La Libertad, 9 de Junio del 2017

ingeniero  
Wellington Robys Buchelli  
**DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS**  
En su despacho.-

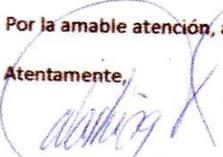
De mi consideración:

Con el presente saludo a usted y a la vez comunico que la egresada CHIRIGUAYO RODRÍGUEZ ERIKA MICHELLE ha presentado su proyecto de tesis con el tema "DISEÑO DE UNA RED DE ACCESOS MEDIANTE FIBRA ÓPTICA APLICANDO TECNOLOGÍA GPON EN LAS INSTALACIONES DEL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA".

Conocedor de su apoyo al desarrollo del campo educativo, solicito se proporcione la información requerida para el tema del proyecto en mención.

Por la amable atención, auguro éxitos en sus funciones, y manifiesto mis agradecimientos.

Atentamente,

  
Ing. Washington Torres  
**DIRECTOR CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**



c.c.: Archivo

WT/Corina.

*Recibido 6/26/2017*  
*[Handwritten initials]*

**Anexo 2: Solicitud al Departamento de Obras Civiles de la UPSE.**

Oficio No. DET-138-2017

La Libertad, 9 de Junio del 2017

Arquitecto  
Javier Orrala Asencio  
**DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES**  
En su despacho.-

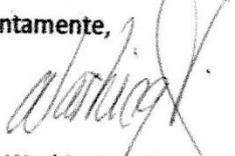
De mi consideración:

Con el presente saludo a usted y a la vez comunico que la egresada CHIRIGUAYO RODRÍGUEZ ERIKA MICHELLE ha presentado su proyecto de tesis con el tema "DISEÑO DE UNA RED DE ACCESOS MEDIANTE FIBRA ÓPTICA APLICANDO TECNOLOGÍA GPON EN LAS INSTALACIONES DEL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA".

Concedor de su apoyo al desarrollo del campo educativo, solicito se proporcione los planos de la infraestructura del campus universitario, información requerida para el tema del proyecto en mención.

Por la amable atención, auguro éxitos en sus funciones, y manifiesto mis agradecimientos.

Atentamente,

  
Ing. Washington Torres  
**DIRECTOR CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**



c.c.: Archivo

WT/Corina.

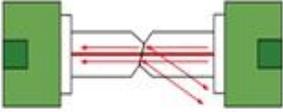
### Anexo 3: Datasheet OLT Huawei MA5608T.

Specifications	MA5608T
Dimensiones (altura x ancho x profundidad)	442 mm x 244.5 mm x 88.1 mm
Entorno operativo	-40 °C a +65 °C 5 % a 95 % de humedad relativa
Alimentación	Protección del suministro de energía doble Alimentación CC: -38.4 V a -72 V Alimentación CA: 100 V a 240 V
Capacidad de conmutación: bus del panel de interconexión posterior	720 Gbit/s
Capacidad de acceso	<ul style="list-style-type: none"><li>• 16 x 10G GPON</li><li>• 48 x GPON</li><li>• 96 x P2P FE</li><li>• 96 x P2P GE</li></ul>
Tipos de puerto	Puertos de enlace ascendente: puertos ópticos 10 GE y puertos ópticos/eléctricos GE
Rendimiento del sistema	<ul style="list-style-type: none"><li>• Transmisión a velocidad de línea de capa 2/capa 3</li><li>• Ruta estática, RIP, OSPF y MPLS</li><li>• Esquemas de sincronización de reloj: BITS, E1, STM-1, sincronización del reloj Ethernet, 1588v2 y 1PPS + ToD</li><li>• Relación de separación máxima de GPON de 1:128</li><li>• Relación de separación máxima de 10 G PON de 1:256</li><li>• Distancia lógica máxima entre dispositivos GPON: 60 km</li><li>• Distancia lógica máxima entre dispositivos XG PON: 100 km</li></ul>

**Anexo 4: Datasheet ONT Huawei HG8546M.**

<b>Especificaciones</b>	<b>HG8546M</b>
<b>Dimensiones (altura x ancho x profundidad)</b>	268 mm x 213 mm x 34 mm
<b>Puertos de red</b>	GPON
<b>Puertos de usuario</b>	4 GE + 1 USB + 2.4G Wi-Fi
<b>Wifi</b>	802.11 b/g/n
<b>Puertos Telefónicos</b>	1 puerto
<b>Conector óptico</b>	SC/APC
<b>-Clase ODN</b>	B+/C+
<b>Longitud de onda</b>	1310, 1490 y 1550 nm

## Anexo 5: Especificaciones Técnicas Conector SC-APC.

	Monomodo		
	Tipo de Pulido	Pérdidas de Inserción	Pérdidas de Retorno
	Pulido PC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	-40 dB
	Pulido SPC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	-45 dB
	Pulido UPC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	-55 dB
	Pulido APC	<0,4 dB (Típico 0,2 dB)	-65 dB

Aplicacion: En equipos y sistemas de comunicación, redes LAN, redes PON, punto-multipunto, tarjetas ópticas. Para todo tipo de fibras.

- Conector SC-APC.
- Superficie inclinada 8°, la luz reflejada se realiza hacia afuera de la FO SM.
- Pérdida de retorno > -60dB.
- Norma TIA/EIA 604.3.
- Norma ISO 11801.
- Color Verde.
- Marca Nitrotel.

