



UNIVERSIDAD
**SAN IGNACIO
DE LOYOLA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Empresarial y de Sistemas

DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA METROPOLITANA PARA UNA EMPRESA INTERNET SERVICE PROVIDER (ISP)

**Tesis para optar el Título Profesional de
Ingeniero Empresarial y de Sistemas**

OSCAR EDILBERTO VALDEZ ROMERO

Asesor:

Magister Isabel Guadalupe Sifuentes

Lima – Perú

2016



UNIVERSIDAD
**SAN IGNACIO
DE LOYOLA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera Ingeniería Empresarial y de Sistemas

DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA METROPOLITANA PARA UNA EMPRESA INTERNET SERVICE PROVIDER (ISP)

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero
Empresarial y de Sistemas**

OSCAR EDILBERTO VALDEZ ROMERO

Asesor

Magister Isabel Guadalupe Sifuentes

José Zulu Guevara Julca

Jimmy Roberto Medina Flores

Daniel Martin Sebastian Gonzales

**Lima - Perú
2016**

**Para mis padres, que siempre han
sido un apoyo en mi vida.**

AGRADECIMIENTOS

Dar gracias a mis padres, por todo lo que me han dado en su vida, ellos son mi mayor ejemplo a seguir, a Dios por iluminar mi camino y estar siempre presente.

Un agradecimiento especial a mi asesora, Magister Isabel Guadalupe Sifuentes, por su paciencia y claridad en sus enseñanzas que me ayudaron a delinear esta tesis.

RESUMEN

La presente tesis trata sobre el Diseño de una Red de Fibra Óptica Metropolitana en la ciudad de Lima con tecnología *Metro-Ethernet* para un *Internet Service Provider (ISP)*, con ello se espera incrementar su competitividad reduciendo sus costos de última milla y mejorando sus márgenes de utilidad en los servicios de provisión de acceso a *Internet* con línea dedicada.

Para elaborar la tesis hemos hecho un análisis de los tipos de fibra óptica, un análisis de factibilidad financiera y un análisis de requisitos para el Diseño de la Red.

Se ha logrado realizar el Diseño de la Red de Fibra Óptica Metropolitana con tecnologías de última generación, cuya cobertura soporte sus clientes actuales y tenga la capacidad de crecimiento para los próximos años.

Se ha recomendado la implementación de la canalización de Fibra Óptica Metropolitana con la tecnología de microzanjas debido a su bajo costo y rápida implementación en comparación de la canalización tradicional por zanjas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Justificación.	11
1.2. Definición del Problema.	11
1.3. Objetivos.	12
1.3.1. Objetivo General.	12
1.3.2. Objetivos Específicos.	12
1.4. Contribución de la tesis.	13
1.5. Alcance y limitaciones.	15
1.6. Breve resumen de las Fases de Desarrollo de la tesis.	15
CAPÍTULO 2. MARCO CONTEXTUAL	16
2.1. Breve descripción de la empresa.	16
2.2. Macroprocesos de la Organización.	18
2.3. Presentación del Área Funcional.	18
2.4. Tendencias.	19
CAPÍTULO 3. MARCO CONCEPTUAL	21
3.1. Teorías, metodologías y conocimientos especializados que se utilizan como base de la tesis.	21
3.1.1. Internet.	21
3.1.2. Conmutación de paquetes y circuitos.	22
3.1.2.1. Conmutación de circuitos.	22
3.1.2.2. Conmutación de paquetes.	23
3.1.3. Red Metroethernet.	23
3.1.4. Sistemas de comunicaciones por fibra óptica.	24
3.1.5. Fibra Óptica.	25
3.1.5.1. Tipos de fibra óptica.	26
3.1.5.2. Características de los tipos de fibra óptica.	26
3.1.5.2.1. Índice escalonado unimodal.	26
3.1.5.2.2. Índice escalonado multimodal.	26
3.1.5.2.3. Índice graduado multimodal.	26
3.1.5.3. Núcleo, atenuación y ancho de banda.	26
3.1.6. Ventajas y desventajas de la fibra óptica.	27
CAPÍTULO 4. MARCO METODOLÓGICO	29
4.1. Diagrama de secuencia lógica de la tesis.	29
4.2. Descripción de las actividades y herramientas utilizadas en cada Fase.	30
4.2.1. Análisis de los tipos de fibra óptica.	30
4.2.2. Análisis de Factibilidad.	30
4.2.3. Diseño Físico y Lógico.	30
4.2.4. Conclusiones y recomendaciones.	30

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE LOS TIPOS DE FIBRA ÓPTICA	31
5.1. Cuadro comparativo de los tipos de fibra óptica.	31
5.2. Elección del tipo de fibra óptica.	31
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	33
6.1. Planteamiento y análisis, alternativa de solución.	33
6.1.2. Matriz Probabilidad Impacto.	33
6.1.3. Matriz de Riesgos.	33
6.1.4. Conclusiones del análisis de riesgos.	38
6.2. Análisis Financiero.	38
6.2.1. Flujo de Operaciones.	38
6.2.2. Flujo de Inversiones.	38
6.2.3. Análisis Financiero.	39
6.2.4. Conclusiones del análisis financiero.	43
CAPÍTULO 7. DISEÑO FÍSICO Y LÓGICO	44
7.1. Requisitos.	44
7.1.2. Requisitos generales.	44
7.1.3. Requisitos de la red de transporte.	44
7.1.4. Requisitos de la red de acceso.	45
7.1.5. Requisitos de gestión de red.	45
7.2. Diseño de la red.	45
7.2.1. Sistema de conmutación.	46
7.2.2. Sistema de transporte.	48
7.2.2.1. Topología de la red de transporte.	48
7.2.2.2. Características de la fibra óptica de la red de transporte.	49
7.2.2.3. Técnica de canalización con microzanjas.	49
7.2.3. Sistema de acceso.	52
7.2.4. Sistema de gestión de red.	55
7.3. Recorrido de la fibra óptica canalizada.	56
7.3.1. Recorrido de la red de transporte.	56
7.3.2. Recorrido de la red de acceso.	59
7.3.3. Recorrido total de la red de fibra óptica de transporte y de acceso.	61
7.3.4. Cantidad de clientes a instalar en el primer año.	63
7.3.5. Capacidad inicial de la red.	64
7.3.5.1. Capacidad de la red de transporte.	64
7.3.5.2. Capacidad de la red de acceso.	64

CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS	67
ANEXOS	
Anexo 1. Árbol de Problemas.	69
Anexo 2. Árbol de Objetivos.	70
Anexo 3. Relación de equipos a implementar.	71
Anexo 4. Acta de Constitución del Proyecto.	72
Anexo 5. Matriz de Gestión de Stakeholders.	75
Anexo 6. Matriz de Adquisiciones.	76
Anexo 7. Matriz de Comunicaciones.	77
Anexo 8. Matriz de Responsabilidades.	78
CRONOGRAMA	
Cronograma del proyecto.	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema general de provisión de acceso Internet del ISP para clientes.	16
Figura 2.	Esquema detallado de red para la provisión de acceso Internet del ISP.	17
Figura 3.	Organigrama de la empresa.	18
Figura 4.	Panorama de Internet.	21
Figura 5.	Conmutación de circuitos en una red ISDN.	22
Figura 6.	Conmutación de paquetes en una red ATM.	23
Figura 7.	Proveedor de servicios Metro Ethernet.	24
Figura 8.	Sistema de comunicaciones por fibra óptica.	24
Figura 9.	Cable de fibra óptica.	25
Figura 10.	Reflexión interna total.	25
Figura 11.	Diagrama de secuencia lógica de la tesis.	29
Figura 12.	Costos y Márgenes actuales.	41
Figura 13.	Costos y Márgenes proyectados.	42
Figura 14.	Esquema general de la red.	46
Figura 15.	Switch Cisco 4500.	47
Figura 16.	Módulos e interfaces que soporta el Switch Catalyst 4500.	47
Figura 17.	Switch Cisco 3560-X.	48
Figura 18.	Topología de la red de transporte.	49
Figura 19.	Corte transversal de la microzanja y microcable óptico.	50
Figura 20.	Cortado de la microzanja.	50
Figura 21.	Canalización de fibra óptica con microzanjas.	51
Figura 22.	Microducto vista exterior.	51
Figura 23.	Microducto vista interior.	51
Figura 24.	Vista exterior del corte después del resane.	52
Figura 25.	Acabado de la microcanalización.	52
Figura 26.	Esquema de la red de acceso.	53
Figura 27.	Media Convert Planet Serie FT.	53
Figura 28.	Media Convert Planet Serie GT.	54
Figura 29.	Media Converter Chassis MC-1500R.	55
Figura 30.	Sistema de monitoreo.	55
Figura 31.	Tráfico cursado por cliente.	56
Figura 32.	Zona 1 de concentración de clientes.	57
Figura 33.	Zona 2 de concentración de clientes.	58
Figura 34.	Recorrido aproximado del Anillo de fibra óptica.	59
Figura 35.	Recorrido aproximado en la Zona 1 para la red de acceso.	60
Figura 36.	Recorrido aproximado en la Zona 2 para la red de acceso.	61
Figura 37.	Recorrido aproximado total de la red de transporte y de acceso.	62
Figura 38.	Ubicación aproximada de los cuatro nodos de acceso.	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Objetivos específicos y descripción de indicadores.	12
Tabla 2.	Matriz FODA y Estrategias.	14
Tabla 3.	Características de los tipos de fibra óptica.	27
Tabla 4.	Cuadro comparativo de los tipos de fibra óptica.	31
Tabla 5.	Características de la fibra óptica G.652.D	32
Tabla 6.	Matriz de probabilidad impacto.	33
Tabla 7.	Matriz de riesgos del escenario 1.	36
Tabla 8.	Matriz de riesgos del escenario 2.	37
Tabla 9.	Costos de recursos humanos de la empresa.	39
Tabla 10.	Costos y Márgenes mensuales actuales.	40
Tabla 11.	Costos y Márgenes mensuales proyectados.	41
Tabla 12.	Análisis financiero.	43
Tabla 13.	Flujo de caja.	43
Tabla 14.	Kilómetros lineales aproximados de la fibra óptica canalizada.	61
Tabla 15.	Cantidad de clientes a instalar.	64