



---

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS  
Y TELECOMUNICACIONES  
INGENIERIA ELECTRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO**

**TÍTULO:  
DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED LAN EN MALLA DE FIBRA ÓPTICA  
PARA EL CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**Autor:  
BORMANN LUTHER URREGO CARRILLO**

**Director:  
MSc (c). Javier Esteban Gómez Wilches  
Ingeniero en Telecomunicaciones**

**PAMPLONA-COLOMBIA  
FEBRERO de 2019**



---

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS  
Y TELECOMUNICACIONES**

---

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO  
TÍTULO:  
DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED LAN EN MALLA DE FIBRA ÓPTICA  
PARA EL CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
Fecha de inicio del trabajo: agosto ,2018**

**Fecha de culminación del trabajo: enero, 2019**

**Nombres y firmas de autorización para la sustentación:**

---

**Bormann Luther Urrego Carrillo  
Autor**

---

MsC. (C). Javier E. Gómez W.  
Director de trabajo de grado

---

MsC. (C). Daniel Corzo  
Director de programa

Jurado calificador

---

MsC. Edwin Mauricio  
Sequeda

MsC. Nidya Susana  
Sandoval C

MsC. (C). Javier E.  
Gómez W.

PAMPLONA-COLOMBIA 2019

**Para mi Madre e Hijo Por  
sus Oraciones y su  
Apoyo Incondicional.**

“La verdadera felicidad radica en la finalización del trabajo utilizando tu propio cerebro y habilidades.”  
**Soichiro Honda.**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Nuestro Señor Jesucristo, quien nunca me ha abandonado y en los momentos difíciles, en todas las pruebas, el dolor, y siempre ha estado a mi lado para brindarme su ayuda misericordiosa hasta el final de mi proyecto de vida y terminación de mis estudios.

A mi Amada Madre **ANA MERCEDES CARRILLO ARENAS**, quien ha sido mi pilar de vida, mi ayuda incondicional, mi fortaleza e impulso para ser alguien en la vida, quien se ha trasnochado para darme lo básico, lo necesario, y brindarme arraigadamente los valores fundamentados en mi hasta el día de hoy.

A mí Bendición e hijo **YESHUA EMMANUEL URREGO M.**, Por ser el eje de mi vida y el motivo e inspiración para salir adelante en mis estudios, y así ser un pilar de orgullo para él.

Agradezco de manera especial al Ingeniero **YUSETH FLOREZ**, quien fue un apoyo durante toda mi pasantía como orientador, de igual manera al **MsC. (C). Javier E. Gómez W**, quien como Director De Tesis ha impartido de manera adecuada sus conocimientos y guías para llevar a cabo este trabajo.

Al Decano **Jorge Luis Díaz** y todos los docentes de la Facultad De Ingenierías a quienes debo su amistad, esfuerzo, dedicación y esmero para que pudiese lograr esta meta tan anhelada.

Un agradecimiento muy especial al **Dr. PhD IVALDO TORRES** por su ayuda, enseñanza y apoyo incondicional, por darme la mejor lección de vida y estar siempre pendiente de que llegase a lograr esta meta.

Además, no cabe duda agradecer a aquellos compañeros que estuvieron conmigo día y noche, colaborándonos unos con otros para así llegar a cumplir nuestras metas y aquellas amistades que en repetidas ocasiones me dieron consejos y el impulso de salir adelante cuando más uno desfallece mil y mil bendiciones a todos ellos.

## RESUMEN

La comunicación está asociada como factor primario en todo ser humano como forma de interacción en los diferentes ámbitos del diario vivir, por lo que se han creado sistemas que faciliten esta necesidad, sin embargo, dada la naturaleza imperfecta de nuestra humanidad es de vital importancia mejorar y actualizar constantemente nuestras creaciones. En el desarrollo de este trabajo se fundamenta el estudio y análisis de la red de fibra óptica que actualmente posee la Universidad De Pamplona en el campus principal, con la finalidad central de proponer dos diseños en topología en anillo o mixta con la respectiva simulación para cada uno bajo software libre, como una forma de plantear mejoras a la misma. Para tal fin se hizo necesario examinar proyectos anteriores con relación a la temática presentada como un apoyo académico y punto de partida. Realizada la propuesta en cuanto a diseños de red y simulación fue crucial realizar el estudio técnico y económico, donde se evidencian los equipos necesarios asociados a los costos en se incurriría en caso de llevarse a cabo la ejecución de este proyecto como tal. La propuesta nace como una idealización de lo que sería una posible forma de solucionar los cuellos de botella existentes en la red actual del alma mater con lo que además se descongestionarían los enlaces troncales con acceso a la información alternativa.

### **Palabras Clave:**

Diseño, Fibra Óptica, Red LAN, simulación, Software Libre, Topología En Anillo.

## **ABSTRACT**

Communication is associated as a primary factor in every human being as a form of interaction in the different areas of daily life, so systems have been created to facilitate this need, however, given the imperfect nature of our humanity, it is vital to improve and constantly update our creations. In the development of this work is based the study and analysis of the fiber optic network that currently has the Universidad De Pamplona in the main campus, with the central purpose of proposing two designs in ring or mixed topology with the respective simulation for each one under free software, as a way to propose improvements to it. For this purpose, it was necessary to examine previous projects in relation to the subject presented as an academic support and starting point. Once the proposal was made in terms of network design and simulation, it was crucial to carry out the technical and economic study, where the necessary equipment associated with the costs would be evidenced if it would be incurred in the execution of this project as such. The proposal was born as an idealization of what would be a possible way to solve existing bottlenecks in the current alma mater network, which would also relieve the trunk links with access to alternative information.

**Keywords:** Design, Fiber Optics, Free Software, LAN Network, Ring Topology, Simulation.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	16
1. DELIMITACIONES .....	17
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	18
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	19
1.3 OBJETIVOS .....	20
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
2. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEORICO.....	21
2.1 ESTADO DEL ARTE .....	21
2.1.1 DISEÑO Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA PARA EL CONTROL REMOTO DE 6 UNIDADES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.....	21
2.1.2 DISEÑO, IMPLANTACIÓN Y OPERACIÓN DE UNA RED MULTISERVICIO BASADO EN ANILLOS DE FIBRA.....	22
2.1.3 DISEÑO DE UNA RED CONVERGENTE DE FIBRA ÓPTICA PARA INTERCONECTAR LOS CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD DE LA AMÉRICAS	22
2.2 MARCO TEORICO.....	23
2.2.1 ANTECEDENTES.....	23
2.2.2 RED LAN .....	24
2.2.3 COMPONENTES FÍSICOS .....	24
2.2.4 COMPONENTES LÓGICOS .....	26
2.2.5 NORMATIVA PARA FIBRA ÓPTICA.....	27
2.2.5.1 ESTANDAR ANSI/TIA/EIA-568-B.3-1 .....	27
2.2.5.2 ESTANDAR IEEE 802.3ae.....	27
2.2.5.3 ESTANDAR ANSI/TIA/EIA-568-B.3 .....	28
2.2.5.4 ESTANDAR ACTUALIZADO ANSI/TIA/EIA-568-B.3-1 .....	28
2.2.6 TOPOLOGIA DE RED .....	29
2.2.6.1 CARACTERÍSTICAS DE UNA TOPOLOGÍA DE RED .....	29
2.2.7 TIPOS DE TOPOLOGIA DE RED .....	29
2.2.7.1 TOPOLOGÍA EN ANILLO .....	30
2.2.7.2 TOPOLOGÍA EN ESTRELLA.....	31



2.2.7.3	TOPOLOGÍA EN MALLA .....	31
2.2.7.4	TOPOLOGÍA HIBRIDA.....	32
2.2.8	COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS EN UN DISEÑO DE FIBRA ÓPTICA .....	33
2.2.8.1	RACK .....	33
2.2.8.2	DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA – ODF .....	33
2.2.8.3	FIBRA MONOMODO .....	34
2.2.8.4	FIBRA MULTIMODO.....	35
2.2.8.5	CONECTOR TRANCEIVER (SFP) .....	36
2.2.9	OTDR .....	38
2.2.9.1	EMPALME DE FIBRA ÓPTICA.....	38
2.2.10	ANTENA airFiber 24.....	39
3.	DESARROLLO .....	41
3.1	METODOLOGÍA .....	41
3.2	CUADRO DE LA RED LAN DE FIBRA ÓPTICA ACTUAL .....	42
3.2.1	ESQUEMA DE LA RED LAN ACTUAL.....	42
3.2.2	DISEÑO DE LA RED LAN DE FIBRA ÓPTICA ACTUAL .....	44
3.2.3	ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE TRANSITO DE DATO DE LA RED LAN ACTUAL DE FIBRA ÓPTICA .....	47
3.2.4	ANÁLISIS DEL DISPOSITIVO OTDR.....	47
3.2.5	VALORES TEÓRICOS DE ATENUACIÓN DE ENLACES DE FIBRA ÓPTICA .....	52
3.2.6	CALCULO.....	53
3.2.7	Pérdida total de la red LAN de fibra óptica por tramos .....	55
3.2.8	VIDA UTIL .....	56
3.3	PLANTEAMIENTO DE UNA SOLUCIÓN.....	57
3.4	ACTIVIDAD DE LA PROPUESTA.....	58
3.5	CRITERIOS PARA EL DISEÑO EN MALLA DE FIBRA ÓPTICA .....	58
3.5.1	PARÁMETROS BÁSICOS.....	58
3.5.2	POSIBILIDAD DE AMPLIACIONES FUTURAS EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA MALLA.....	59
3.5.2.1	Ubicación geográfica.....	59
3.5.2.2	Selección de la ruta del tendido del cable de fibra óptica. ....	60

3.5.2.3	Análisis de tipo de cable de fibra a utilizar. ....	61
3.5.3	REQUERIMIENTOS PARA EL ENLACE DE FIBRA ÓPTICA. ....	62
3.5.4	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS .....	63
3.5.5	CÁLCULOS GENERALES PARA LOS TENDIDOS DE FIBRA ÓPTICA 64	
3.5.6	TIPOS DE CONECTORES A UTILIZAR .....	65
3.5.7	CAJA DE DISTRIBUCIÓN DE PIGTAIL .....	65
3.5.8	FORMA DE FUSIÓN O EMPALME DE LA FIBRA ÓPTICA.....	66
3.6	PROPUESTA DE DISEÑO DE ESQUEMA DE RED LAN DE FIBRA ÓPTICA EN ANILLO O MIXTA, PARA EL CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA.....	69
3.6.1	<b>Descripción del diseño planteado</b> .....	69
3.6.2	ESTRATEGIA DE DISEÑO .....	71
3.7	DISEÑO DE LA RED LAN TIPO MALLA DE FIBRA ÓPTICA PARA EL CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA 2018 .....	72
3.7.1	PROCESOS Y DESCRIPCIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DEL DISEÑO Y SIMULACIÓN .....	75
3.7.2	CONVENCIÓN DE HILOS DE FIBRA ÓPTICA .....	80
3.7.3	SUBSISTEMA DE CAMPO .....	82
3.7.4	REPORTE FOTOGRÁFICO .....	84
3.7.5	ESPECIFICACIONES TECNICAS.....	84
3.8	PROPUESTA DE DISEÑO DE ESQUEMA DE RED EN RADIO FRECUENCIA DE FIBRA ÓPTICA EN ANILLO O MIXTA, PARA EL CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA. ....	87
3.8.1	UBICACIÓN SATELITAL GEORREFERENCIADA .....	90
3.8.2	PÉRDIDAS POR ESPACIO LIBRE .....	94
3.8.3	PÉRDIDAS POR TIERRA PLANA.....	97
4.	ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE CUADROS. ....	100
4.1	ANÁLISIS Y REQUERIMIENTOS .....	100
4.1.1	ESTUDIO DE LAS TECNOLOGÍAS. ....	100
4.2	DESVENTAJAS: .....	101
4.3	PLANIFICACIÓN DE LA RED.....	102
4.4	EQUIPAMIENTO.....	102

4.5 ESTUDIO ECONÓMICO DE LA RED LAN DE FIBRA ÓPTICA DEL CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA .....	111
5. RESULTADOS .....	113
5.1 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA ACTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA CAMPUS PRINCIPAL. ....	113
5.2 RESULTADO DE LA PROPUESTA DE DOS DISEÑOS Y LA SIMULACIÓN DE CADA UNO DE LOS ESQUEMAS MIXTO O DE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA PARA EL CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA. ....	115
5.3 RESULTADO DE LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE CUADROS, EQUIPOS Y SELECCIÓN PARA UNA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA.....	118
6. CONCLUSIONES .....	121
7. RECOMENDACIONES.....	123
BIBLIOGRAFIA .....	124
ANEXOS .....	125

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Fibra óptica recomendada según aplicación. ....	29
Tabla 2. Clases de fibra óptica multimodo .....	36
Tabla 3. Tipos de pigtail .....	38
Tabla 4. Distribución Switch por bloque con su respectiva ubicación .....	46
Tabla 5. Datasheet OTDR .....	49
Tabla 6. Descripción del proceso de mediciones con el OTDR.....	50
Tabla 7. Valores de atenuación por empalme, conector y tramo por km .....	53
Tabla 8. Cálculo de atenuación por tramo.....	53
Tabla 9 Casos ideales en fibra óptica .....	55
Tabla 10. Tipo de fibra en función de la longitud del canal Ethernet. ....	61
Tabla 11. Parámetros de los equipos.....	63
Tabla 12. Transmisor s.....	63
Tabla 13. Características de tránsito de datos del tramo .....	64
Tabla 14. Especificaciones Patch Cord LC/PC .....	65
Tabla 15. Cantidad de material a usar en el diseño de anillo. ....	72
Tabla 16. Medidas caja a caja del tendido interbloques.....	75
Tabla 17. Localización georreferenciada de la ubicación de las antenas.....	91
Tabla 18. Cálculo de mediciones de enlaces interbloques.....	94
Tabla 19. Distancia usada para los cálculos .....	95
Tabla 20. Datos calculados de las pérdidas por espacio libre.....	96
Tabla 21. Distancia usada para los cálculos. ....	97
Tabla 22. Datos calculados de las pérdidas por Tierra Plana .....	98
Tabla 23. Datos de los cálculos hechos de pérdidas. ....	99
Tabla 24. Cisco Catalyst 4500-X Switch Series Performance and Scalability Features .....	102
Tabla 25. Propiedades de fibra óptica multimodo .....	107
Tabla 26. Especificaciones y características del Pigtail .....	110
Tabla 27. Comparaciones económicas entre los dos diseños propuestos.....	111
Tabla 28 Margen de porcentaje de error de pérdida total en la fibra óptica .....	114
Tabla 29 Presupuesta Diseño red LAN de fibra óptica.....	118
Tabla 30 Presupuesto diseño red redundante en radiofrecuencia .....	119

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de un sistema de red LAN.....	24
Figura 2. Switch cisco 3960 .....	25
Figura 3. Cable de Fibra Óptica Multimodo 50/125 OM3 Exterior/Interior LSZH....	26
Figura 4. patch cord fibra óptica mm 50/125 om3 lc duplex pulitura upc chaqueta 3.0mm color aqua 10 gbit lszh 3m .....	26
Figura 5. Protocolo tcp/ip.....	27
Figura 6. Configuración topológica en anillo .....	30
Figura 7. configuración topológica en estrella.....	31
Figura 8. configuración topológica en malla .....	32
Figura 9. configuración topológica hibrida .....	32
Figura 10. Rack.....	33
Figura 11. ODF y sus componentes .....	34
Figura 12. Fibra óptica monomodo .....	35
Figura 13. Fibra óptica multimodo .....	36
Figura 14. Transceiver .....	37
Figura 15. Físico de un pigtail.....	37
Figura 16. OTDR-plataforma FTB-1 .....	38
Figura 17. Empalme de fibra óptica.....	39
Figura 18. Antena airFiber 24 .....	40
Figura 19. Metodología .....	42
Figura 20. Red en estrella extendida de la U.P .....	43
Figura 21. Distribución de red LAN de fibra óptica campus principal .....	45
Figura 22. Switch Cisco 2960-s.....	46
Figura 23. OTDR.....	48
Figura 24. Ubicación georreferenciada .....	60
Figura 25. Caja ODF (Distribución de Fibra Óptica).....	65
Figura 26. Empalme o Fusión de los hilos de fibra óptica .....	66
Figura 27. Esquema de propuesta de fibra óptica a implementar .....	70
Figura 28. Plano topográfico medición de la ducteria de la fibra óptica. ....	71
Figura 29. Planimetría de la fibra óptica 2018 .....	74
Figura 30. Convención de medidas para el plano de red de distribución física de la fibra óptica. ....	79
Figura 31. Empalme mufla: bandeja de distribución de fibra óptica para utilizar en el exterior y derivar conexiones de fibra óptica y tener mayor alcance. ....	80
Figura 32. RACK: es el gabinete de disposición final de los Switch, Reuter y servidores utilizado en el proyecto.....	80
Figura 33. Tubos: convención de las diferentes dimensiones de los tubos utilizado en el proyecto. ....	80
Figura 34. Access Point: punto de acceso inalámbricos utilizados en el proyecto.	81
Figura 35. Conectores: uniones conectorizadas utilizada de tipo de conector Lc –Lc .....	81

Figura 36. CABLE DE FIBRA ÓPTICA: cable utilizado para conectar los diferentes bloques en planta externa. ....	81
Figura 37. Dimensiones de cajas dejadas en sitio de obra nueva .....	81
Figura 38. Disposición de cajas dentro del proyecto ya establecidas.....	82
Figura 39. Forma correcta de interpretar las siglas encontradas dentro del plano de red física.....	82
Figura 40. Antena airFiber 24 .....	88
Figura 41. Especificaciones de la antena airFiber 2 .....	89
Figura 42. Vista satelital de la red redundante de radio frecuencia .....	92
Figura 43. Características de enlaces entre antenas .....	93
Figura 44. Switch 4550 cisco .....	102
Figura 45. Cable de Fibra Óptica Multimodo OM3.....	107
Figura 46. PATCH CORD FIBRA ÓPTICA MM 50/125 OM3 LC DUPLEX PULITURA UPC CHAQUETA 3.0MM COLOR AQUA 10 GBIT LSZH 3M .....	108
Figura 47. Pigtail Fibra Óptica LC Multimodo Simplex XGLO/10G 1mt. ....	109
Figura 48. Tranceiver .....	110
Figura 49. Revisión de las cajas por donde existe el tendido de la fibra óptica....	125
Figura 50. Cajas existentes por donde pasa la fibra óptica.....	125
Figura 51. Medición de la ducteria de la fibra óptica. ....	126

## TABLA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Atenuación total por tramo.....	53
Ecuación 2. Modulación de potencia.....	55
Ecuación 3 : Potencia de recepción mínima.....	64
Ecuación 4. Distancia máxima .....	67
Ecuación 5. Ancho de banda mínimo.....	67
Ecuación 6. Ancho espectral.....	68
Ecuación 7. Potencia mayor.....	68
Ecuación 8. Ancho de banda.....	69
Ecuación 9. Perdidas por espacio libre .....	95
Ecuación 10. Pérdidas por tierra plana .....	97
Ecuación 11 Margen de porcentaje de error de pérdida total en la fibra óptica. .	114

## INTRODUCCIÓN

Una de las tecnologías más desarrolladas en cuanto al manejo de transmisión de información en la última década es la fibra óptica. Incurriendo a este esbozo es puntual resaltar las grandes ventajas de la utilización de la fibra óptica en las redes de la actualidad como elemento que mejora la calidad de transmisión en las mismas, sin embargo, por muy novedosa que sea cualquier tecnología es sumamente importante realizar actualizaciones pertinentes, teniendo en cuenta el desgaste de los materiales, el aumento de los usuarios asociados y por supuesto a los cambios en infraestructura a los que se puedan ver sometidos.

Con este proyecto se busca proponer un esquema de un sistema de red mixta en anillo de fibra óptica, redundante que permita tener contingencia y evitar caída en la transmisión de datos, mejorando la calidad de servicio para así evitar en lo posible cualquier eventualidad en la misma. En adición es pertinente mencionar que la eficacia de esta red LAN aporta a la mejora de los procesos administrativos y académicos, por el aporte a las condiciones de ejecución de tareas para los usuarios, apuntando además a ir a la par de la vanguardia de muchas universidades en nuestro país en cuanto a redes de datos se refiere.



## CAPITULO I

### 1. DELIMITACIONES

Se deja un estudio técnico y económico bien estructurado para una futura implementación del esquema de red LAN de fibra óptica del campus principal de la Universidad de Pamplona, sin compromiso de implementación de la misma.

Por medio de un software de evaluación o licencia libre, se desarrollará una simulación del esquema de red LAN de fibra óptica propuesto para el mejoramiento de la misma, mostrando la potencia de transmisión de datos y su velocidad.

Para dicho proyecto se utilizará un presupuesto aproximado de 500.000 a 750.000 pesos así:

- ❖ 100.000 pesos en eventos, imprevistos y anexos.
- ❖ 150.000 pesos en la compra de una etiquetadora y sus dispositivos.
- ❖ 100.000 pesos de papelería, impresiones, encuadernación y útiles.
- ❖ 90.000 pesos de internet para investigaciones y estudio de diseños de red y sus derivaciones.
- ❖ 100.000 pesos en conectores y cable para la construcción de patch cord, en la organización de las conexiones de los bloques.
- ❖ 200.000 en herramienta y material de protección para el desarrollo de la actividad de trabajo de campo y overol.
- ❖ En la simulación, exposiciones y eventos conexos se utilizará un computador, un Videobeam y un presentador con láser.

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las compañías necesitan de conexión de Internet rápida y de alta calidad para procesar grandes montos de información. Hoy es más imprescindible que nunca para las empresas tener una buena conexión de Internet de fibra óptica. No existe ningún medio de transmisión de datos basado en cable que ofrezca banda ancha como fibra óptica. [1]

La propuesta de este estudio, análisis, diseño de red en la topología escogida y las respectivas simulaciones surge de investigar acerca de las condiciones en las que se encuentra la red LAN implementada en la Universidad De Pamplona en su campus principal y sus características, encontrando que la misma fue instalada hace más de 20 años, lo que indica que es necesario un cambio por ser de baja capacidad en cuanto a potencia de transmisión y recepción de datos y no poseer contingencia, en contraste, con la cantidad de usuarios que semestre a semestre se hace mayor. Es claro que los avances tecnológicos conllevan a modificaciones en los equipos existentes o en su defecto actualización, así como en algunos casos modificaciones en las estructuras de nuestros inmuebles y en este centro de impartición de saberes ha sufrido reformas que por el momento no son suficientes. Razones suficientes para realizar esta propuesta en la que se definirán puntos clave para optimizar el sistema de comunicación de la academia.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Hoy se habla de 25 a 30 años de vida útil de las fibras ópticas, sin embargo, no existe una clara definición acerca de este concepto, porque pueden incidir muchos factores, por ejemplo, uno de ellos, el climático[2].

Teniendo en cuenta que en la Universidad de Pamplona fue instalada la red LAN de fibra óptica hace más de 20 años, encontramos que los materiales se encuentran casi al tope de su vida útil, adicionando las incidencias que ha sufrido la mencionada red por acción de la naturaleza, trabajos de adecuación en cuanto a infraestructura y daños en algunos equipos de forma accidental.

Las ventajas de contar con un diseño simulado bajo software libre como idea inicial son muchas, la primera de ellas es abrir camino a una posible implementación a futuro por parte de la Universidad De Pamplona, seguida de brindar una solución próxima a los inconvenientes en cuanto a conectividad se refiere en el campus principal, ya que se busca proponer una forma de optimizar la red y aprovechar las características de esta tecnología.

Este trabajo destaca las grandes utilidades de la fibra óptica, cuya principal característica es la velocidad de transmisión como medio guiado que brinda la posibilidad de hacer más amena la vida estudiantil, administrativa y académica en cuanto a comunicación se refiere, interconectar nuestros bloques eficientemente, reduciendo pérdida de datos al incluir un plan de contingencia como respaldo primordial.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Proponer un esquema de un sistema de red mixta o en anillo de fibra óptica para el campus principal de la Universidad de Pamplona.

### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la Red de fibra óptica actual de la Universidad de Pamplona Campus Principal, su esquema, diseño y capacidad de transito de datos.
- Proponer dos Diseños y la Simulación de cada uno de los esquemas mixto o de anillo de fibra óptica para el campus principal de la Universidad de Pamplona.
- Realizar el estudio técnico y económico de cuadros, equipos y selección para una implementación de la red de fibra óptica en el campus principal de la Universidad de Pamplona.

## CAPITULO II

Este capítulo denota trabajos anteriores donde se enuncia la versatilidad de la fibra óptica en la implementación de redes, en relación a propuesta proyectada, destacando la importancia y ventajas de la topología de red en malla, información necesaria que determina un punto de partida en la elaboración del documento escrito.

### 2. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEORICO

#### 2.1 ESTADO DEL ARTE

La fibra óptica tuvo inicios cuando el físico irlandés John Tyndall descubrió, en el siglo XIX, que la luz puede viajar a través de agua. Casi un siglo más tarde, en 1952, otro físico, Narinder Singh Kapany, se apoyó en los estudios de Tyndall e inventó la fibra óptica. Al principio, se utilizó para la transmisión de imágenes en el endoscopio médico. durante toda la década de los 70 hubo diversos experimentos y estudios en los que la atenuación iba bajando cada vez más. Todo ello hizo que la fibra óptica fuera mejorando su transparencia cuantas más investigaciones se hacían. En 1980, los científicos Payne y Desurvire inventan un amplificador óptico con el que se hizo más eficiente las comunicaciones interurbanas.[3]

Dado este magnífico avance tecnológico que además converge en la física se han visto grandes avances en cuanto a redes y forma de interactuar con las mismas se refiere, por lo que algunos autores dedicaron su valioso tiempo en estudiar las bondades que ofrece el mismo.

A continuación, se destacan trabajos de autores relacionados con lo propuesto:

##### 2.1.1 DISEÑO Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA PARA EL CONTROL REMOTO DE 6 UNIDADES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

**Autor(es):** Ing. Alfredo Henríquez Garino.

**Fecha:** 2012.

El Ing. Alfredo Henríquez tuvo como objetivo principal: “diseñar e implementar una red de datos de alta velocidad a base de fibra óptica para conectar las seis unidades de generación eléctrica, con el cuarto de control de la central Termogás Machala II en Santiago De Guayaquil; con la finalidad de que la conexión permitiera operar y monitorear de manera remota los mencionados turbogeneradores. La nueva red de datos permitió al personal de operaciones realizar manipulaciones en tiempo real de presión, temperatura, velocidad, corriente, voltaje, potencia, entre otras. Con la

implementación de esta red, se eliminaron las deficiencias y problemas de comunicación que se tenían con la red anterior gracias a la adición de una red tipo anillo implementada en fibra óptica”.[4]

### 2.1.2 DISEÑO, IMPLANTACIÓN Y OPERACIÓN DE UNA RED MULTISERVICIO BASADO EN ANILLOS DE FIBRA.

J Prieto, (2014): Diseño de una red de acceso mediante fibra óptica, 2014 en la universidad politécnica de Madrid escuela técnica superior de ingeniería y sistemas de telecomunicación. El diseño llega a las siguientes conclusiones:

Durante el desarrollo del presente proyecto se ha abordado desde diferentes vías la instalación de una red de acceso mediante fibra óptica. Este estudio arroja una extensa comprensión de la fibra óptica en diferentes ámbitos, siendo estos:

- Estudio teórico, y propiedades técnicas de la fibra óptica.
- Técnicas de manipulación de la fibra óptica, y características de las aplicaciones para las cuales la fibra óptica se ofrece como una solución eficaz y fiable.
- Planificación y diseño de una red de acceso basada en fibra óptica.
- En primer lugar, es preciso realizar un estudio teórico sobre las características de la fibra óptica, junto con las propiedades de los elementos activos y pasivos que interactúan con ella, para poder comprender la tecnología en la que se basa y así ofrecer una solución final acorde a las necesidades que se presenten.[5] Junto con los requisitos de cara al diseño de la red y a la gestión de proyectos. Dicho estudio abarca desde los diferentes niveles de subredes interconectadas entre sí hasta estudios de mercado, cuestiones legales, y los primeros pasos en las fases de diseño con balances de enlace, elección de materiales y replanteo. El despliegue de una red de acceso no deja de ser un proyecto de telecomunicación y, como tal, resolver estas cuestiones no deja de ser imprescindible para el desarrollo del mismo.

Gracias a este proyecto y a otros estudios, se ha demostrado que la tecnología de fibra óptica es apta para las crecientes demandas de servicios como la red LAN e Internet, dentro de la Universidad de Pamplona, dando mayor eficiencia en el servicio de datos, se obtiene un conocimiento para la implementación de nuevos sistemas de tecnología aptos para la actualidad en la que se vive hoy en día.

### 2.1.3 DISEÑO DE UNA RED CONVERGENTE DE FIBRA ÓPTICA PARA INTERCONECTAR LOS CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD DE LA AMÉRICAS

C Caizaguano, L Santiago, (2015), Diseño de una red convergente de fibra óptica para interconectar los Campus de la Universidad de la Américas, 2015, en la Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, el diseño llega a las siguientes

conclusiones:

El análisis de los equipos que posee la UDLA generó una visión real del equipamiento que posee en cuanto a infraestructura tecnológica, en base a este análisis se determinaron criterios para el diseño de los enlaces y las características de los equipos necesarios en cada uno de ellos.

La fibra óptica es uno de los mejores medios para transporte de información, esto debido a sus características como gran ancho de banda, velocidad de transmisión, inmunidad a interferencias de varios tipos, etc. Uno de los factores que degrada el funcionamiento óptimo de la fibra es la dispersión, por lo que existen formas de eliminarla, esto se realiza en diferentes longitudes de onda, lo cual permite que la fibra manipulada pueda transportar información en el orden de los 10, 20 - 40 Gbps por cada canal, y utilizando sistemas DWM y DWDM esta capacidad llega a los Tbps.[6]

El diseño presenta un alto nivel de confiabilidad, escalabilidad, y disponibilidad de la información ya que contamos con enlaces de respaldo que se activan en menos de 2 segundos cuando el principal ha fallado, los equipos que la UDLA son totalmente configurables y poseen sensores en sus interfaces a las que están conectados los enlaces principales y de respaldo los cuales detectan la caída de las comunicaciones por el enlace principal y activan en este tiempo los enlaces de respaldo.

La implementación del diseño es relativamente económica del manejo, el transporte y administración de su información nos aporta información valiosa para crear un diseño en el cual se tenga un respaldo de continuidad del servicio de datos LAN en nuestra alma Mater, dando eficiencia en el servicio de la red de fibra óptica en el campus principal de la Universidad de Pamplona.

## **2.2 MARCO TEORICO**

### **2.2.1 ANTECEDENTES**

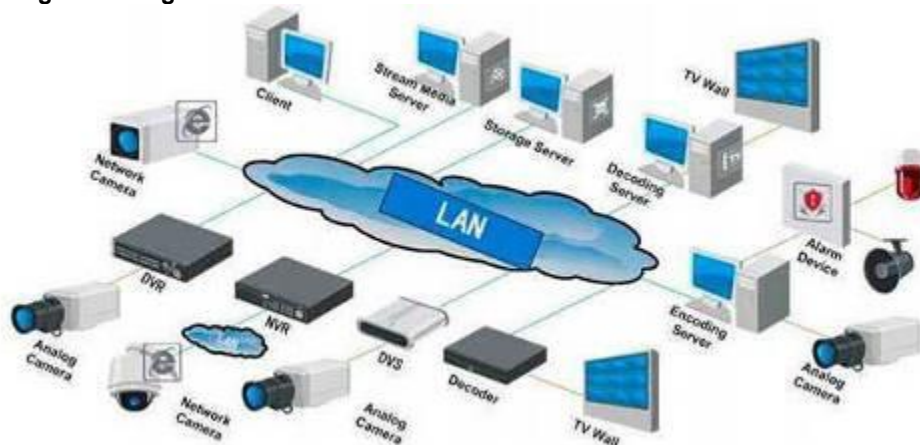
La Universidad de Pamplona en la dependencia infraestructura tecnológica, no se cuenta con un registro actualizado de las bitácoras de vida de servicios de los diferentes componentes de red, del licitador y la topología física de la misma, además viendo el avance tecnológico de hoy en día, nos encontramos que esta red está muy ambigua a la actualidad, teniendo como consecuencia caídas en el tráfico de datos, largas esperas en la reparación de conectividad de la misma en los diferentes órganos internos del alma mater, llevando muchas veces a una lentitud y constantes inconvenientes en los envíos de documentos, memorandos, etc. Se quiere decir que este sistema actual es ineficiente por no tener una contingencia

para solucionar toda la problemática que se genera día a día en los diferentes procesos interinstitucionales.

## 2.2.2 RED LAN

En la **Figura 1**, se muestra la estructura de una red LAN, permitiendo la interconexión de cierto número de ordenadores y periféricos de este modo pueden estar interconectados y compartir recursos.

**Figura 1. Diagrama de un sistema de red LAN**



Fuente: <https://bit.ly/2vcsMDK>

Las redes locales permiten interconectar ordenadores que estén dentro de un mismo edificio (ya sea dentro del mismo edificio como a otro que se encuentra a cierta distancia), pero siempre teniendo en cuenta que el medio físico que los une no puede tener más de unos miles de metros. En una red existen tanto componentes físicos como componentes lógicos ambos indispensables para su correcto funcionamiento.

## 2.2.3 COMPONENTES FÍSICOS

**SWITCH 3960 CISCO:** Dispositivo creado para controlar e interconectar diferentes dispositivos y periféricos en una red LAN por cable UTP permitiendo conexión de cableado en fibra óptica.

En la **figura 2**, se muestra un Switch cisco 3960 el cual permite conexión en dos medios de transmisión como fibra óptica y par trenzado



Figura 2. Switch cisco 3960



Fuente: <https://cutt.ly/RDrEos>

## WITCH CATALYST 3650

### CARACTERÍSTICAS ESPECIFICAS:

- 24 puertos Ethernet 10/100/1000 independientes
- con fuente de alimentación AC 350W
- 1 RU
- IP Base

### APLICACIONES:

Los switches de la serie Catalyst 3650 de Cisco son conmutadores de acceso apilables de clase empresarial que proporcionan la base para una convergencia total cableada e inalámbrica en una sola plataforma.

Los switches de la serie Catalyst 3650 de Cisco están alimentados por el nuevo ASIC del Plano de datos de acceso unificado (UADP) de Cisco y se basan en la tecnología avanzada Cisco StackWise-160. Permite la aplicación uniforme de políticas inalámbricas por cable, la visibilidad de las aplicaciones, la flexibilidad, la optimización de las aplicaciones y una resistencia superior.

Los switches de la serie Cisco Catalyst 3650 son compatibles con IEEE 802.3at Power over Ethernet Plus (PoE +), ventiladores redundantes y nuevas fuentes de alimentación frontales. Los switches Cisco Catalyst 3650 mejoran la productividad al permitir aplicaciones como telefonía IP, redes inalámbricas y video para una verdadera experiencia de red sin fronteras..[7]

**CABLEADO:** Es el conjunto de cables, conexiones, canales etc.

En la **figura 3**, se muestra unos de los cables de fibra óptica más comerciales en Colombia.

Figura 3. Cable de Fibra Óptica Multimodo 50/125 OM3 Exterior/Interior LSZH



Fuente: <https://bit.ly/32sg03i>

**PATCH CORD:** Cable de conexión de fibra óptica.

La **figura 4**, muestra un modelo de patch cord conocido en el mercado colombiano.

Figura 4. patch cord fibra óptica mm 50/125 om3 lc duplex pulitura upc chaqueta 3.0mm color aqua 10 gbit lszh 3m

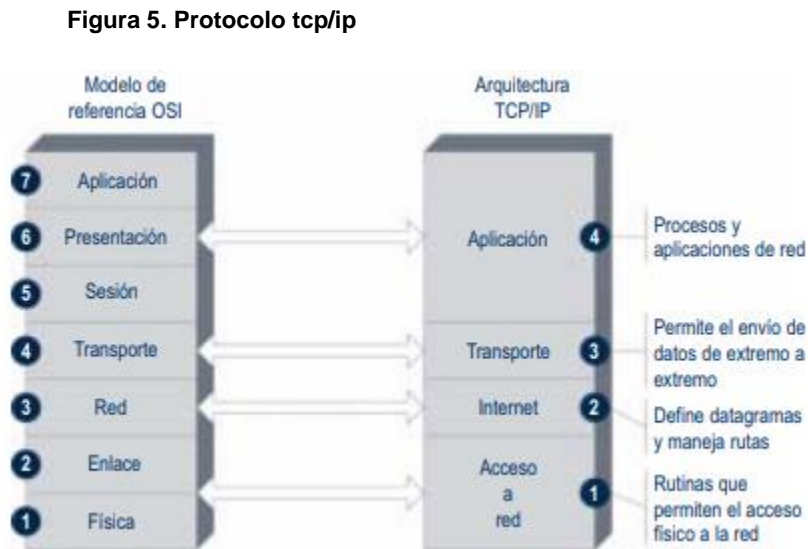


Fuente: <https://cutt.ly/EDiyBb>

## 2.2.4 COMPONENTES LÓGICOS

El protocolo TCP/IP fue creado antes que el modelo de capas OSI, así que los niveles del protocolo TCP/IP no coinciden exactamente con los siete que establece el OSI. Existen descripciones del protocolo TCP/IP que definen de tres a cinco niveles. La Figura 5.1 representa un modelo de cuatro capas TCP/IP y su correspondencia con el modelo de referencia OSI. Los datos que son enviados a la red recorren la pila del protocolo TCP/IP desde la capa más alta de aplicación hasta la más baja de acceso a red. Cuando son recibidos, recorren la pila de protocolo en el sentido contrario. Durante estos recorridos, cada capa añade o sustrae cierta información de control a los datos para garantizar su correcta transmisión.[8]

La **figura 5**, muestra las capas del modelo TCP/IP en donde se resume el modelo OSI.



Fuente: <https://cutt.ly/QDOvT9>

## 2.2.5 NORMATIVA PARA FIBRA ÓPTICA

### 2.2.5.1 ESTANDAR ANSI/TIA/EIA-568-B.3-1

Aunque ya hace varios años que 10 GBE es soportado por fibra óptica, parece que sabemos muy poco al respecto, a pesar de que se cuenta con el estándar IEEE 802.3ae por el lado del equipamiento activo y con el estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3-1 por el lado de la infraestructura pasiva de telecomunicaciones. Conozcamos un poco acerca de ambos estándares.[9]

### 2.2.5.2 ESTANDAR IEEE 802.3ae

Publicado en el 2002, este estándar especifica 10 Gigabit Ethernet a través del uso de la Subcapa de Control de Acceso al Medio (MAC) IEEE 802.3, por medio de Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Detección de Colisiones (CSMA/CD), conectada a través de una Interfaz Independiente del Medio Físico de 10 Gbps (XGMII) a una entidad de capa física tal como 10GBASE-SR, 10GBASE-LX4, 10GBASE-LR, 10G BASE-ER, 10GBASE-SW y 10GBASE-EW, permitiendo 10 Gbps hasta 40 km y garantizando una Tasa de Bits Errados (BER) de 10<sup>-12</sup>. Su operación es en modo full dúplex y se encuentra especificada para operar sobre fibra óptica.[9]

10GBASE-R es la implementación más común de 10GBE y utiliza el método de codificación 64B/66B, en el cual 8 octetos de datos se codifican en blocks de 66

bits, los cuales son transferidos en forma serial al medio físico a una velocidad de 10 Gbps. 10GBASE-W es una opción que, mediante el encapsulamiento de las tramas 10GBASE-R en tramas compatibles con SONET y SDH, permite la conexión a la WAN.

Por su parte, 10GBASE-LX4 utiliza el método de codificación 8B/10B, dividiendo las tramas de datos de 32 bits y 4 bits de control en 4 grupos de 10 bits que se transmiten en forma simultánea e independiente, cada uno a una velocidad de 2,5 Gbps, mediante Multiplexación por División de Largo de Onda (Wavelength-Division Multiplexed-Lane, WDM).

Las letras "S", "L" y "E" hacen referencia al largo de onda de operación

- S=Short Wavelength – 850 nm
- L=Long Wavelength – 1300/1310 nm
- E=Extra Long Wavelength – 1550 nm.

Cabe destacar que en ninguno de estos casos se hace referencia a un tipo de fibra óptica específica establecida.

#### 2.2.5.3 ESTANDAR ANSI/TIA/EIA-568-B.3

Publicado en el 2000, el estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3 indica los requerimientos mínimos para componentes de fibra óptica utilizados en el cableado en ambientes de edificio, tales como cables, conectores, hardware de conexión, patch cords e instrumentos de prueba, y establece los tipos de fibra óptica reconocidos, los que pueden ser fibra óptica multimodo de 62.5/125  $\mu\text{m}$  y 50/125  $\mu\text{m}$ , y monomodo. Se especifica un ancho de banda de 160/500 MHz. Km para la fibra de 62.5/125  $\mu\text{m}$  y de 500/500 MHz. Km para la fibra de 50/125  $\mu\text{m}$ , y atenuación de 3.5/1.5 dB/Km para los largos de onda de 850/1300 nm en ambos casos respectivamente.[9]

#### 2.2.5.4 ESTANDAR ACTUALIZADO ANSI/TIA/EIA-568-B.3-1

Publicado en el 2002, este anexo entrega especificaciones adicionales para la fibra óptica de 50/125  $\mu\text{m}$  para proveer la capacidad de soportar transmisión serial a 10 Gbps mediante tecnología VCSEL a 850 nm hasta una distancia de 300 m, máxima distancia establecida por el estándar para el backbone interior. A este tipo de fibra se le conoce como fibra óptica optimizada para láser, o por la clasificación OM3. La fibra de 50/125  $\mu\text{m}$  OM3 está especificada para un ancho de banda de 1500/500 MHz•Km y atenuación de 3.5/1.5 dB/Km @ 850/1300 nm. Cabe destacar que este ancho de banda corresponde al determinado mediante el Método de Medición de Ancho de Banda por Lanzamiento Saturado de Modos (Overfilled Launch Bandwidth – OFL), sin embargo, la forma correcta de medir el desempeño de una fibra de 50/125  $\mu\text{m}$  mejorada para Láser es a través del Método de Medición de Ancho de Banda Efectivo por Lanzamiento de Láser (Effective Laser Launch Bandwidth – EFL), mediante el cual la fibra se certifica para un ancho de banda

efectivo de 2000/500 MHz•Km, extendiéndose así la máxima distancia alcanzable para la aplicación 10GBE Finalmente, dependiendo de las distancias que se desee alcanzar será la aplicación que se deberá escoger. Por lo general, esta decisión se basa en el costo de la aplicación, la infraestructura de cableado disponible y las proyecciones de crecimiento y migración futuras.[10]

La **tabla 1**, muestra el tipo de fibra óptica, su longitud de onda y las dimensiones máximas permitidas.

**Tabla 1. Fibra óptica recomendada según aplicación.**

LONGITUD DE ONDA	TIPO DE FIBRA Núcleo/Revestimiento	DISTANCIA MÁXIMA
850 nm	100/140 µm 85/125 µm 62,5/125 µm 50/125 µm	
1310 nm	50/125 µm 9/125 µm	
1550 nm	9/125 µm	

Fuente: Autor

## 2.2.6 TOPOLOGIA DE RED

### 2.2.6.1 CARACTERÍSTICAS DE UNA TOPOLOGÍA DE RED

**Topología física** – Concepto con el que se define la disposición real de las máquinas, los dispositivos de red, el cableado o los medios en la red.

**Topología lógica** – Esta es la forma mediante la cual las máquinas se comunican a través del medio físico. Las más comunes son broadcast o Ethernet y la transmisión de tokens o Token Ring.

**Topología matemática** – Son mapas de nodos y enlaces, casi siempre formando patrones o figuras geométricas.

## 2.2.7 TIPOS DE TOPOLOGIA DE RED

Los **tipos de topología de red** hacen alusión a la topología lógica mediante la cual se presentan las interconexiones entre los nodos de la red. Es una referencia

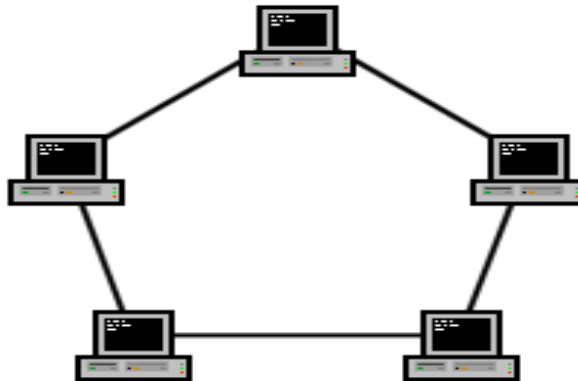
a una forma geométrica o una forma lógica en la que se distribuyen las estaciones de trabajo y cada uno de los medios que las conectan.

#### 2.2.7.1 TOPOLOGÍA EN ANILLO

Se encuentra compuesta únicamente por un anillo cerrado que está formado por nodos y enlaces, en donde cada nodo va a estar conectado únicamente con los dos nodos adyacentes.[11]

En la **Figura 6**, se muestra la configuración topológica en anillo en donde se observa la comunicación adyacente de los dos nodos de cada hosting.

**Figura 6. Configuración topológica en anillo**



Fuente: <https://bit.ly/2NUCRkU>

### 2.2.7.2 TOPOLOGÍA EN ESTRELLA

Es un tipo de **topología** en donde hay un nodo central a partir del cual se irradian los demás enlaces hacia los otros nodos. Es por el nodo central, casi siempre ocupado por un hub, en donde la información que circula por la red pasa.

En la **Figura 7**, se muestra la configuración topológica en estrella en donde se observa un concentrador de datos en donde la comunicación es distribuida a como hosting.

Figura 7. configuración topológica en estrella



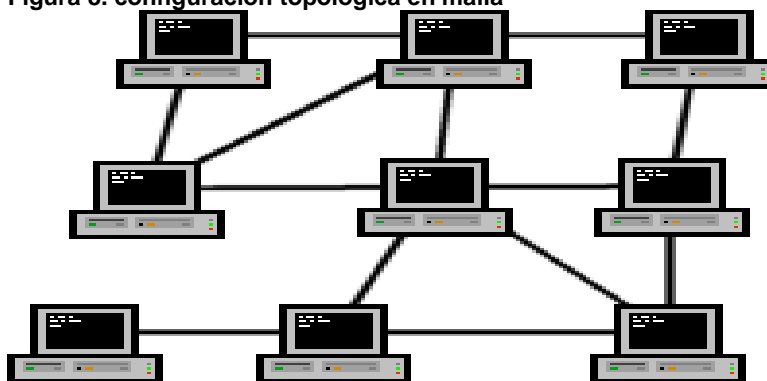
Fuente: <https://bit.ly/2G9QUN2>

### 2.2.7.3 TOPOLOGÍA EN MALLA

También conocida como **topología de malla completa**, implica que cada nodo se encuentra conectado a todos los demás nodos. En ese sentido, se pueden llevar los mensajes de un nodo al otro por diferentes caminos. En otras palabras, no es posible que exista alguna interrupción en las comunicaciones.

En la **Figura 8**, se muestra la configuración topológica en malla en donde se observa que cada nodo está interconectado haciendo que el envío y recibido de datos sea más eficiente.

Figura 8. configuración topológica en malla



Fuente: <https://bit.ly/2Vnxfi3>

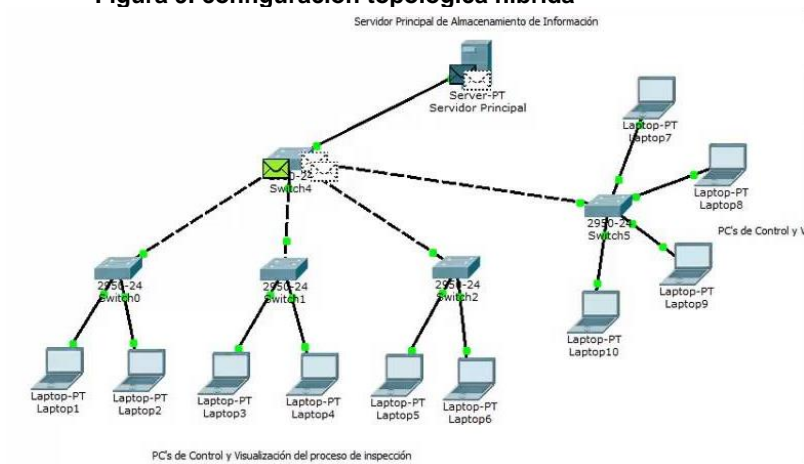
#### 2.2.7.4 TOPOLOGÍA HÍBRIDA

El canal, la estrella y el anillo se pueden combinar para formar topologías híbridas. La topología híbrida anillo – estrella, consiste físicamente en una estrella centralizada en un concentrador, mientras que, a nivel lógico, la red funciona como un anillo.

La topología híbrida canal – estrella es un canal o bus que se cablea físicamente como una estrella mediante concentradores, es decir consiste en la unión de dos o más redes con topología en estrella unidas mediante un cable lineal central que utiliza la topología en canal. En esta topología, la señal generada por un dispositivo, es enviada al concentrador, el cual la transmite al otro hub, conectado en el canal, y de este concentrador llega al dispositivo destino.

En la **Figura 9**, se muestra la configuración topológica el cual recoge varios tipos de topología.

Figura 9. configuración topológica híbrida



Fuente: Autor



## 2.2.8 COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS EN UN DISEÑO DE FIBRA ÓPTICA

### 2.2.8.1 RACK

El Rack es una estructura metálica, típicamente se utiliza para albergar los paneles de interconexión de fibras (ODFs), bandejas de empalme, equipos, elementos y cables de parcheo.

Resumiendo, un rack es un estante metálico cuya finalidad principal es la de alojar equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones donde las medidas para la anchura están normalizadas para que sean compatibles con el equipamiento de cualquier marca o fabricante.

Existen alternativas de racks abiertos, cerrados, para montar sobre pared, abatibles, etc.

La **Figura 10**, muestra un rack tipo para distribución en cuartos de telecomunicaciones.

Figura 10. Rack



Fuente: <https://bit.ly/2SoDSiT>

### 2.2.8.2 DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA – ODF

Elemento usado como punto de interconexión entre cable de fibra proveniente de la planta externa y equipos activos. Suele ser una caja metálica que posee uno o varios puertos de ingreso de cables, y un área de parcheo con faceplates con adaptadores o transiciones, en la cual se conecta la terminación del cable de fibra por el un extremo y el patch cord hacia el equipo activo por el otro extremo.

Dentro del ODF se colocan las bandejas de empalme, en donde se albergan las fusiones de fibra. Los ODF son de capacidades variables, y así mismo pueden tener varios tipos de adaptadores. Es conveniente que los ODFs contengan un área de para las reservas de los patch cords y que sean de bandeja deslizable.

El parcheo en un ODF puede ser frontal o transversal.

La **Figura 11**, muestra cómo se compone un ODF el cual se encarga de proteger los empalmes y distribución por medio de los PIGTAIL.

**Figura 11. ODF y sus componentes**



Fuente: <https://bit.ly/2YQXUpm>

### 2.2.8.3 FIBRA MONOMODO

Su principal ventaja ancho de banda prácticamente ilimitado, sólo se propaga un modo por lo que se evita la dispersión modal, debida a la diferencia de velocidad de propagación de los modos que se transmiten por la fibra. Esto se debe al pequeño tamaño de su núcleo menor de  $9\mu\text{m}$ . Esto dificulta el acoplamiento de la luz, pero permite alcanzar mayores distancias y tasas de transmisión más elevadas que la fibra óptica multimodo.[12]

**G.652 (C y D):** Utilizadas como fibra estándar en Telecom y para transmisión Ethernet a Gigabit y 10 Gigabit (ver tabla inferior). La denominación OS1 es cubierta por las fibras tipo de G652a, b c y d. La fibra tipo OS2 (desde 2006) fija características para las longitudes de onda 1310 nm 1550 nm y 1383 nm (fibras de bajo pico de agua, válidas para CWDM). Asimismo, la fibra OS2 es de aplicación como f.o. SM para aplicaciones de larga distancia

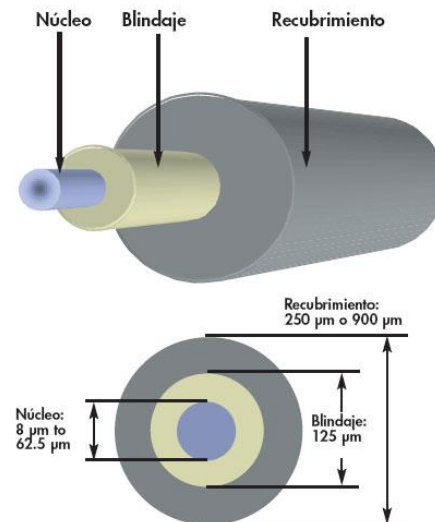
**G.655:** Fibra con dispersión desplazada no nula. Optimizada para aplicaciones de larga distancia a 1550 nm. Sus características se fijan a 1550 nm y 1625 nm, por lo que puede ser utilizada para multiplexación DWDM entre estas  $\lambda$ .

**G-656:** Fibra con dispersión desplazada no nula. Optimizada para aplicaciones de banda ancha. Sus características se fijan entre 1460 nm y 1625 nm, estando especialmente indicada para multiplexación CWDM y DWDM en ese ámbito de  $\lambda$ .

**G.657:** Fibra óptica con características especiales para su aplicación en FTTx (alta resistencia a la humedad y a las macro curvaturas), permite la transmisión a 1310, 1490 y 1550 nm.

En la **Figura 13**, se muestra la composición física de la fibra óptica monomodo desde el núcleo de la fibra hasta el recubrimiento externo del mismo.

**Figura 12. Fibra óptica monomodo**



Fuente: <https://bit.ly/2XJEDK4>

#### 2.2.8.4 FIBRA MULTIMODO

A diferencia de la anterior, en ella se pueden propagar varios modos de forma simultánea. El diámetro del núcleo de este tipo de fibra suele ser 50µm o 62.5µm, por lo que el acoplamiento de la luz es más sencillo que la anterior.[12]

Existe una normativa que establece un color determinado para el cable según el tipo de fibra:

Naranja, Fibra Multimodo OM1, OM2

Amarillo, Fibra Monomodo OS1, OS2

Azul, Fibra óptica Multimodo 50/125µm 10 Gb optimizada para laser (OM3, OM4).

**50/125 µm:** Fibra utilizada habitualmente en aplicaciones informáticas. Clasificada en varios tipos (**OM1, OM2, OM3 y OM4**) en función de su ancho de banda, de su aplicación (ver tabla abajo) y de la distancia cubierta por el enlace. La de tipo OM2 permite soluciones económicas al utilizarla para la transmisión analógica de señal banda base (CCTV) en distancias hasta 2 o 3 Km.

**62,5/125 µm:** De aplicación frecuente en redes Ethernet 10/100. En instalaciones CCTV

banda base, permite alcances de hasta 4 Km (850 nm) o 10 Km (1300 nm).

En la **tabla 2**, se muestra la clasificación de los diferentes tipos de fibra óptica que se encuentra en el mercado según el ancho de banda que soportan.

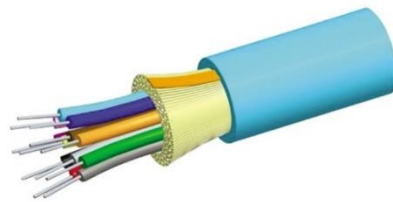
**Tabla 2. Clases de fibra óptica multimodo**

Canal de Fibra	Fast Ethernet 100 Base T	GigaBit Ethernet		10 Gigabit Ethernet 10 G Base SR/SW
		1000 Base SX 850 nm	1000 Base SX 1310 nm	
<b>OF 300</b>	OM1	OM2	OM1/OM2	OM3
<b>OF 500</b>	OM1	OM2	OM1/OM2	OS1
<b>OF 2000</b>	OM1		Especial	OS1

Fuente: Autor

La **Figura 12**, muestra el físico de la fibra óptica multimodo

Figura 13. Fibra óptica multimodo



Fuente: <https://bit.ly/2XJOPCq>

#### 2.2.8.5 CONECTOR TRANCEIVER (SFP)

El transceptor transceiver de fibra óptica se utiliza ampliamente para los dispositivos de conexión de red como switches, NIC (tarjeta de interfaz de red) y convertidores de medios que los hace necesarios en conexiones de fibra ópticas. El módulo SFP que ha sido la cabeza industrial durante los últimos quince años.

La **figura 14**, muestra el físico de un transceiver mejor conocido como modulo SFP.

**Figura 14. Transceiver**



Fuente: <https://cutt.ly/tDTK7B>

#### 2.2.8.5.1 PIGTAIL

Es un conector o terminal de fibra óptica el cual viene una de sus extremos preinstalado de fábrica y el otro extremo está disponible para una futura fusión o empalme.

En la **figura 15**, se muestra uno de los tipos de los conectores Pigtail utilizados para empalmes.

**Figura 15. Físico de un pigtail**



Fuente: <https://bit.ly/30B0ikF>

La **tabla 3**, resume los tipos de pigtail más conocidos en el mercado.

**Tabla 3. Tipos de pigtail**

TIPOS DE TERMINALES O CONECTORES DE PIGTAIL	
FC/PC	FC
SC/PC	SC
ST/PC	ST
COMPATIBLE	
LC	LC
MTP (NO PINS)	MTP
MTRJ (NO PINS)	MTRJ

Fuente: Autor

### 2.2.9 OTDR

Dispositivo creado para hacer mediciones de diferentes características de los tramos o trayectos de un cable de fibra óptica en una red LAN, las mediciones son proyectadas en su pantalla principal luego de hacer la configuración de medición y sus tiempos para enviar los datos desde el OTDR hasta el punto extremo donde se encuentra conectado dicho tramo.

La **figura 16**, muestra un equipo OTDR el cual se utiliza para medir las diferentes características de un tramo de fibra óptica al envío de una señal lumínica.

**Figura 16. OTDR-plataforma FTB-1**



<https://bit.ly/32u8l4i>

#### 2.2.9.1 EMPALME DE FIBRA ÓPTICA

El sistema de empalme de fibras permite la unión de dos cables o tramos de cable de F.O., con el mínimo efecto de atenuación producida por la unión. Los empalmes se realizarán en los puntos indicados en la propuesta de diseño, utilizando en cada

tramo la longitud indicada por la planimetría hecha en la misma, a fin de minimizar la cantidad de fibra sobrante. Los empalmes de fibra pueden realizarse mediante varios métodos, pero va a mostrarse el método de fusión por arco eléctrico, que consiste en el calentamiento local de los extremos de la fibra realineados hasta que se derriten y funden uno con otro. Los empalmes son uniones permanentes. El empalme por fusión es el más utilizado ya que ofrece el nivel de atenuación más bajo y la más mínima reflectancia, así como también, la unión más confiable. Casi todos los empalmes de fibra monomodo se realizan por fusión. El empalme mecánico se utiliza para restauraciones temporarias y para la mayoría de los empalmes de fibra multimodo.

Pérdida óptica del conector y del empalme.[13]

La **figura 17**, muestra las diferentes etapas para hacer un empalme con fibra óptica.

**Figura 17. Empalme de fibra óptica**



Fuente: <https://cutt.ly/pDRFTX>

#### 2.2.10 ANTENA airFiber 24

Generalmente el mejor rendimiento y la latencia más baja se pueden obtener configurando el AF24/AF24HD en modo full-duplex usando Duplexación por División de Frecuencia (FDD). Los flujos de datos generados por el AF24/AF24HD son transferidos de manera simultánea a través del enlace inalámbrico, es decir, el transmisor y el receptor funcionan de manera simultánea. Debido a la directa relación entre el ancho de banda y las condiciones de propagación, este método está reservado sólo para enlaces en área donde se tenga línea de vista (no sólo visual) totalmente limpia y se encuentre libre de energía reflejada, que puede producirse en condiciones de lluvias muy intensas o presencia de objetos que produzcan obstrucciones.

En instalaciones que sufran de obstrucciones o en entornos muy variables se puede ocasionar algunos problemas de rendimiento en enlaces de larga distancia. Por lo que se recomienda el modo Half-Duplex en estos casos. Al usar el modo Full Duplex, las frecuencias de Transmisión (Tx) y Recepción (Rx) deben ser diferentes.[14]

LA **figura 18**, muestra la antena airFiber 24 la cual es una de las mas utilizadas y comerciales en Colombia.

**Figura 18. Antena airFiber 24**



Fuente: <https://cutt.ly/0DO15D>



## CAPITULO III

En este tercer capítulo se diferencia la metodología a analizar y seguir donde se enuncia los procesos y el sitio donde se quiere proponer el esquema de la fibra óptica en el desarrollo del mejoramiento del tránsito de datos dentro del campus principal de la universidad de Pamplona. Comparando las propuestas y la importancia y ventajas de la topología de red en anillo o mixta, punto estratégico en la elaboración del documento escrito.

### 3. DESARROLLO

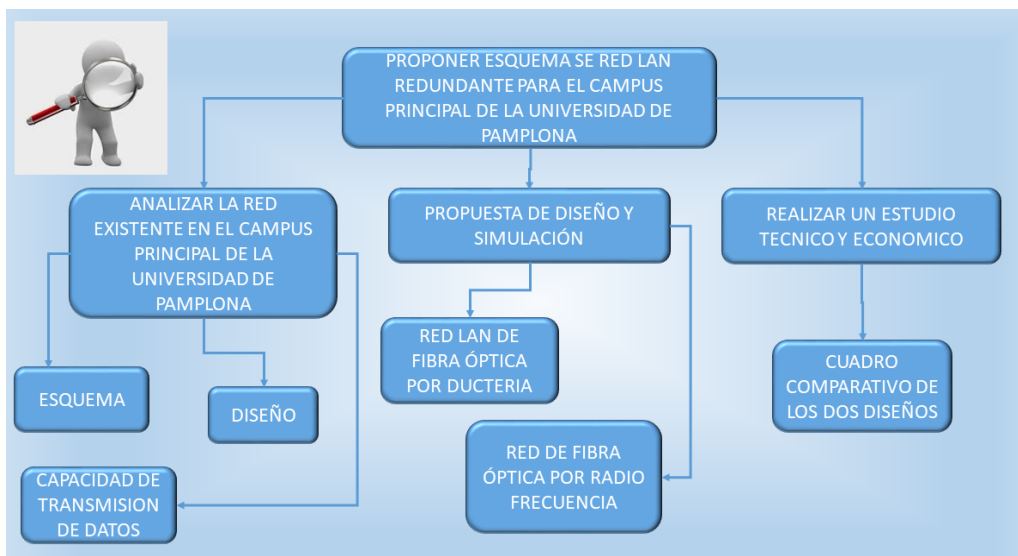
#### 3.1 METODOLOGÍA

La investigación fue enfocada en el tipo de investigación cualitativa, por el análisis inicial explorando e investigando las bases y procesos además de las rutas para ver el estado actual en el que se encontró la red LAN del campus principal de la Universidad de Pamplona, allí se encontraron muchas dificultades como problemas existentes en la red LAN, todo esto nos permitió identificar el estado real de la red LAN, para poder plantear una propuesta a una futura y cercana solución en el tránsito de datos de la red LAN del campus principal de la Universidad de Pamplona dando mayor eficiencia y redundancia a la misma.

Por otra parte, en el análisis descriptivo, se observa con detalle dando a conocer e identificar información de base sobre la red LAN de fibra óptica actual del campus principal de la Universidad de Pamplona permitiendo crear estrategias para desarrollar un diseño y su simulación para presentar una propuesta eficaz enfocada en dispositivos, medios de transmisión, cálculos y demás materiales que mostraremos más adelante en el desarrollo del libro.

Por consiguiente, la propuesta se llevó a cabo en un escalamiento de objetivos ya que cada apartado es unido, creando una estructura afín del diseño, simulación y recomendación para una futura implementación de la red LAN de fibra óptica del campus principal de la Universidad de Pamplona.

Figura 19. Metodología



Fuente: Autor

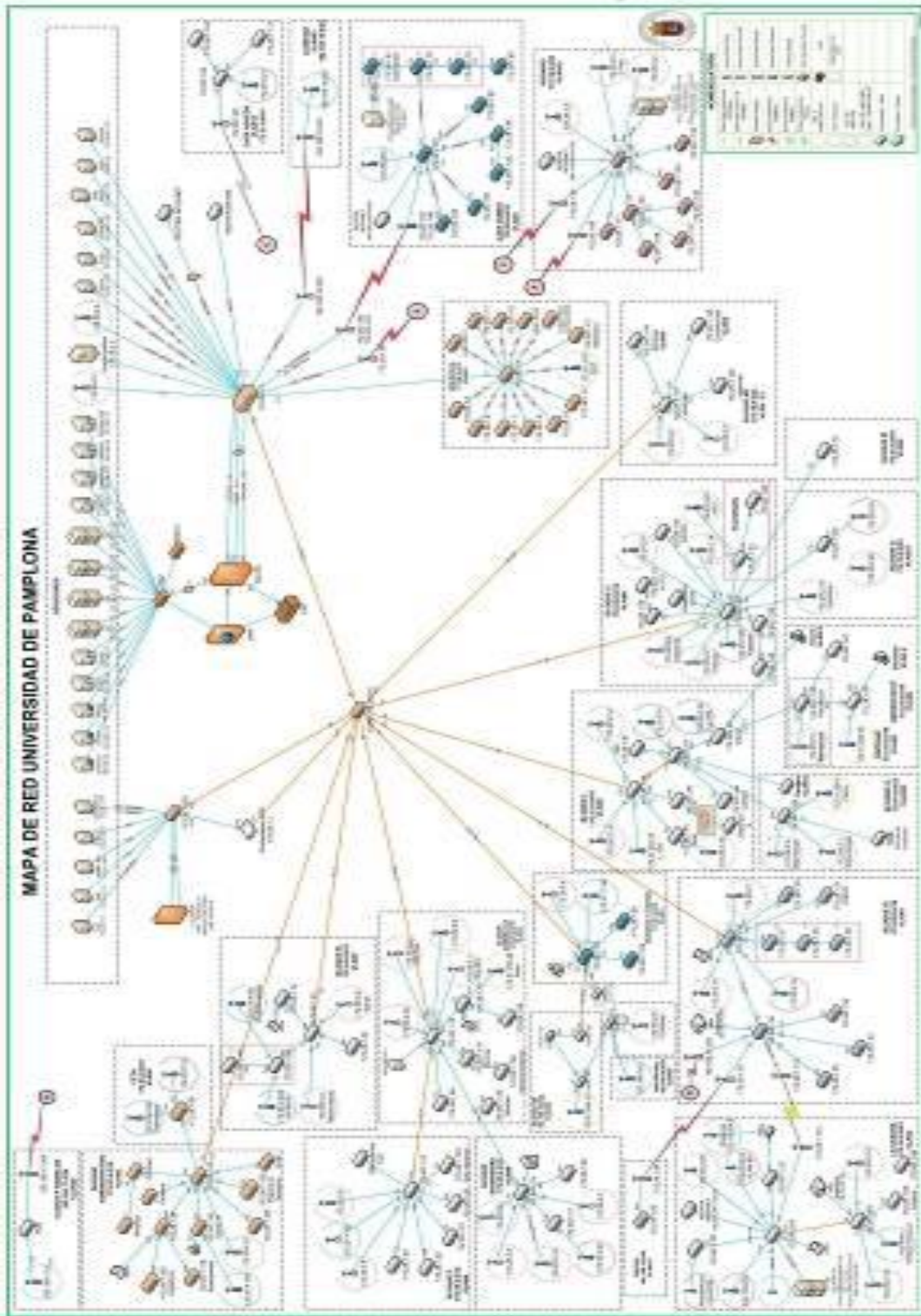
### 3.2 CUADRO DE LA RED LAN DE FIBRA ÓPTICA ACTUAL

La Universidad de Pamplona en su campus principal, existe una infraestructura de obra civil conformada por diecisiete bloques, en dichos bloques hay gran afluencia de estudiantes, administrativos y docentes, en cada bloque se llevan procesos administrativos internos y externos el cual conlleva a un uso insólito de transito de datos haciendo colapsar el mismo.

#### 3.2.1 ESQUEMA DE LA RED LAN ACTUAL

El esquema de la red LAN de fibra óptica actual en el campus de la Universidad de Pamplona, es un diseño de estrella extendida, Esta topología conecta directamente los Switch de distribución a un punto central en la que todas las comunicaciones pasan a través de este. Como se muestra en la **figura. 20**, esto permite individualizar cada nodo de red y comunicarse de manera conveniente.

Figura 20. Red en estrella extendida de la U.P



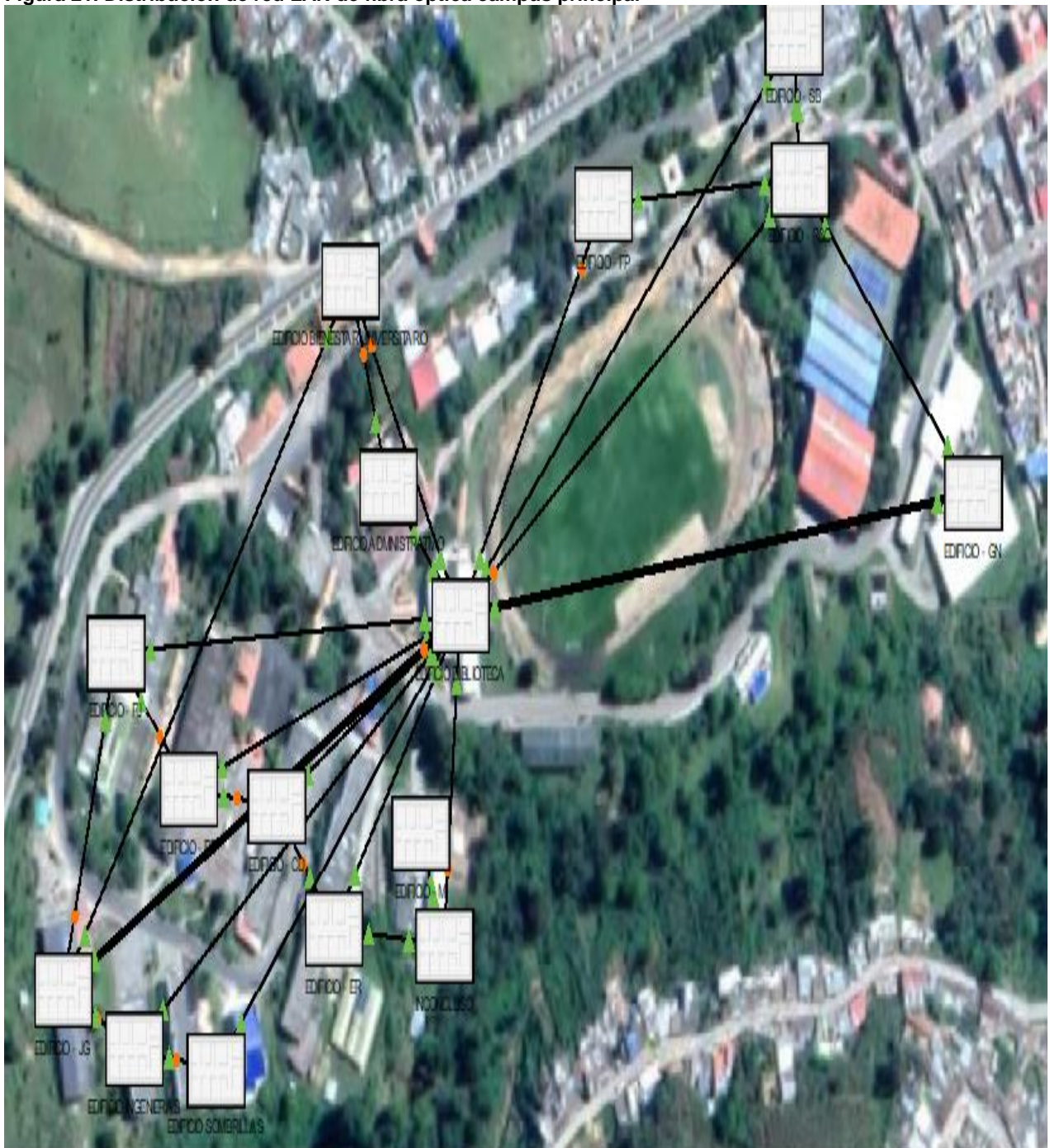
Fuente: Autor

### 3.2.2 DISEÑO DE LA RED LAN DE FIBRA ÓPTICA ACTUAL

En la **figura 21** se puede observar que la red actual está conformada por una topología estrella extendida de la siguiente manera, en el cuarto de servidores existe Core cisco 3750 conformado por 12 puertos SFP DE 1Gb de velocidad en fibra óptica, de allí está intercomunicado con los diferentes bloques internos ubicados en el campus principal cada tramo está conectado en el otro punto o extremo en los cuartos de servidores locales a un Switch 2960-s cisco de 24 puertos y 4 puertos SFP de 1Gb de velocidad, el cual se encarga de la distribución interna de la red LAN de cada bloque y configuración de Poe+ .

La conexión para el funcionamiento interno de cada bloque, desde la ubicación central llamado rack contenedor de los Switch de distribución cisco 2960-s 24PS-L de 24 puertos y 4 puertos SFP 1GB, control de la red LAN local de allí observamos la distribución de los diferentes medios de comunicación como son por cable o dispositivos inalámbricos; existe un armario de telecomunicaciones específico en cada bloque para la ubicación de los Rack los cuales alojan los equipos activos y pasivos de la red LAN, en cada punto de distribución local de cada bloque correspondiente a los diferentes estructuras de nuestra alma mater, en cada rack se encuentran patch panel de 24 puertos categoría 6 de 19 pulgadas Switch Cisco 2960-s, ups (dispositivo de almacenaje de energía), el cual cumple como función primordial es brindar una plataforma para centralizar y organizar el cableado, los elementos activos de la red y sus interconexiones, cabe decir que después de cada Rack, la transmisión de datos se hace por medio de dispositivos capa 2( Switch Cisco 2960-s) que conecta las diferentes áreas de trabajo.

Figura 21. Distribución de red LAN de fibra óptica campus principal



Fuente: Autor en Packet Tracer

En la **Figura 22**, se muestra un Switch de referencia cisco catalys 2960-s que se encuentra en el rack de cada uno de los cuartos de servidores en los bloques ubicados en el campus principal de la universidad de pamplona, se puede observar una de sus características que son 24 puertos 10/100/1000 Ethernet, 4 puertos SFP de 1Gb de velocidad.

**Figura 22. Switch Cisco 2960-s**



Fuente: Autor

La **tabla 4**, muestra la distribución de los Switch Cisco 2960-s en cada bloque con su respectiva ubicación.

**Tabla 4. Distribución Switch por bloque con su respectiva ubicación**

DISTRIBUCIÓN SWITCH 2960 -s		
Nº	BLOQUE	PLACA
1	FP ó B	10057456
2	SIMON BOLIVAR	10057457
3	ADMINISTRATIVO	10057458
4	BLOQUE P ó JG	10058318
5	REGISTRO Y CONTROL	10057460
6	GIMNASIO	10058316
7	INCONCLUSO	10058317
8	INGENIERIAS	10057459
9	EDIFICIO CAMILO DAZA(CD)	10057712
10	ROCHERAUS	10057717
11	BIENESTAR	10057714
12	BLOQUE FRANCISCO JOSE DE CALDAS	10057718
13	BLOQUE RAMON GONZALE VALENCIA (RG)	10057713
14	EDIFICIO FL	10057716

Fuente: Autor

### 3.2.3 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE TRANSITO DE DATO DE LA RED LAN ACTUAL DE FIBRA ÓPTICA

La Universidad posee actualmente una red LAN de fibra óptica que permite la conexión casi la totalidad de los diferentes bloques del campus principal, consiste en enlaces independientes (llamados cableado backbone) por medio de un cable OM1 u OM2 Multimodo de 1GB, se desconoce su estado óptimo de funcionamiento y sin conocimiento alguno del libro de mantenimiento registrado hasta el día de hoy, las características de este cable se mencionan en la siguiente **Tabla 2**.

En este proceso y la realización del estudio técnico de la red LAN, se adquirió un dispositivo y se procedió a hacer la medición de la Red LAN de Fibra Óptica usada actualmente en el campus principal de la Universidad de Pamplona analizando el estado actual.

### 3.2.4 ANÁLISIS DEL DISPOSITIVO OTDR

En la **Figura 23**, se observa el dispositivo de medición de los tramos conectados o debidamente preinstalados en las localidades donde se encuentren en funcionamiento o para iniciar su función de transito de datos de una red LAN de fibra óptica, dicho dispositivo genera los resultados de varias características de la red o tramos en medición tales como:

- Longitud en metros
- Perdidas por tramo en dB
- Reflectancia en dB
- Atenuación por trayecto en dB/Km
- Ganancia Acumulada en dB
- Potencia de Transmisión
- Eventos del comportamiento en el envío de datos desde el Tx al Rx.

Figura 23. OTDR



Fuente: Autor

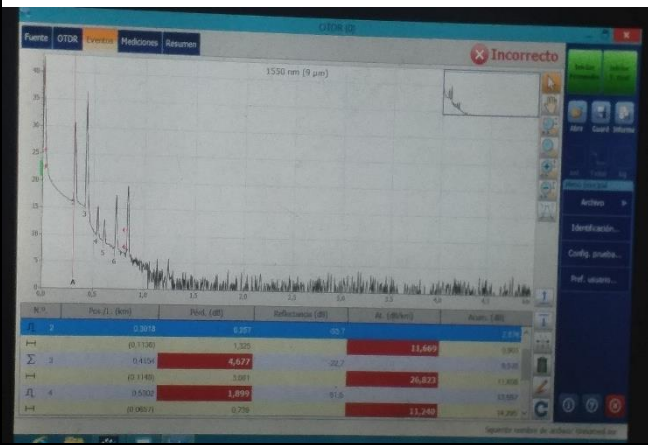
La **tabla 5**, se muestra el Datasheet del OTDR con todas sus características.

En la **tabla 5**, se observa que luego de hacer la adquisición de dicho dispositivo, se hizo la solicitud de los permisos para el ingreso al cuarto de servidores del campus principal, la cual fue admitida con el acompañamiento de un ingeniero encargado de dicho cuarto, procediendo a la medición de los tramos de fibra óptica instalados dentro del campus principal.



**Tabla 5. Datasheet OTDR**

**MEDICIÓN PUNTOS ORIGEN:** sala de servidores  
**UBICACIÓN:** edificio biblioteca  
**CAMPUS PRINCIPAL DESTINO:** bloques existentes en el campus principal

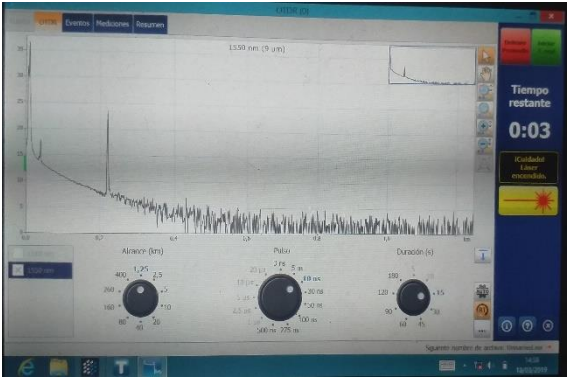
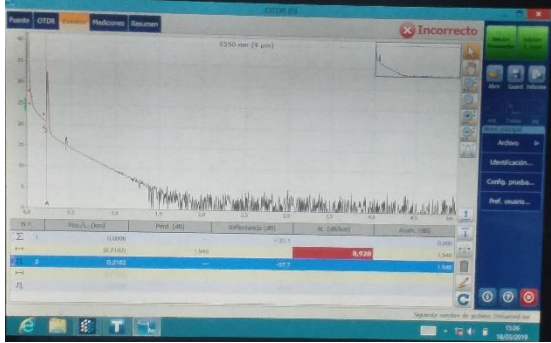
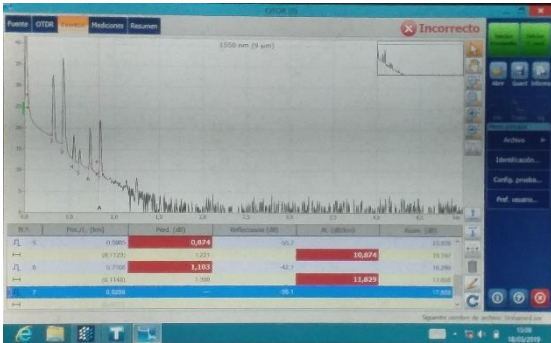


<b>DESCRIPCION EQUIPO:</b>	Dispositivo electrónico de alta definición utilizada para transmisión óptica a largas distancias, hace mediciones señales digitales en alta calidad. Mide Distancia, Perdida, Reflectancia, Atenuación y otros detalles.	
<b>FUENTE DE ALIMENTACION:</b>	100 V a 240 V AC, 50Hz / 60Hz	
<b>TEMPERATURA DE</b>	0 °C to 50 °C (32 °F to 122 °F)	
<b>DIMENSIONES:</b>	210 mm x 254 mm x 96 mm (8-1 / 4 pulgadas x 10 pulgadas x 3- 5 / 8 pulgadas)	
<b>SALIDA DE VIDEO HD SC / LC: 4 líneas</b>	Salida de video: 1280 X 800 TFT 203 mm	Compuesto analógico: 1 línea (1 línea compartida con la salida del monitor de imagen)
<b>ENTRADA DE PROMPTER:</b>	2 líneas, compuestos analógicos	
<b>PUERTO LAN:</b>	1 línea (8 pines, RJ45)	
<b>PESO:</b>	Aprox. 2.4 kg	

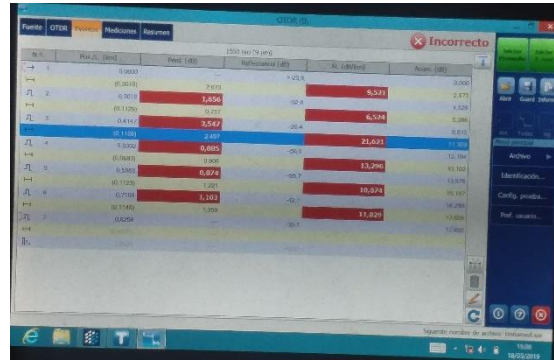
Fuente: autor

En la **tabla 6**, Se describe la configuración para la medición de los eventos y los cálculos que dicho dispositivo genera con todas sus características.

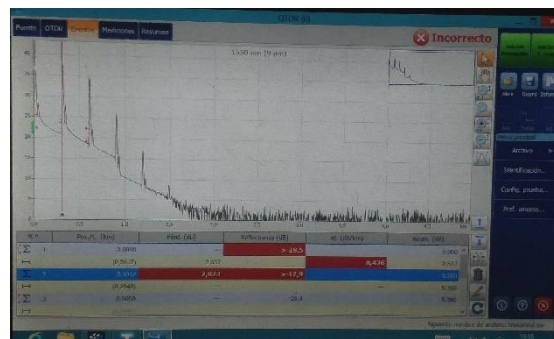
**Tabla 6. Descripción del proceso de mediciones con el OTDR**

DESCRIPCIÓN	IMÁGENES DE MEDICIONES
<p>Con el dispositivo OTDR y un conector SC/LC se conectaron a la entrada de los tramos instalados y habilitados en cada bloque, en la figura se observa los diferentes eventos al configurar el OTDR para el envío de un impulso de 10 ms de luz a un alcance de 1,25 Km y una duración de 15 s.</p>	
<p>En la figura se observa en el dispositivo OTDR, el cálculo de los resultados obtenidos de la atenuación, Longitud del tramo (Km), Reflectancia (dB), pérdida (dB), Atenuación (dB/Km) y Potencia Acumulada (dB), los cuales se especifican por cada tramo en la <b>tabla No. 8</b></p>	
<p>En la gráfica se observa que los eventos de los tramos instalados tienen eventos parecidos generando cada uno su atenuación por Km y características individuales en onda cuadrada o lineal, cada evento se describe en la gráfica que se obtiene al hacer la medición comparando Km-dB.</p>	

Aquí se puede observar diferentes mediciones y resultados de diferentes tramos direccionados en los bloques, y sus características, también encontramos que dichas características se toman tanto desde el Trasmisor como desde el Receptor en forma de espejo reflejado.



En esta grafica se observa algo particular en la reflectancia, nos damos cuenta de que el ángulo de la misma es diferente según la distancia y la elevación del terreno o en su defecto de la curvatura de la fibra intertramo.



Se uso otro dispositivo adicional llamado Power Meter epm – 50, para medir la Potencia Total en caso que el tramo este sin conexión o este comprometido o roto en algún punto intermedio, dando como resultado la potencia dentro o fuera del rango estipulado para el buen funcionamiento en el tránsito de datos, aquí configuramos la longitud de onda y la señal lumínica que se envía para detectar en que punto de la longitud se pierde la señal.



Se puede observar la potencia en  $-14.38$  dB la cual nos indica que esta entre el rango normal de transmisión de datos, a una longitud de onda de  $1550\text{nm}$  y una latencia de  $0,01\text{dB}$ .



Fuente: autor

### 3.2.5 VALORES TEÓRICOS DE ATENUACIÓN DE ENLACES DE FIBRA ÓPTICA

#### Datos del Enlace

- Número de Empalmes.
- Número de Conectores.
- Distancia del Enlace.
- La Ventana en la que estamos Trabajando (Longitud de Onda).

En la **tabla 7**, se encuentran los valores estándares de las atenuaciones en un tramo de fibra óptica.

Tabla 7. Valores de atenuación por empalme, conector y tramo por km

ATENNUACIÓN POR:	VENTANA 1550 nm	VENTANA 1310 nm
EMPALME	0,10 dB	0,75 dB
CONECTOR	0,50 dB	0,25 dB
CABLE POR KM	0,25 dB	0,50 dB

Fuente: Autor

### 3.2.6 CALCULO

#### Ecuación 1. Atenuación total por tramo

$$At = (Nc * Atc) + (Ne * Ate) + (Lc * Atl) + (Lc * 0.01dB)$$

Fuente: Autor

- At: Atenuación Total del Enlace.
- Nc: Numero de Conectores.
- Atc: Atenuación del conector en la  $\lambda$  de Trabajo (dB).
- Ne: Numero de Empalmes.
- Ate: Atenuación de Empalme en la  $\lambda$  de Trabajo (dB).
- Lc: Longitud del cable.
- Atl: Atenuación de la longitud del cable en la  $\lambda$  de Trabajo (Km).
- K = 0.01 dB Atenuación de la Curvatura del Cable.

La **tabla 8**, muestra los cálculos teóricos de la atenuación total por tramos interbloques de los enlaces de fibra óptica.

Tabla 8. Cálculo de atenuación por tramo

BLOQUES	DATOS		CALCULO TEORICO ÓPTICO	RESULTADO
			$At = (Nc * Atc) + (Ne * Ate) + (Lc * Atl) + (Lc * 0,01dB)$	At (dB)
ER	DISTANCIA:	0,3018 KM	$At = (2 * 0,50 dB) + (2 * 0,10 dB) + (0,1509 Km * 0,25 dB) + (0,1509 Km * 0,01dB)$	1,2392 dB
	EMPALMES:	2		
	CONECTORES:	2		
CD	DISTANCIA:	0,3018 KM	$At = (2 * 0,50 dB) + (2 * 0,10 dB) + (0,1509 Km * 0,25 dB) + (0,1509 Km * 0,01dB)$	1,2392 dB
	EMPALMES:	2		
	CONECTORES:	2		
MF	DISTANCIA:	0,1129 KM	$At = (2 * 0,50 dB) + (2 * 0,10 dB) + (0,05645 Km * 0,25 dB) + (0,05645 Km * 0,01dB)$	1,2146 dB
	EMPALMES:	2		
	CONECTORES:	2		

<b>SOMB RILLA S</b>	DISTANCIA: 0,4147 KM	$At = (2 * 0,50 \text{ dB}) + (2 * 0,10 \text{ dB}) + (0,2073 \text{ Km} * 0,25 \text{ dB}) + (0,2073 \text{ Km} * 0,01 \text{ dB})$	1,2538 dB
	EMPALMES: 2		
	CONECTORES: 2		
<b>ADMI N</b>	DISTANCIA: 0,1155 KM	$At = (2 * 0,50 \text{ dB}) + (2 * 0,10 \text{ dB}) + (0,0577 \text{ Km} * 0,25 \text{ dB}) + (0,0577 \text{ Km} * 0,01 \text{ dB})$	1,2150 dB
	EMPALMES: 2		
	CONECTORES: 2		
<b>EC</b>	DISTANCIA: 0,5302 KM	$At = (2 * 0,50 \text{ dB}) + (2 * 0,10 \text{ dB}) + (0,2651 \text{ Km} * 0,25 \text{ dB}) + (0,2651 \text{ Km} * 0,01 \text{ dB})$	1,2689 dB
	EMPALMES: 2		
	CONECTORES: 2		
<b>JG</b>	DISTANCIA: 0,0683 KM	$At = (2 * 0,50 \text{ dB}) + (2 * 0,10 \text{ dB}) + (0,0341 \text{ Km} * 0,25 \text{ dB}) + (0,0341 \text{ Km} * 0,01 \text{ dB})$	1,2088 dB
	EMPALMES: 2		
	CONECTORES: 2		
<b>FL</b>	DISTANCIA: 0,5985 KM	$At = (2 * 0,50 \text{ dB}) + (2 * 0,10 \text{ dB}) + (0,2992 \text{ Km} * 0,25 \text{ dB}) + (0,2992 \text{ Km} * 0,01 \text{ dB})$	1,2777 dB
	EMPALMES: 2		
	CONECTORES: 2		
<b>FP</b>	DISTANCIA: 0,1123 KM	$At = (2 * 0,50 \text{ dB}) + (2 * 0,10 \text{ dB}) + (0,0561 \text{ Km} * 0,25 \text{ dB}) + (0,0561 \text{ Km} * 0,01 \text{ dB})$	1,2145 dB
	EMPALMES: 2		
	CONECTORES: 2		
<b>BU</b>	DISTANCIA: 0,7108 KM	$At = (2 * 0,50 \text{ dB}) + (2 * 0,10 \text{ dB}) + (0,3554 \text{ Km} * 0,25 \text{ dB}) + (0,3554 \text{ Km} * 0,01 \text{ dB})$	1,2924 dB
	EMPALMES: 2		
	CONECTORES: 2		
<b>RYC</b>	DISTANCIA: 0,1148 KM	$At = (2 * 0,50 \text{ dB}) + (2 * 0,10 \text{ dB}) + (0,0574 \text{ Km} * 0,25 \text{ dB}) + (0,0574 \text{ Km} * 0,01 \text{ dB})$	1,2149 dB
	EMPALMES: 2		
	CONECTORES: 2		
<b>GN</b>	DISTANCIA: 0,8256 KM	$At = (2 * 0,50 \text{ dB}) + (2 * 0,10 \text{ dB}) + (0,4128 \text{ Km} * 0,25 \text{ dB}) + (0,4128 \text{ Km} * 0,01 \text{ dB})$	1,3073 dB
	EMPALMES: 2		
	CONECTORES: 2		

Fuente: Autor

Las prestaciones de un sistema óptico dependen, básicamente, de las distancias a cubrir y de las necesidades que necesite la transmisión.

### 3.2.7 Pérdida total de la red LAN de fibra óptica por tramos

Al sumar las pérdidas en la fibra, por conectores y por empalmes se obtiene la pérdida total del enlace de la red de cables.

**Tabla 9 Casos ideales en fibra óptica**

	Caso ideal en fibra multimodo [máx. según norma TIA 568]		Caso ideal en fibra monomodo [máx. según norma TIA 568, planta interna/externa]	
<b>Longitud de onda (nm)</b>	850	1300	1310	1550
<b>Pérdida total en la fibra (dB)</b>	6,0 [7,0]	2,0 [3,0]	0,8 [2/1]	0,6 [2/1]
<b>Pérdida total por conectores (dB)</b>	1,5 [3,75]	1,5 [3,75]	1,5 [3,75]	1,5 [3,75]
<b>Pérdida total por empalmes (dB)</b>	0,3 [0,3]	0,3 [0,3]	0,3 [0,3]	0,3 [0,3]
<b>Otros (dB)</b>	0	0	0	0
<b>Pérdida total en el enlace(dB)</b>	7,8 [11,05]	3,8 [7,05]	2.6 [6,05/5.05]	2,4 [6,05/5,05]

Fuente: Autor

Estos valores de pérdida en la red de cables deben ser los criterios a seguir para realizar las comprobaciones. Se debe dejar un margen de +/- 0,2 a 0,5 dB correspondiente a la incertidumbre de medida, valor que será el criterio de aprobación.[15]

Calcularemos el margen de diseño que disponemos:

- Potencia de transmisión del TX11-1204: -14 dBm
- Sensibilidad del receptor RX11-1206: -29 dBm
- Ganancia disponible del sistema: 15 dB
- 2 empalmes por fusión (0.1 dB cada uno): 0.2 dB
- 2500 metros de cable de fibra óptica (3.5 dB/Km): 12.25 dB
- 2 conectores ST (0.5 dB máx. por conector): 1.0 dB
- Total, de pérdidas: 10.15 dB.

#### Ecuación 2. Modulaci3n de potencia

$$P_m = 15dB - 3.5 \left( \frac{1dB}{Km} \right) - 5(0.2dB) - 2(1dB) - 10.15dB$$

Fuente: Autor

Margen de dise1o: -1,65 dB

Como se puede ver se dispone de -1,65 dB de margen.

Es recomendable que se disponga de un margen de 3 dB, ya que los valores utilizados para las p3rdidas pueden variar debido a efectos de temperatura,

extensiones del enlace, empalmes adicionales debido a restauraciones de emergencia. Por tanto, para este caso, los equipos utilizados resultan totalmente no válidos, asegurando un mal funcionamiento del enlace.

### 3.2.8 VIDA UTIL

La vida útil se define como el tiempo en que las propiedades o características de los elementos de un sistema permanecen bajo valores aceptables, esto depende de algunos factores como el tipo de cable, tendido, zona geográfica e instalaciones.

En cuanto a la fibra óptica las propiedades que varían con el paso del tiempo son fundamentalmente: el aumento del coeficiente de atenuación, la disminución de la resistencia mecánica a la tracción y el aumento de la dispersión por modo de polarización (PMD).

La vida útil de los cables de fibra óptica depende de varios factores como:

- Condiciones del medio ambiente en que se instale el cable.
- Protección del cable.
- Trato recibido por el cable durante la explotación e instalación.
- Tipo de tendido, en este caso subterráneo por ductos de 3 pulgadas.

El nivel de esfuerzo también es un factor muy importante a la hora de determinar la vida útil de un tendido de fibra óptica, se debe tener en cuenta que los cables de fibra comienzan a estirarse con un esfuerzo cercano al 42% del de ruptura. El valor de esta tensión varía para cada tipo de cable, por ejemplo, los cables OS1 y OS2 generalmente usados para instalación en universidades de alto nivel de tránsito de datos, tienen un nivel de esfuerzo mayor a los cables OM1, 2, 3 y 4. Esta variación ocurre debido a los materiales y dimensiones de los mismos.



## CAPÍTULO IV

En este capítulo se identificará la forma más opcional para la propuesta del diseño más viable para la solución rápida y contingencia de la red LAN de fibra óptica del campus principal de la Universidad de Pamplona, logrando así dar un sistema robusto y/o redundante para la alta calidad de tránsito de datos a nivel interinstitucional.

Aquí se plasma una propuesta para en un futuro no muy lejano sea llevado a cabo dentro de la Universidad de Pamplona, como también se dará un presupuesto aproximado de la inversión al hacer realidad o ejecutar esta propuesta.

Después de varias investigaciones y estudios para el mejoramiento y actualización de la red LAN del campus principal, se estudió el estado del funcionamiento de la misma en el tiempo de inicio de la propuesta para ver la mejor alternativa y el aprovechamiento de las diferentes vías o canales de una futura ejecución de la misma.

### 3.3 PLANTEAMIENTO DE UNA SOLUCIÓN

La propuesta debe contemplar una solución donde involucre la ductería física con la obra civil requerida, suministro, recomendación para la implementación y puesta en funcionamiento de la solución, debe contemplar todos los recursos físicos, humanos, técnicos y demás para cumplir la meta. Así como ubicación, accesos, alturas y distribución de racks.

Se debe contemplar y tener en cuenta en la propuesta ofrecida, las normas y estándares internacionales vigentes. La normatividad que plantea los estándares TIA/EIA 568-b3 deben ser la base para el diseño del sistema de comunicación.

Para este diseño se estudiaron diversos materiales y sus características, tanto a nivel funcional (duración, capacidad de velocidad, distancia máxima, etc.) como económico y eficiente, llegando a un consenso que para dicha actualización la mejor opción a utilizar fue la Fibra Óptica OM3 Multimodo 50/125  $\mu\text{m}$  núcleo/revestimiento para la interconexión de los bloques del campus principal.

La arquitectura del esquema debe ser de distribución en malla, en una topología de malla completa, cada nodo se enlaza directamente con los demás nodos. Las ventajas son que, como nodo se conecta físicamente a los demás nodos, creando una conexión redundante, si algún enlace deja de funcionar la información puede

circular a través de cualquier cantidad de enlaces hasta llegar a destino. Además, esta topología permite que la información circule por varias rutas a través de la red. La desventaja física principal es que sólo funciona con una pequeña cantidad de nodos, ya que de lo contrario la cantidad de medios necesarios para los enlaces, y la cantidad de conexiones con los enlaces se torna abrumadora.[11] Dejando lugar tanto a conexiones de equipos existentes como también a posibles nuevas expansiones de equipos futuros en el sistema.

Se debe tener en cuenta que una de las condiciones fundamentales que debe ofrecer el hardware y software de conexión es la flexibilidad, ya que esta permitirá a futuro que la malla de comunicación pueda crecer y expandirse hasta lograr satisfacer la necesidad conexión que se llegue a requerir y sus contingencias.

### **3.4 ACTIVIDAD DE LA PROPUESTA**

Previamente al hacer un reconocimiento de los canales del tendido de la fibra óptica, se deberá hacer una inspección al campus principal para determinar las medidas, las cajas existentes y por hacer, los puntos de la ubicación del rack de cada bloque y la disponibilidad lógica de la red.

La propuesta debe contemplar un plano topográfico, cotización de equipos, configuración lógica del anillo con la estrella extendida existente, asegurando el cumplimiento de las últimas versiones de todas las normas o estándares para dichos procedimientos.

Todos los trámites y permisos pertinentes se coordinarán en conjunto con la administración de la Universidad de Pamplona, así como todas las gestiones a que haya lugar ante las diferentes entidades correspondientes.

En un futuro los trabajos correspondientes a tendido de fibra óptica, e instalación de equipos activos, deberán ser realizados por personal certificado, se deberá garantizar que como mínimo el 30% sea certificado.

El personal deberá cumplir con las normas de protección y seguridad industrial aplicables a este tipo de las actividades.

### **3.5 CRITERIOS PARA EL DISEÑO EN MALLA DE FIBRA ÓPTICA**

#### **3.5.1 PARÁMETROS BÁSICOS**

Para la optimización la red LAN de fibra óptica se debe determinar la cantidad y las características del cable. Además, es necesario establecer la velocidad de transmisión a manejar y la longitud del enlace.

También, se debe escoger los parámetros adecuados tales como: longitud de onda, tipo de fibra óptica, fuentes y emisores ópticos. Estos parámetros son puntos clave en el diseño de la malla.

Adicionalmente, se debe considerar:

Tipo de parámetros a usar

- Margen de error del enlace, el cual determinara el grado de fidelidad del enlace.
- Vida útil de los equipos
- Costo total del esquema

### 3.5.2 POSIBILIDAD DE AMPLIACIONES FUTURAS EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA MALLA.

Al analizar los parámetros de longitud y velocidad de transmisión se establecen los parámetros de fuente óptica y tipo de fibra a usar para el enlace.

#### 3.5.2.1 Ubicación geográfica

La dependencia del Centro Local de Control se encuentra ubicada en la sede principal de la Universidad de Pamplona. Km 1 Vía Bucaramanga ciudad universitaria Pamplona, Norte de Santander En esta sede se dispone de un cuarto de equipos al cual llega un enlace de fibra óptica desde cada uno de los bloques en la misma sede, además se encuentra en funcionamiento una red de cableado estructurado UTP categoría 5e y 6e para la terminal de trabajo que maneja cada bloque internamente.

En la **figura 24** muestra el cuarto de control se encuentra ubicado con las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud: 7°38'63.28"N

Longitud:72°64'91.94"O

**Figura 24. Ubicación georreferenciada**



Fuente: Autor

El campus principal de la Universidad de Pamplona se encuentra ubicada en la zona rural al sur- oriente de la ciudad ~~trada~~.

### 3.5.2.2 Selección de la ruta del tendido del cable de fibra óptica.

Para el enlace a diseñar surgen dos alternativas para el tendido de fibra óptica: a través de canales subterráneos o excavación directa, o a través de estructuras que permitan el tendido aéreo.

En la primera alternativa para el tendido del cable aéreo de fibra óptica, se cuenta con los postes propiedad de CENS, a través de los cuales se encuentran las líneas de transmisión de energía eléctrica, constituyéndose así en rutas inválidas y no establecidas para el tendido aéreo del cable.

Por el contrario, surgen algunas rutas subterráneas a través de todo el recorrido del campus, la fibra óptica y su obra civil previa, facilita el tendido del cableado para la actualización de la misma y aprovechar la conexión del esquema de anillo o mixto. Además, este tipo de tendido presenta algunas ventajas con respecto a las otras modalidades tales como:

- Facilita la localización y corrección de roturas del cable de fibra.
- Facilita el acceso para funciones de mantenimiento y revisión.

Por lo dicho anteriormente se concluye que el tendido subterráneo es la mejor opción para el diseño del enlace de fibra óptica.

### 3.5.2.3 Análisis de tipo de cable de fibra a utilizar.

En el mercado sobresalen cuatro tipos de cables subterráneos de fibra óptica:

consta de tres partes:

- MM (Siglas correspondientes a la denominación Multimode)
- Relación núcleo/revestimiento (Normalmente 50/125 ó 62,5/125)
- Tipo de fibra: OM1, OM2 u OM3 según la tabla siguiente:

La **tabla 9**, muestra el tipo de fibra en función de su longitud.

**Tabla 10. Tipo de fibra en función de la longitud del canal Ethernet.**

Canal de fibra	100BaseT	1000 Base Sx	1000 Base Lx	10G Base SR/SW
<b>OF300</b>	OM1	OM2	OM1/OM2	<b>OM3</b>
<b>OF 500</b>	OM1	OM2	OM1/OM2	<b>SM</b>
<b>OF 2000</b>	<b>OM1</b>	<b>SM</b>	<b>SM</b>	<b>SM</b>

Fuente: Autor

Las redes de seguridad (control industrial y vídeo banda base) utilizan fibras MM (tipos OM1 u OM2 indistintamente), de 62,5/125 o 50/125 en función de los requerimientos de distancia.

Luego de analizar detenidamente las características de estos tipos de cable de fibra óptica de tendido subterráneo, y de acuerdo a las características del enlace requerido y de la potencia existente, se escoge el cable OM3 como la más conveniente para este esquema. Se debe destacar que, además de su inmunidad a la interferencia electromagnética y a la caída de rayos, su mantenimiento es fácil y el costo del cable y del sistema completo son menores al que se incurriría con la utilización del cable aéreo o vía microondas. Es oportuno también señalar que las cajas sobre las cuales se tendiera el cable subterráneo son medianas, por lo cual no se tiene la necesidad de crear estructuras civiles ahorrando costos.

Ahora, el cable OM3 a utilizar debe ser de estructura holgada debido a que este presenta un buen aislamiento ante las fuerzas externas, así como también posee buenas prestaciones contra la deformación, envejecimiento y degradación.

Además, cuenta con un revestimiento interno, el cual presenta un soporte adicional en el proceso de tendido.

### **OM3 – Laser-Optimizado Multimodo**

- Color – Aqua.
- Tamaño de Núcleo – 50µm.
- Tipo de Dato – 10GB @ 850nm.
- Distancia – subida de 300 metros.
- Utiliza menos modos de luz, lo que permite mayores velocidades.
- Capacidad 40GB de 100GB subida a 100 metros utilizando un conector MPO.
- Aplicaciones – Redes Privadas más grandes.
- 10 gigabit Laser Óptico Aqua OM3 Cables de Fibra Óptica.

Para determinar el tamaño del remanente máximo para el enlace se recurre a la normativa, en donde se muestra detalladamente, el recorrido del cable de fibra óptica. A partir de este dato se determina el cable de fibra óptica a adquirir, ya que el mismo deberá ser capaz de soportar la tensión y la humedad producida internamente para distancias entre cajas.

### **3.5.3 REQUERIMIENTOS PARA EL ENLACE DE FIBRA ÓPTICA.**

Para el cálculo de un enlace óptico es necesario establecer la fibra óptica disponible en el mercado que cumpla con los requerimientos del sistema. Cabe recalcar que la necesidad imperante de la Universidad en la actualidad es la transmisión de datos eficaz y ágil para el mejoramiento de la funcionalidad interinstitucional.

El requerimiento de velocidad de transmisión es pequeño en comparación a los manejados por fibras ópticas de altas capacidades, por lo que bastaría con la utilización de fibra óptica multimodo; sin embargo, la Universidad pensando a futuro en la posibilidad de brindar a la comunidad estudiantil, docente y administrativa, nuevos tipos de servicios ha requerido que el esquema sea redundante para capacidades mayores a las requeridas, lo cual es posible con la utilización de fibra óptica monomodo y el colapso o caídas sean mínimas y fáciles de solucionar con sus contingencias dadas.

### 3.5.4 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS

Por lo anterior, se concluye trabajar sobre la interfaz P1S1-1D1 la cual es la interfaz óptica recomendada por la UIT-T G.959.1 para enlaces de fibra óptica que operan en los 1310nm y cumple con la recomendación y la normativa vigente.

La **tabla 10**, muestra los parámetros técnicos de los equipos de red.

**Tabla 11. Parámetros de los equipos**

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALORES
Velocidad binaria	Gbps	2.5
Tipo de fibra	OM3	10 GB

Fuente: Autor

La **tabla 11**, muestra la potencia máxima en decibeles “dBm” y SLM de los transmisores S.

**Tabla 12. Transmisor s**

TRANSMISOR S		
Tipo de transmisor	-	SLM (Laser de modo longitudinal)
Potencia máxima	dBm	0
Potencia mínima	dBm	-5

Fuente: Autor

La **tabla 12**, muestra las características mínimas para que la señal de luz se envíe y de reciba correctamente.

**Tabla 13. Características de tránsito de datos del tramo**

TRAMO OPTICO ENTRE EL TRANSMISOR S Y EL RECEPTOR R		
Atenuación máxima	dB	11
Atenuación mínima	dB	0
Máxima dispersión cromática en el límite superior de longitud de onda	ps/nm	± 140
Máxima potencia de entrada	dBm	0
Sensibilidad mínima	dBm	-26
BER	-	10-12

Fuente: Autor

### 3.5.5 CÁLCULOS GENERALES PARA LOS TENDIDOS DE FIBRA ÓPTICA

Para garantizar que un enlace de fibra óptica se encuentre correctamente dimensionado se debe cumplir la siguiente relación que incluye todos los parámetros que influyen en la atenuación total del enlace:

Ecuación 3 : Potencia de recepción mínima.

$$P_T - n * \alpha_c - \alpha * D - \alpha_e * N_e - M_c - M_e \geq P_R$$

Fuente: Ing. Andrés Calvache

Donde:

$P_T$  = Potencia de transmisión [dBm]

$\alpha_C$  = Atenuación debida al conector utilizado en la interfaz

[dB]  $n$  = Número de conectores de extremo a extremo del enlace

$\alpha_e$  = Atenuación debida a los empalmes [dB]

$\alpha$  = Atenuación debida a la longitud de la fibra óptica

[dB/Km]

$D$  = Longitud efectiva de fibra óptica [Km]

$N_e$  = Numero de empalmes

$M_c$  = Margen de seguridad del cable de fibra óptica [dB]

$M_e$  = Margen de interfaz óptico de transmisión [dB]

$P_R$  = Potencia de recepción mínima [dBm]



### 3.5.6 TIPOS DE CONECTORES A UTILIZAR

Para los extremos del enlace se usarán conectores LC permite una conexión y desconexión más rápida que el empalme, los cuales introducen pérdidas de 0,4dB cada uno. Cabe señalar que para cada extremo del enlace se cuenta con un cable Patch cord a la salida del ODF, el cual servirá para la conexión con los equipos activos del sistema, por lo tanto, para el enlace se tiene la existencia de 6 conectores.

La **tabla 13**, muestra las especificaciones del tipo de patch cord con sus respectivas características.

**Tabla 14. Especificaciones Patch Cord LC/PC**

INSPECTION DATE	19 ENERO 2015		
RESP. PRODUCTION	XIONARA MARTINEZ		
LENGTH	1MTS		
CABLE TYPE	PATCH CORD	DUPLEX	MULTIMODO
OPTICAL FIBRE TYPE	30/125/ OM3		
	81-180	EXTREMO A	EXTREMO B
TIPO	LC/PC	LC/PC	LC/PC
INSERTION LOSS TESTED			

Fuente: Autor

### 3.5.7 CAJA DE DISTRIBUCIÓN DE PIGTAIL

La **Figura 25**, muestra la distribución de la fibra óptica en la caja ODF para las futuras conexiones con su respectiva conexión.

**Figura 25. Caja ODF (Distribución de Fibra Óptica).**



Fuente: Autor

El margen de reserva para los equipos por deterioro y condiciones ambientales está en el orden de 0,1 a 0,6 dB/Km; como la distancia del tramo requerido no sobrepasa los 5 kilómetros en su mayoría van a presentarse atenuaciones en el orden de los 2 a 3 dB. Se tomará como referencia para el cálculo el valor de 0,6dB/Km para el margen de reserva que constituye el peor de los casos. Y el margen de seguridad para los cables debido a futuras reparaciones está entre 1 y 2 dB.

### 3.5.8 FORMA DE FUSIÓN O EMPALME DE LA FIBRA ÓPTICA

En la actualidad, cuando se requiere la inclusión de empalmes a lo largo del trayecto de la fibra se utiliza la técnica de fusión, la cual incluye pérdidas que se encuentran en el rango de 0,01 a 0,2 dB. Cuando este es el caso, se debe incluir elementos de encapsulado, los cuales protegen al empalme de los esfuerzos y de la contaminación.

La **Figura 26**, muestra cómo debe de quedar el lineamiento del empalme de la fibra en la máquina de fusión.

**Figura 26. Empalme o Fusión de los hilos de fibra óptica**



Fuente: Autor

Se procede a calcular la distancia máxima a la que se puede tener el enlace óptico sin necesidad de regeneración.

**Ecuación 4. Distancia máxima**

$$D_{max} \leq \frac{P_t - P_R - n * \alpha_c - \alpha_e * N_e - M_C - M_e}{\alpha}$$
$$D_{max} \leq \frac{-5[dBm] - (-26[dBm]) - 6 * 0,4[dB] - 2[dB] - 3[dB]}{0,4[\frac{dB}{Km}]}$$
$$D_{max} \leq 34[Km]$$

Fuente: Autor

Ya calculado esto se pueden validar los parámetros establecidos anteriormente debido a que, de acuerdo a la disposición topológica del enlace requerido, este no sobrepasa este valor.

A continuación, se calcula el valor de ancho de banda mínimo, que se obtendría para una distancia de 3,5Km, en el peor de los casos, así:

**Ecuación 5. Ancho de banda mínimo**

$$AB_{min} = \frac{0,5}{D * W_C * \Delta\lambda}$$

Fuente: Autor

$W_C$ = Coeficiente de dispersión cromática de la fibra óptica [ps/nm.Km]  $\Delta\lambda$ = Ancho espectral del láser [nm]

Para la fibra óptica que opera en el rango de los 1310nm de longitud de onda, el coeficiente de dispersión cromática posee valores de 4 o 5ps/nm.Km. De acuerdo a la norma ISO 11801, el máximo valor para el coeficiente de dispersión cromática es de 5,3ps/nm.Km, y al ser este el peor de los casos, se tomara este valor para la realización de los cálculos.

Ahora, de acuerdo a la recomendación TIA/EIA 568 B se sugiere la utilización de fuentes láser que, con anchos espectrales mínimos de 0,1nm que logren aumentar considerablemente el ancho de banda del enlace; sin embargo, debido a la distancia del tramo y las características del enlace requerido es suficiente la utilización de fuentes laser estándar cuyo ancho espectral varía entre 1 y 5nm.

**Ecuación 6. Ancho espectral**

$$AB_{min} = \frac{0,5}{34[Km] * 5,3 \left[ \frac{ps}{nm} \cdot Km \right] * 5[nm]}$$

$$AB_{min} = 554,94[MHz]$$

Fuente: Autor

Este valor es teóricamente el mínimo ancho de banda que se dispondrá para la distancia máxima soportable bajo las condiciones especificadas anteriormente. Cabe señalar que el cálculo efectuado tiene que ver con el ancho de banda que se dispondrá en el enlace, y no con el ancho de banda requerido.

Ahora bien, la distancia efectiva que recorrerá la fibra óptica será de 4720 metros, pasando en total a través de 14 bloques. Debido a que los carretes nominales estándar se presentan en longitudes de cable de cuatro a cinco kilómetros, no se realizaran empalmes, por lo que no se incluyen pérdidas de este tipo.

Entonces, para el cálculo de atenuación se tiene:

**Ecuación 7. Potencia mayor**

$$-5[dBm] - 6 * 0,4[dB] - 0,4 * 4,720[Km] - 2[dB] - 3[dB] \geq -26[dBm]$$

$$-14,288[dBm] \geq -26[dBm]$$

Fuente: Autor

Por tanto, al ser la potencia recibida mayor que la sensibilidad del receptor, el enlace es satisfactorio.

Y el ancho de banda resultante para el enlace es el siguiente:

**Ecuación 8. Ancho de banda**

$$AB = \frac{0,5}{4,720[Km] * 5,3 \left[ \frac{pS}{nm} \right] * 5[nm]}$$

$$AB = 3,99[GHz]$$

Fuente: Autor

### **3.6 PROPUESTA DE DISEÑO DE ESQUEMA DE RED LAN DE FIBRA ÓPTICA EN ANILLO O MIXTA, PARA EL CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA.**

#### **3.6.1 Descripción del diseño planteado**

La Universidad de Pamplona al ver el aumento de las tecnologías se ve obligada a hacer un análisis y desarrollo de una propuesta para la actualización de la red LAN de fibra óptica; por no tener antecedentes de instalación y mantenimiento o un proceso de registro de la red LAN casi obsoleta comparada con muchas de las Universidades a Nivel Nacional.

Se optó por instalar una red LAN interbloques de fibra óptica nueva con una capacidad de 10 veces la velocidad de la actual, la red LAN está comprendida por las conexiones del nodo central a los nodos de distribución, tomando como central el cuarto de servidores, interconectando un total de 14 tramos a bloques anteriormente conectados por la fibra óptica ya existente, este proceso se llevó al cabo con el acompañamiento de los administradores de red de la Universidad y director del CIADTI.

De allí nace la idea de crear una propuesta de un diseño redundante para el mejoramiento y solución a los inconvenientes que se presentan en la topología anterior.

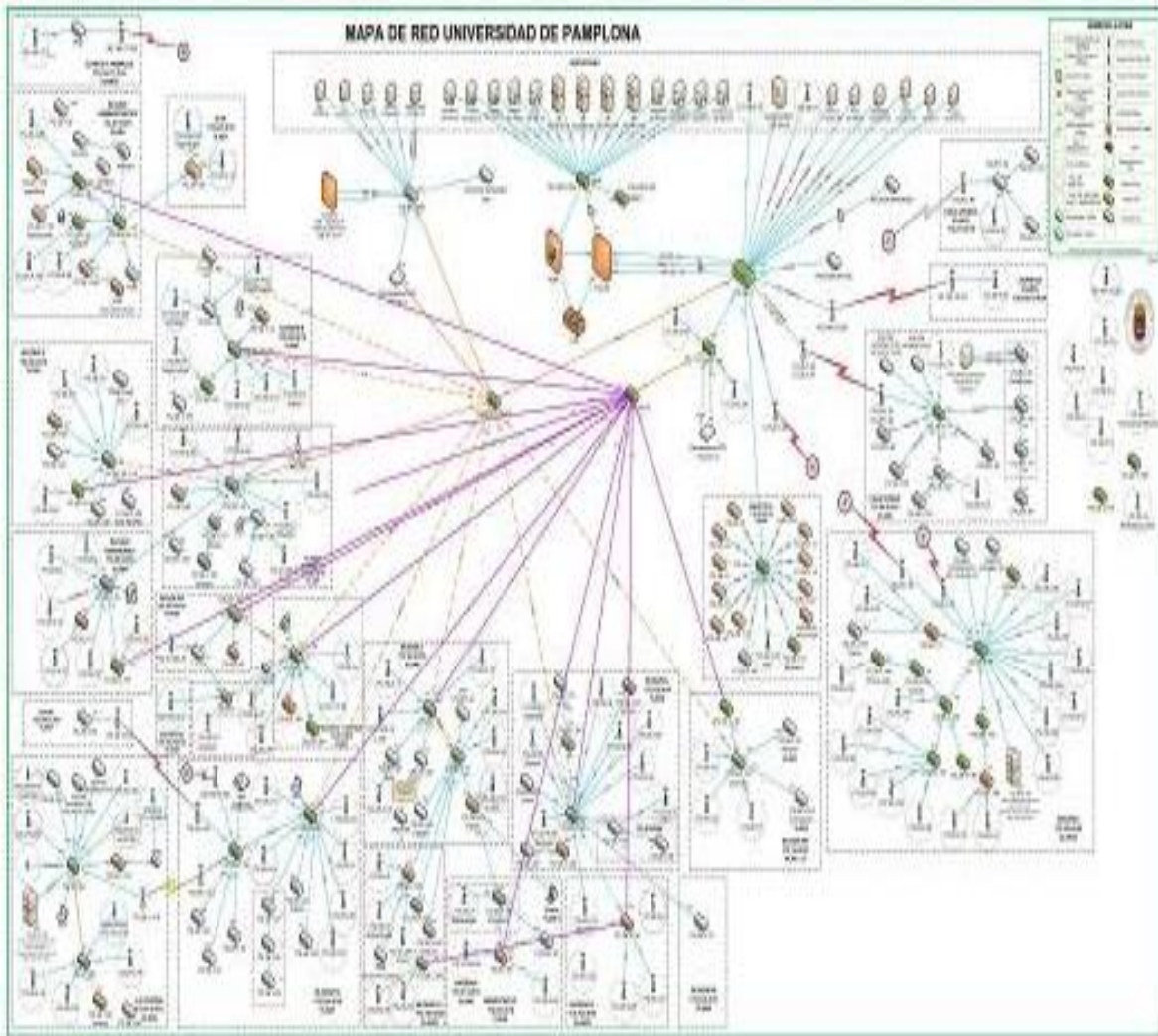
Basado en dos diseños o esquemas de red e inalámbrico y alámbrico se encuentran ventajas y desventajas de cada uno de ellos, en el estudio y el análisis de un buen sistema de red con contingencia a cualquier novedad o inconveniente de corte, se encuentran varias alternativas de construcción del diseño más conveniente para nuestra alma mater,

Luego de tanto y arduo trabajo se pudo concretar la actualización de la red LAN de fibra óptica dentro del campus principal con aproximadamente 4720 metros de cable

Multimodo 50/125 OM3, en un total de 14 bloques dentro del alma mater, se usó una total de 28 Transceiver J/E-PSW-FX-02(SC), 15 ODF y demás materiales necesarios para la actualización.

El sistema lógico de la red de la Universidad está estructurado en estrella extendida como lo podemos ver en la **figura 27**.

**Figura 27. Esquema de propuesta de fibra óptica a implementar**



Fuente: Autor

En la **figura 27**, se puede ver las líneas de color naranja y punteadas, las cuales describen la red anterior, con velocidad de 1GB OM1 u OM2 de velocidad y una antigüedad de más de 20 años de instalación, como también se identifica la actualización de la red lan con velocidad de 10GB OM3 50/125 multimodo de color fucsia, de allí se inicia el proceso de medición e identificación de la ductería, tránsito

y direccionamiento de esta última para la creación del plano topográfico de la misma y empezar con el análisis para el pronto desarrollo de la propuesta de la red redundante.

**Figura 28. Plano topográfico medición de la ductería de la fibra óptica.**



Fuente: Autor

### 3.6.2 ESTRATEGIA DE DISEÑO

Después de tener la base o plano topológico del tendido del cable de fibra óptica del campus principal de la Universidad de Pamplona se procede estudiar la mejor estrategia de diseño de un esquema redundante para el desarrollo de la propuesta siendo la más eficaz un sistema de malla añadido a la estrella extendida existente en la Universidad.

El esquema para la propuesta consta de:

Tabla 15. Cantidad de material existente para usar en el diseño de malla.

N°	BLOQUE	SWITCH CATALYS 3650	SFP 10GBASE- SR SFP	PATCH CORD LC/PC	PIG TAIL LC/PC
1	FP ó B	2	4	2	4
2	SIMON BOLIVAR	1	2	1	2
3	ADMINISTRATIVO	1	2	1	2
4	BLOQUE P ó JG	2	4	2	4
5	REGISTRO Y CONTROL	1	2	1	2
6	GIMNASIO	1	2	1	2
7	INCONCLUSO	1	2	1	2
8	INGENIERIAS	1	2	1	2
9	EDIFICIO CAMILO DAZA(CD)	1	2	1	2
10	ROCHERAUS	3	6	3	6
11	BIENESTAR	1	2	1	2
12	SOMBRILLAS	1	2	1	2
13	SUELOS	1	2	1	2
14	EDIFICIO FL	1	2	1	2
15	BIBLIOTECA JOSE RAFAEL FARIA (JR)	3	6	3	6
16	EDIFICIO FJ	1	2	1	2
17	EDIFICIO ALIMENTOS	1	2	1	2

Fuente: Autor

### 3.7 DISEÑO DE LA RED LAN TIPO MALLA DE FIBRA ÓPTICA PARA EL CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA 2018

La propuesta a realizar una red LAN de fibra óptica mixto o en anillo, teniendo eficacia y contingencia en el desarrollo de los procesos diarios en el campus principal de la universidad de pamplona.

Por tales motivos se creó la planimetría de la fibra óptica ya que no se tiene registro ninguno actual.

El diseño comprende una topología malla ya que es la mejor alternativa viable para una red redundante y eficiente en la transmisión de datos y compatible para la adición a la estrella extendida ya instalada, comprende de la infraestructura del campus principal el cual contiene 17 edificaciones, en los cuales en cada uno de



estas edificaciones se encuentran un cuarto de telecomunicaciones a donde llega el tramo de red LAN de fibra óptica om3 50/125 de 6 hilos, en este diseño se crean 3 rutas de expansión para construir la red en malla, en este diseño lógico comprende toda la interconexión de los bloques del campus principal de la universidad de pamplona.

El diseño físico de la red LAN de fibra óptica, debe ser realizado de acuerdo a la planimetría en la ductería ya construida en el campus principal con unas excepciones en las cuales se necesita obra de mano y ductería nueva para así llegar a ciertos lugares a los cuales no existen conexión alguna, facilitando el diseño a proponer.

Para la distribución de los equipos de la red LAN de fibra óptica, se puede interpretar que los equipos existentes no son aptos para dicho diseño por lo cual se opta por la adquisición o cotización de nuevos equipos avanzados con mayor distribución interna para el mejoramiento y futura implementación de la propuesta, dando así una red LAN con eficiencia y capaz de soportar las necesidades básicas actuales y futuras en el crecimiento del mejoramiento de la red LAN de la universidad de pamplona.

Se toma como centro de distribución o data center el cuarto de servidores en el edificio donde se ubica actualmente la biblioteca central del campus de la universidad, de allí se hace la distribución de los tramos que interconectan cada bloque por individualidad, fusionando 2 hilos disponibles para la construcción de la propuesta de la red redundante en topología malla.

Por consiguiente, lo establecido en el documento el diseño tiene un preámbulo para crear la mejor estrategia viable y la estructura del mismo de una forma eficaz como propuesta para su implementación futura.

A continuación, se muestra la **figura 29** con la propuesta de la malla de Fibra Óptica.



orientando los mecanismos como se podría diseñar el plano y la mejor forma de en un futuro implementarla.

Se analiza las diferentes formas para el diseño de esta propuesta use la aplicación AutoCAD versión estudiante, basado en un plano existente del campus principal en la oficina de planeación, de allí se inició el proceso de diseño, medición, localización, creación de las convenciones para instructivos de conocimiento y construcción de la propuesta.

Después de un análisis en campo y mediciones manuales, se estudió el mejor diseño a proponer y plasmar en el plano base, se tomó en cuenta los puntos existentes y ubicaciones de los diferentes dispositivos en funcionamiento y disponibilidad de sus características como puertos libres, Switch sin uso o con poco uso, material disponible para lograr construir un diseño acorde con lo existente y asequible con la red actual del campus principal de la Universidad de Pamplona.

Como también se estudió los cálculos hechos con anterioridad de la red LAN actual, llegando a buscar la propuesta de mejoramiento y actualización de la misma.

### 3.7.1 PROCESOS Y DESCRIPCIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DEL DISEÑO Y SIMULACIÓN

La **tabla 16**, muestra las medidas de caja a caja de registro en donde se dimensiona las distancias de los enlaces de fibra óptica en la ductería subterránea dentro del campus universitario.

**Tabla 16. Medidas caja a caja del tendido interbloques.**

Distancia del cableado por tramos					
Bloque inicial	Bloque destino	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Incloncluso (Aulario , Marco Fidel Suarez	124,8	1	2	3
Bloque inicial	Bloque destino	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Enrique Rochereaux	174,00	0	7	7

Bloque inicial	Bloque destino	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Camilo Daza	237,20	2	6	8
Bloque inicial	Bloque destino	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Bloque F ( Eduardo Cote Lamus)	340,86	5	7	12
Bloque inicial	Bloque destino	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Bloque L ( Francisco Jose de Caldas)	337,60	7	7	14
Bloque inicial	Bloque destino	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Suelos	322,15	2	10	12
Bloque inicial	Bloque destino	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Virgilio Barco Vargas	318,70	0	11	11
Bloque inicial	Bloque destino	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Ramon Gonzales Valencia	340,70	0	11	11

Bloque inicial	Bloque destino 01	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Gorge Gaitan Duran	369,07	2	12	14
Bloque inicial	Bloque destino 02	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
Gorge Gaitan Duran	Bienestar universitario	288,35	10	0	10
Bloque inicial	Bloque destino	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Bloque Administrativo (Pedro de Ursua)	89,49	2	3	5
Bloque inicial	Bloque destino	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Bienestar universitario	181,49	8	3	11
Bloque inicial	Bloque destino 01	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Administrativo Ceta (Leonardo Canal Gonzales)	148,33	7	2	9
Bloque inicial	Bloque destino	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Francisco de Paula Santander	160,99	6	3	9























































Bloque inicial	Bloque destino	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Simon Bolivar	306,48	6	9	15
Bloque inicial	Bloque destino	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Simon Bolivar	288,99	6	9	15
Bloque inicial	Bloque destino	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Jesus Romero Montolla	389,17	12	1	13
Bloque inicial	Bloque destino 02	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Gorge Gaitan Duran	410,17	10	8	18
Bloque inicial	Bloque destino 02	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
Registro y control	Jesus Romero Montolla	276,50	0	9	9
Bloque inicial	Bloque destino 02	Distancia del tramo en metros	Numero de cajas nuevas	Numero de cajas viejas	total de cajas
biblioteca Data Center	Administrativo Ceta (Leonardo Canal Gonzàles)	162,11	4	3	7

Fuente: Autor

- Copia de los cálculos aplicados a la solución descritos anteriormente.
- Especificaciones de elementos y materiales.

La **Figura 30**, se explica detalladamente las convenciones utilizadas en la red de fibra óptica por tramos, con tipo de cable OM3 Multimodo 10GB de 6 hilos, con lugares intervenidos dejando 4 hilos fusionados, “2 hilos activos y 2 hilos distribuidos de la siguiente manera, desconectados para contingencia” y 2 hilos libres, cada uno identificado por su color es decir para enlaces conectados azul y naranja, para enlaces fusionados verde y marrón y para futuras conexiones gris y negro siguiendo la normativa ITA/IA 568 B.

**Figura 30. Convención de medidas para el plano de red de distribución física de la fibra óptica.**

CONVENCIONES			
DISPONIBILIDAD DE HILOS POR BLOQUE			
BLOQUE	CONECTADO	FUSIONADO	LIBRE
P	2 	2 	2 
ING	2 	2 	2 
SOMBRILLAS	2 	2 	2 
ER	2 	2 	2 
FJ	2 	2 	2 
FL	2 	2 	2 
CD	2 	2 	2 
INCONCLUSO	2 	2 	2 
BIENESTAR	2 	2 	2 
ADMINISTRATIVO	2 	2 	2 
B	2 	2 	2 
R Y C	2 	2 	2 
SB	2 	2 	2 
GN	2 	2 	2 
BIBLIOTECA	2 	2 	2 
ALIMENTOS	2 	2 	2 
SUELOS	2 	2 	2 
M	2 	2 	2 

Fuente: Autor

### 3.7.2 CONVENCION DE HILOS DE FIBRA OPTICA

- **COLUMNA BLOQUE:** hace referencia al lugar locativo intervenido
- **COLUMNA FUSIONADO CONECTADOS:** hace referencia a los hilos de fibra óptica utilizados y dejados activos, dichos hilos son de color Naranja y Azul.
- **COLUMNA FISIONADOS DESCONECTADOS:** hace referencia a los hilos de fibra óptica disponibles para futura utilización, dichos hilos son de color Verde y Café.
- **COLUMNA LIBRES:** hace referencia a los hilos de fibra óptica disponible sin fusionar en ambos extremos, dichos hilos son de color Gris y Blanco.

### CAJA DE EMPALMES DE FIBRA OPTICA PARA EXTERIOR

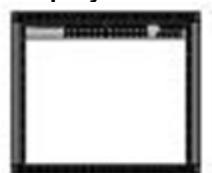
La **figura 31**, muestra el aspecto físico de una mufla la cual sirva para hacer empalmes exteriores y así tener mayor alcance en los enlaces.

**Figura 31. Empalme mufla:** bandeja de distribución de fibra óptica para utilizar en el exterior y derivar conexiones de fibra óptica y tener mayor alcance.



Fuente: Autor desde el programa AUTOCAD

**Figura 32. RACK:** es el gabinete de disposición final de los Switch, Reuter y servidores utilizado en el proyecto.



CALM RA 0.6200.4502.51 m

CATALYS D.44X21.045003.40 m

Fuente: Autor con ayuda de Arq.(c) Michael Ortiz (2018)

La **Figura 33**, muestra las diferentes dimensiones que debe tener la ductería para proteger de agentes externos la fibra óptica.

**Figura 33. Tubos:** convención de las diferentes dimensiones de los tubos utilizado en el proyecto.



Fuente: Autor por el programa AUTO CAD



La **Figura 34**, muestra las dimensiones del punto de acceso inalámbrico creado en el programa AUTO CAD.

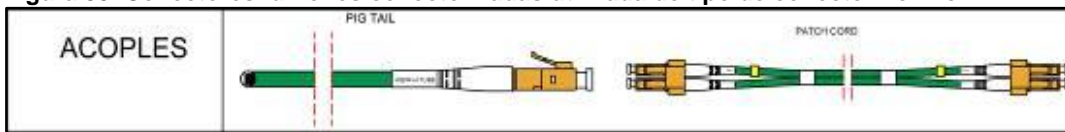
**Figura 34. Access Point: punto de acceso inalámbricos utilizados en el proyecto**



Fuente: Autor por el programa AUTO CAD

La **Figura 35**, muestra el conector tipo LC-LC y su forma de conexión.

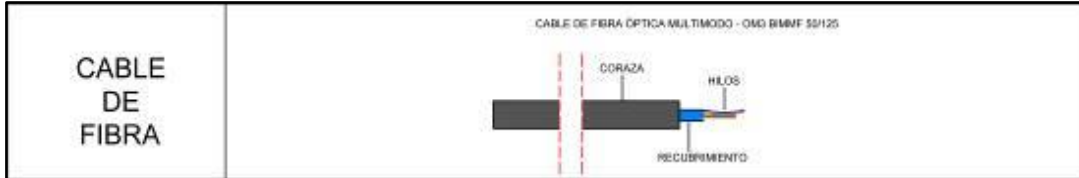
**Figura 35. Conectores: uniones conectorizadas utilizada de tipo de conector Lc -Lc**



Fuente: Autor por el programa AUTO CAD

La **Figura 36**, muestra la representación física de un tipo de fibra óptica utilizado en los empalmes de los bloques de la universidad de pamplona.

**Figura 36. CABLE DE FIBRA ÓPTICA: cable utilizado para conectar los diferentes bloques en planta externa.**



Fuente: Autor por el programa AUTO CAD

La **Figura 37**, se muestra el dimensionamiento de las nuevas cajas de registro para cableado de fibra óptica.



**Figura 37. Dimensiones de cajas dejadas en sitio de obra nueva**

CONVENCIONES					CANTIDAD
CAJAS NUEVAS					
<p>CAJA T1P</p>	<p>CAJA T15P-7Bi</p>	<p>CAJA T9P</p>	<p>CAJA T1Bi</p>	<p>CAJA T7FJ-2CD</p>	40 CAJAS

Fuente: Autor por el programa AUTO CAD

La **Figura 38**, se muestra el dimensionamiento de las cajas antiguas de registro para cableado de fibra óptica.

**Figura 38. Disposición de cajas dentro del proyecto ya establecidas**

CAJAS ANTIGUAS			CANTIDAD
 <p>CAJA T14FJ-9CD- 13ING.SOM-6ER-2INC</p>	 <p>CAJA T10FJ-5CD- 9ING.SOM-2ER</p>	 <p>CAJA T5SB-5RYC</p>	36 CAJAS

Fuente: Autor por el programa AUTO CAD

### CONVENCIONES DE LECTURA DEL PLANO CON RESPECTO A LAS CAJAS Y DISPOSICIÓN EN SITIO

La **Figura 39**, se muestra la forma correcta de interpretar las siglas en el plano físico de la red.

**Figura 39. Forma correcta de interpretar las siglas encontradas dentro del plano de red física.**



Fuente: Autor por el programa AUTO CAD

### 3.7.3 SUBSISTEMA DE CAMPO

En este proyecto el subsistema de campo consta del tendido de fibra óptica dieléctrico auto soportado OM3 Multimodo con 50/125 µm núcleo/revestimiento, para la interconexión de los catorce bloques por una distancia total de tendido de cableado de fibra óptica de 4720 metros.

El sistema de cableado de fibra óptica deberá superar los requerimientos mínimos del estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3 para componentes de fibra óptica utilizados en el cableado en ambientes de edificio, tales como cables,

conectores, hardware de conexión, patch cords e pigtail LC, y establece los tipos de fibra óptica reconocidos.

Tener especial cuidado en evitar los esfuerzos cortantes que pueden aparecer en las transiciones entre el cable y los empalmes de protección preformados, que se ponen bajo de retenciones, para lo que se procurará dar forma a estas protecciones de manera que sigan la misma dirección de la curvatura del cable.

Esto con el fin de eliminar por completo la posibilidad que ocurran deformaciones durante la instalación del cable y prolongar su vida útil.

Identificar cada bloque con etiquetas de aviso de cable óptico, las cajas de empalme (ODF) se pueden montar en rack.

Se debe tener en cuenta que la Universidad tiene un sistema de comunicaciones ya existente y por lo tanto un sistema de red en estrella extendida o compuesta por puesta a tierra, UPS, tableros, cables, breakers, tomas, ductería y accesorios necesarios para el adecuado funcionamiento de los equipos.

El tendido de redes de fibra óptica vía subterránea se hará sobre infraestructura existente, siguiendo la ruta que se describe en la figura 34 de este documento y teniendo en cuenta todas las normas de construcción nacionales, internacionales y las relacionadas en este documento.

La Fibra Óptica se entregará sobre los ODF que se instale en los dos puntos de enlace con terminación de conector pigtail LC/PC y patch cord LC/PC con el fin de realizar las conexiones físicas. Se deben realizar pruebas que garanticen la conexión y comunicación entre los dos puntos y hacer un informe donde señale la aceptación del tramo después del análisis de las pruebas.

Los hilos en los ODF, así como los ODF, deben guardar un orden estándar para su fácil comprensión, siguiendo la disposición de la marcación física realizada. Adicionalmente se debe entregar el diagrama unifilar de la red estandarizado según el código de colores de la norma ANSI/EIA/TIA 598 A.

Se deberá tener en cuenta los puntos críticos a revisar relacionados a continuación:

Revisión de instalaciones de origen y destino del cable de fibra óptica (bloque a bloque).

- Acomodo de cable en ductos y/o cajas de distribución.

- Revisión de ODF al inicio y final de ruta, así como su trayectoria dentro de bloques y el cuarto central de control o servidores.
- Identificación del cable con datos como: nombre del enlace, capacidad del cable, tipo de cable, metraje de ruta, entre otras.

#### 3.7.4 REPORTE FOTOGRÁFICO

Anexar un reporte fotográfico general de la ruta, así mismo de todos los cruces con otras instalaciones, cruces especiales y cambios de dirección significativos.

#### PLANOS Y MEDIOS ÓPTICOS

El oferente debe suministrar los planos de cada ejecución en medio digital (AutoCAD) e impreso que indiquen los puntos de localización e identificadores para: Enrutado y terminaciones del cableado horizontal.  
Las salidas/conectores de telecomunicaciones.

- Enrutado y terminaciones del cableado vertical.
- Diagrama de distribución y administración de Rack.
- Ubicación de salidas eléctricas reguladas/no reguladas y tableros de distribución.

Diagrama de equipos activos de la red, con esquema de conectividad (fibra óptica, UTP, apilamiento) y direccionamiento IP.  
Se entregará toda la documentación en medio impreso, incluyendo diseño.

#### 3.7.5 ESPECIFICACIONES TECNICAS

##### NORMATIVIDAD

El proyecto se debe regir a la normatividad que dictan los siguientes estándares:

- ANSI/TIA/EIA-568 B.3: especifica los requisitos mínimos para componentes de fibra óptica usados en el cableado de telecomunicaciones en edificios (bloques) y campus. Estos componentes pueden ser: cables, conectores, hardware de conexión, amarres, jumpers y equipo de pruebas en campo para fibras multimodo de 50/125  $\mu\text{m}$ .
- ANSI/EIA/TIA 598A: normas internacionales para la correcta

identificación de los hilos de fibra han determinado los colores de los mismos. La norma ANSI/EIA/TIA 598A determina que el ordenamiento de los hilos se debe regir y el color de la cobertura exterior de cable según el tipo de fibra (monomodo o multimodo)

- ANSI/EIA/TIA 606 A Norma de administración para la infraestructura de telecomunicaciones de edificios comerciales.
- ANSI/EIA/TIA 607 Requisitos de unión, instalación y puesta a tierra para telecomunicaciones.

### **FIBRA ÓPTICA – BACKBONE**

- Fibra Óptica Multimodo OM3 con 50/125  $\mu\text{m}$  núcleo/revestimiento
- Debe ser incluido el hardware de terminación de fibra Tipo (LC), tipo de empalme mecánico, rotatorio o de fusión.
- Debe soportar mínimo aplicaciones Gigabit Ethernet.
- La Longitud de Onda de la fibra debe cumplir 850/1310 nm.
- El Ancho de Banda de la fibra deberá mínimo cumplir los 500 Mhz/Km @ 850/1310nm.
- Debe presentarse la certificación de los puntos fusionados por medio de un OTDR, para constatar distancia, atenuación, potencia y conductividad.
- El forro del cable de la fibra debe tener clasificación Riser (OFNR) de acuerdo a UL 1666.

### **BANDEJAS DE FIBRA ÓPTICA**

Contar con 12 salidas simplex con conectores LC-PC de acuerdo a los estándares: FOCIS-10TIA/EIA-568-B.3. Las bandejas deben estar provisionadas con todos los accesorios y elementos necesarios para la conexión de todos los hilos de fibra de los enlaces backbone

Permitir la conexión de 4 de las salidas de fibra óptica identificadas en el panel, y con todos los requerimientos para facilitar la administración de la red, para cumplir con la norma ANSI TIA/EIA 606A.

### **PATCH CORDS DE FIBRA ÓPTICA**

Compatibles con todos los sistemas de fibra Multimodo con 50/125 OM3.

Estar disponibles en diversas longitudes y configuración de sus conectores LC-PC en extremo A y extremo B.

Debe cumplir con los estándares internacionales correspondientes para fibras Multimodo con 50/125 OM3 y exceder las especificaciones del estándar TIA/EIA-568-B.3 e ISO/IEC 11801 OM3.

Ser elaborados en fábrica y pre certificados como estipula la TIA/EIA, deben venir en su bolsa original de empaque.

## **EQUIPOS ACTIVOS**

Los equipos activos deben ser Ethernet apilables de 24 puertos de 10/100/1000 Mbps. de acuerdo con los requerimientos mínimos obligatorios y las cantidades establecida. Deben incluir accesorios, hardware, softwares necesarios para su interconexión y apilamiento, se deben entregar para configurados y en funcionamiento. Debe tener como mínimo las siguientes características:

Puertos Ethernet 10/100/1000, RJ45, detección automática, auto-MDI/MDIX  
Switch 24 puertos 10Base-T/100Base-T/1000Base-T, PoE (3 COM Prosafe 24 Port 10/100/1000 smart Port Switch with 4 Gigabit Ports)

Los switches deben incluir 4 puertos Gigabit Ethernet para uso con módulos SFP para conexiones de fibra óptica los cuales pueden ser de uso dual (1000BASE-T o 1000BASE-SX/LX), y deben incluir 2 ranura para puerto 1 Gigabit Ethernet y 2 ranura para puerto 10 Gigabit Ethernet. Se deben incluir los respectivos módulos SFP.

Dirección IP única e interfaces de administración para control.

## **PATCH PANEL**

Los patch panels serán certificados por UL Listed, para garantizar que los elementos ofrecidos han sido avalados por estos laboratorios. Los elementos estarán identificados individualmente con el correspondiente logo de la prueba de laboratorio (UL), de forma permanente y marcado directamente en el elemento.

Permitir la incorporación de módulos y conectores en forma individual.

Tener 19" de ancho y albergar como mínimo 24 tomas por Patch.

Estar equipado para alojar en el mismo ensamble aparte de Jacks RJ45 Categoría 6 conectores de fibra óptica SC, ST, LC y/o cualquier conector de fibra óptica de nueva generación.

Estar conformado por un herraje metálico, venir con los kits de tornillos para realizar su montaje sobre el rack.

## **RACKS Y ORGANIZADORES**

El gabinete debe tener dimensiones de acuerdo al espacio del centro de cableado, estar construido en aluminio extruido asegurando continuidad eléctrica al ser armado e incluir los elementos como tornillos, arandelas, etcétera, que ayuden a hacer el fácil aterrizaje del rack; debe tener con capacidad de alojar

equipos de hasta 19" de ancho y cumplir con los requerimientos de la EIA-310D. Medidas que deben ser cotejadas por el proponente.

Los rieles deben incluir la identificación de cada una de las unidades de rack tanto en la parte frontal como en la parte posterior.

Contar con organizadores verticales, con manejo de radios de curvatura para fibras ópticas y cobre.

Tener organizadores horizontales de cableado delantero fabricado en material plástico, incorporar dedos para el control de radios de curvatura, debe ser de 1RU (unidad de rack) y de 19" estándar.

La contención de los cables se debe realizar con cintillas tipo Velcro.

## **MARCACIÓN E IDENTIFICACIÓN**

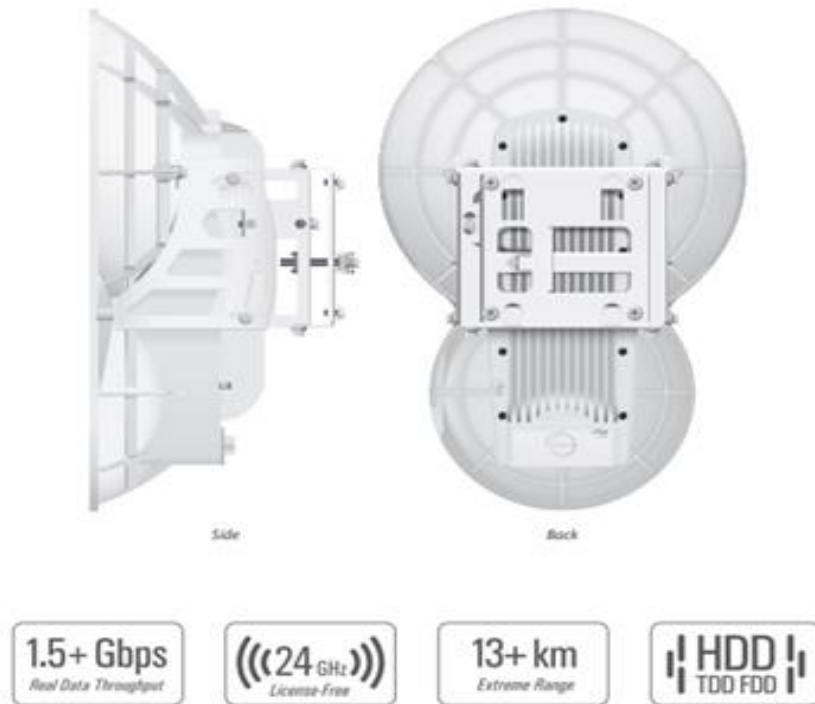
- Cumplir con la norma TIA/EIA 606A.
- Los cables Horizontales y Verticales deben rotularse en cada extremo.

### **3.8 PROPUESTA DISEÑO DE ESQUEMA DE RED EN RADIO FRECUENCIA DE FIBRA ÓPTICA EN ANILLO O MIXTA, PARA EL CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA.**

Se hacen un segundo diseño como propuesta adicional o alternativa para la malla de la red del campus principal de la Universidad de Pamplona. Este diseño se hizo vía microondas o radio frecuencia con antenas airFiber 24 ideal para exteriores con protocolo FDD de alto rendimiento y baja latencia, compatible con el cableado de fibra óptica, sistema PtP punto a punto, se tomó como referencia una altura para cada antena en su distribución dentro del campus con un radio de 10 metros para mejor visualización y comunicación entre los puntos de transmisión de estos dispositivos.

La **figura 40**, muestra la estructura física de la antena airFiber 24.

Figura 40. Antena airFiber 24



Fuente: Autor

La **figura 41**, se encuentran las especificaciones técnicas de la antena airFiber 24, en donde se especifican los parámetros a tener en cuenta para la respectiva configuración.



Figura 41. Especificaciones de la antena airFiber 2

## Specifications

airFiber AF-24	
Operating Frequency	24.05 – 24.25 GHz*
Dimensions	
Radio	649 x 426 x 303 mm (25.55 x 16.77 x 11.93")
Box	725 x 520 x 410 mm (28.54 x 20.47 x 16.14")
Weight	
Radio (Mount Included)	10.5 kg (23.15 lb)
Box	17 kg (37.48 lb)
Max. Power Consumption	50W
Power Supply	50V, 1.2A PoE GigE Adapter (Included)
Power Method	Passive Power over Ethernet
Supported Voltage Range	+42 to +58VDC, -48VDC
Certifications	CE, FCC, IC
Wind Loading	480 N @ 200 km/hr (108 lbf @ 125 mph)
Wind Survivability	200 km/hr (125 mph)
Mounting	Pole Mount Kit (Included)
Operating Temperature	-40 to 55° C (-40 to 131° F)
LEDs	(8) Status LEDs: Data Port Speed Data Port Link/Activity Configuration Port Speed Configuration Port Link/Activity GPS Synchronization Modulation Mode Master/Slave RF Status  (1) Two-Digit LED Display Calibrated in dBm

Interface	
Data Port	(1) 10/100/1000 Ethernet Port
Configuration Port	(1) 10/100 Ethernet Port
Auxiliary Port	(1) RJ-12, Alignment Tone Port
System	
Maximum Throughput	1.5+ Gbps
Maximum Range	13+ km
Packets per Second	> 1 Million
Encryption	128-Bit AES
Uplink/Downlink Ratio	50% Fixed
Latency	
Full Duplex Mode	< 200 µs at Full Throughput
Half Duplex Mode	< 2 ms at Full Throughput
MTU (Maximum Transmission Unit)	Up to 9600

\* Two 100 MHz channels are available: 24.1 GHz (24.05-24.15 GHz) and 24.2 GHz (24.15-24.25 GHz)

airFiber AF-24 Receive Sensitivity			
Modulation	Sensitivity	FDD Capacity*	TDD Capacity*
64QAM	-66 dBm	1500 Mbps	760 Mbps
16QAM	-72 dBm	1000 Mbps	507 Mbps
QPSK MIMO	-78 dBm	500 Mbps	253 Mbps
QPSK SISO	-80 dBm	250 Mbps	127 Mbps
¼x QPSK SISO	-87 dBm	62.5 Mbps	31.7 Mbps

\* FDD = (2) 100 MHz channels and TDD = (1) 100 MHz channel

airFiber AF-24 Radio Frequency	
GPS	GPS Clock Synchronization
Transceiver	
EIRP	~33 dBm (FCC/IC), ~20 dBm (CE), ~40 dBm (Other Regions)
Frequency Accuracy	±2.5 ppm without GPS Synchronization ±0.2 ppm with GPS Synchronization
Channel Bandwidth	100 MHz
Operating Channels	24.1 GHz, 24.2 GHz
Modulation	64QAM MIMO 16QAM MIMO QPSK MIMO QPSK SISO ¼x QPSK SISO
Integrated Split Antenna	
TX Gain	33 dBi
RX Gain	38 dBi
Beamwidth	< 3.5°
Front-to-Back Ratio	70 dB
Polarity	Dual-Slant Polarization
Cross-Polarity Isolation	> 28 dB

airFiber AF-24 Capacity (Mbps)		
Rate	Modulation	100 MHz Channel Width*
6x	64 QAM MIMO	1500.0
4x	16 QAM MIMO	1000.0
2x	QPSK MIMO	500.0
1x	QPSK SISO	250.0
¼ x	¼ QPSK SISO	62.5

Fuente: Autor

Para este diseño se tuvo en cuenta la recomendación de un docente para plantear y simular esta propuesta con la aplicación llamada Ubiquiti Network, la cual tiene correlación con esta aplicación en línea [www.link.ui.com](http://www.link.ui.com), en conjunto con Google Earth Pro, para la ubicación satelital del diseño de la propuesta.

### 3.8.1 UBICACIÓN SATELITAL GEORREFERENCIADA

Las antenas airFiber 24 fueron ubicadas sobre los edificios o bloques internos del campus principal de la universidad de pamplona, según la accesibilidad a los predios para la utilización de la energía eléctrica e interconexión a cada uno del rack anteriormente instalados en cada bloque para la distribución de la red LAN de los mismos. A continuación, se observa una imagen extraída desde Ubiquiti AirLink donde se observan la georreferenciación de los puntos sobre cada bloque; cuyos datos fueron colectados en la **Tabla 17**.

Tabla 17. Localización georreferenciada de la ubicación de las antenas

DESCRIPCION POR BLOQUE	Latitud	Longitud	Altura (m) metros
Antena JR	7° 22' 29,7" N 7,386034	72° 38' 55,9" O -72,68859	10
Antena MF	7° 22' 09,8" N 7,38622	72° 39' 00,8" O -72,649831	10
Antena ER	7° 22' 46,5" N 7,386723	72° 38' 49,3" O -72,649887	10
Antena CD	7° 21' 54,3" N 7,38717	72° 38' 49,5" O -72,649944	10
Antena NUEVO	7° 22' 14,7" N 7,3871152	72° 38' 58,7" O -72,650389	10
Antena IDI	7° 22' 50,3" N 7,387418	72° 39' 01,1" O -72,650271	10
Antena RG	7° 22' 01,9" N 7,38767	72° 38' 53,7" O -72,650304	10
Antena JG	7° 23' 20,0" N 7,388016	72° 39' 12,3" O -72,650183	10
Antena FJ	7° 22' 48,4" N 7,387894	72° 39' 48,4" O -72,649614	10
Antena EC	7° 22' 29,2" N 7,387481	72° 38' 21,1" O -72,649561	10
Antena BU	7° 21' 53,9" N 7,386896	72° 39' 37,5" O -72,648552	10
Antena ADM	7° 22' 09,8" N 7,386436	72° 39' 00,8" O -72,648748	10
Antena AJ	7° 22' 46,5" N 7,386157	72° 38' 49,3" O -72,648474	10
Antena FP	7° 21' 54,3" N 7,385333	72° 38' 49,5" O -72,648206	10
Antena SB	7° 22' 14,7" N 7,384421	72° 38' 58,7" O -72,647616	10
Antena RYC	7° 21' 53,9" N 7,384535	72° 39' 37,5" O -72,648113	10
Antena GN	7° 21' 53,9" N 7,38345	72° 39' 37,5" O -72,648858	10

Fuente: Autor

La **figura 42**, muestra las distancias de los enlaces punto a punto para las antenas airFiber vista desde vía satelital por medio de la aplicación Ubiquiti Network enlazada con Google earth.

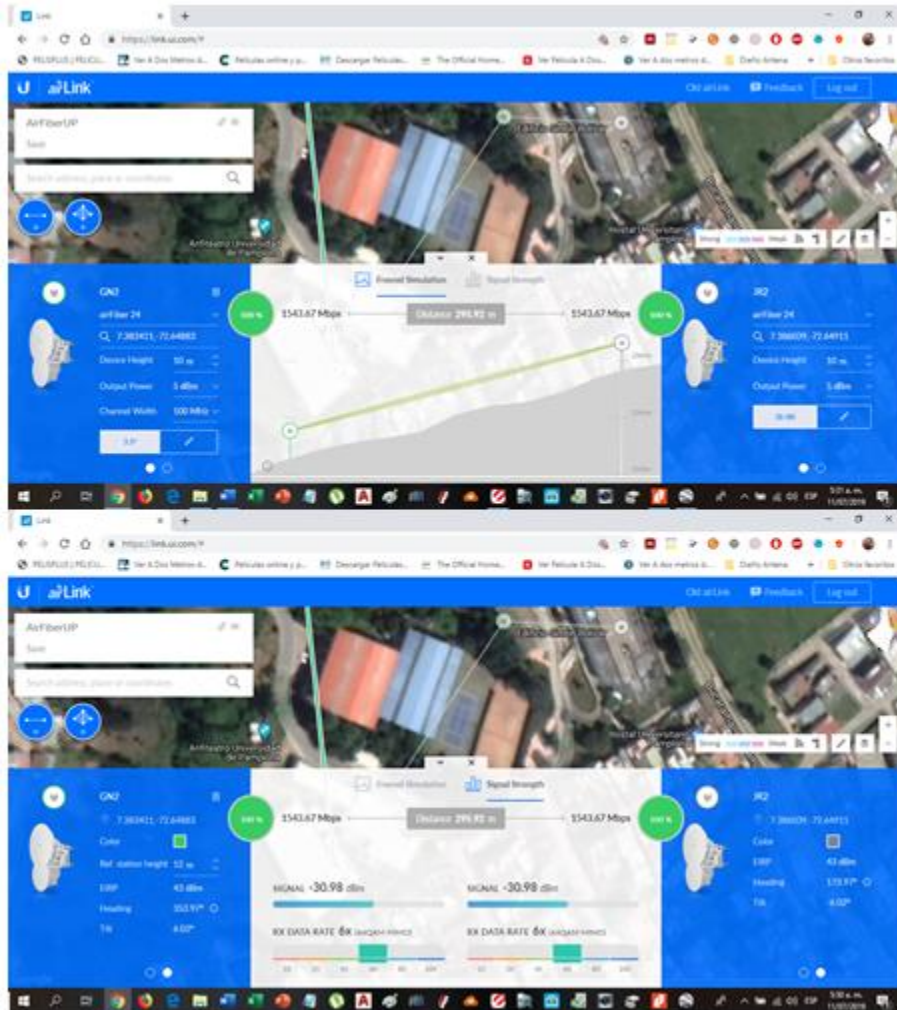
Figura 42. Vista satelital de la red redundante de radio frecuencia



Fuente: Autor

En la **figura 43**, se muestran las características de enlaces entre antenas desde la interface del programa Ubiquiti Network.

**Figura 43. Características de enlaces entre antenas**



Fuente: Autor

En la figura 43 se denota las características del enlace las cuales son administradas por la aplicación tales como:

- Ubicación Georreferenciada del Tx y Rx.
- Altura del dispositivo (airFiber24).
- Potencia de salida del Tx y Rx.
- Ancho de Canal del Tx y Rx.
- Distancia del tramo o enlace entre Tx y Rx.
- Angulo del Enlace.

- Ganancia en dBi
- Potencia de Señal en dBm.
- Identificación del enlace entre el Tx y del Rx.

En la **Tabla 18**, se identifican los cálculos o características de las mediciones hechas por la aplicación Ubiquiti Network, cabe notar que las mediciones georreferenciadas las encontramos anteriormente descritas en la **tabla 16**.

**Tabla 18. Cálculo de mediciones de enlaces interbloques**

Bloque TX	H (m)	Ps (dBm)	BW (MHz)	L (m)	< Tx (°)	< Rx (°)	G (dBi)	Signal (dBm)	Bloque Rx
JR	10	5	100	84,4	2,81	-2,81	38	-20,08	MF
MF	10	5	100	57,34	9,09	-9,09	38	-16,72	ER
ER	10	5	100	54,15	-4,84	4,83	38	-16,23	CD
CD	10	5	100	51,11	-0,21	0,2	38	-15,72	SUELOS
SUELOS	10	5	100	37,81	-7,4	7,4	38	-13,11	IDI
IDI	10	5	100	24,95	6,59	-6,59	38	-9,5	RG
RG	10	5	100	41,54	-7,12	7,12	38	-13,92	JG
JG	10	5	100	64,03	-2,17	2,17	38	-17,68	FL
FL	10	5	100	51,53	5,12	-5,12	38	-15,8	EC
EC	10	5	100	123,43	0,32	-0,32	38	-23,38	BU
BU	10	5	100	62,85	9,06	-9,06	38	-17,52	ADM
ADM	10	5	100	43,45	-1,05	1,05	38	-14,31	AJ
AJ	10	5	100	96,94	4,98	-4,98	38	-21,28	FP
FP	10	5	100	120,31	-1,08	1,07	38	-23,16	SB
SB	10	5	100	54,06	10,95	-10,95	38	-16,21	RYC
RYC	10	5	100	137,99	6,34	-6,34	38	-24,35	GN
GN	10	5	100	295,92	6,02	-6,02	38	-30,98	JR

Fuente: Autor

### 3.8.2 PÉRDIDAS POR ESPACIO LIBRE

En la **Tabla 19** se plasman las distancias que se utilizaron para realizar los cálculos de las pérdidas de espacio libre, obtenidas del software de Google Earth Pro, Ubiquiti Network, inicialmente desde la antena transmisora hasta la antena receptora ubicada entre los bloques del campus principal formando un sistema redundante en radiofrecuencia, las ubicaciones de las mencionadas antenas se encuentran en la **Tabla 18**. A continuación, las distancias medidas en kilómetros que posteriormente se reemplazan los valores en la **Ecuación 9**.

**Tabla 19. Distancia usada para los cálculos**

Bloques	Distancia Km
JR	0,0844
MF	0,05734
ER	0,05415
CD	0,05111
<b>SUELOS</b>	0,03781
IDI	0,02495
RG	0,04154
JG	0,06403
FL	0,05153
EC	0,12343
BU	0,06285
ADM	0,04345
AJ	0,09694
FP	0,12031
SB	0,05406
RYC	0,13799
GN	0,29592

Fuente: Autor

Para los cálculos de las pérdidas se tiene la siguiente ecuación, las cuales se reemplazan los valores y en la parte de la distancia se reemplazan los valores de la **Tabla 19**.

**Ecuación 9. Perdidas por espacio libre**

$$L_f(db) = 32,4 + 20 \log f (MHz) + 20 \log R (Km)$$

Fuente: Autor

A continuación, se relacionan las pérdidas encontradas en el espacio libre, reemplazando los valores de la **Tabla 19** y la frecuencia de 2400 MHz en la **Ecuación 9** se obtienen los siguientes resultados expresados en la **tabla 20**. Las cuales indican que la señal se distribuye sobre un frente de onda en la cual la densidad de la potencia disminuye a medida que se aleja del transmisor en cada bloque.

**Tabla 20. Datos calculados de las pérdidas por espacio libre**

Bloques	Pérdidas por espacio libre (dB)
JR	78,5310
MF	75,17
ER	74,6761
CD	74,1743
<b>SUELOS</b>	<b>71,5563</b>
IDI	67,9456
RG	72,3735
JG	76,1318
FL	74,2454
EC	81,8326
BU	75,9703
ADM	72,7640
AJ	79,7342
FP	81,6102
SB	74,6617
RYC	82,8011
GN	89,4277

Fuente: Autor

Como se mencionó en la **tabla 20**, las distancias entre el transmisor y el receptor fueron halladas con Google Earth Pro con Ubiquiti Network, en la **tabla 21** se muestran las distancias en metros para posteriormente ser remplazadas.



### 3.8.3 PÉRDIDAS POR TIERRA PLANA

La **tabla 21**, muestra las distancias usadas para los cálculos de pérdida por tierra plana.

**Tabla 21. Distancia usada para los cálculos.**

Receptores	Distancia metros
JR	84,4
MF	57,34
ER	54,15
CD	51,11
<b>SUELOS</b>	37,81
IDI	24,95
RG	41,54
JG	64,03
FL	51,53
EC	123,43
BU	62,85
ADM	43,45
AJ	96,94
FP	120,31
SB	54,06
RYC	137,99
GN	295,92

Fuente: Autor

Para los cálculos de las pérdidas se tiene la siguiente ecuación:

**Ecuación 10. Pérdidas por tierra plana**

$$L(db) = 40 \log r_m - 20 \log hm_m - 20 \log hb_m$$

Fuente: Autor

$r_m$  = Distancia

$hm_m$  = Altura del Recetor (10m)

$hb_m$  = Altura del Transmisor (10m)

La **ecuación 11**, muestra los datos calculados de pérdida por tierra plana en los diferentes bloques del campus principal de la universidad de pamploha.

**Tabla 22. Datos calculados de las pérdidas por Tierra Plana**

Receptores	Pérdidas por tierra plana (dB)
JR	37,0536
MF	30,3383
ER	29,3439
CD	28,3402
<b>SUELOS</b>	<b>23,1042</b>
IDI	15,8828
RG	24,7386
JG	32,2553
FL	28,4824
EC	43,6568
BU	31,9322
ADM	25,5195
AJ	39,4601
FP	43,2120
SB	29,3150
RYC	45,5939
GN	58,8469

Fuente: Autor

En la **Tabla 22** se expresan los resultados hallados de la **Ecuación 11**, en la cual se expresan las pérdidas por tierra plana en la cual se observa la como se atenúa la señal a medida que se propaga en el espacio.

Altura de la antena sobre el nivel del mar

En la **Tabla 23**, se muestran los resultados de los calculados de pérdidas de espacio libre en dB y pérdidas por tierra plana en dB para observar la intensidad de la señal inalámbrica de un transmisor hasta su respectivo receptor.

**Tabla 23. Datos de los cálculos hechos de perdidas.**

Bloques	Pérdidas por espacio libre (dB)	Pérdidas por tierra plana (dB)
<b>JR</b>	78,5310	<b>37,0536</b>
<b>MF</b>	75,17	<b>30,3383</b>
<b>ER</b>	74,6761	<b>29,3439</b>
<b>CD</b>	74,1743	<b>28,3402</b>
<b>SUELOS</b>	71,5563	<b>23,1042</b>
<b>IDI</b>	67,9456	<b>15,8828</b>
<b>RG</b>	72,3735	<b>24,7386</b>
<b>JG</b>	76,1318	<b>32,2553</b>
<b>FL</b>	74,2454	<b>28,4824</b>
<b>EC</b>	81,8326	<b>43,6568</b>
<b>BU</b>	75,9703	<b>31,9322</b>
<b>ADM</b>	72,7640	<b>25,5195</b>
<b>AJ</b>	79,7342	<b>39,4601</b>
<b>FP</b>	81,6102	<b>43,2120</b>
<b>SB</b>	74,6617	<b>29,3150</b>
<b>RYC</b>	82,8011	<b>45,5939</b>
<b>GN</b>	<b>89,4277</b>	<b>58,8469</b>

Fuente: Autor

## CAPITULO IV

En este capítulo se puede encontrar un estudio Técnico y Económico de cuadros para analizar, compartir e identificar la mejor opción entre las dos propuestas planteadas para en un futuro cercano implementar una red redundante en el campus principal de la Universidad de Pamplona.

### **4. ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE CUADROS.**

#### **4.1 ANÁLISIS Y REQUERIMIENTOS**

El presente proyecto tiene como objetivo realizar la propuesta técnica para ampliar la capacidad de transito de datos de la red LAN de fibra óptica del campus principal de la Universidad de Pamplona, para brindar más y mejores servicios a las diferentes dependencias del campus principal, ya que la red LAN actual se ha visto con la necesidad de ampliar al ver las demandas y el crecimiento en un proceso de alta calidad institucional, por ende es necesario la ampliación en velocidad y de transito de datos de varios servicios y solicitudes de más requerimientos básicos dentro del alma mater. Para diseñar este trabajo se realizó un análisis y estudio de la red actual en lo que se identificó equipos o dispositivos y cuáles deberían ser las consideraciones necesarias para poder realizar la ampliación de capacidad en cuanto a hardware o material actualizado para un sistema redundante en la red LAN del campus principal de la Universidad de Pamplona.

##### **4.1.1 ESTUDIO DE LAS TECNOLOGÍAS.**

Se estudian tanto las tecnologías actualmente implementadas en el campus principal de la Universidad de Pamplona (FIBRA OPTICA 1GHz) como las de nueva tendencia (OM3 - 50/125 - 10GHz). Además, también se estudian las, recién conocidas, tecnologías basadas en Fibra Óptica, tales como OM3, OM4 (De alto rendimiento, distancia y capacidad de transito), así como las redes pasivas xPON que pueden garantizar el concepto FTTH y derivados tanto para instituciones como para hogar. Como complemento a usuarios residenciales y empresas se comentan las soluciones de redes basadas en tecnologías alámbricas LAN como inalámbricas Wi-Fi. Los recientes proyectos sobre el sistema UTP son descartados por no satisfacer ni dotar a la red de la suficiente capacidad y fiabilidad. Las soluciones idóneas y propuestas una vez estudiado el funcionamiento, la arquitectura y las ventajas / inconvenientes de cada una de las tecnologías ha sido la siguiente:

- **MAYOR ANCHO DE BANDA:** El ancho de banda para fibras multimodo suele ser de 200MHz a 4700MHz por km y el de fibra monomodo puede alcanzar más de 10 GHz.
- **BAJO COSTO:** Dado que el material (cuarzo) para hacer fibras ópticas es muy rico, el costo se reducirá aún más.
- **MÁS DELGADA Y LIGERA:** La fibra es una fibra de vidrio con una gravedad específica pequeña, que la hace pequeña en diámetro y liviana, y es fácil de instalar.
- **RESISTENCIA A LA INTERFERENCIA ELECTROMAGNÉTICA:** Debido a que el componente básico de la fibra es el cuarzo, solo transmite luz, no es conductor y no se ve afectado por el campo electromagnético. La señal óptica transmitida no se ve afectada por el campo electromagnético.
- **BAJA PÉRDIDA:** La pérdida de señal en la fibra óptica es menor que en el cable de cobre.
- **INSENSIBLE A CURVATURA:** El radio mínimo no de curvatura de fibra G.657 es de 7.5mm. Es más flexible para instalación.
- **ALTA VELOCIDAD:** Si en un sistema normal de fibra óptica se ha llegado tradicionalmente a 10Gb por segundo.
- **MEJORACIÓN DE LA CALIDAD DE VÍDEO Y SONIDO:** La fibra óptica permite mejorar la calidad de los formatos de vídeo y sonido para que sus conversaciones telefónicas y sus grabaciones sea más perfecta.

#### 4.2 DESVENTAJAS:

- **APLICACIÓN LIMITADA:** El cable de fibra óptica sólo se puede utilizar en tierra y no puede separarse del suelo ni funcionar con la comunicación móvil.
- **BAJA ENERGÍA:** Las fuentes de emisión de luz están confinadas a una potencia baja. Si bien existen emisores de alta potencia que mejoran el suministro de energía, ello supondría un costo adicional.
- **DISTANCIA:** La distancia entre el transmisor y el receptor debe ser corta. En caso contrario, se necesitarán repetidores para aumentar la señal.
- **EL COSTO ES MÁS ALTO QUE EL CABLE DE COBRE:** A pesar del hecho de que los costos de instalación de fibra óptica se están reduciendo hasta en un 60% al año, la instalación del cable de fibra óptica es aun relativamente más alta que la de los cables de cobre. Porque la instalación de cables de cobre no necesita cuidados adicionales como los cables de fibra. Sin embargo, la fibra óptica aún se está moviendo en el bucle local, y a través de tecnologías como FTTx (fibra hasta el hogar, etc.) y PON (redes ópticas pasivas), lo que permite el acceso de banda ancha al suscriptor y al usuario final.

### 4.3 PLANIFICACIÓN DE LA RED

Muestra el diseño de la red de acceso y concentración desde un punto de vista lógico. El estudio se centra en el diseño de una nueva red mixto o en anillo, de acceso para los usuarios del campus principal de la Universidad de Pamplona, Aunque el proyecto se centra exclusivamente en la red LAN de fibra óptica de acceso y tráfico de datos eficiente y redundante, en el proyecto también se dan recomendaciones para el diseño. El modelo adoptado para el campus principal será justificado en su arquitectura que permite dar acceso de Internet, voz sobre ip y televisión de banda ancha a los usuarios y diferentes aplicaciones interinstitucionales de la Universidad de Pamplona. Este diseño es el diseño actual de la red LAN y WIFI de la Universidad de Pamplona en una Estrella Extendida.

### 4.4 EQUIPAMIENTO.

El equipamiento necesario para el correcto funcionamiento de la red LAN de fibra Óptica, varía en función de las tecnologías de acceso y de los sectores a los que se orientan.

La **figura 44**, muestra el físico de un Switch 4550 de la empresa Cisco de 32 puertos a una velocidad 10 Gb para ser utilizados en el diseño de la propuesta.

Figura 44. Switch 4550 cisco



Fuente: Autor

En la **tabla 24**, se muestran las características internas de configuración y manejo para este tipo de Switch Cisco.

Tabla 24. Cisco Catalyst 4500-X Switch Series Performance and Scalability Features

Product Number	Description
System	
Base System	Front to Back Airflow:

Product Number	Description
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 32x10 GE SFP+/SFP - WS-C4500X-32SFP+</li> <li>• 16x10 GE SFP+/SFP - WS-C4500X-16SFP+</li> </ul> Back to Front Airflow: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 32x10 GE SFP+/SFP - WS-C4500X-F-32SFP+</li> <li>• 16x10 GE SFP+/SFP - WS-C4500X-F-16SFP+</li> </ul>
<b>Expansion Module (Optional)</b>	8x10 GE SFP+/SFP - C4KX-NM-8SFP+
<b>Management Port</b>	10/100/1000 Base-T
<b>USB Port</b>	Type A (storage and boot) up-to 4 GB
<b>Dual Power Supply</b>	Yes
<b>Field Replaceable Fans</b>	Yes (5 fans)
<b>Fan Redundancy</b>	No performance impact with single fan failure
<b>Scalability</b>	
<b>System Throughput</b>	Up to 800 Gbps
<b>IPv4 Routing in Hardware</b>	Up to 250 Mpps
<b>IPv6 Routing in Hardware</b>	Up to 125 Mpps
<b>L2 Bridging in Hardware</b>	Up to 250 Mpps
<b>Media Access Control (MAC) Entries</b>	55K
<b>Forwarding Entries</b>	32x10 GE Port Base SKU: IPv4: 256K, IPv6: 128K 16x10 GE Port Base SKU: IPv4: 64K, IPv6: 32K
<b>Flexible Netflow Entries</b>	128K
<b>Switched Port Analyzer (SPAN), Remote Switched Port Analyzer (RSPAN)</b>	8 line rate bidirectional sessions (ingress and egress)

Product Number	Description
Total, VLANs	4094
Total Switched Virtual Interfaces (SVIs)	4094
IGMP groups	32K
Multicast routes	32x10 GE Port Base SKU: IPv4: 32K, IPv6: 32K 16x10 GE Port Base SKU: IPv4: 24K, IPv6: 12K
Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) Snooping Entries	12K (DHCP snooping bindings)
ARP Entries	47K
Spanning Tree Protocol Instances	10K
Jumbo Frame Support for Bridged and Routed Packets	Up to 9216 bytes
<b>High Availability and Resiliency</b>	
High Availability Solution	Virtual Switching System (VSS)
Number of stackable switches in VSS	Up to 2
VSS Throughput	Up to 1.6 Tbps
Virtual Switch Link	1GE or 10GE
Max number of Virtual Switch Links	8
In-Service Software Upgrade	Across the switches
Nonstop Forwarding with Stateful Switchover	Across the switches
<b>CPU and Memory</b>	
Onboard Memory (SRAM DDR-II)	4 GB
Port Buffers	32-MB Shared Memory
CPU	Dual Core 1.5 GHz



Product Number	Description
NVRAM	2 GB
Optional External Memory (SD Card)	2 GB
<b>QoS Features</b>	
Port Queues	8 Queues/Port
CPU Queues	64
QoS Entries	128K (64K ingress and 64K in egress) Shared with ACL
Aggregate Rate-Limiting	Ingress port or VLAN and egress VLAN or Layer 3 port
Rate-Limiting Level Types	Committed Information Rate (CIR), Peak Information Rate (PIR)
Aggregate Traffic Rate-Limiting Policers (1K=1024)	16K
Flow-Based Rate-Limiting Method; Number of Rates	Supported using flow-records in the classification criteria and policing action
Qos Policy Enforcement	Per Port or Per Vlan or Per Port, Per VLAN Granularity
Class of Service (CoS)	Yes
Differentiated Services Code Point (DSCP)	Yes
<b>Security Features</b>	
Port Security	Yes
IEEE 802.1x and 802.1x Extensions	Yes
VLAN, Router, and Port ACLs	Yes
Security ACL Entries (1K=1024)	128K (64K ingress and 64K in egress) Shared with QoS

Product Number	Description
Unicast Reverse Path Forwarding (uRPF) Check in Hardware	Yes
CPU Rate Limiters (DoS Protection) Includes Control Plane Policing	Yes
Private VLANs	Yes
Micro Flow Policer	Yes. Supported using flow records in the class-map
CPU HW Rate Limiters by Packet Per Second (pps) and Bit Rate Policers (bps)	Supported in hardware control-plane policing (CoPP)
Control Plane Policing (CoPP) for Multicast	Yes
ACL Labels	Yes
Port ACL	Yes
Traffic Storm Control (formally known as Broadcast/Multicast Suppression)	Yes
<b>Virtualization Features</b>	
VRF-Lite Scalability	64
Easy Virtual Network (EVN) Scalability	32
<b>Simplified Operations</b>	
Smart Install	Smart Install Director

Fuente: Autor

La **figura 45**, muestra el cable de fibra óptica multimodo OM3 a utilizar en la propuesta de diseño del proyecto.

Figura 45. Cable de Fibra Óptica Multimodo OM3



Fuente: Autor

La **tabla 25**, muestra las propiedades a tener en cuenta de la fibra óptica multimodo para utilizarla en el diseño propuesto.

Tabla 25. Propiedades de fibra óptica multimodo

Propiedades Fibra Óptica MULTIMODO					
PARÁMETRO	50/125			62.5/125	UNIDADES
Código de la fibra Teldor	5 <sup>(2)</sup>	4 <sup>(3)</sup>	3 <sup>(4)</sup>	6	
Categoría de desempeño ISO/IEC 11801	OM-2	OM-3	OM-4	OM-1	
Atenuación Cables Loose tube					
@850nm	≤2,8			≤3,2	dB/km
@1300nm	≤0,9			≤1,0	

**TELDOR**  
Cables & Systems Ltd.

10

*The Best Com*

## Cables de Fibra Óptica

Atenuación Cables Tight Buffer

@850nm	≤3,0	≤3,5	dB/km
@1300nm	≤1,0	≤1,0	

Ancho de Banda OFL<sup>(5)</sup>

@850nm	≥500 <sup>(6)</sup>	≥1500	≥3500	≥200	MHz.Km
@1300nm	≥500	≥500	≥500	≥600	

Ancho de Banda Modal Efectivo @ 850nm	N/A	≥2000	≥4700 <sup>(7)</sup>	N/A	MHz.Km
---------------------------------------	-----	-------	----------------------	-----	--------

Apertura Numérica	0,2±0,015		0,275±0,015	
-------------------	-----------	--	-------------	--

Longitudes Máximas para Enlaces Ethernet

1GbE

@850 nm (1000BASE-SX)t	550	970	1040	220	m
@1300 nm (1000BASE-LX)	950	550	600	550	m

10GbE

@850 nm (10GBASE-SR)	82	300	550	33	m
@1300 nm (10GBASE-LX4)	450	300	300	300	m

40/100GbE

@850 nm (40/100 GBASE-SR4/10)	N/A	100	150	N/A	m
-------------------------------	-----	-----	-----	-----	---

(2)Acorde a IEC 60793-2-10 Tipo A1a.1 Y TIA 492AAAB  
(3)Acorde a IEC 60793-2-10 Tipo A1a.2 Y TIA 492AAAC  
(4)Acorde a IEC 60793-2-10 Tipo A1a.3 Y TIA 492AAAD

(5)Acorde a IEC 60794-1-41 Tipo A1a.1 Y TIA/EIA 455-204  
(6)Una fibra de 600/1200 MHz.km esta también disponible como estándar  
(7)Acorde a TIA 492AAAD

Fuente: Autor

La **figura 46**, muestra el patch cord a utilizar en las conexiones de los enlaces de fibra óptica.

**Figura 46. PATCH CORD FIBRA ÓPTICA MM 50/125 OM3 LC DUPLEX PULITURA UPC CHAQUETA 3.0MM COLOR AQUA 10 GBIT LSZH 3M**



Fuente: Autor

Los patch cord OPTICOAX de fibra óptica multimodo en fibras 50/125 OM3 optimizados para conectar redes de alta velocidad de 10 Gigabit Ethernet, Fast Ethernet y Ethernet. Los patch cord multimodo se fabrican utilizando cables de chaqueta PVC, LSZH o PLENUM que se ajustan a las normas IEC, EIA TIA y Telcordia. Los cables de conexión OM3 se terminan con conector estandar LC muktimodo que le dan un rendimiento óptimo.

### Características

- Conectores LC Multimodo férula de Zirconia
- Cable de Aqua o color púrpura (De acuerdo con existencias y bajo pedido).
- Fibra OM3 se ajusta a la recomendación UIT-T G.651.1, TIA/EIA 492AAAB, -IEC60793-2-10.
- Ensamble en fibra dúplex y bajo pedido de fibra simplex.
- Disponibles con conectores simplex o dúplex incluye clips (de acuerdo con existencias).

### Aplicaciones

- Para el uso en redes de alta velocidad de 10 Gb/s para LAN sobre enlace de 300m, longitud a una banda de frecuencia de 850nm (SX).
- Para el uso en redes de alta velocidad de 1 Gb/s para LAN sobre enlace de 1000m, longitud a una banda de frecuencia de 850nm (SX).
- Soporta video, datos y servicios de voz.

La **figura 47**, se muestra Pigtail para empalme de los hilos de la Fibra Óptica propuesto para el desarrollo del diseño propuesto.

**Figura 47. Pigtail Fibra Óptica LC Multimodo Simplex XGLO/10G 1mt.**



Fuente: Autor

La **tabla 26**, se muestra las especificaciones técnicas para el tipo de Pigtail a utilizar en la propuesta de diseño.

Tabla 26. Especificaciones y características del Pigtail

## Product Information

### PERFORMANCE SPECIFICATIONS

	50/125µm Multimode (OM3)			50/125µm Multimode (OM4)			Singlemode (OS2)
Wavelength (nm)	850	1300	850*	850	1300	850*	1310/1550nm
Min. Cable Bandwidth (MHz.km)	1500 (OFL)	500 (OFL)	2000 (EMB)	3500 (OFL)	500 (OFL)	4700 (EMB)	N/A
Max. Insertion Loss (dB)	0.25 (0.10 Typical)			0.25 (0.10 Typical)			0.40 (0.10 Typical)
Min. Return Loss (dB)	30 (35 Typical)			30 (35 Typical)			55 (60 Typical)

Fuente: Autor

La **figura 48**, muestra el tipo de transceiver a utilizar en la propuesta de diseño.

Figura 48. Transceiver



Fuente: Autor

#### 4.5 ESTUDIO ECONÓMICO DE LA RED LAN DE FIBRA ÓPTICA DEL CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

En la **tabla 27** se puede encontrar una comparación económica entre ambos diseños para la propuesta de una red redundante en el campus principal de la Universidad de Pamplona, allí encontramos los dispositivos más factibles para los diseños de mejor rendimiento y velocidad en el tránsito de datos ajustados a las necesidades, como también podemos observar las cantidades necesarias y el precio por unidad de cada uno de los dispositivos, incluidos en cada uno de los diseños anteriormente descritos.

**Tabla 27. Comparaciones económicas entre los dos diseños propuestos.**

DISEÑO POR CABLE FIBRA ÓPTICA 50/125 OM3			DISEÑO POR RADIO FRECUENCIA A airFiber 24		
DISPOSITIVO	UNIDAD	PRECIO x UNIDAD (\$)	DISPOSITIVO	UNI DAD	PRECIO x UNIDAD (\$)
CISCO CATALYST 4500- X - SWITCH - 32 X 10 GIGABIT SFP+ -RACK- MOUNTABLE	17	\$ 24'339.674,57	Radio de Backhaul de alta capacidad full duplex, con antena integrada, tecnología airFiber hasta 2 Gbps, 24 GHz (24.05 - 24.25 GHz)	36	\$ 8'889.290 ,54
GOWOS Cable de fibra óptica de fibra interior / exterior de 2 fibras, multimodo, 50/125, OM3, 10 Gbit, negro, clasificación vertical, carrete, 1000 pies	17 (5000m)	\$ 1'870.207,08	Cisco Catalyst 4500-X - Switch - 32 x 10 Gigabit SFP+ - rack-mountable	17	\$ 24'339.67 4,57
FiberCablesDirect - Cable de parche de fibra OM3 LC LC de 1M   Puente dúplex de 10 Gb 50/125 LC a			GOWOS Cable de fibra óptica de fibra interior / exterior de 2 fibras, multimodo,		

<b>LC multimodo 1 metro (3.28 pies)   Opciones de longitud: 0.5M-300M   10gbps lc-lc dplx mmf 10gbase dx sfp + aqua ofnr lommf</b>	34	\$ 30.676,51	50/125, OM3, 10 Gbit, negro, clasificación vertical, carrete, 1000 pies	3 (800 m)	\$ 1'870.207,08
<b>Pigtail SNS óptico LC / UPC al cordón de remiendo del modo múltiple OM3 50/125 de SC / UPC 1M / 3ft</b>	68	\$ 25.858,21	FiberCablesDirect - Cable de parche de fibra OM3 LC LC de 1M   Puente dúplex de 10 Gb 50/125 LC a LC multimodo 1 metro (3.28 pies)   Opciones de longitud: 0.5M-300M   10gbps lc-lc dplx mmf 10gbase dx sfp + aqua ofnr lommf	34	\$ 30.676,51
SFP de onda larga de canal de fibra Axiom de 4 Gbps para brocado (4k) - XBR-000142, 1500m	32	\$ 505.054,21	Pigtail SNS óptico LC / UPC al cordón de remiendo del modo múltiple OM3 50/125 de SC / UPC 1M / 3ft	68	\$ 25.858,21
<b>FUSIONES</b>	68	\$ 250.000	SFP de onda larga de canal de fibra Axiom de 4 Gbps para brocado (4k) - XBR-000142, 1500m	36	\$ 505.054,21
<b>OBRA DE MANO</b>		\$ 10'000.000	<b>FUSIONES</b>	68	\$ 250.000
			<b>OBRA DE MANO</b>		\$ 50'000.000

Fuente: Autor



## 5. RESULTADOS

### 5.1 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA ACTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA CAMPUS PRINCIPAL.

En una intensa investigación sobre la red LAN de fibra óptica actual del campus principal de la universidad de pamplona, tanto como en documentación, diseño, esquema, tránsito de datos y sus diferentes características, se tuvo cuenta que no hubo ninguna información ni antecedentes de la misma, por lo cual se inició un estudio a fondo de los ductos, suministro, especificaciones del cable y demás dispositivos que se incluyen en su diseño, usando instrumentos aptos para la medición de cada tramo desde el punto central o cuarto de servidores en donde ubicamos el CORE cisco 3750 el cual se encarga de distribuir a todos los bloques interconectados con dicha fibra óptica.

Se observo que la red LAN de fibra óptica tiene un esquema de estrella extendida anteriormente descrita, su diseño el cual no se encontró ningún antecedente documental, dando como resultado una pequeña base información de la misma descrita en este libro.

Usando un OTDR FTB-1 de marca EXFO e identificando los conectores se procedió a configurar el dispositivo para las medidas descritas en la **tabla 8**, de allí se hizo un análisis e investigación de la red LAN de fibra óptica actual encontrando las descripciones de datos estándar (Datos o medidas Ideales) para la fibra óptica instalada en el campus principal descritas en la **tabla 9**.

En la **tabla 28** se puede encontrar una comparación de medidas y el valor en porcentaje de error en decibeles o margen de error de pérdida total por tramo de fibra óptica, dando el resultado de los comportamientos de la red LAN de fibra óptica actual.

Tabla 28 Margen de porcentaje de error de pérdida total en la fibra óptica

TRAMO BLOQUE	MEDICIÓN TEORICA IDEAL (dB)	MEDICIÓN EXPERIMENTAL (dB)	MARGEN DE ERROR (%)
ER	1,5 [2,0]	1,2392	17,38
CD	1,5 [2,0]	1,2392	17,38
MF	1,5 [2,0]	1,2146	19,02
SOMBRILLAS	1,5 [2,0]	1,2538	16,41
ADMIN	1,5 [2,0]	1,2150	19,00
EC	1,5 [2,0]	1,2689	15,40
JG	1,5 [2,0]	1,2088	19,41
FL	1,5 [2,0]	1,2777	14,82
FP	1,5 [2,0]	1,2145	19,03
BU	1,5 [2,0]	1,2924	13,84
RYC	1,5 [2,0]	1,2149	19,00
GN	1,5 [2,0]	1,3073	12,84

Fuente: Autor

En la **ecuación 11** se da a entender los resultados de la **tabla 28** en la cual se reemplazó los datos de las columnas de medición teórica ideal (el cual se toma de la **tabla 9** y la recomendación de trabajar con un margen de +/- 0,2 a 0,5 dB correspondiente a la incertidumbre de medida, por ende, se trabajó con - 0,5) y la columna medición experimental cuyos datos fueron obtenidos en la **tabla 9** de los cálculos por atenuación por tramos de fibra óptica.

**Ecuación 11 Margen de porcentaje de error de pérdida total en la fibra óptica.**

$$E_{At} = \frac{\text{Medición Teórica Ideal} - \text{Medición Experimental}}{\text{Medición Teórica Ideal}} \times 100\%$$

Fuente: Autor

Reemplazando Valores de la **tabla 28**, obtenemos:

$$E_{At} = \frac{1,5 \text{ dB} - 1,2392 \text{ dB}}{1,5 \text{ dB}} \times 100\%$$

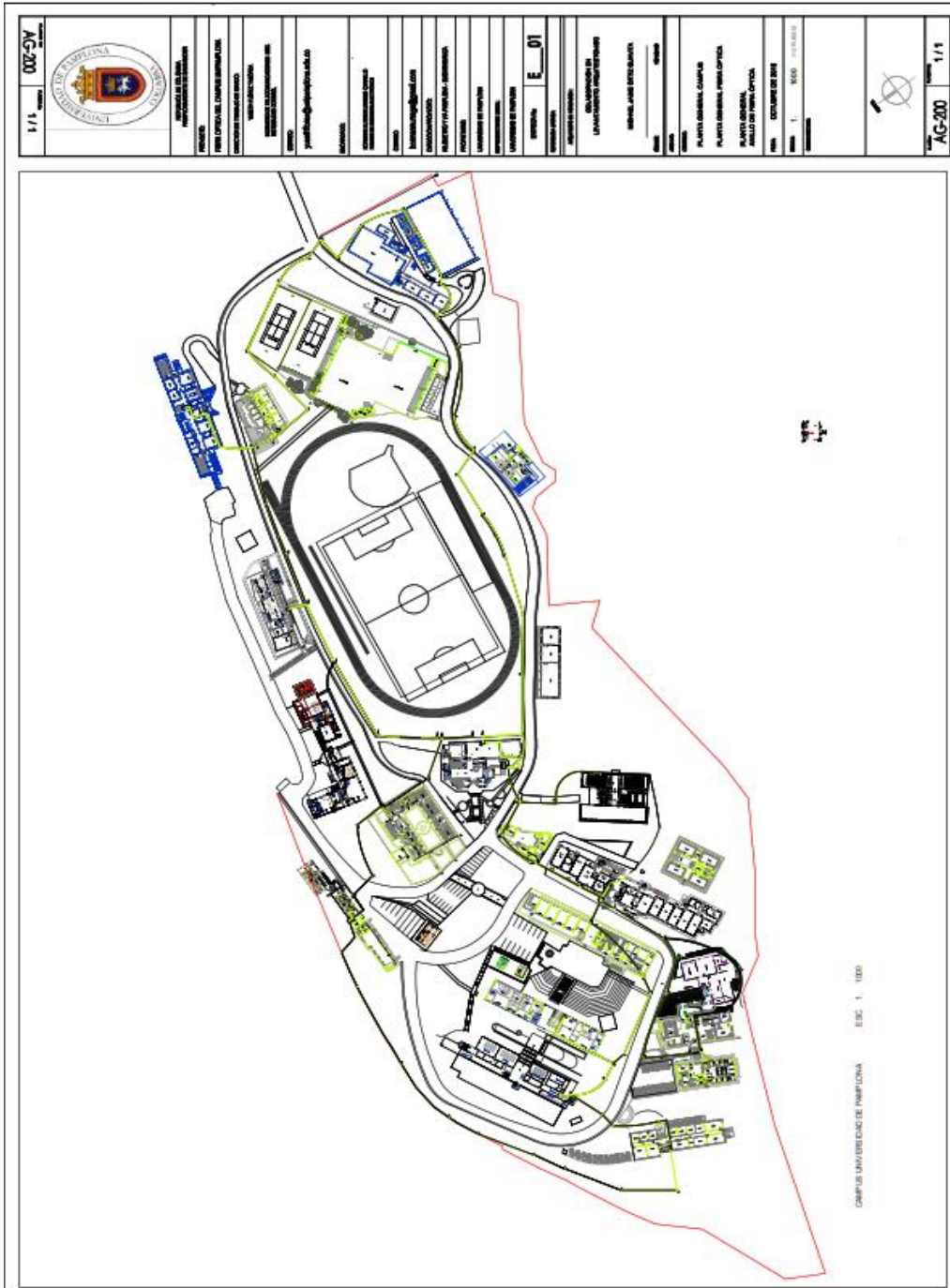
$$E_{At} = 17,38\%$$

Los resultados de los porcentajes fueron reemplazados en la columna margen de error en la **tabla 28** Margen de porcentaje de error de pérdida total en la fibra óptica.

## **5.2 RESULTADO DE LA PROPUESTA DE DOS DISEÑOS Y LA SIMULACIÓN DE CADA UNO DE LOS ESQUEMAS MIXTO O DE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA PARA EL CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA.**

Se logró realizar la propuesta de dos diseños y simulaciones en forma redundante totalmente funcionales para el mejoramiento de la red LAN del campus principal, uno de ellos se desarrolló por ducto y cableado tipo malla, de la misma forma cubrir la necesidad de una red eficiente y con contingencia en el desarrollo diario de las actividades interinstitucionales de forma eficaz, dejando un antecedente para mayor información de la propuesta y lineamientos para la implementación de la misma en un futuro cercano, este primer diseño y simulación fueron desarrollados con ayuda de la aplicación AutoCAD 2018 versión estudiantil para base y construcción de la planimetría o mapa topológico del diseño con todas sus características incluidas. Por otro lado, en la propuesta se logró un segundo diseño con la ayuda de las aplicaciones Ubiquiti Network para el desarrollo de la red redundante a nivel de radio frecuencia y Google Earth Pro para la ubicación georreferenciada de los puntos de comunicación en la red redundante dentro del campus principal, haciendo también una forma de mejoramiento eficaz y actualización en la necesidad de las funciones del diario vivir de la población que conforma la Universidad de Pamplona.

Ilustración 1 Diseño No. 1 Red LAN en Malla



Fuente: Autor

Ilustración 2 Diseño No.2 Red Redundante en Radio Frecuencia



Fuente: Autor

### 5.3 RESULTADO DE LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE CUADROS, EQUIPOS Y SELECCIÓN PARA UNA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA.

Se logro realizar un estudio técnico y económico de los dos diseños para la propuesta más viable en una futura implementación y mejoramiento de la red LAN de fibra óptica del campus principal de la universidad de Pamplona, en la **tabla 29** se describen las cantidades de dispositivos necesarios para los diseños planteados en el documento y demostrados en la **tabla 27**, además el valor económico aproximado de los diseños para la selección y recomendación de implementación futura dentro del campus, los valores por unidad están descritos en la **tabla 27**.

En la **tabla 29** se identifica los dispositivos a usar, con una gran capacidad de funcionamiento, en una red LAN de topología malla, en la cual se ilustra cada uno de los dispositivos ubicados en cada cuarto de comunicación, cómo en el data center y en cada uno de los bloques, cabe decir que en este diseño se puede aprovechar la estructura ya establecida en el campus como cajas y ductería, como también se puede tomar en cuenta el tendido del cableado ya existente en el campus de la universidad de pamplona, lo cual hace que los precios en la propuesta sean mucho más económicos que la segunda proposición, la cantidad de Switch propuestos y el material adjunto se da a que en la realidad el día de hoy los dispositivos que se encuentran funcionando ya son obsoletos, fuera de comercio y desactualizados al comercio y por sus características no tienen los recursos suficientes para la construcción del diseño propuesto, por ende se crea en dicha propuesta la utilización de esta cantidad de material propuesto.

**Tabla 29 Presupuesto Diseño red LAN de fibra óptica**

PRESUPUESTO DISEÑO RED LAN DE FIBRA ÓPTICA				
DISPOSITIVOS				
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	CISCO CATALYST 4500-X - SWITCH - 32 X 10 GIGABIT SFP+ - RACK-MOUNTABLE	17	\$ 24'339.674,57	\$ 413.774.467,69
2	GOWOS Cable de fibra óptica de fibra interior / exterior de 2 fibras, multimodo, 50/125, OM3, 10 Gbit, negro, clasificación vertical, carrete, 1000 pies	17 (5000m)	\$ 1'870.207,08	\$ 31.793.520,36

3	FiberCablesDirect - Cable de parche de fibra OM3 LC LC de 1M   Puente dúplex de 10 Gb 50/125 LC a LC multimodo 1 metro (3.28 pies)   Opciones de longitud: 0.5M-300M   10gbps lc-lc dplx mmf 10gbase dx sfp + aqua ofnr lommf	34	30.676,51	\$ 1.043.001,34
4	Pigtail SNS óptico LC / UPC al cordón de remiendo del modo múltiple OM3 50/125 de SC / UPC 1M / 3ft	68	25.858,21	\$ 1.758.358,28
5	SFP de onda larga de canal de fibra Axiom de 4 Gbps para brocado (4k) - XBR-000142, 1500m	32	505.054,21	\$ 16.161.734,72
6	<b>FUSIONES</b>	68	250.000	\$ 17.000.000
7	<b>OBRA DE MANO</b>		10'000.000	\$ 10.000.000
			<b>TOTAL</b>	<b>\$491.531.082,39</b>

Fuente: Autor

Tabla 30 Presupuesto diseño red redundante en radiofrecuencia

PRESUPUESTO DISEÑO RED REDUNDANTE EN RADIOFRECUENCIA				
DISPOSITIVOS				
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Radio de Backhaul de alta capacidad full duplex, con antena integrada, tecnología airFiber hasta 2 Gbps, 24 GHz (24.05 - 24.25 GHz)	36	\$ 8'889.290,54	\$ 320.014.459,44
2	CISCO CATALYST 4500-X - SWITCH - 32 X 10 GIGABIT SFP+ - RACK-MOUNTABLE	17	\$ 24'339.674,57	\$ 413.774.467,69
3	GOWOS Cable de fibra óptica de fibra interior / exterior de 2 fibras, multimodo, 50/125, OM3, 10 Gbit, negro, clasificación vertical, carrete, 1000 pies	3 (800m)	\$ 1'870.207,08	\$ 5.610.621,24

4	FiberCablesDirect - Cable de parche de fibra OM3 LC LC de 1M   Puente dúplex de 10 Gb 50/125 LC a LC multimodo 1 metro (3.28 pies)   Opciones de longitud: 0.5M-300M   10gbps lc-lc dplx mmf 10gbase dx sfp + aqua ofnr lommf	34	\$ 30.676,51	\$ 1.043.001,34
5	Pigtail SNS óptico LC / UPC al cordón de remiendo del modo múltiple OM3 50/125 de SC / UPC 1M / 3ft	68	\$ 25.858,21	\$ 1.758.358,28
6	SFP de onda larga de canal de fibra Axiom de 4 Gbps para brocado (4k) - XBR-000142, 1500m	36	\$ 505.054,21	\$ 18.181.951,21
7	<b>FUSIONES</b>	68	\$ 250.000	\$ 17.000.000
8	<b>OBRA DE MANO</b>		\$ 50'000.000	\$ 50.000.000
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 827.382.859,20</b>

Fuente: Autor

En la **tabla 30** el presupuesto para el diseño en anillo de radio frecuencia, se tomaron en cuenta las antenas tipo fibra óptica airFiber 24 HD las cuales funcionan en conjunto con interconexión de la antena al Switch con cable om3 50/125 de fibra óptica, estas antenas se conectan punto a punto de función full duplex y high duplex por ende se necesitan por cada interconexión 2 antenas en cada punto o bloque del campus de la universidad de pamplona, de allí la cantidad de antenas referidas en la **tabla 30**, dichas antenas están a la vanguardia de la innovación de las tecnologías acercándose al sistema de fibra óptica por cable.

Cabe explicar que dichas cotizaciones o presupuestos no incluyen IVA, ni tampoco impuestos de importación ya que se debe tener en cuenta si va para institución pública o privada, para las cuales hay unas tablas que se manejan a nivel de la DIAN o impuestos nacionales.



## 6. CONCLUSIONES

- Al analizar la red LAN actual del campus principal, se pudo observar que dicha red no tenía ningún registro de instalación, mantenimiento y ruta de conexión, a la vez que su capacidad de tránsito es de 1Gb en fibra óptica, el cual se colapsa por la alta solicitud en el tránsito de datos del mismo entre sus diferentes dependencias interinstitucionales y las aplicaciones usadas por los diferentes estamentos.
- El análisis de la situación actual del sistema de comunicaciones de la Universidad de Pamplona, proporciono una visión general de las características y prestaciones de la red existente, a partir de lo cual se obtuvo un criterio de análisis para la integración de la propuesta para el nuevo enlace.
- El análisis del tráfico a transportar para el diseño de un enlace de comunicación es muy importante, ya que permite establecer la capacidad y las características de los equipos y materiales a utilizar en el esquema. Además, se debe proyectar el tráfico que deberá soportar a futuro, estimando el tráfico de datos que será requerido por futuras aplicaciones a implementar, así como también de los potenciales nuevos usuarios que harán uso del enlace implementado.
- Para el correcto dimensionamiento del tráfico a manejar por cada uno de los enlaces, es necesario establecer el nivel y el método de compresión, el cual determinara la universidad y comportamiento de las aplicaciones mencionadas.
- Al poseer la Universidad de Pamplona el sistema subterráneo en todo el campus principal, lo más lógico fue plantear el tendido por ducteria del cable de fibra óptica, tendido que presenta otro tipo de ventajas como su facilidad de instalación, menos costosa y sobre todo en caso de fallas en la transmisión de datos facilita la revisión y corrección de errores.
- De acuerdo a las características del enlace de fibra óptica se estableció la utilización de cable tipo OM3 como el más conveniente, debido

principalmente a su alta inmunidad de los efectos de los campos electromagnéticos, su fácil mantenimiento y su bajo costo.

- De los 6 hilos de fibra óptica solo serán utilizados 4, dos en servicio y dos de respaldo, dando la posibilidad de que en un futuro se establezcan nuevos esquemas para el mejoramiento de la misma y facilitando contingencias para cada eventualidad, lo cual sería ideal, debido a la poca accesibilidad que se presenta en algunas de las dependencias.
- El costo de fibra óptica tipo OM3, entre otros factores depende de la distancia entre enlaces troncales; es decir, en los tamaños del tramo, por lo que se recomienda que si se tienen pocos tramos demasiado largos es más conveniente desde el punto de vista económico, la inclusión de las cajas intermedias que, si bien demanda costo, este es menor en comparación a la construcción de nueva ductería.
- En el segundo diseño de enlace de radio frecuencia es muy estable y efectivo en el tránsito de datos, a su vez es muy costoso lo que hace difícil en su accesibilidad para una futura implementación, ya que la Universidad de Pamplona no costearía un proyecto de esa envergadura
- Los proyectos de inversión en las empresas públicas tienen otro tipo de objetivo en relación a las empresas privadas, ya que su razón de ser tiene que ver con la mejora de servicios, sean estos sociales o de bienestar general. Por lo tanto, su evaluación va relacionada con el impacto que dicho proyecto, genera en la sociedad o en la mejoría del servicio brindado por dicha empresa.
- En el estudio técnico y económico podemos llegar a la conclusión que los dos diseños o propuestas son factibles para una futura implementación con la desventaja en la parte económica en uno de los dos diseños propuestos.

## 7. RECOMENDACIONES

Si bien, en el análisis de tráfico se realiza una previsión a futuro en relación a la capacidad a ser soportada por la red, se recomienda dejar un margen adicional en el tráfico de datos disponible, el cual evitar futuras complicaciones causadas principalmente por el surgimiento de nuevas aplicaciones tecnológicas que no pueden ser anticipadas en la actualidad.

Las rutas que fueron escogidas para el tendido del cable de fibra óptica se establecieron tomando en cuenta la disminución de riesgo de robos o sabotajes, al seguir principalmente la ductería existente que alojan el sistema de distribución de cableado, lo cual brinda un mayor nivel de seguridad, por lo que se recomienda escoger el recorrido establecido.

Se recomienda a la Universidad de Pamplona, la implementación del esquema diseñado, debido a la capacidad de explotación de nuevas aplicaciones y de tránsito de datos, que es posible transmitir a través de los mismos.

Para evitar cualquier tipo de complicación, surgida a partir de la pérdida de datos durante la transmisión, es recomendable establecer sistemas locales de respaldo de la información generada y procesada en sus dependencias.

En cuanto a la puesta en marcha de los enlaces de fibra óptica diseñados, la universidad proveedora deberá realizar las pruebas y evaluaciones del enlace que garantice su calidad y un nivel de señal en el tránsito de datos, que cumpla con los requerimientos especificados por las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

Luego de la calificación técnica de cada una de las propuestas presentadas por los proponentes, es importante tener en cuenta el momento de la contratación, la garantía ofrecida para la implementación del esquema diseñado; así como también, es recomendable el análisis de experiencia y capacidad de los encargados de dicha implementación.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] director comercial de C. para A. L. y C. Tadeu Viana and Prensario TI Latin America, "La necesidad de fibra óptica en las empresas - Opinión," 2017. .
- [2] A. L. López, D. D. I. Eléctrica, and F. De Ingeniería, "Vida útil de fibras ópticas en cables," *Esc. Ing. Eléctrica, Fac. Ing.*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2001.
- [3] N. S. Kapany, "Historia de la fibra optica historia," 1978.
- [4] "SISTEMA DE POSTGRADO TESIS FINAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES TÍTULO : ' DISEÑO Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA PARA EL CONTROL REMOTO DE 6 UNIDADES DE GENERACION ELECTRICA ' AUTOR : ING . ALFR," pp. 2010–2012, 2012.
- [5] J. Prieto Zapardiel, "Diseño De Una Red De Acceso Mediante Fibra Óptica," p. 6, 2014.
- [6] L. S. Criollo Caizaguano, "Diseño De Una Red Convergente De Fibra Óptica Para Interconectar Los Campus De La Universidad De Las Américas," p. p.10., 2015.
- [7] Cisco, "Cisco Catalyst 3560 Series Switches." pp. 1–21, 2008.
- [8] Generico, "Protocolo TCP/IP 05."
- [9] N. P. Flores, "10 Gigabit Ethernet sobre Fibra Optica : Estándar ANSI / TIA / EIA-568-B . 3-1 y Aplicaciones IEEE 802 . 3ae Diodo Láser Emisor Superficial de Cavidad Vertical ( VCSEL )," 2002.
- [10] Dr. Ing. José Joskowicz, *Cableado estructurado*. 2013.
- [11] N. Borja, Moya, "Tipos de diferenciales: ventajas y desventajas," 23 de Noviembre., 2014. [Online]. Available: <http://mariaangelicatorres.blogspot.com/2013/04/tipos-de-topologias-ventajas-y.html>.
- [12] "Tipos de Cables de Fibra Óptica: Monomodo y Multimodo," 6 Marzo, 2013.
- [13] H. Saila, *TENDIDO DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA PARA LA RED DE TELECOMUNICACIONES DEL DEPARTAMENTO DE INTERIOR*. .
- [14] UBIQUITI networks, "Guía de Diseño airFiber24 / 24HD."
- [15] I. The Fiber Optic Association, "Capítulo 9 - Presupuesto de potencia y de pérdida óptica."

## ANEXOS

- Planimetría del mapa Topológico de la distribución de la red LAN de fibra óptica y sus convenciones
- Grafica tomada con el OTDR sobre medida de un tramo de fibra óptica
- Registros Fotográficos

En la **figura 49**, se muestra el estado en que se encontró las cajas de registro para el cableado de fibra óptica.

**Figura 49.** Revisión de las cajas por donde existe el tendido de la fibra óptica.



Fuente: Autor

En la **figura 50**, se muestra el estado en deterioro en que se encontró las cajas de registro para el cableado de fibra óptica.

**Figura 50.** Cajas existentes por donde pasa la fibra óptica.



Fuente: Autor

En la **figura 30**, se muestra la toma de mediciones del lineamiento de la ducteria de la fibra óptica.

**Figura 51. Medición de la ducteria de la fibra óptica.**



Fuente: Autor

En la **figura 31**, se muestra el diseño arquitectónico que con ayuda de los datos obtenidos se empieza hacer la actualización del lineamiento de fibra óptica.

- Diseño y simulación de las propuestas en AutoCAD y en Ubiquiti Network

Link para la simulación: <https://www.ui.com/>  
La simulación de AutoCAD se anexa carpeta

<https://drive.google.com/drive/folders/1SkC5WyyktAvRdOkIUj4qOluki1QpUpfD?usp=sharing>