



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

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación.

La empresa para la cual se ha realizado la presente tesis, es un *Internet Service Provider (ISP)*, que brinda servicios de provisión de acceso a *Internet* a empresas por medio de enlaces arrendados a terceros portadores locales, el *ISP* no dispone de una red de fibra óptica propia.

La tesis consiste en realizar el diseño de una red de fibra óptica metropolitana, para que luego de implementarla, el *ISP* disponga de una infraestructura propia de nueva generación con altos niveles de disponibilidad y calidad que le permita reducir sus costos e incrementar sus márgenes de utilidad para el servicio de acceso *Internet* y como beneficios adicionales disminuir la tasa de cancelación de clientes, incrementar la satisfacción del cliente y disminuir el número de quejas y reclamos.

La topología de la red propuesta consiste en un anillo y cuatro nodos de acceso que abarquen los distritos de Surquillo, San Isidro y Miraflores de la ciudad de Lima, la red tendrá redundancia, alta disponibilidad y será 100% escalable, por lo que podrá soportar los servicios actuales y futuros de los próximos años.

1.2. Definición del Problema.

El modelo de negocio del *ISP* ha tenido en cuenta el arrendamiento de enlaces de fibra óptica (última milla) con portadores locales mayoristas para instalarlos en los clientes hacia su *Datacenter* y luego enrutarlos a *Internet*, por lo que depende de estos mismos portadores que son su competencia directa.

El problema que hemos encontrado es que el *ISP* tiene una baja competitividad en el servicio de provisión de *Internet* debido a que sus costos arrendados en enlaces de última milla son elevados en comparación con la competencia y no posee una infraestructura de red de acceso y red de transporte propia.

Debido a la problemática expuesta el *ISP* tiene bajos márgenes de utilidad y una alta tasa de cancelación de clientes, si el problema persiste existe el riesgo de que el *ISP* disminuya su participación en el mercado en el sector de proveedores de acceso *Internet*.

La propuesta de esta tesis consiste en el diseño de una red de fibra óptica metropolitana del *ISP* para dar solución al problema expuesto.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

El objetivo general es diseñar la red de fibra óptica metropolitana de la empresa *ISP* para reducir sus costos de última milla e incrementar sus márgenes de utilidad.

1.3.2. Objetivos Específicos.

Con la implementación de la red de fibra óptica metropolitana se han definido los siguientes objetivos específicos, los cuales los mediremos con su respectivo indicador y meta esperada.

En la siguiente tabla observamos los objetivos específicos, la descripción del indicador y la meta definida, los cuales han sido elaborados por la Gerencia Comercial, el equipo del Proyecto y el juicio de expertos.

Tabla 1. Objetivos específicos y descripción de indicadores.

OE	Objetivo específico	Descripción del Indicador	Real 2014	Meta esperada 2015
OE1	Reducir los costos de última milla del servicio de acceso Internet	% de costos de última milla del servicio de acceso Internet respecto al año anterior	48%	2%
OE2	Incrementar los márgenes de utilidad del servicio de acceso Internet	% en margen de utilidad del servicio de acceso Internet respecto al año anterior	33%	77%
OE3	Disminuir la tasa de cancelación (<i>Churn</i>) de clientes	% de cancelación de clientes respecto al año anterior	13%	5%
OE4	Incrementar la satisfacción del cliente	% de clientes satisfechos respecto al año anterior	79%	95%
OE5	Disminuir el número de quejas y reclamos de clientes	% de quejas y reclamos de los clientes respecto al año anterior	15%	7%

Fuente: Elaboración propia con datos de la Gerencia Comercial.

1.4. Contribución de la tesis.

La implementación de la presente tesis contribuye a lograr el objetivo estratégico establecido en el Análisis de la Matriz FODA, definición de Estrategias: “Estrategias F-A, punto 2 Implementar la Red de Fibra Óptica”.

En la siguiente página, se observa la Matriz FODA y de Estrategias de la empresa *ISP*.

Tabla 2. Matriz FODA y Estrategias.

ANÁLISIS DE LA EMPRESA. MATRIZ FODA		
<p>OPORTUNIDADES – O</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nuevas tendencias tecnológicas como el Cloud Computing (oferta incipiente) y la virtualización. 2. Crecimiento de PYMES que demandan más servicios de TI (seguridad, conectividad, alojamiento, etc). 3. Crecimiento sostenido del sector telecomunicaciones. 4. Desarrollo de la Red Dorsal y promoción estatal de la competencia a nivel de infraestructura de última milla. 5. Clientes insatisfechos con el servicio post-venta de sus proveedores de telecomunicaciones. <p>AMENAZAS – A</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Implementación de la Ley de Protección de Datos. 2. Ataques cibernéticos que ponen en riesgo la disponibilidad del servicio y la información de los clientes. 3. Cambio en las condiciones de contratos con los portadores. 4. Competencia desleal por parte de las empresa portadores de servicios. 	<p>FORTALEZAS – F</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sólida infraestructura propia de backbone. 2. Infraestructura para desarrollar una oferta de virtualización y Cloud en el mercado local. 3. Infraestructura para brindar altos niveles de seguridad. 4. Ambiente social positivo para los recursos humanos. 5. Contar con un Operador Multiplataforma para construir productos a partir de recursos propios y de terceros. 6. Flexibilidad en la construcción de soluciones (proyectos a la medida). 7. Confianza generada a través de la relación Yachay – RCP. 	<p>DEBILIDADES – D</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La cultura organizacional en los temas de Seguridad es aún incipiente. 2. Capacidad de gestión técnica-comercial limitada. 3. Carencia de estrategias y herramientas para posicionar la marca Yachay. 4. No se cuenta con alianzas estratégicas que le ayuden a ser un referente en el sector de las telecomunicaciones. 5. Carencia de una cultura orientada a la gestión de clientes. 6. Sistemas de Gestión internos poco eficientes o inexistentes 7. Falta documentación y optimización de procesos, así como indicadores, programas de capacitación sobre procesos y sistema de monitoreo.
<p>ESTRATEGIAS F-O</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Construir Productos de virtualización en la nube. (F2, O1). 2. Implementar nuevos servicios para la PYMES a partir de recursos propios y de terceros. (F5, O2). 3. Ofrecer servicios a clientes insatisfechos en base a la confianza de Yachay-RCP. (F7, O2). 4. Mejorar infraestructura de Centro de Procesamiento de Datos. (F6, O2). 	<p>ESTRATEGIAS D-O</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer un Plan de Seguridad de TI. (D1, O2). 2. Establecer alianzas estratégicas con el estado (D4, O4). 3. Implementar el Sistema Integrado de Gestión. (D6, O6). 	<p>ESTRATEGIAS D-A</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Formalizar y optimizar procesos. (D7, A2). 2. Incrementar la cultura organizacional en Seguridad TI. (D1, A2). 3. Establecer estrategias y herramientas de marketing. (D3, A4).
<p>ESTRATEGIAS F-A</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ampliar cartera de portadores locales. (F5, A3). 2. Implementar la Red de Fibra Óptica. (F1, A4). 3. Garantizar la Seguridad de la Información. (F3, A2). 		

Fuente: Gerencia de Planeamiento Estratégico del ISP.

1.5. Alcance y limitaciones.

La tesis involucra el análisis y diseño de una red metropolitana de fibra óptica con topología en anillo, con cuatro nodos de acceso y un nodo de conmutación principal cubriendo los principales distritos comerciales de la ciudad de Lima.

El diseño de la red utilizará tecnologías *Metro-Ethernet* con conexiones *Fast-Ethernet*, *Gigabit-Ethernet* y protocolos *IP*, la capacidad de la red de transportar grandes volúmenes de información permitirá implementar la convergencia de servicios, es decir, poder ofrecer por un mismo medio físico servicios de voz, video y datos sin degradación de la calidad.

Dentro del alcance también realizaremos el análisis financiero para determinar el nivel de rentabilidad y el tiempo de retorno de la inversión.

Las limitaciones son: la cobertura de la red, inicialmente será solo para algunos distritos de Lima Metropolitana y no sobrepasar el monto de inversión asignado.

1.6. Breve resumen de las fases de desarrollo de la tesis.

Para desarrollar la tesis utilizaremos la siguiente metodología:

- Análisis de los tipos de fibra óptica. Se realizará un análisis de los tipos de fibra óptica, para poder seleccionar la fibra a utilizar, se abordará el tema en el capítulo 5.
- Análisis de factibilidad. Luego de identificar el problema usaremos la herramienta matriz de probabilidades e impacto, matriz de riesgos para seleccionar el escenario a implementar y el análisis de factibilidad financiera, esto se realizará en el capítulo 6.
- Diseño físico y lógico. Se realizará el análisis de requisitos, luego de ello se realizará el diseño físico y lógico de la red de fibra óptica. Se describirán los sistemas de conmutación, acceso, transporte y gestión de red. Se detallará el recorrido de la red de fibra óptica y su capacidad inicial, esto se desarrollará en el capítulo 7.

CAPÍTULO 2. MARCO CONTEXTUAL

2.1. Breve descripción de la empresa.

La empresa sobre la cual se desarrolla la tesis es un *Internet Service Provider (ISP)* ubicado en la ciudad de Lima, algunos de los servicios que brinda son: correo electrónico, dominios, seguridad gestionada, telefonía *IP*, alojamiento de páginas *web* y provisión de acceso *Internet* empresarial mediante enlaces dedicados.

Con respecto al servicio de provisión de Internet la empresa comercializa enlaces dedicados de 1Mbps a 50Mbps, actualmente el *ISP* cuenta aproximadamente con ciento cincuenta clientes empresariales en este rubro.

El *ISP* dispone de dos enlaces internacionales a *Internet* de 1Gbps y acceso al *Network Access Point (NAP)* de Perú mediante un enlace de 1Gbps.

En la figura 1, se observa que la red *LAN* del cliente es conectada hacia el *Backbone* del *ISP* por medio de fibra óptica arrendada a empresas mayoristas (*Carriers*) ya que el *ISP* no dispone una red de fibra óptica metropolitana propia, una vez que el cliente llega al *ISP*, puede acceder a *Internet*, hacia el *NAP Perú* o a los servicios del *ISP*.

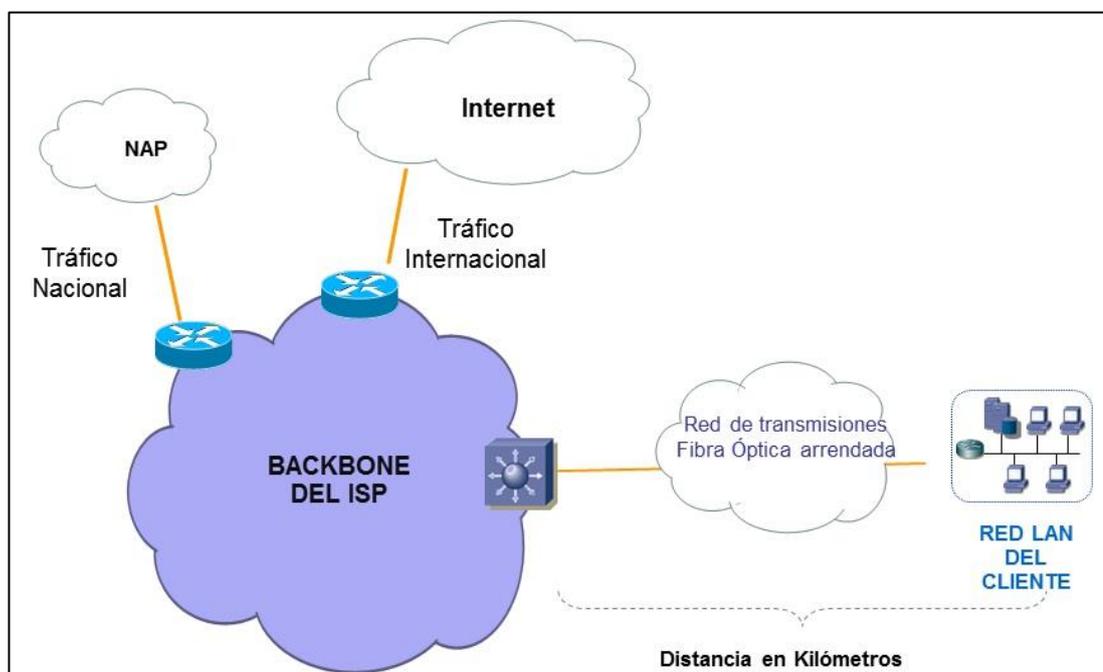


Figura 1. Esquema general de provisión de acceso *Internet* del *ISP* para clientes.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2, podemos observar el esquema detallado de la red del *ISP* para la provisión del servicio *Internet*.

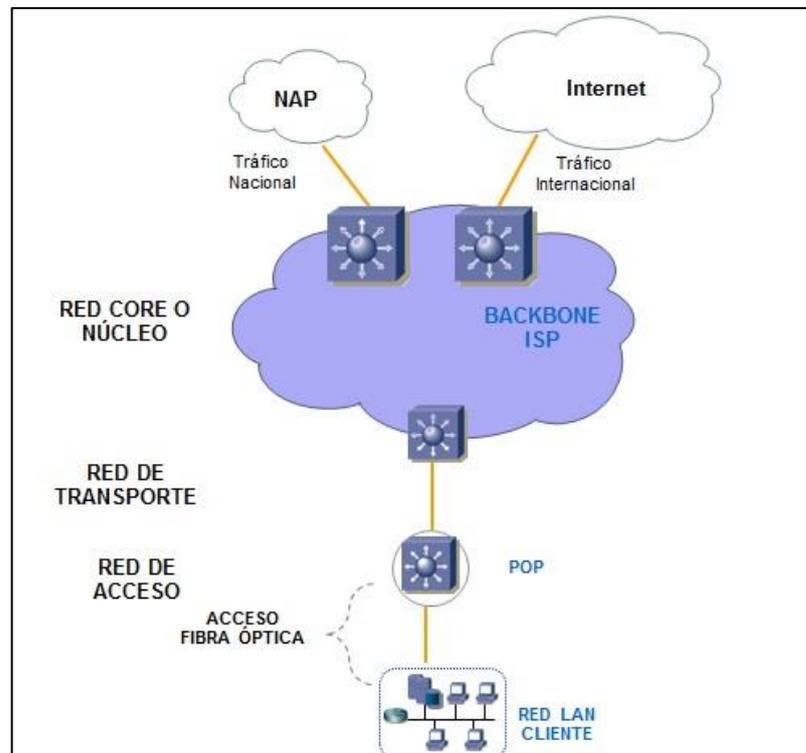


Figura 2. Esquema detallado de red para la provisión de acceso *Internet* del *ISP*.
Fuente: Elaboración propia.

- Red *LAN* del cliente: Es la red desde donde el usuario final va a acceder a los servicios que brinda el *ISP* y la red *Internet*.
- Red de Acceso: Equipos y tecnologías que permiten conectar al cliente al punto de presencia (*Point of Presence POP*) más cercano geográficamente al *ISP*.
- Red de Transporte: Equipos y tecnologías que permiten conectar el punto de presencia (*Point of Presence POP*) hacia su red *core* o núcleo. Normalmente los enlaces son de altas velocidades en Gigabits por segundo (Gbps). Se utiliza enlaces de alta velocidad en fibra óptica.
- Red *Core* o Núcleo: Está compuesta de los equipos de conmutación principales encargados de concentrar el tráfico de todos los clientes y enrutarlos a los servicios del *ISP* o hacia la *Internet*.

El *ISP* arrienda infraestructura de fibra óptica a terceros para la red de acceso y red de transporte.

Finalmente se tienen los enlaces de salida hacia el *Network Access Point (NAP)* y hacia la *Internet* mediante enlaces de alta velocidad de 1Gbps.

2.2. Macroprocesos de la Organización.

Los macroprocesos de la empresa son:

- Macroprocesos estratégicos: Plan de ventas, plan de estrategia, creación de nuevos servicios, presupuesto.
- Macroprocesos core: Gestión técnica operativa del *ISP*. Gestión Comercial incluye la afiliación, contacto, captación del cliente y la desafiliación. Gestión post-venta incluye la atención al cliente y soporte técnico.
- Macroprocesos de soporte. Son procesos generales de la organización como cobranzas, facturación, finanzas, contabilidad, sistemas informáticos internos y procesos legales.

2.3. Presentación del Área Funcional.

El área encargada de elaborar la propuesta es la Oficina de Gestión de Proyectos (*Project Management Office PMO*), esta área es la encargada de proyectos y creación de nuevos servicios, está compuesta por Ingenieros especializados en Tecnologías de la Información, Ingenieros de Proyectos, especialistas de planeamiento y especialistas en análisis financiero.

Se siguen las buenas prácticas establecidas por el *Project Management Institute (PMI)* con la guía *PMBOK (A Guide to the Project Management Body of Knowledge)*.

A continuación presentamos el Organigrama de la empresa.

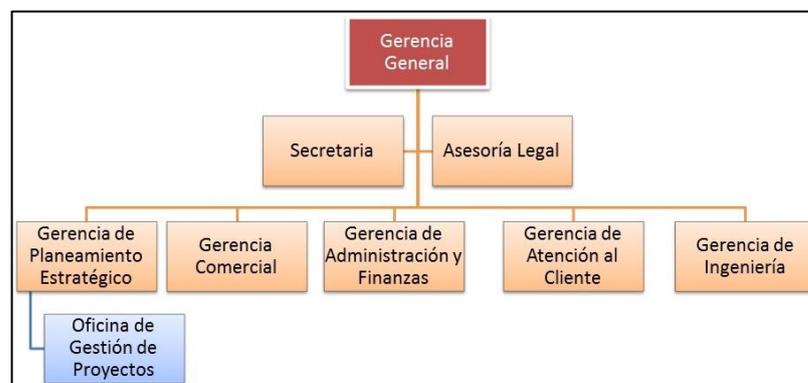


Figura 3. Organigrama de la empresa.
Fuente: Elaboración propia.

2.4. Tendencias.

De acuerdo a Proinversión, en el año 2015 el Gobierno del Perú tiene previsto concesionar los siguientes proyectos de telecomunicaciones: Banda 700 MHz para el servicio 4G y cuatro proyectos de banda ancha para la conectividad de cuatro regiones del Perú.

El año 2013 se ha concesionado la Red Dorsal Nacional de fibra óptica que incluye una red de fibra óptica de aproximadamente 13,400 kilómetros para conectar veintidós capitales de región y ciento ochenta capitales de provincia para que las compañías de telefonía móvil y de *Internet* puedan bajar sus costos permitiendo bajar las tarifas finales al público además de acortar la brecha digital.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones con el Plan Nacional para el Desarrollo de la banda ancha en el Perú del año 2011, ha establecido las estrategias y recomendaciones de política para disponer de infraestructura adecuada para el desarrollo de la banda ancha a nivel nacional, estimular la demanda y la inclusión de la población en la Sociedad de la Información, y fortalecer el marco Institucional orientado al entorno convergente de la Tecnologías de la Información y Comunicación – TIC.

Por otro lado Gartner ha identificado las diez tendencias de tecnología estratégicas que tendrán un impacto significativo en los próximos tres años, queremos resaltar las tres siguientes:

- *Computing Everywhere*: Acceso ubicuo a computación, mediante pantallas inteligentes, equipos móviles y dispositivos conectados a la red.
- *Cloud and Client Computing*: Los servicios TI residirán en la nube, para acceder a la nube es necesaria la conectividad a *Internet*.
- *The Internet of Things (IoT)*: *Internet* de las cosas, todo estará conectado y existirá un potencial de nuevos servicios.

Para acceder correctamente a los servicios que serán estándar en los próximos años las personas y las empresas deberán de disponer de un acceso a *Internet* con mayor velocidad y mayor ancho de banda que el que tienen actualmente, esto solo se realizará por medio de enlaces de banda ancha.

De acuerdo a ello concluimos que los proyectos y recomendaciones de estrategia analizados indican claramente que el medio de transmisión que cumple los requisitos de telecomunicaciones en banda ancha es la fibra óptica.

CAPÍTULO 3. MARCO CONCEPTUAL

3.1. Teorías, metodologías y conocimientos especializados que se utilizan como base de la tesis.

3.1.1. *Internet.*

Internet es un inmenso conjunto de redes con protocolos y servicios comunes que nadie controla (Tanenbaum, 2003), su protocolo de comunicación es el *TCP/IP* (Cerf & Khan, 1974) diseñado exclusivamente para interredes, asimismo utiliza el sistema de nombres de dominio (*DNS*) como base de datos distribuida que almacena la información de un nombre de *host* y su dirección *IP*.

Para ingresar a *Internet* se necesita que el dispositivo ejecute la pila de protocolos *TCP/IP*, disponga de una dirección *IP* y acceda mediante un *Internet Service Provider (ISP)* al *Backbone Internet*.

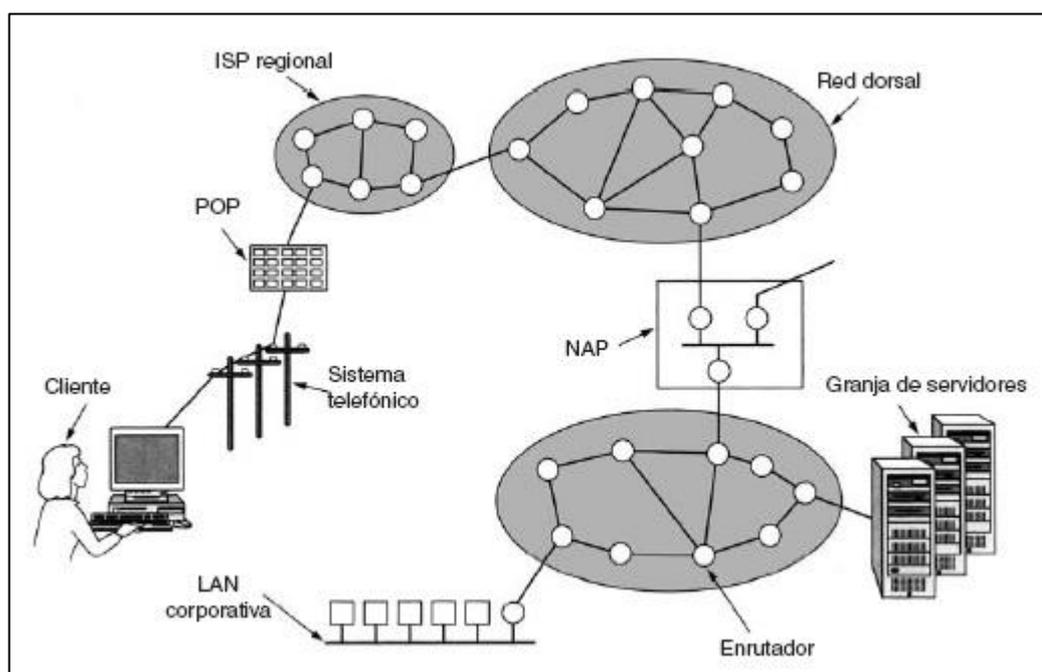


Figura 4. Panorama de Internet.

Fuente: Tanenbaum, Andrew S. Redes de computadoras. PEARSON EDUCACIÓN, México, 2003.

Las empresas que proveen el acceso a *Internet* son llamadas *Internet Service Provider (ISP)*, para acceder a *Internet* un usuario final (cliente) o una empresa (*LAN corporativa*) contrata los servicios del *ISP*, para ello el *ISP* despliega sus redes de acceso propias o arrendadas para conectar al cliente hacia su *Point of*

Presence (POP) más cercano y finalmente ingresar a su *Backbone* local donde el *ISP* se conecta al *Internet* con enlaces de grandes capacidades.

Las capacidades de las tecnologías de acceso actuales han pasado de kilobits por segundo (kbps) a Megabits por segundo (Mbps), siendo la tendencia a Gigabits por segundo (Gbps), estas tecnologías son llamadas de banda ancha.

De acuerdo al Foro Mundial de Política de las Telecomunicaciones/TIC realizado en Ginebra, Suiza, 14-16 de Mayo de 2013, la banda ancha es:

“Una serie de conceptos funcionales, entre los que se cuentan: Conexión permanente: donde el servicio Internet está sujeto a actualizaciones instantáneas en tiempo real. Alta capacidad: conexiones de baja latencia y alta capacidad que pueden transmitir grandes cantidades de bits (información) por segundo.”

3.1.2. Conmutación de paquetes y circuitos.

De acuerdo a *Cisco CCNA Exploration Course Booklet (2009)*, para transmitir la información en las redes conmutadas existen dos formas de hacerlo, la conmutación de circuitos y la conmutación de paquetes.

3.1.2.1. Conmutación de circuitos.

Se establece un circuito entre los nodos finales para enviar los datos, el circuito permanece activo mientras se transmite o recibe la información, este circuito dispone de ancho de banda dedicada, al finalizar la comunicación el circuito se libera. Un ejemplo de conmutación de circuitos es una llamada telefónica por medio de la red *ISDN* como se ve en la figura 5.

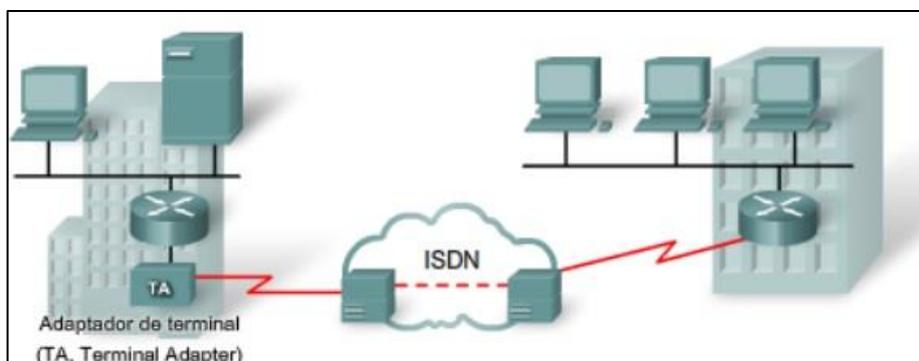


Figura 5. Conmutación de circuitos en una red ISDN.

Fuente: *CCNA Exploration Course Booklet: Network Fundamentals, Version 4.0 Cisco Press. 2009.*

3.1.2.2. Conmutación de paquetes.

El *ISP* convierte todos los datos a transmitir en paquetes, se “paquetizan” y se les asigna un identificador único, luego los datos son enviados de un nodo a otro hasta alcanzar su destino, el paquete viaja por circuitos establecidos previamente pero no exclusivos. Esta manera de conmutar los paquetes es más eficiente que la conmutación de circuitos.

En la figura 6 se observa un ejemplo de conmutación de paquetes en una red *ATM*.

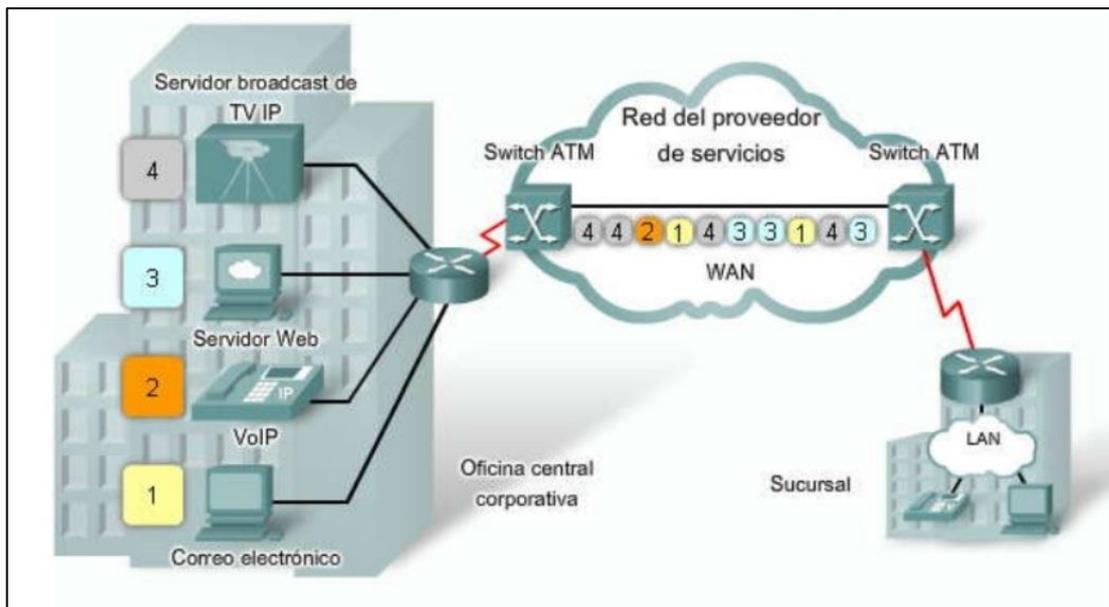


Figura 6. Conmutación de paquetes en una red *ATM*.

Fuente: *CCNA Exploration Course Booklet: Network Fundamentals, Version 4.0* Cisco Press. 2009.

3.1.3. Red *Metroethernet*.

Los *ISP* utilizan la tecnología *Metroethernet* para establecer sus redes metropolitanas de servicio público, se basan en *switches Ethernet* con protocolos *IP* para ofrecer servicios convergentes de video, voz y datos sobre la misma plataforma, esta tecnología nos brinda los siguientes beneficios:

Reducción de gastos: *Metroethernet* establece una red conmutada en capa 2 sin necesidad de equipos *ATM* o *Frame Relay*, los equipos de conexión no son costosos.

Integración con redes existentes: *Metroethernet* se integra con las redes actuales *LAN Ethernet* fácilmente.

Mayor productividad: Permite a las empresas acceder a servicios *IP* como *VoIP*, video que no son fáciles de acceder con otras tecnologías como *ATM* y *Frame Relay*. Una red *Metroethernet* se observa en la figura 7.

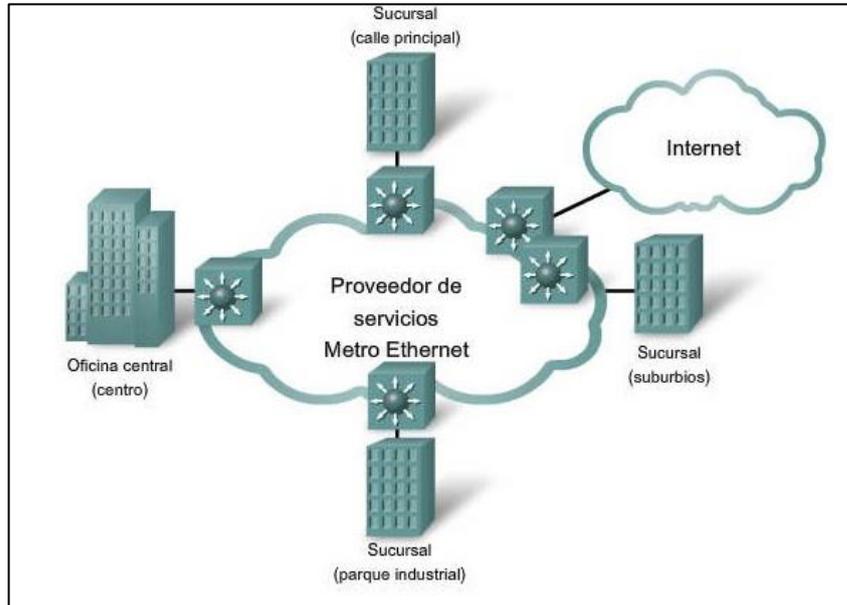


Figura 7. Proveedor de servicios *Metro Ethernet*.

Fuente: *CCNA Exploration Course Booklet: Network Fundamentals, Version 4.0 Cisco Press. 2009.*

3.1.4. Sistemas de comunicaciones por fibra óptica.

Los sistemas de comunicaciones por fibra óptica utilizan un medio guiado para transportar los datos que viajan en forma de rayos de luz, la información ingresa por un receptor que envía la señal de luz a través de la fibra óptica y al otro extremo la señal es recepcionada por otro dispositivo que transmite finalmente los datos al receptor como se observa en la figura 8.

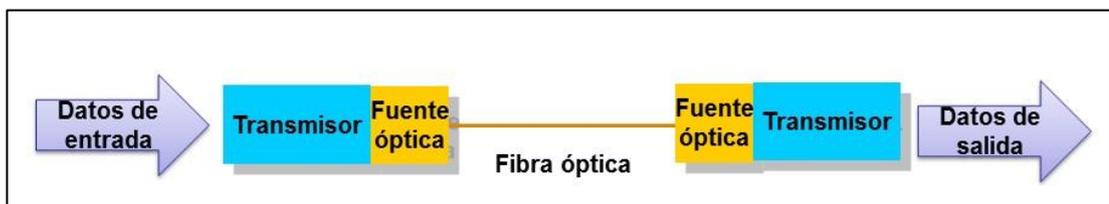


Figura 8. Sistema de comunicaciones por fibra óptica.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.5. Fibra Óptica.

La fibra óptica es el medio físico que utilizan los sistemas ópticos para transmisión de datos, la fibra óptica se comporta como un medio guiado de transmisión de la luz, el dispositivo electrónico “inyecta” la señal de luz por un extremo, la luz recorre todo el tramo “rebotando” hasta llegar al otro extremo para luego ingresar al dispositivo de llegada, donde la señal es decodificada y entregada al siguiente dispositivo, consiste en un cable de fibra de vidrio capaz de conducir un rayo óptico.

Consta de los siguientes elementos según observamos en la figura 9.

- Núcleo, es la parte interior de la fibra fabricado con sílice (SiO_2), tiene un índice de refracción mayor que el revestimiento.
- Revestimiento, envuelve al núcleo, tiene un índice de refracción menor que el núcleo, también es fabricado con sílice (SiO_2).
- Cubierta, protege a los dos anteriores, es fabricada de plástico.

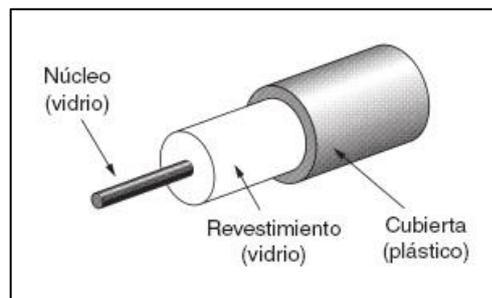


Figura 9. Cable de fibra óptica.

Fuente: Tanenbaum, Andrew S. Redes de computadoras. PEARSON EDUCACIÓN, México, 2003.

La luz recorre el núcleo de la fibra óptica debido a que su índice de refracción es mayor que el índice de refracción del revestimiento, por lo que se mantiene y se propaga a través del núcleo, este fenómeno se llama reflexión interna total y hace posible la transmisión de datos por la fibra óptica según se observa en la figura 10.

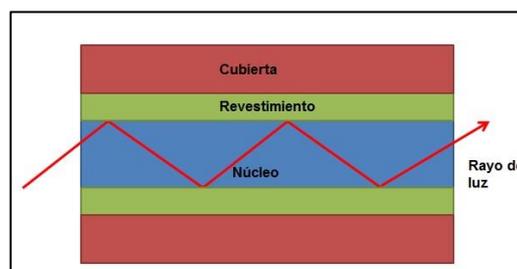


Figura 10. Reflexión interna total.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.5.1. Tipos de fibra óptica.

Las fibras ópticas se pueden clasificar de acuerdo a varios criterios, los principales son por el modo de propagación, índice de refracción y según los materiales de fabricación.

Wayne (2003, p.435), sostiene que existen tres clases de configuraciones de fibra óptica:

- Índice escalonado unimodal.
- Índice escalonado multimodal.
- Índice graduado multimodal.

3.1.5.2. Características de los tipos de fibra óptica.

De acuerdo a sus configuraciones, las características de los tipos de fibra óptica son las siguientes:

3.1.5.2.1. Índice escalonado unimodal. También llamada monomodo, el núcleo es lo suficiente pequeño para que la comunicación sea de un solo modo de transmisión, permite tener un mayor ancho de banda que la fibra multimodo y además puede transmitir la señal a mayores distancias que cualquier tipo de fibra óptica, es más difícil de fabricar por lo que es más costosa.

3.1.5.2.2. Índice escalonado multimodal. El núcleo es de mayor tamaño que de las monomodo facilitando el acoplamiento, la luz puede circular por más de un modo o camino, presenta mayor dispersión por lo que se reduce el ancho de banda y distancia. Su fabricación es más sencilla por lo que el costo es más bajo que la de la fibra óptica unimodo

3.1.5.2.3. Índice graduado multimodal. El núcleo es más grande por lo que acopla la luz más fácilmente, es más difícil de fabricar que la multimodo de índice escalonado, tiene menores anchos de banda y alta distorsión, su distorsión es menor que la fibra multimodo de índice escalonado.

3.1.5.3. Núcleo, atenuación y ancho de banda.

De acuerdo a *The Fiber Optic Association*, las características de núcleo, atenuación y ancho de banda para los tipos de fibra óptica se observan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Características de los tipos de fibra óptica.

Tipo de Fibra Óptica	Núcleo/revestimiento (<i>cladding</i>)	Atenuación	Ancho de banda	Aplicaciones/Notas
Multimodo de índice gradual @850/1300 nm	50/125 micrones (OM2)	3/1 dB/km	500/500 MHz-km	Para láser para redes LAN GbE
	50/125 micrones (OM3)	3/1 dB/km	2000/500 MHz-km	Optimizada para VCSEL de 850 nm
	50/125 micrones (OM4)	3/1 dB/km	4700/500 MHz-km	Optimizada para VCSEL de 850 nm >10Gb/s
	62.5/125 micrones (OM1)	3/1 dB/km	160-200/500 MHz-km	Fibra para red LAN (FDDI)
	100/140 micrones	3/1 dB/km	150/300 MHz-km	Obsoleto
Multimodo de índice escalonado @850 nm	200/240 micrones	4-6 dB/km	50 MHz-km	Núcleo de vidrio con revestimiento (<i>cladding</i>) de plástico. Redes LAN y enlaces de baja velocidad
Monomodo @1310/1550 nm	9/125 micrones (OS1, B1.1, o G.652)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra estándar monomodo, telecomunicaciones /TV por cable, redes LAN de larga distancia y alta velocidad
	9/125 micrones (OS2, B1.3, o G.652)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra de "pico de agua reducido" (LWP)
	9/125 micrones (B2, o G.653)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra con dispersión desplazada (DSF)
	9/125 micrones (B1.2, o G.654)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra con corte desplazado (CSF)
	9/125 micrones (B4, o G.654)	0.4/0.25 dB/km	~100 Terahertz	Fibra con dispersión desplazada no nula (NZ-DSF)

Fuente: Adaptado de *The Fiber Optic Association*. <http://www.thefoa.org>

3.1.6. Ventajas y desventajas de la fibra óptica.

Las ventajas y desventajas de la fibra óptica son las siguientes:

Ventajas:

- Gran capacidad de transmisión.
- Baja atenuación de la señal.
- Inmunidad total ante interferencias electromagnéticas.
- Bajo coste de fabricación respecto al cobre u otros materiales.
- Los cables ópticos son de pequeño tamaño, ligeros y con vida media superior.
- Cubre grandes distancias en kilómetros.
- Resistencia al calor, frío, corrosión.
- Averías fácilmente detectables.

Desventajas:

- Elevado coste para aplicaciones que no necesitan banda ancha.
- Alto coste de reparación y mantenimiento.

- Empalmes son difíciles de realizar.
- Equipos electrónicos de transmisión y recepción son más caros.
- Los elementos son sensibles a roturas.
- Es necesario efectuar en la mayoría de casos conversiones eléctricas a ópticas.

CAPÍTULO 4. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Diagrama de secuencia lógica de la tesis.

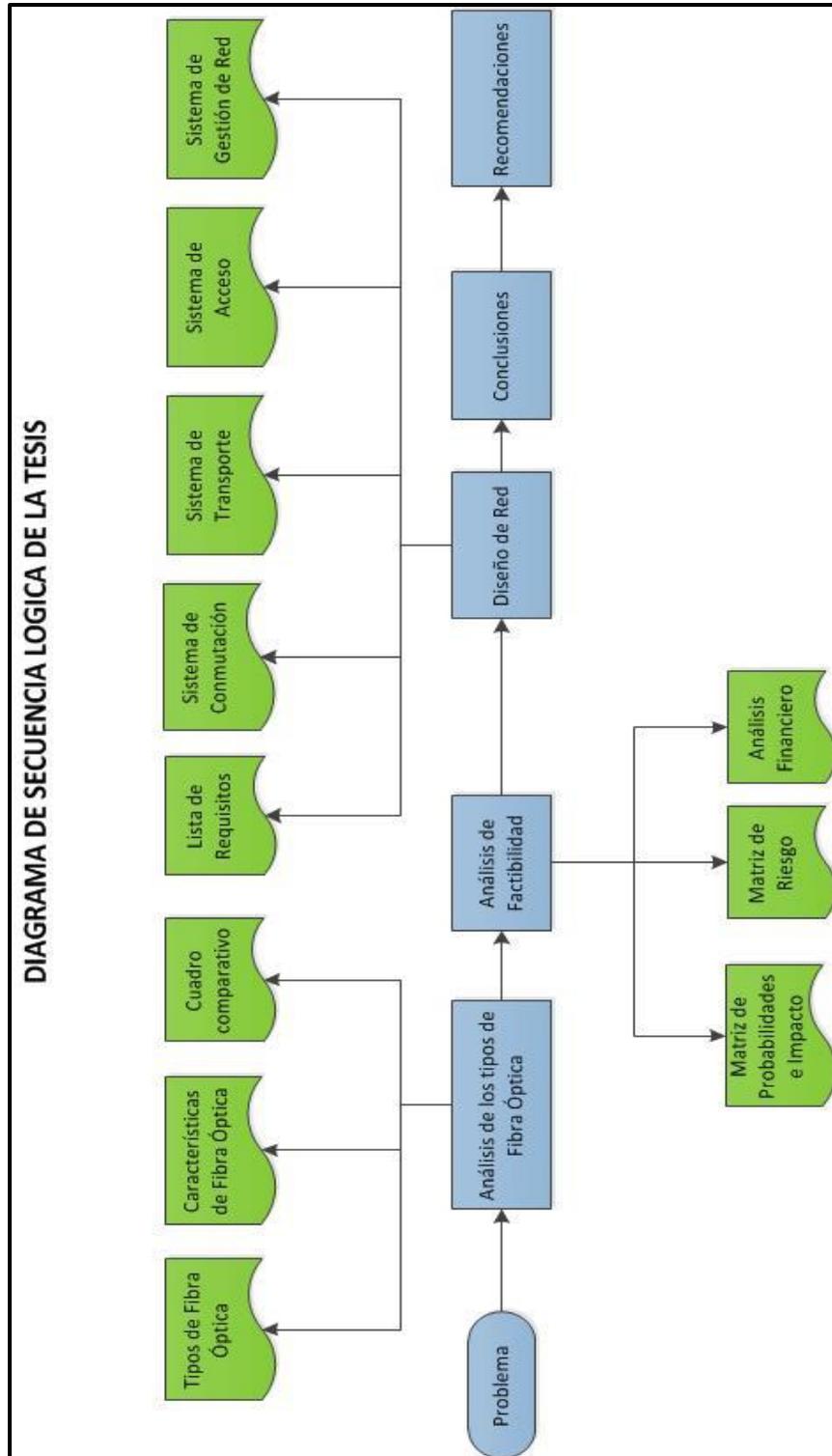


Figura 11. Diagrama de secuencia lógica de la tesis.
Fuente: Elaboración propia.

4.2. Descripción de las actividades y herramientas utilizadas en cada Fase.

Para elaborar la tesis realizaremos las siguientes actividades:

4.2.1. Análisis de los tipos de fibra óptica.

Analizaremos los tipos de fibra óptica, características, se realizará un cuadro comparativo. Se seleccionará la mejor alternativa de tipo de fibra óptica para utilizar en la presente tesis.

4.2.2. Análisis de Factibilidad.

Usaremos la herramienta matriz probabilidad impacto para valorizar los riesgos identificados, matriz de riesgos para seleccionar el escenario a implementar y se realizará la factibilidad financiera para determinar si es viable económicamente.

4.2.3. Diseño Físico y Lógico.

Se identificarán los requisitos de diseño, se describirán los sistemas y componentes de la red, se realizará el diseño de red considerando red de transporte, red de acceso, sistema de conmutación y sistema de gestión de red. Se describirá el recorrido, la capacidad y escalabilidad de la red.

Adicionalmente nos apoyaremos en algunas de las herramientas que nos brinda el *Project Management Institute (PMI)* con su guía *PMBOK (A Guide to the Project Management Body of Knowledge)* para el análisis de escenarios, matriz de riesgos y matriz probabilidad impacto.

Se han desarrollado e incluido en los Anexos el Acta de Constitución del Proyecto, la Matriz de Gestión de *Stakeholders*, la Matriz de Adquisiciones, la Matriz de Comunicaciones y la Matriz de Responsabilidades.

4.2.4. Conclusiones y recomendaciones.

Se realizarán las conclusiones y recomendaciones de acuerdo a lo expuesto en la presente tesis.

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE LOS TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

5.1. Cuadro comparativo de los tipos de fibra óptica.

En la tabla 4 observamos las ventajas y desventajas de los tipos de fibra óptica.

Tabla 4. Cuadro comparativo de los tipos de fibra óptica.

Tipo de Fibra Óptica	Ventajas	Desventajas
Fibra monomodo de índice escalonado	Dispersión mínima	Núcleo central muy pequeño
	Mayores anchos de banda	Costosa y difícil de fabricar
Fibra multimodo de índice escalonado	Poco costosa de fabricación sencilla	Alta distorsión
	Abertura grande de la fuente de la fibra	Menores anchos de banda
Fibra multimodo de índice gradual	Acopla la luz fácilmente	Alta distorsión, menor que la multimodo de índice escalonado.
	Fácil de fabricar, más difícil que las de índice escalonado	Menores anchos de banda

Fuente: Adaptado de Tomasi, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. PEARSON EDUCACIÓN, México, 2003.

5.2. Elección del tipo de fibra óptica.

Luego de analizar el cuadro comparativo de los tipos de fibra óptica, se utilizará la fibra óptica monomodo que cumpla con la recomendación ITU G.652.D.

Esta elección es debido a los siguientes factores:

- Transmite mayores anchos de banda.
- Cubre mayores distancias debido a que tiene menos dispersión.
- A pesar que su costo es más elevado que la fibra óptica multimodo, la diferencia de precio no es representativa.

En la tabla 5 se observan las características de la fibra óptica G.652.D

Tabla 5. Características de la fibra óptica G.652.D

Características de la Fibra Óptica G.652.D		
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Rango	8,6 - 9,5 μm
	Tolerancia	$\pm 0,6 \mu\text{m}$
Pendiente de dispersión cromática de 1300 - 1324 nm	S0max	0,092 ps/nm ² .km
Características del cable		
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Coeficiente de atenuación Máximo	1310 a 1625 nm	0,40 dB/Km
	1383 \pm 3nm	*
	1550 nm	0,30 dB/Km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	Max PMDq	0,20 ps / $\sqrt{\text{km}}$
Ancho de Banda de Transmisión		
Amplia cobertura: bandas O a L. Similar a G.652.B pero permite la transmisión en ancho de banda extendido de 1360 nm a 1530 nm. Adecuada para sistemas CWDM.		

Fuente: Fibra óptica para NGN. Telnet RI.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

6.1. Planteamiento y análisis, alternativa de solución.

Luego de realizar el análisis e identificado el problema, se proponen dos escenarios:

- Escenario 1: Continuar el arrendamiento de enlaces de fibra óptica.
- Escenario 2: Implementar una red metropolitana de fibra óptica canalizada.

6.1.2. Matriz Probabilidad Impacto.

La siguiente matriz de probabilidad impacto nos servirá para realizar la valoración cualitativa de los riesgos identificados en la presente tesis.

Se consideran probabilidades alta, media, baja y muy baja, la probabilidad de que ocurra el evento se mide en porcentaje y se le asigna un valor (0.9, 0.7, 0.4 y 0.25), luego se mide la consecuencia del suceso que puede ser insignificante, menor, moderado, fuerte y muy fuerte, asignándole un valor (0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9), luego se hace el cruce entre probabilidad y consecuencia y se le asigna el nivel de impacto de acuerdo al valor final de la tabla.

En la tabla 6 observamos la matriz de probabilidad impacto a utilizar.

Tabla 6. Matriz de probabilidad impacto.

PROBABILIDAD			CONSECUENCIA				
			Insignificante (I)	Menor (II)	Moderado (III)	Fuerte (IV)	Muy fuerte (V)
			0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
Alta	entre 71% - 90%	0.9	0.09	0.27	0.45	0.63	0.81
Media	entre 41% - 70%	0.7	0.07	0.21	0.35	0.49	0.63
Baja	entre 26% - 40%	0.4	0.04	0.12	0.2	0.28	0.36
Muy Baja	entre 0 - 25%	0.25	0.03	0.08	0.13	0.18	0.23

	Alto impacto	Valor \geq 0.60
	Moderado Impacto	0.30 \leq Valor $<$ 0.60
	Bajo impacto	0.15 \leq Valor \leq 0.29
	Imperceptible	Valor $<$ 0.15

Fuente: Elaboración propia utilizando formatos del *PMBOK*.

6.1.3. Matriz de Riesgos.

Para evaluar los dos escenarios, construimos la matriz de riesgos por cada escenario, cabe destacar que para cada escenario los riesgos no serán los mismos.

Lista de riesgos para el escenario 1: Continuar el arrendamiento de enlaces de fibra óptica:

- R_1 Tasa de *Churn* (desafiliación de clientes) elevada.
- R_2 Elevados tiempos de instalación (3 meses) para clientes nuevos.
- R_3 Servicio post-venta con mala calidad.
- R_4 Aparición de competidores con menores precios.

Lista de riesgos para el escenario 2: Implementar una red metropolitana de fibra óptica canalizada:

- R_1 Cantidad de instalaciones sobre pasa capacidad de instaladores.
- R_2 Fallas en enlaces.
- R_3 Servicio post-venta con retrasos.
- R_4 Rotura de fibra óptica.

Para determinar las probabilidades de ocurrencia de los riesgos se utilizaron antecedentes históricos recopilados por el *ISP* a través de su Gerencia Comercial y Gerencia de Atención al Cliente, con esos datos y el juicio de expertos se calcularon los valores de probabilidad e impacto mostrados en la Matriz de Riesgos de los dos escenarios.

La data histórica recopilada es la siguiente:

- Tasa de *Churn* (desafiliación de clientes) Año 2014 = 13%
Número de clientes con cancelación del servicio / Número de clientes totales
= $25 / 200 \times 100 = 13\%$
- Tiempo máximo de instalación de clientes nuevos con otros portadores, en el Año 2014 es igual a 3 meses. Esto es debido a la política de los portadores con los que trabaja el *ISP*, estos tiempos no los puede controlar el *ISP*. Lo clientes nuevos han respondido con un puntaje bajo en las encuestas de Satisfacción al Cliente sintiéndose insatisfechos.
Índice de Satisfacción del Cliente Año 2014= 21% de clientes insatisfechos
- Servicio post-venta. Para el mantenimiento y reparaciones de los enlaces dedicados con otros portadores, el *ISP* utiliza a los mismos portadores para que efectúen esos trabajos, los tiempos de reparación ante una rotura de Fibra Óptica tienen una duración mínima de diez horas, generando malestar a los clientes, las quejas y reclamos en el año 2014 de clientes por este rubro han sido de 30.

- Aparición de competidores con menores precios. El año 2013 y 2014 han aparecido nuevos competidores en el mercado, debido a la competencia los precios de enlaces dedicados han bajado.

Para los Riesgos del escenario 2, debido a que es un nuevo escenario, se utilizó el juicio de expertos para proporcionar los valores de probabilidades e impacto.

En la siguiente página se muestra la matriz de riesgos desarrollada para los dos escenarios.

Tabla 7. Matriz de riesgos del escenario 1.

Matriz de Riesgos en el Escenario 1								
Nro.	Riesgo	Categoría	Disparador	Probabilidad	Impacto	Riesgo	Estrategia de respuesta	Respuesta
R_1	Tasa de Churn (cancelación de clientes) elevada.	Externo - Comercial	Competidores con mejores precios.	0.9	0.7	0.63	Mitigar	Ofrecer servicios de valor agregado para clientes.
R_2	Tiempos altos (3 meses) en instalaciones nuevas.	Externo - Técnico.	Cientes insatisfechos con la atención.	0.7	0.5	0.35	Mitigar	Contactarse directamente con asesor comercial para acelerar la instalación. Instalar un servicio inalámbrico temporal.
R_3	Servicio post-venta con mala calidad.	Externo - Técnico.	Quejas de clientes por caída de servicio.	0.7	0.5	0.35	Aceptar	Mejorar la respuesta de los portadores.
R_4	Aparición de competidores con menores precios.	Externo - Proveedores	Incremento de demanda y condiciones favorables en el mercado de Telecomunicaciones.	0.4	0.5	0.2	Mitigar	Renegociar contratos con proveedores. Realizar campañas de marketing.

Fuente: Elaboración propia utilizando formatos del *PMBOK*.

Tabla 8. Matriz de riesgos del escenario 2.

Matriz de Riesgos en el Escenario 2								
Nro.	Riesgo	Categoría	Disparador	Probabilidad	Impacto	Riesgo	Estrategia de respuesta	Respuesta
R_1	Cantidad de instalaciones sobre capacidad de instaladores.	Técnico.	Baja cantidad de técnicos instaladores.	0.7	0.7	0.49	Mitigar	Sub-contratar terceras empresas para las instalaciones.
R_2	Fallas en enlaces.	Técnico.	Queja de clientes por fallas en el enlace.	0.7	0.7	0.49	Mitigar	Disponer equipo técnico de reparación de averías. Instalar un servicio inlámbrico de backup.
R_3	Servicio post-venta con retrasos.	Técnico - Planeamiento.	Quejas de clientes por mala atención.	0.4	0.5	0.20	Aceptar	Establecer procesos de Atención al cliente y Soporte efectivos.
R_4	Rotura de Fibra Óptica.	Externo – Técnico	Queja de clientes por caída de enlace.	0.4	0.7	0.28	Mitigar	Reparar la Fibra Óptica con tiempos máximos de 4 horas.

Fuente: Elaboración propia utilizando formatos del *PMBOK*.

6.1.4. Conclusiones del Análisis de Riesgos.

En el escenario 1, la tasa de desafiliación de clientes es alta, y se observa que el riesgo es de un alto impacto para la empresa. En el escenario 2 los impactos son moderados.

Concluimos que de los dos escenarios, el más riesgoso es el primer escenario (Continuar el arrendamiento de enlaces de fibra óptica), los riesgos analizados indican que el riesgo es mayor si se continúa utilizando a terceras empresas para arrendar los enlaces dedicados a los clientes, por lo que el escenario 2 (Implementar una red metropolitana de fibra óptica canalizada) es el más indicado a seguir.

6.2. Análisis Financiero.

Para realizar el análisis financiero hemos considerado que todos los gastos van a ser financiados por la empresa, por lo tanto consideramos un flujo de operaciones e inversiones.

El proyecto se implementará en un plazo esperado de un año.

6.2.1. Flujo de Operaciones.

Ingresos:

- Utilidad mensual total, una vez implementada la fibra óptica se migrarán los clientes de infraestructura arrendada a la red de fibra óptica del *ISP*.

Costos:

- Costo de recursos humanos de la empresa, los costos para elaborar el proyecto y acompañar en la implementación del mismo.

Gastos:

- Otros gastos, se incluyen gastos administrativos y de operación.

6.2.2. Flujo de Inversiones.

Inversión inicial:

- Contratación de la empresa especializada para la implementación del proyecto.

- Adquisición de equipos para los nodos.
- Adquisición de equipos para los clientes.

6.2.3. Análisis Financiero.

Se ha considerado asignar recursos humanos internos de la empresa para el inicio, análisis, diseño del proyecto y acompañamiento en la implantación del Proyecto. Se asignará un Jefe de Proyecto, Ingeniero de Proyecto, Asistente de Proyecto y Analista Financiero.

Para la implantación se considera contratar a una empresa especializada en instalaciones de fibra óptica canalizada mediante un sistema llave en mano, es decir, este servicio será completamente tercerizado, ahorrando costos al *ISP* en equipamiento y personal.

En la siguiente tabla se observa el porcentaje de dedicación del personal por mes del Proyecto.

Tabla 9. Costos de recursos humanos de la empresa.

Costo Empresa 1.5

SUELDO	COSTO EMPRESA	Cantidades	Cargos	INICIO		ANALISIS Y DISEÑO			
				mes-1	mes-2	mes-3			
3,000	4,500	1	Jefe Proyecto	50%	2,250.00	50%	2,250.00	25%	1,125.00
2,000	3,000	1	Ingeniero de Proyectos	50%	1,500.00	50%	1,500.00	50%	1,500.00
2,000	1,000	1	Asistente Proyecto	0%	-	25%	250.00	25%	250.00
2,500	3,750	1	Analista Financiero	0%	-	25%	937.50	25%	937.50
SUB-TOTALES					3,750.00		4,937.50		3,812.50

SUELDO	COSTO EMPRESA	Cantidades	Cargos	IMPLANTACIÓN					
				mes-4	mes-5	mes-6			
3,000	4,500	1	Jefe Proyecto	25%	1,125.00	25%	1,125.00	25%	1,125.00
2,000	3,000	1	Ingeniero de Proyectos	25%	750.00	25%	750.00	25%	750.00
2,000	1,000	1	Asistente Proyecto	0%	-	0%	-	0%	-
2,500	3,750	1	Analista Financiero	0%	-	0%	-	0%	-
SUB-TOTALES					1,875.00		1,875.00		1,875.00

SUELDO	COSTO EMPRESA	Cantidades	Cargos	IMPLANTACIÓN					
				mes-7	mes-8	mes-9			
3,000	4,500	1	Jefe Proyecto	25%	1,125.00	25%	1,125.00	50%	2,250.00
2,000	3,000	1	Ingeniero de Proyectos	25%	750.00	25%	750.00	25%	750.00
2,000	1,000	1	Asistente Proyecto	0%	-	25%	250.00	25%	250.00
2,500	3,750	1	Analista Financiero	0%	-	25%	937.50	25%	937.50
SUB-TOTALES					1,875.00		3,062.50		4,187.50

SUELDO	COSTO EMPRESA	Cantidades	Cargos	IMPLANTACIÓN		CIERRE	
				mes-10	mes-11	mes-12	
3,000	4,500	1	Jefe Proyecto	50%	2,250.00	50%	2,250.00
2,000	3,000	1	Ingeniero de Proyectos	25%	750.00	25%	750.00
2,000	1,000	1	Asistente Proyecto	25%	250.00	25%	250.00
2,500	3,750	1	Analista Financiero	25%	937.50	25%	937.50
SUB-TOTALES					4,187.50		4,187.50
							3,000.00

TOTALES

SUELDO	COSTO EMPRESA	Cantidades	Cargos	TOTALES
3,000	4,500	1	Jefe Proyecto	\$ 19,125.00
2,000	3,000	1	Ingeniero de Proyectos	\$ 10,875.00
2,000	1,000	1	Asistente Proyecto	\$ 1,500.00
2,500	3,750	1	Analista Financiero	\$ 5,625.00
				\$ 37,125.00

NOTA: Todos los montos están expresados en dolares americanos

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el análisis de costos y márgenes del servicio de línea dedicada de acceso a Internet para un cliente tipo con un servicio de 5Mbps, observamos la siguiente tabla en el escenario actual:

Tabla 10. Costos y Márgenes mensuales actuales.

COSTOS POR CLIENTE ANTES DEL PROYECTO		
Concepto	Sub-total	% Conceptos
Costo de última milla	USD 500	48
Alquiler de router	USD 45	4
Instalación	USD 0	0
Internet y Soporte	USD 120	12
Costo Administrativo y Ventas	USD 30	3
Margen	USD 340	33
Precio de Venta USD	USD 1,035	

Fuente: Elaboración propia.

Los costos de última milla son los que se pagan al portador que arrienda la fibra óptica al *ISP*, los costos de instalación son \$0, debido a que el portador no cobra por ese concepto con contratos a 36 meses. El precio de venta mensual del servicio es de \$1.035, con un margen mensual de \$340.

Cabe indicar que el precio de venta mensual del servicio \$1.035 se mantendrá luego de implementado el Proyecto, con el consiguiente aumento del margen por cliente.

En la siguiente figura se observa los porcentajes por cada concepto.

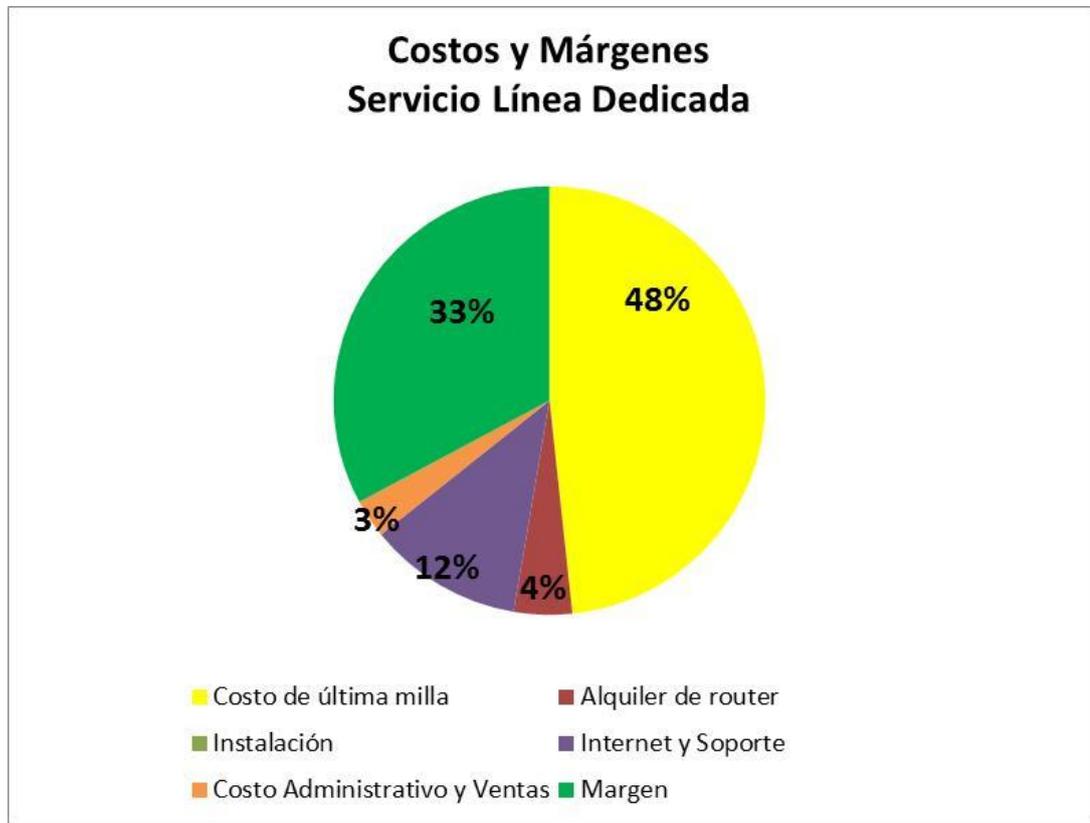


Figura 12. Costos y Márgenes actuales.
Fuente: Elaboración propia.

Luego de implementada la red de fibra óptica, y migrado al cliente a esta nueva red, el nuevo esquema de costos y márgenes es el siguiente:

Tabla 11. Costos y Márgenes proyectados por mes.

COSTOS POR CLIENTE DESPUES DEL PROYECTO		
Concepto	Sub-total	% Conceptos
Nuevo Costo de última milla	USD 20	2
Alquiler de router	USD 45	4
Instalación	USD 28	3
Internet y Soporte	USD 120	12
Costo Administrativo y Ventas	USD 30	3
Margen	USD 792	77
Precio de Venta USD	USD 1,035	

Fuente: Elaboración propia.

El costo de última milla por cliente se reduce a un aproximado de \$20 debido a que consideramos la inversión de \$800.000 para 20 kilómetros de Fibra Óptica con 150 clientes y con un tiempo de vida de 20 años, mensualizando los montos son \$19.44 al mes por cliente, según la fórmula:

$$\text{Nuevo Costo de última milla} = \$35 \times \text{metro F.O.} \times 20,000 \text{ metros F.O.} / 150 \text{ Clientes} / 240 \text{ meses tiempo de vida F.O} = \$19.44$$

El margen mensual se incrementa de 33% a 77% que representa \$792 mensuales, los costos de última milla bajan de \$500 a \$20 mensuales, ya que la instalación por cada cliente es de aproximadamente de \$1000, con un contrato a 3 años por cliente, se mensualiza a \$28 al mes.

En el siguiente cuadro observamos los nuevos porcentajes por concepto.

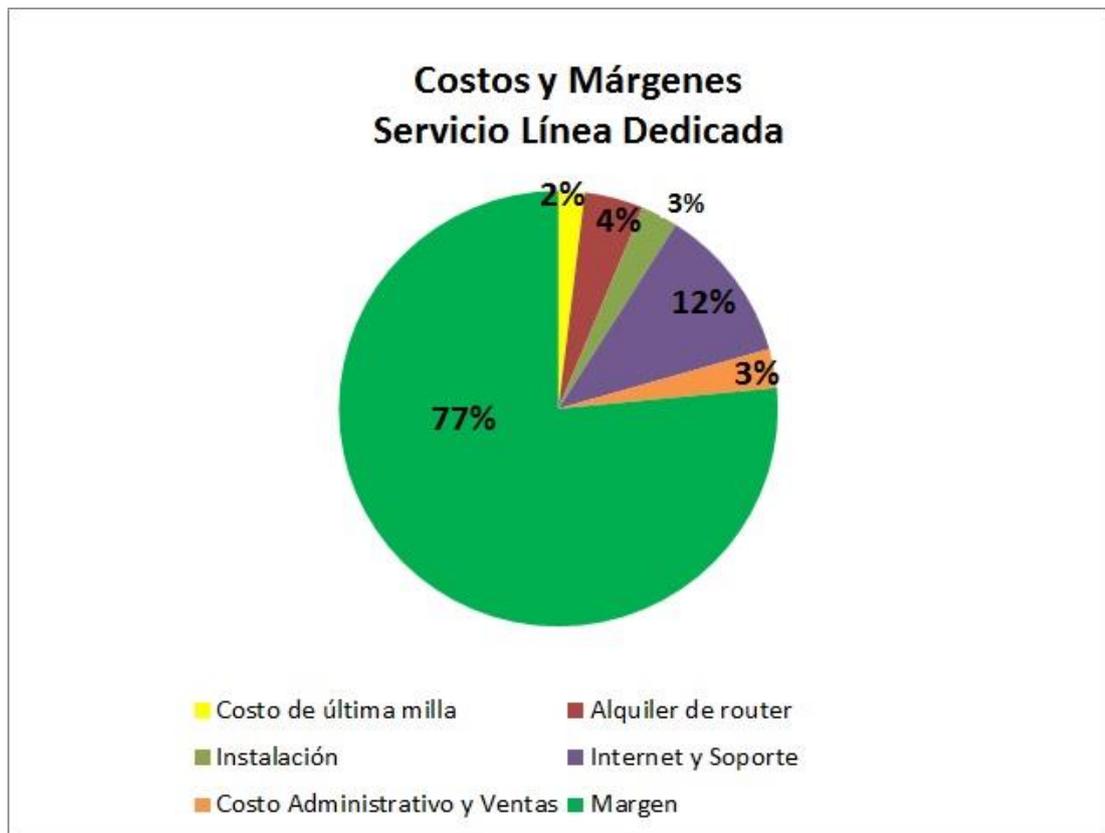


Figura 13. Costos y Márgenes proyectados.
Fuente: Elaboración propia.

La utilidad mensual total es de \$87.120, se considera la migración de 110 clientes corporativos con una reducción de costos variables de 46% por cada cliente.

Los gastos de mantenimiento de la red de fibra óptica serán tercerizados mediante un contrato de mantenimiento anual con el proveedor de la canalización, estos ascenderán a \$2.500 mensuales.

Se considera una tasa de descuento anual de 12%, el proyecto de implementación incluida la inversión de equipos es de \$800.000 y los gastos de planilla de la empresa son de \$37.125, otros gastos del proyecto considerados ascienden a \$18.000.

En la siguiente tabla se muestra el resumen del análisis financiero para el proyecto.

Tabla 12: Análisis financiero.

INVERSIÓN INICIAL	
Proyecto Terceros y equipos	\$800,000
Costos Recursos Humanos	\$37,125
Otros gastos del Proyecto	\$18,000
Total Proyecto	\$855,125
ANÁLISIS FINANCIERO	
Tasa de descuento anual	12%
Tasa de descuento mensual	0.949%
VANI	\$983,717
VAN Neto	\$100,363
Rentabilidad	10.20%
Periodo de Recupero	10 meses

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Flujo de caja.

	mes - 0	mes-1	mes-2	mes-3	mes-4	mes-5	mes-6	mes-7	mes-8	mes-9	mes-10	mes-11	mes-12
Beneficios		87,120	87,120	87,120	87,120	87,120	87,120	87,120	87,120	87,120	87,120	87,120	87,120
Gastos	855,125	-2,500	-2,500	-2,500	-2,500	-2,500	-2,500	-2,500	-2,500	-2,500	-2,500	-2,500	-2,500
Flujo Neto	-855,125	84,620	84,620	84,620	84,620	84,620	84,620	84,620	84,620	84,620	84,620	84,620	84,620
Acumulado	-855,125	-770,505	-685,885	-601,265	-516,645	-432,025	-347,405	-262,785	-178,165	-93,545	-8,925	75,695	160,315

Fuente: Elaboración propia.

6.2.4. Conclusiones del análisis financiero.

Luego de elaborar el flujo de caja con todas las variables, es aconsejable implementar el proyecto porque su rentabilidad es de 10.20% y el período de recuperación es de 10 meses. Asimismo la implementación del proyecto nos servirá para poder captar nuevos clientes en la zona de cobertura del anillo de fibra óptica.

CAPÍTULO 7. DISEÑO FÍSICO Y LÓGICO

7.1. Requisitos.

7.1.2. Requisitos generales.

El tipo de red a implementar debe ser una red 100% *IP* por conmutación de paquetes que soporte la convergencia de servicios, es decir la voz, datos y video son manejados por una misma plataforma. La red se integrará al *Backbone* actual del *ISP*, a través del switch de conmutación principal *Cisco Catalyst 4500*.

La canalización de la fibra óptica se debe realizar con la técnica de microzanjas con dos vías con capacidad de 96 hilos por vía para la red de transporte y 4 vías con capacidad de 24 hilos por vía para la red de acceso, la fibra óptica será del tipo monomodo con chaqueta antiroedor para exteriores.

Asimismo el criterio de diseño tendrá en cuenta las siguientes estrategias financieras:

- Bajo *Capital Expenditure (CAPEX)*. Mediante la implementación por una empresa especializada en canalización de fibra óptica con la técnica de microzanjas, siendo su costo aproximadamente dos veces menos que la técnica de zanjas tradicional.
- Rápido *Return on Investment (ROI)*. La implementación por microzanjas es más rápida de implementar comparada con la técnica tradicional de zanjas, es aproximadamente tres veces más rápida de implementar y la red estaría operativa en menos tiempo, asimismo la migración de clientes con infraestructura arrendada a la nueva plataforma asegura reducción de costos desde el primer mes de la implementación.

7.1.3. Requisitos de la red de transporte.

Los requisitos de la red de transporte son:

- Cuatro nodos de acceso (*Point of Presence POP*).
- Anillo óptico redundante con una disponibilidad de servicio de 99.95% anual.
- Soporte para interfaces *Gigabit Ethernet* y *10 Gigabit Ethernet*.
- Escalabilidad del anillo: una microzanja de dos vías, una ocupada y otra libre para futura expansión.
- Escalabilidad de la velocidad de la red depende de los equipos terminales activos, no depende de la fibra óptica instalada.

7.1.4. Requisitos de la red de acceso.

Los requisitos de la red de acceso son:

- Ancho de banda garantizado por cliente mediante circuitos virtuales (*VLANs*).
- Enlaces con velocidades de 2Mbps a 50Mbps.
- Soporte para interfaces *Fast Ethernet* y *Gigabit Ethernet*.
- Interfases eléctricas u ópticas en la oficina del cliente.
- Velocidad de acceso de clientes es manejada por software.
- *Router* de acceso en la oficina del cliente (Red *LAM*).
- Red 100% *IP* por conmutación de paquetes.

7.1.5. Requisitos de gestión de red.

- Sistema de gestión y monitoreo integrado con los dispositivos de la red mediante protocolos *SNMP*.
- Monitoreo 24x7x365 de los enlaces de clientes.
- Alarmas por correo y *SMS* al área de gestión de red.
- Gráficas en tiempo real del ancho de banda de los enlaces troncales y enlaces de clientes.

7.2. Diseño de la red.

La topología de la red será en anillo, con aproximadamente 20 kilómetros de fibra óptica canalizada con cuatro nodos de acceso cubriendo los principales distritos comerciales de la ciudad de Lima.

El diseño de la red será por conmutación de paquetes, que es una técnica eficiente de utilizar el ancho de banda, cada dato es paquetizado con un identificador único, y transportado por la red a través de un enlace que no siempre es exclusivo, la red será 100% *IP* que es el protocolo de transmisión nativo de *Internet*.

Al utilizar la conmutación de paquetes, cada circuito es virtualizado y comparte conexión con otros circuitos, en nuestro caso utilizaremos una *VLAN* por cada cliente asegurando su ancho banda mediante un canal virtual desde su local u oficina hasta el nodo de acceso más cercano.

La red se integrará lógicamente con el *Backbone* actual del *ISP*, mediante el protocolo de enrutamiento dinámico *Open Shortest Path First (OSPF)*, todos los

routers del *Backbone* aprenden automáticamente las rutas de cada cliente una vez que se ingresan en los *routers* de acceso.

Consideraremos los siguientes sistemas de la red: conmutación, transporte, acceso y gestión de red.

En la figura 14 se puede apreciar el esquema general de la red.

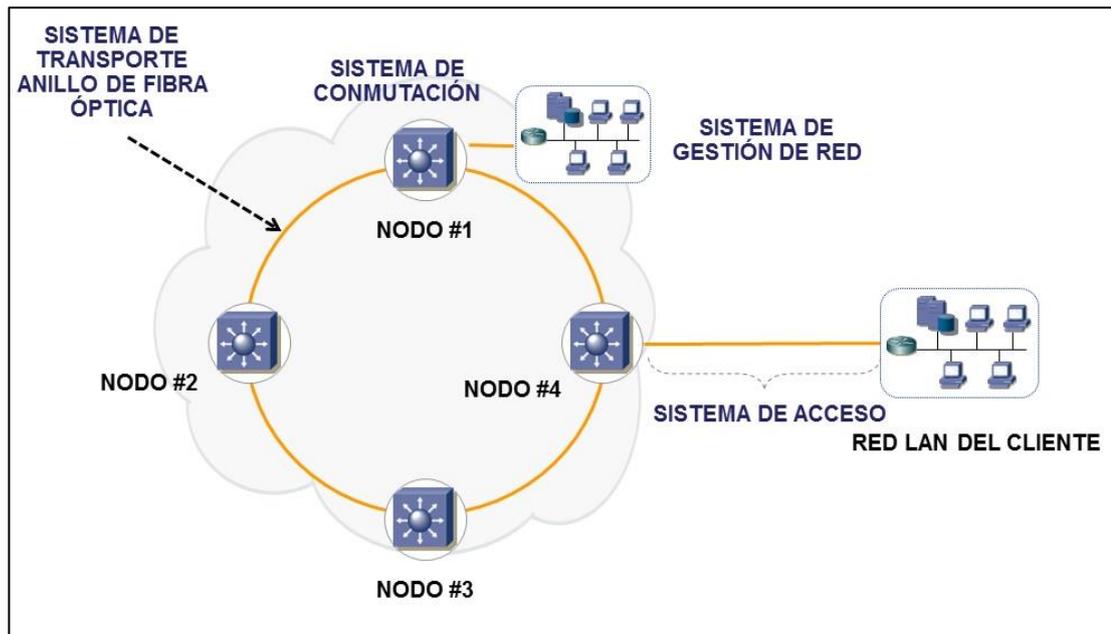


Figura 14. Esquema general de la red.
Fuente: Elaboración propia.

7.2.1 Sistema de conmutación.

El centro de conmutación principal se ubicará en el *datacenter* del *ISP*, estará basado en el *switch Cisco Catalyst 4500*, para cada nodo de acceso se utilizará el equipo *switch Cisco Catalyst 3560-X*, con las mismas características y especificaciones técnicas de conmutación que el *switch Cisco Catalyst 4500* pero con menor capacidad de concentración y menor cantidad de soporte de módulos e interfaces.

Switch Catalyst 4500.

El *switch Cisco Catalyst 4500* soporta una gran variedad de módulos (tarjetas) de diversas tecnologías, manejará interfaces *Fast Ethernet 100Mbps*, *Gigabit Ethernet* e interfaces *10 Gigabit Ethernet* con el módulo *Cisco Supervisor V-10GE 10GE (X2)* y diversos medios de transmisión, como *RJ-45* con cable *UTP-Categoría 7*,

interfaces *SFP* para fibra óptica (*1000BASE-SX*, *1000BASE-LX/LH*, *1000BASE-ZX*).



Figura 15. Switch Cisco 4500.

Fuente: <http://www.cisco.com/>

El *switch* estará equipado de la siguiente manera:

- 48 interfaces 10/100/1000 *Gigabit Ethernet*.
- 2 interfaces 10 Gigabit, 4 interfaces *Gigabit Ethernet*.
- Módulos *1000BASE-LX/LH GBIC (WS-G5486)* y *1000BASE-ZX GBIC (WS-G5487)*.
- Tarjeta Supervisor V-10GE 10GE (X2), *1000BaseX (SFP)*.
- Fuente de alimentación redundante.

La capacidad del *switch Catalyst 4500* equipado con la tarjeta *Supervisor V-10GE* es de 102 mpps y 136 Gbps en capacidad de conmutación total y de 6 Gbps en capacidad de conmutación por slot.

En la figura 16 se muestran los módulos e interfaces que soporta el *switch Catalyst 4500* para crecimiento futuro, este modelo de *switch* es completamente escalable.

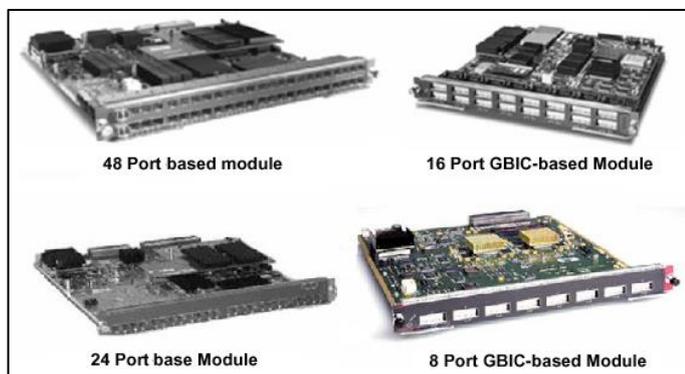


Figura 16. Módulos e interfaces que soporta el Switch Catalyst 4500.

Fuente: <http://www.cisco.com/>

Switch Catalyst 3560-X.

El *switch Cisco Catalyst 3560-X* soporte conexiones de fibra óptica con interfaces *Gigabit SFP*, es escalable con módulos adicionales de red y dispone de fuentes de alimentación redundantes, este se implementará en los nodos de acceso.

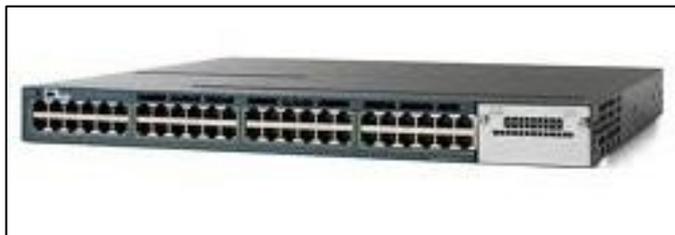


Figura 17. Switch Cisco 3560-X.

Fuente: <http://www.cisco.com/>

El *switch* estará equipado de la siguiente manera:

- 48 interfaces 10/100/1000 *Gigabit Ethernet*.
- 2 interfaces 10 *Gigabit SFP*.
- Fuente de alimentación redundante.

La capacidad del *switch Catalyst 3560-X* es de 101.2 mpps y 160 Gbps en capacidad de conmutación total.

7.2.2. Sistema de transporte.

Para el sistema de transporte se ha considerado implementar un anillo de fibra óptica mediante la técnica de microzanjas, se implementará fibra óptica del tipo monomodo uniendo los cuatro nodos de acceso, esta red de transporte será implementada en los equipos *Switch Cisco Catalyst 4500* y *3560-X* antes mencionados.

7.2.2.1. Topología de la red de transporte.

Se implementará un anillo de fibra óptica con un enlace de capacidad de 10 Gbps entre los nodos de acceso, el tendido aproximado del anillo de fibra óptica será de 11 kilómetros con la implementación de dos ductos de fibra óptica, uno con una fibra de 96 hilos y el otro reservado para futuro crecimiento.

La fibra óptica monomodo se conectará a los *switches Cisco Catalyst 3560-X* en los módulos 10 *Gigabit Ethernet* correspondientes.

En la figura 18 se muestra el esquema de la topología utilizada para la red de transporte:

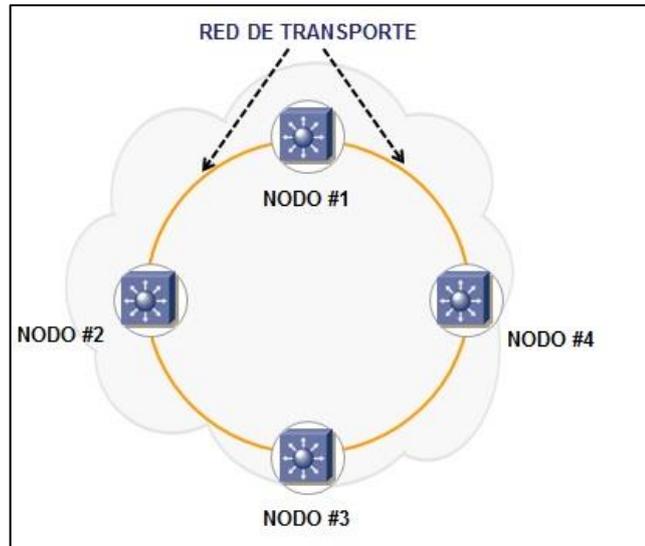


Figura 18. Topología de la red de transporte.
Fuente: Elaboración propia.

7.2.2.2. Características de la fibra óptica de la red de transporte.

Las características del tipo de fibra óptica monomodo estándar están de acuerdo a las recomendaciones ITU G.652D.

7.2.2.3. Técnica de canalización con microzanjas.

El diseño comprende la implementación de la fibra óptica basado en la técnica de canalización con microzanjas, se implementarán cumpliendo el Reglamento Nacional de Edificaciones y la Ordenanza N° 203 (Reglamento para la ejecución de obras en Área de Dominio Público).

La técnica de canalización con microzanjas tiene los siguientes beneficios:

- Cero contaminaciones visuales: El cable al ser enterrado no genera impacto visual.
- Flexibilidad de crecimiento: Fácil crecimiento de red, pudiendo instalar más fibra óptica cuando las necesidades lo requieran.
- Baja interrupción en el área de instalación: Uso mínimo de espacio público así como de tráfico.
- Instalación rápida: Comparada con el tiempo de las canalizaciones tradicionales.
- Confiabilidad: Las características constructivas de la microzanja le brindan una elevada protección mecánica.
- Bajo costo: Comparado con las técnicas tradicionales de zanjas.

De acuerdo a las especificaciones técnicas brindadas por la empresa especializada en instalaciones de fibra óptica por microzanjas, la técnica de canalización consiste en la instalación de cables y ductos de pequeñas dimensiones realizados en asfalto u hormigón cuyas dimensiones aproximadas son de 3-5 cm de ancho por 20 - 30 cm. de profundidad dependiendo de las necesidades y características del terreno.

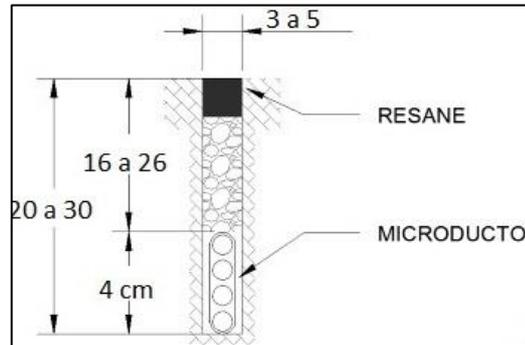


Figura 19. Corte transversal de la microzanja y microcable óptico.
Fuente: Proveedor de canalización con microzanjas.

Se procede a hacer el corte con una cortadora de disco a la profundidad de 20cm. según el tramo definido previamente.



Figura 20. Cortado de la microzanja.
Fuente: Proveedor de canalización con microzanjas.

Una vez hecha la microzanja se introduce dentro de ella el microducto, que contiene en su interior los microcables de fibra óptica, el microducto está fabricado de polietileno que protege al microcable del exterior.



Figura 21. Canalización de fibra óptica con microzanjas.
Fuente: Proveedor de canalización con microzanjas.



Figura 22. Microducto vista exterior.
Fuente: Proveedor de canalización con microzanjas.

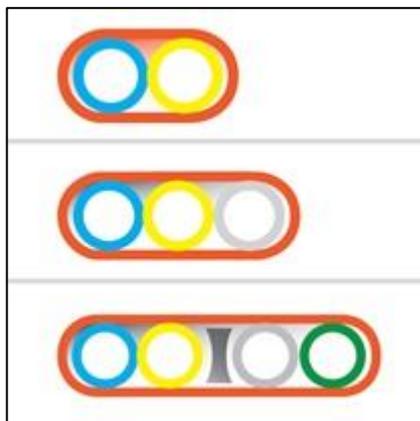


Figura 23. Microducto vista interior.
Fuente: Proveedor de canalización con microzanjas.

El microcable es un cable de fibra óptica que es lo suficientemente pequeño para que pueda ser soplado por un microducto, el cable de fibra óptica cumple con la norma ITU G.652D.



Figura 24. Vista exterior del corte después del resane.
Fuente: Proveedor de canalización con microzanjas.

Durante todo el recorrido se coloca señalización advirtiendo sobre la existencia de un microcable óptico a 20 cm. de profundidad. Luego de instalar el microducto en la microzanja se procede a realizar el resane de la pista.

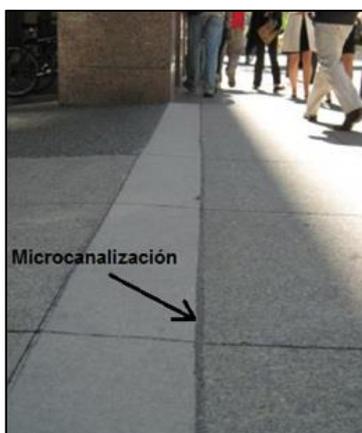


Figura 25. Acabado de la microcanalización.
Fuente: Proveedor de canalización con microzanjas.

7.2.3. Sistema de acceso.

Una vez implementada la canalización del anillo de fibra óptica, se procederá a realizar las derivaciones desde el anillo de fibra óptica a los clientes, también se realizará mediante la técnica de microzanjas.

Se considera que para el acceso o tramo de distribución se empleará microcanalización óptica de 4 vías con capacidad de 24 hilos por vía, la fibra óptica será del tipo monomodo que cumpla con la norma ITU G.652D.

La tecnología de acceso será Metro Ethernet que estará basada en el uso de equipos *Cisco Catalyst 3560-X* con capacidades de manejar servicios de calidad de servicio (*Quality of Service QoS*), *traffic shaping*, *802.1Q tunneling*, *VLAN mapping*. Los equipos activos de la red de acceso serán los convertidores (*Media Convert*)

que se instalarán en el nodo de acceso y en el local u oficina del cliente final, estos convertidores disponen de interfaces ópticas y *fast ethernet*.

A continuación se muestra el esquema de la red de acceso.

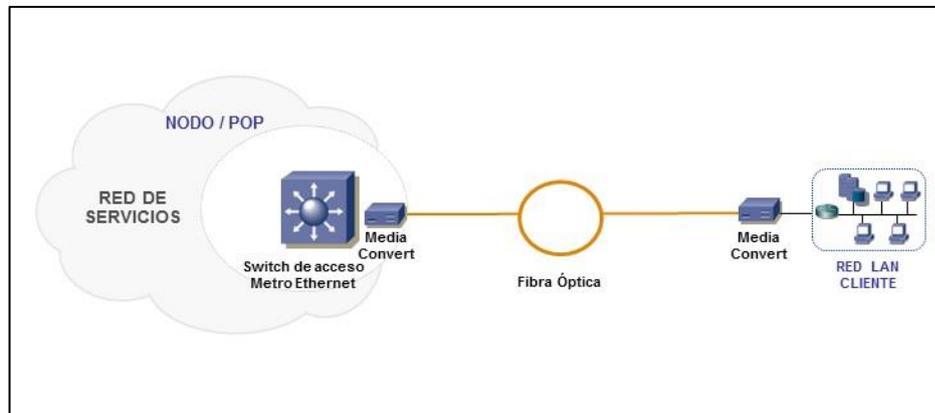


Figura 26. Esquema de la red de acceso.

Fuente: Elaboración propia.

En el nodo de acceso y en lado del cliente se utilizará convertidores *Fast Ethernet Bridge 100Base-FX a 10/100Base-TX* de par trenzado protegido (STP). La interface *RJ-45* del convertidor se conectará al *switch* de acceso y en el lado del cliente al *router* instalado en su red *LAN*.

Estos convertidores se conectan en par, se conectará uno en un extremo (nodo de acceso) y el segundo en el otro extremo (cliente).

La marca y modelo a utilizar de los convertidores (*media convert*) a implementar serán:

- *Fast Ethernet Bridge PLANET* modelo FT-802S15.
- *Fast Ethernet Bridge PLANET* modelo FT-806A20/806B20.



Figura 27. *Media Convert Planet* Serie FT.

Fuente: <http://www.planet.com.tw>

Los *Media Convert Planet* cumplen con las normas IEEE802.3, IEEE802.3u 10/100Base-TX, 100Base-FX estándar. Cuentan con una selección para operaciones half-duplex y full-duplex y una variedad de opciones para fibra.

Para velocidades mayores a 100Mbps, se pueden utilizar convertidores 10/100/1000Base-T y 1000Base-LX/SX, estos disponen de tres tipos de conectores SC, SFP y WDM, con capacidad de monomodo o multimodo, en nuestro caso, para toda la plataforma se utilizará monomodo.

La marca y modelo de convertidores (*media convert*) que soportan velocidades de 1 Gbps son:

- *Gigabit Ethernet Bridge PLANET* modelo GT-802S.
- *Gigabit Ethernet Bridge PLANET* modelo GT-806A15/806A60.



Figura 28. Media Convert Planet Serie GT.

Fuente: <http://www.planet.com.tw>

Estos *Media Convert* cumplen con la norma IEEE 802.3 10Base-T, IEEE 802.3u, 100Base-TX, IEEE 802.3ab 1000Base-T, IEEE 802.3z 1000Base-SX/LX. En el caso de que en el lado del cliente disponga de interfaces ópticas *GBIC* se hará uso de interfaces Cisco 1000BASE-LX/LH *GBIC* (WS-G5486), este módulo cumple con las recomendaciones IEEE 802.3z, permitiendo conectar la fibra óptica monomodo con una longitud de onda de 1300 nm, teniendo un alcance a una distancia máxima de 10 km.

Chasis de agregación de *Media Convert*.

Para la agregación de convertidores en los nodos de acceso se implementarán chasis de alta densidad para agrupar múltiples *media converts* en un solo dispositivo.

El agregador de convertidores que se implementará es:

- Marca Planet, modelo MC-1500R 15-Slot *Media Converter Chassis*.



Figura 29. Media Converter Chassis MC-1500R.
Fuente: <http://www.planet.com.tw>

7.2.4. Sistema de gestión de red.

Para realizar una eficiente gestión de la red, se implementarán los módulos al software libre *CACTI* que está en funcionamiento actualmente en el *ISP*, este software está basado en protocolos de monitoreo y supervisión como son *SNMP*, *ICMP* y *Netflow*. Se le agregarán módulos adicionales de gestión del sistema de conmutación, transporte y acceso propios de los equipos a implementar. Para el monitoreo de la red se agregarán los módulos al software libre *Nagios* que también está en funcionamiento en el *ISP*.

Los protocolos de monitoreo y supervisión *SNMP*, *ICMP*, *Netflow* y otros, permitirán monitorear la parte de transmisión de datos, monitoreando parámetros como latencia, pérdida de paquetes, estado de interfaces y tráfico de enlaces.

El software de gestión y monitoreo se instalará en dos (2) servidores de marca *Hewlett Packard HP* modelo *DL360G8*, y funcionará en el centro de gestión de red ubicado en la *datacenter* del *ISP*.

Host ▲▼	Status ▲▼	Last Check ▲▼	Duration ▲▼	Status Information
	UP	20-06-2012 19:20:35	3d 14h 21m 39s	PING OK - Packet loss = 0%, RTA = 4.02 ms
	UP	20-06-2012 19:16:43	0d 6h 22m 16s	PING OK - Packet loss = 0%, RTA = 16.20 ms
	UP	20-06-2012 19:20:35	2d 3h 36m 12s	PING OK - Packet loss = 0%, RTA = 10.22 ms
	UP	20-06-2012 19:18:06	0d 2h 23m 9s	PING OK - Packet loss = 0%, RTA = 103.86 ms
	UP	20-06-2012 19:20:44	0d 12h 31m 44s	PING OK - Packet loss = 0%, RTA = 72.60 ms
	UP	20-06-2012 19:18:06	0d 0h 49m 59s	PING OK - Packet loss = 0%, RTA = 70.26 ms

Figura 30. Sistema de monitoreo.
Fuente: Sistema interno del *ISP*.

Este sistema permitirá ver el tráfico cursado por cada cliente, un ejemplo se muestra a continuación:

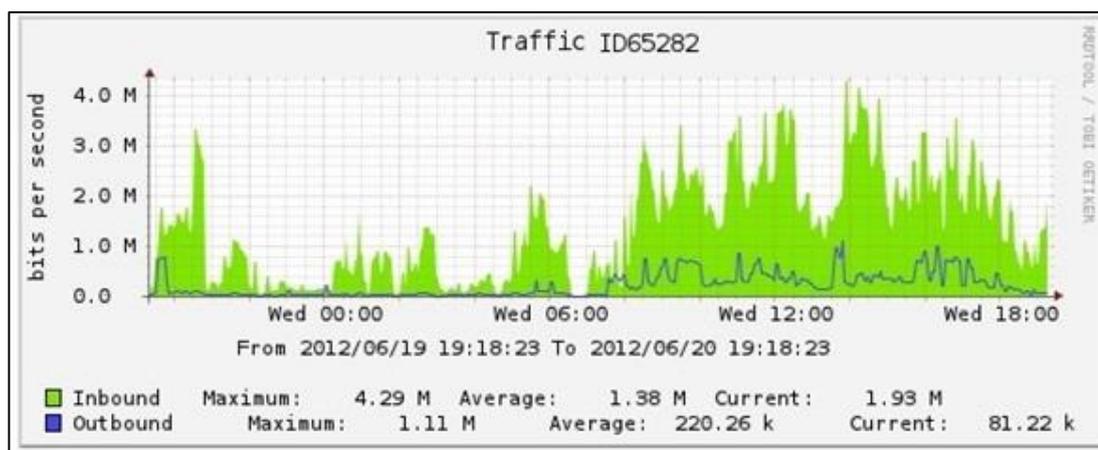


Figura 31. Tráfico cursado por cliente.
Fuente: Sistema interno del ISP.

7.3. Recorrido de la fibra óptica canalizada.

7.3.1. Recorrido de la red de transporte.

Para el recorrido de la red de transporte se tomará en cuenta las ubicaciones de los clientes actuales con enlaces dedicados arrendados a los portadores mayoristas. El anillo pasará por las zonas más cercanas a la zona de concentración de clientes actuales, para luego migrarlos de la infraestructura arrendada a la nueva infraestructura del ISP.

Se han ingresado las ubicaciones de los clientes al software *Google Earth*, en las imágenes los puntos verdes son los clientes actuales, se ha dividido la cobertura en dos zonas.

Zona 1: Distritos de Surquillo, San Isidro límite con Lince hacia la Avenida Javier Prado y Miraflores.

Zona 2: Distritos de Surquillo, San Isidro, Miraflores límite con Santiago de Surco.

En las siguientes imágenes se puede observar la concentración de clientes en las dos Zonas indicadas.

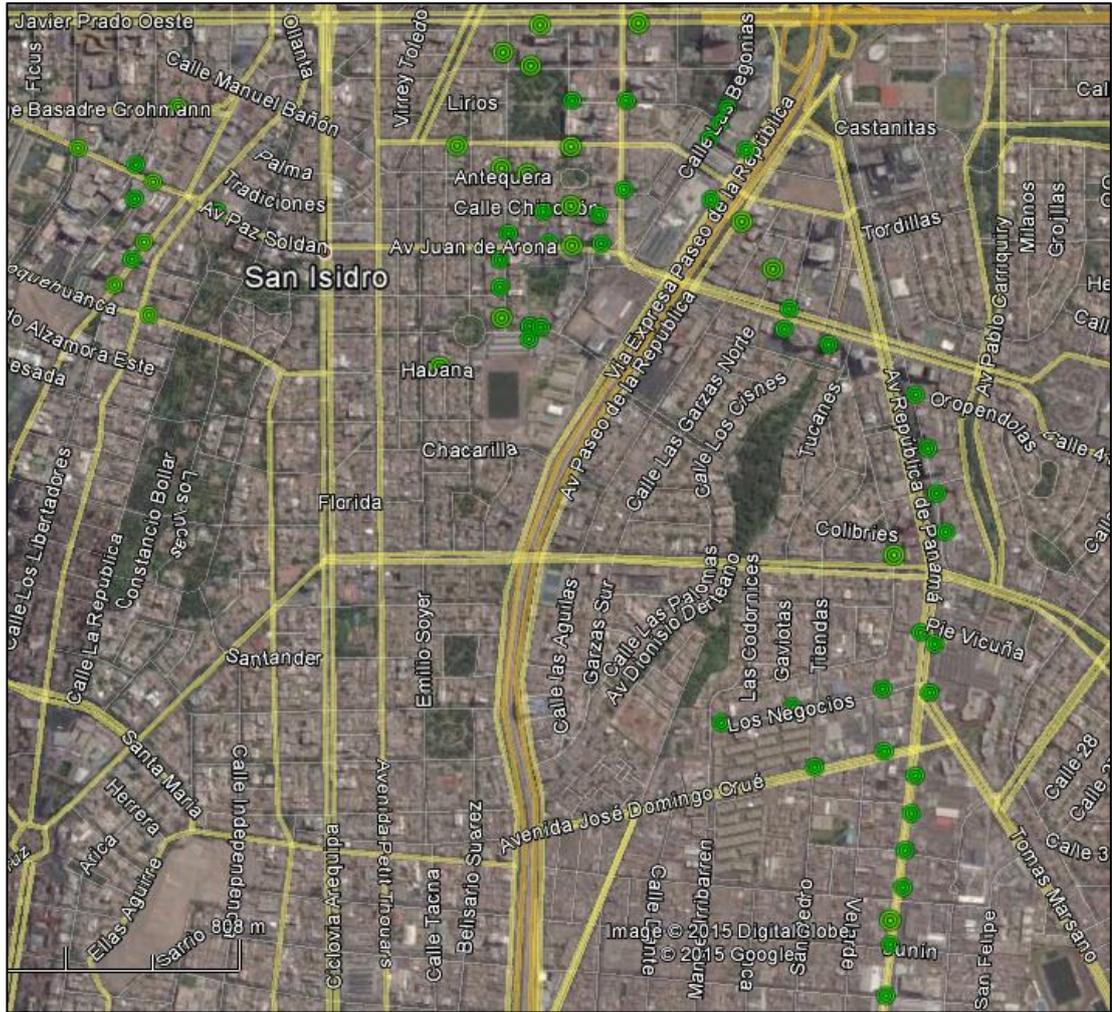


Figura 32. Zona 1 de concentración de clientes.
 Fuente: Elaboración propia con información de direcciones de clientes del ISP.

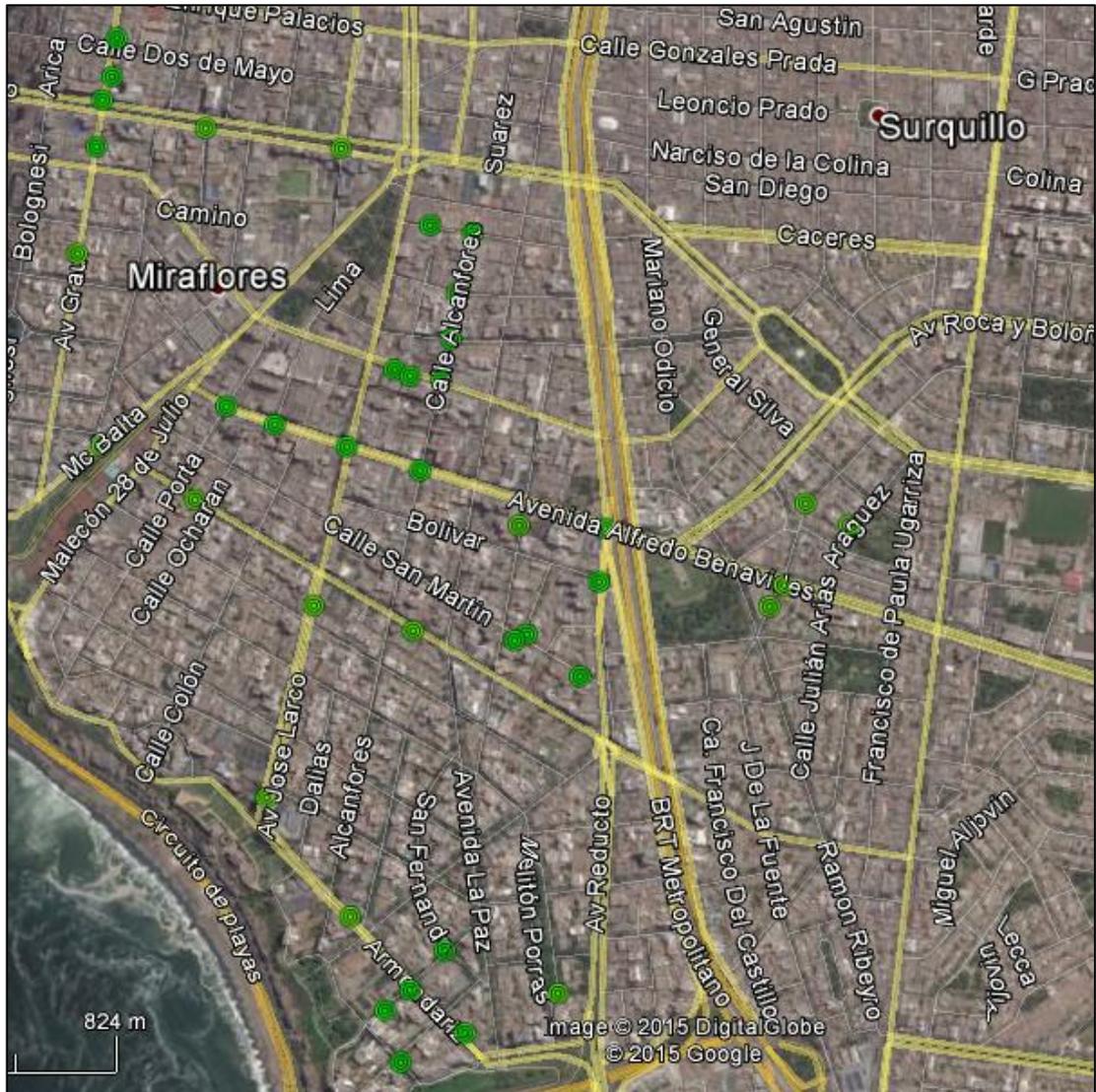


Figura 33. Zona 2 de concentración de clientes.
 Fuente: Elaboración propia con información de direcciones de clientes del ISP.

Luego de realizar el análisis de concentración de clientes actuales el recorrido aproximado del anillo de fibra óptica se muestra en la siguiente página.

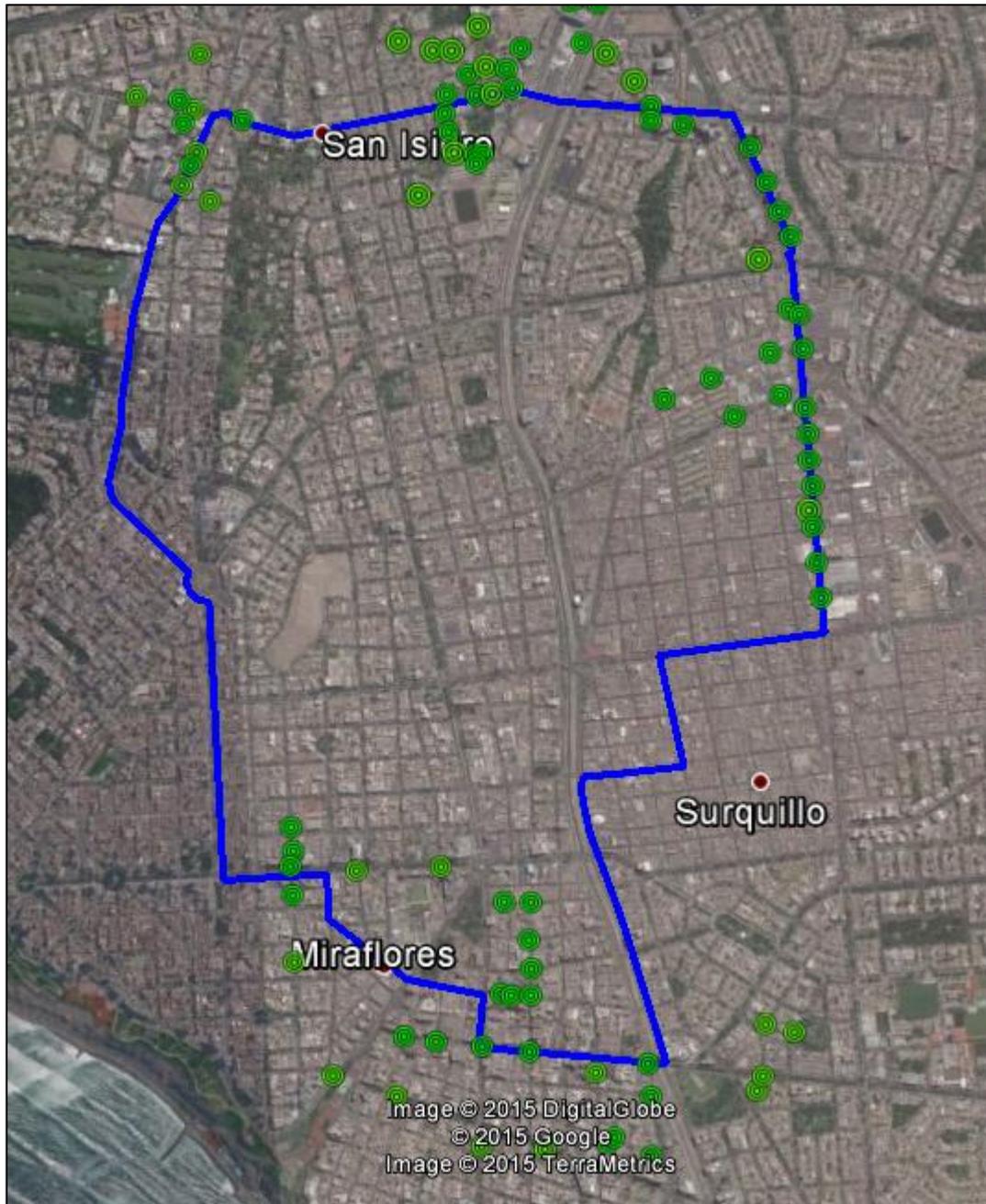


Figura 34. Recorrido aproximado del Anillo de fibra óptica.
Fuente: Elaboración propia.

7.3.2. Recorrido de la red de acceso.

Se realizarán las derivaciones desde el anillo de fibra óptica hacia las direcciones de los clientes.

Tomando como referencia las dos zonas de concentración de clientes se observa el recorrido de la red de acceso en color rojo.



Figura 35. Recorrido aproximado en la Zona 1 para la red de acceso.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 36. Recorrido aproximado en la Zona 2 para la red de acceso.
Fuente: Elaboración propia.

7.3.3. Recorrido total de la red de fibra óptica de transporte y de acceso.

Se realizará el tendido aproximado de 20 Kilómetros de fibra óptica canalizada, los cuales estarán distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 14. Kilómetros lineales aproximados de la fibra óptica canalizada.

Red	Fibra Óptica Canalizada (Kilómetros lineales aproximados)
Red de Transporte	11
Red de Acceso	9
Total	20

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se observa el recorrido de la red de fibra óptica de transporte y de acceso.



Figura 37. Recorrido aproximado total de la red de transporte y de acceso.
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se observa las ubicaciones aproximadas de los cuatro nodos de acceso y la red de fibra óptica de transporte.

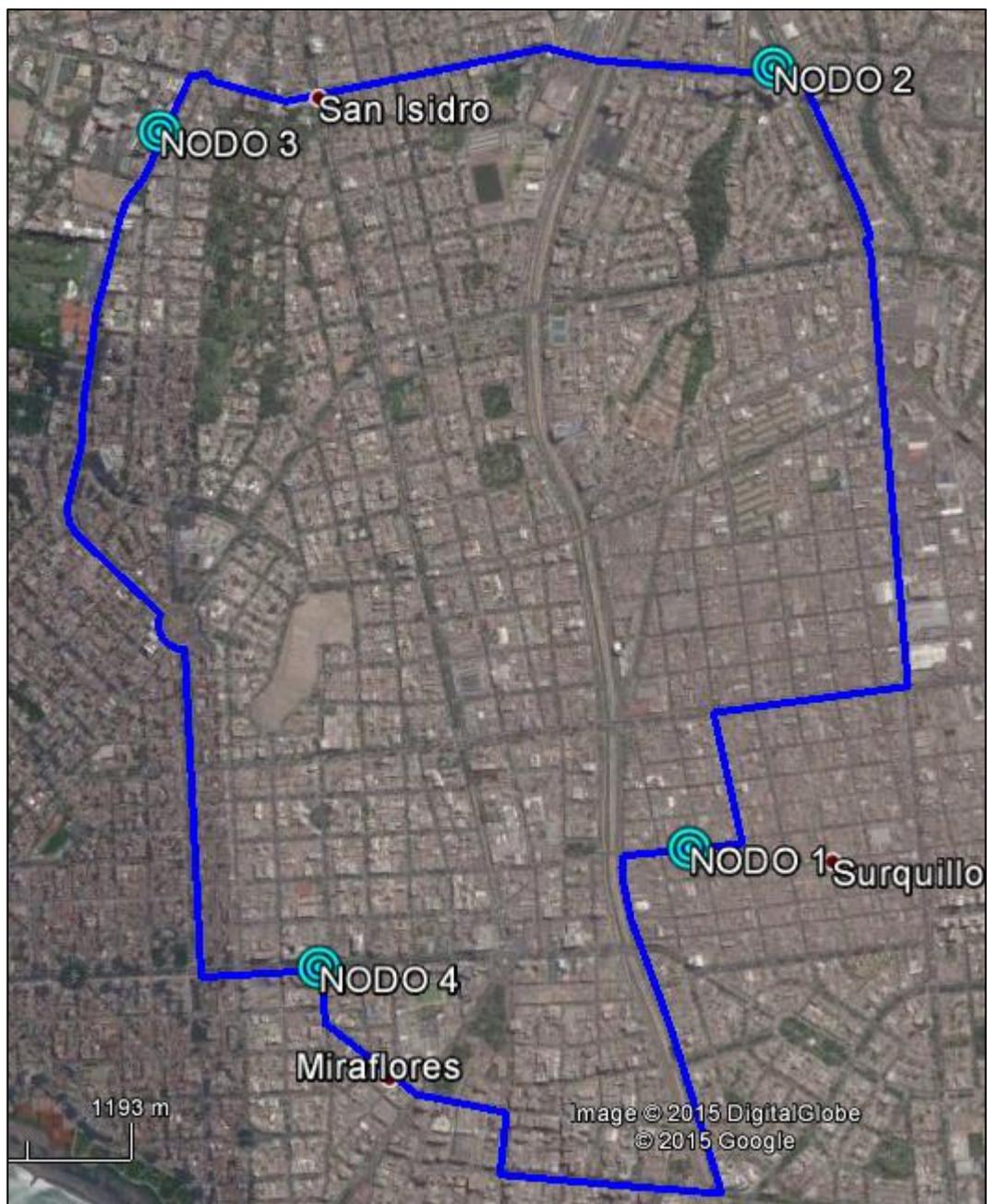


Figura 38. Ubicación aproximada de los cuatro nodos de acceso.
Fuente: Elaboración propia.

7.3.4. Cantidad de clientes a instalar.

Del grupo de clientes que tienen el servicio de acceso a *Internet*, se migrarán 110 clientes de infraestructura arrendada a la nueva Red, por lo que la cantidad total de clientes a instalar será:

Tabla 15. Cantidad de clientes a instalar.

Tipo de cliente	Cantidad de clientes
Cliente actual con infraestructura arrendada a migrar	110

Fuente: Elaboración propia.

7.3.5. Capacidad inicial de la red.

7.3.5.1. Capacidad de la red de transporte.

La capacidad de la red de transporte estará soportada en el anillo de fibra óptica monomodo instalado, se conectarán los cuatro nodos de conexión en interfaces de 10Gb para transporte de datos de los clientes, además se implementará un segundo anillo para la red de monitoreo a 10Gb que también servirá como redundancia.

Los switch de *Cisco Catalyst 3560-X* dispondrán de una tarjeta de 10Gb con dos interfaces de la misma velocidad, estos se configurarán en modo activo pasivo.

Se implementará un ducto de dos vías por donde pasará un microducto con 96 hilos de fibra óptica y un ducto vacío para futuro crecimiento. La capacidad instalada el primer año será del 11% del total, considerando la capacidad de 10Gb y 110 enlaces de 10Mb de ancho de banda en promedio cada uno.

Capacidad inicial en Gb = 10Gb

Capacidad utilizada en Gb = 1.1Gb (11%)

7.3.5.2. Capacidad de la red de acceso.

En cada nodo de acceso se implementarán dos *Media Converter Chassis* con capacidad para treinta clientes, se instalarán cuatro nodos por lo que la capacidad inicial de la red de acceso será de ciento veinte clientes. Se implementará un ducto de cuatro vías, con 24 hilos de fibra óptica por ducto, estas servirán para implementar las derivaciones de fibra óptica al cliente final. La capacidad instalada el primer año será del 92% del total, considerando 4 nodos de acceso con capacidad total de 120 clientes, teniendo 110 clientes al finalizar el primer año.

CONCLUSIONES

- Al implementar la red propia de fibra óptica metropolitana para el *ISP* se lograrán reducir los costos de última milla e incrementar los márgenes de utilidad del servicio de acceso Internet, recuperando la inversión en un corto plazo.
- Se obtendrán beneficios adicionales al disminuir la tasa de cancelación de clientes (*Churn*), incrementar la satisfacción del cliente y disminuir el número de quejas y reclamos.
- De acuerdo al análisis de los tipos de fibra óptica hemos logrado determinar que implementar la fibra óptica del tipo monomodo, que cumpla con la recomendación ITU G.652.D, es la mejor opción.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda para empresas de servicios de acceso *Internet ISP* la implementación de redes de fibra óptica del tipo monomodo y no alquilar infraestructura de terceros para poder ser competitivos en el sector.
- Recomendamos la implementación de redes metropolitanas con topología en anillo, fibra óptica monomodo y la implementación de la canalización con la tecnología de microzanjas debido a su bajo costo y rápida implementación.
- Se recomienda realizar el análisis de factibilidad y financiero agregando todas las variables que puedan afectar el análisis para poder lograr un análisis acertado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CCNA EXPLORATION COURSE BOOKLET. (2009). *Network Fundamentals, Version 4.0*. Cisco Press. USA.

CERF V., KHAN R. (1974). *A Protocol for Packet Network Intercommunication*. IEEE Trans on Comms, Vol Com-22, No 5. USA.

ESPAÑA BOQUERA, MARÍA. (2005). *Comunicaciones Ópticas*. Ediciones Díaz de Santos. España.

ITU-T TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU. (2009). *SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS Transmission media and optical systems characteristics – Optical fibre cables Characteristics of a single-mode optical fibre and cable*. ITU-T G.652. Suiza.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. (2015). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) Fifth Edition*. USA.

TANENBAUM, ANDREW S. (2003). *Redes de computadoras.(Cuarta Edición)*. Pearson Educación. México.

TOMASI, WAYNE. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Pearson educación. México.

VACCA, JHON R. (2007). *Optical networking best practices handbook*. Wiley Interscience Publication. USA.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

Foro Mundial de Política de las Telecomunicaciones/TIC realizado en Ginebra, Suiza, (2013). Recuperado el 29/01/2015, de <http://www.itu.int/en/wtpf-13/Documents/backgroundunder-wtpf-13-broadband-es.pdf>

Gartner Identifies the Top 10 Strategic Technology Trends for 2015. (2015). Recuperado el 28/01/2015, de <http://www.gartner.com/newsroom/id/2867917>

La Asociación de fibra óptica. (The Fiber Optic Association, Inc. FOA). (2015). Recuperado el 16/02/2015, de http://www.thefoa.org/ESP/Fibra_optica.htm

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Gobierno del Perú. Plan Nacional para el Desarrollo de la banda ancha en el Perú. (2015). Recuperado el 28/01/2015, de http://www.mtc.gob.pe/portal/proyecto_banda_ancha/Plan%20Banda%20Ancha%20vf.pdf

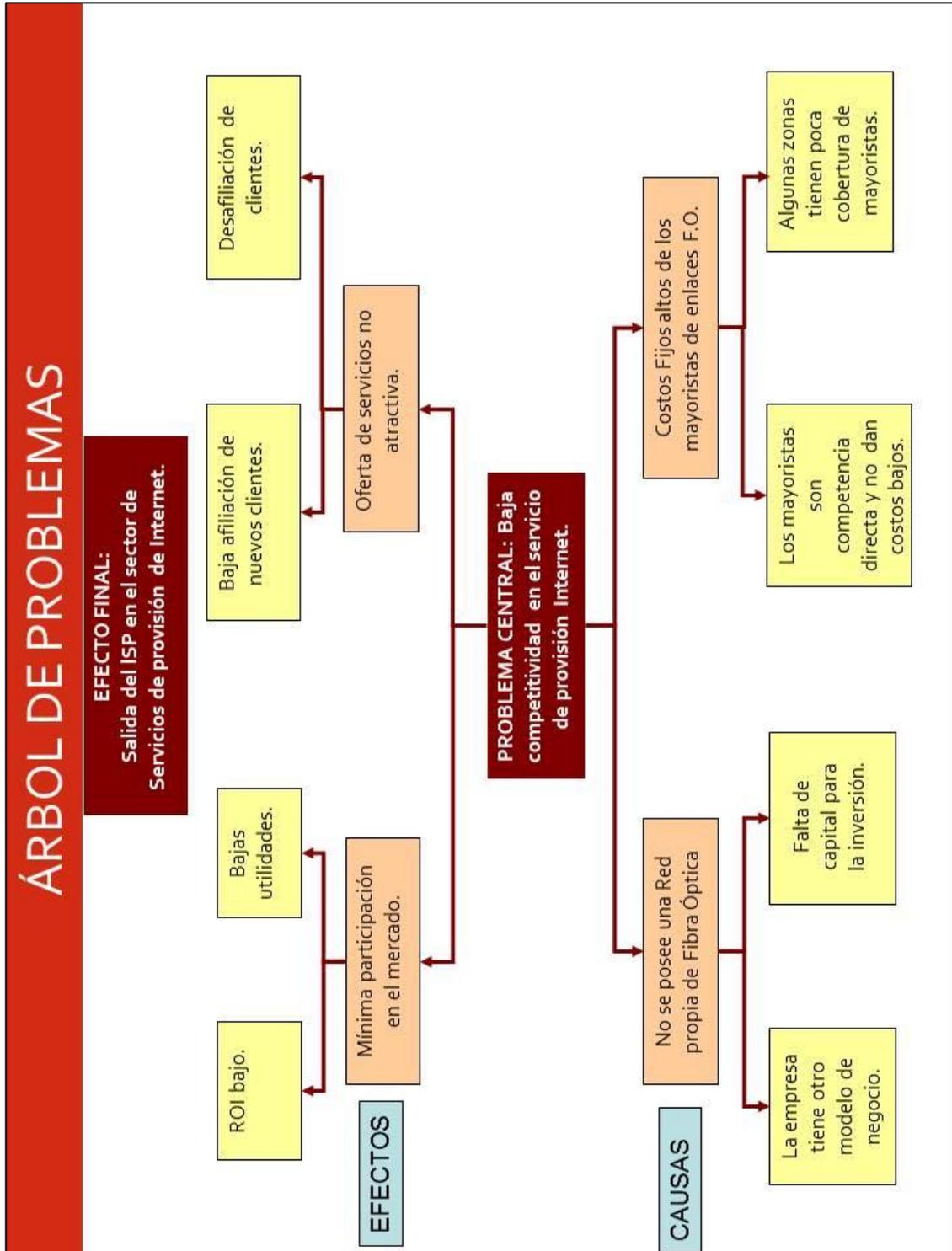
Proinversión. Cronograma de la Cartera de Proyectos. (2015). (Recuperado el 28/01/2015, de <http://www.proyectosapp.pe/modulos/JER/PlantillaStandard.aspx?are=0&prf=2&jer=5711&sec=22>

Proinversión. Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica: Cobertura Universal Norte, Cobertura Universal Sur y Cobertura Universal Centro. (2015). Recuperado el 28/01/2015, de <http://www.proyectosapp.pe/modulos/JER/PlantillaProyecto.aspx?ARE=0&PFL=2&JER=5682>

Telnet RI. Fibra óptica para NGN. (2015). Recuperado el 16/02/2015 de http://www.telnet-ri.es/fileadmin/user_upload/preventa/presentaciones/whitepaper%20-Fibra%20optica%20para%20NGN-dispersion%20cromatica%20y%20PMD-Telnet-RI%20-%20ES.pdf

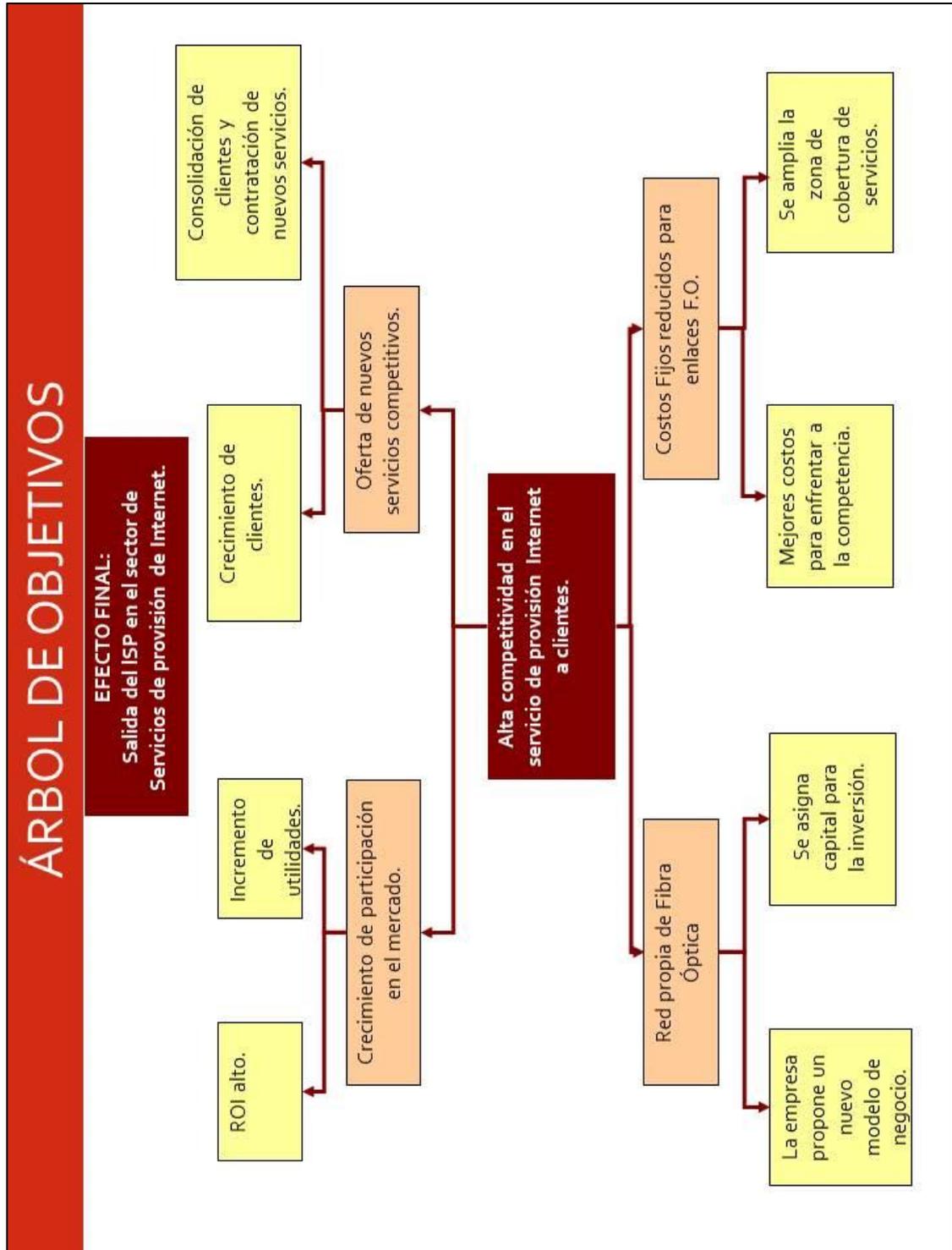
ANEXOS

Anexo 1. Árbol de Problemas.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Árbol de Objetivos.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Relación de equipos a implementar.

RELACION DE EQUIPOS						
Item	Marca	Modelo	Función	Sistema	Cantidad	
1	Cisco	Catalyst 4500	Switch Principal	Transporte	1	
2	Cisco	Catalyst WS-C3560X-48T-E	Switch Nodo 1,2,3,4	Transporte	4	
3	Cisco	Power Supply C3KX-PWR-350WAC=	Fuente redundante	Transporte	1	
4	Cisco	Four GbE port network module C3KX-NM-10G=	Módulo Fibra Óptica 3560	Transporte	4	
5	Cisco	Cisco SFP-10G-LR-X	Módulo Fibra Óptica 3560 10G	Transporte	8	
6	Cisco	Power Supply C3KX-PWR-350WAC=	Fuente redundante 3560	Transporte	4	
7	HP	DL 360 G8	Servidor de Gestión	Gestion	1	
8	HP	DL 360 G8	Servidor de Monitoreo	Monitoreo	1	
9	PLANET	MC-1500R	Media Converter Chassis	Acceso	8	
10	PLANET	MC-15RPS130	Fuente redundante	Acceso	16	
11	TOTEN	Gabinete 42 UR	Gabinete para equipos	Acceso	4	
12	Energy Power	Tablero Eléctrico	Tablero Eléctrico y Materiales (Llaves eléctricas)	Acceso	4	
13	EAST UPS	UPS	UPS de 6 KVA con autonomía de banco de batería de una hora	Acceso	4	
14	EAST UPS	Baterías para UPS	Banco de Batería de 03 horas de autonomía	Acceso	4	
15	LG	Aire Acondicionado	Aire Acondicionado de 12000BTU	Acceso	4	
16	Cisco	CISCO881-SEC-K9	Router Cliente	Acceso	100	
17	PLANET	FT-802S15	Media Convert FastEthernet	Acceso	100	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4: Acta de Constitución del Proyecto

Proyecto:	Diseño de la red de fibra óptica metropolitana
Código:	YCHY-007
Fecha:	02-06-2014

Racionalidad y Propósito del Proyecto:

Con el Proyecto se pretende Diseñar una Red de Fibra Óptica Metropolitana canalizada utilizando tecnología de última generación para dejar de utilizar a terceros portadores locales de última milla, reduciendo los costos, mejorar la participación en el mercado e incrementar los márgenes en el servicio de acceso a Internet. La inversión del Proyecto es de US\$ 855,125

Objetivos del Proyecto:

Diseñar la red de fibra óptica metropolitana de la empresa.

Objetivos Específicos:

- Reducir los costos de última milla del servicio de acceso Internet
- Incrementar los márgenes de utilidad del servicio de acceso Internet
- Disminuir la tasa de cancelación (Churn) de clientes
- Incrementar la satisfacción del cliente
- Disminuir el número de quejas y reclamos de clientes

Estrategia del Proyecto:

El proyecto se implantará mediante la contratación de una empresa especializada en instalaciones de fibra óptica canalizada mediante un sistema llave en mano, cumpliendo el cronograma, presupuesto y las normas establecidas en calidad, se utilizarán recursos humanos de la empresa para la gestión y monitoreo del Proyecto.

- **Alcance**
 - Diseño de una red metropolitana de fibra óptica con topología en anillo, con cuatro nodos de acceso y un nodo de conmutación principal.
 - Análisis financiero para determinar el nivel de rentabilidad y el tiempo de retorno de la inversión.
- **Límites del alcance**
 - La cobertura de la red será solo para algunos distritos de Lima Metropolitana.
 - El proyecto está limitado al monto de inversión asignado.
- **Cronograma resumido de hitos**
 - Inicio del mes 1: Comienzo del proyecto.
 - Fin del mes 2: Documento del Proyecto realizado.
 - Fin del mes 3: Proveedor seleccionado.
 - Fin del mes 3: Compra de equipos.

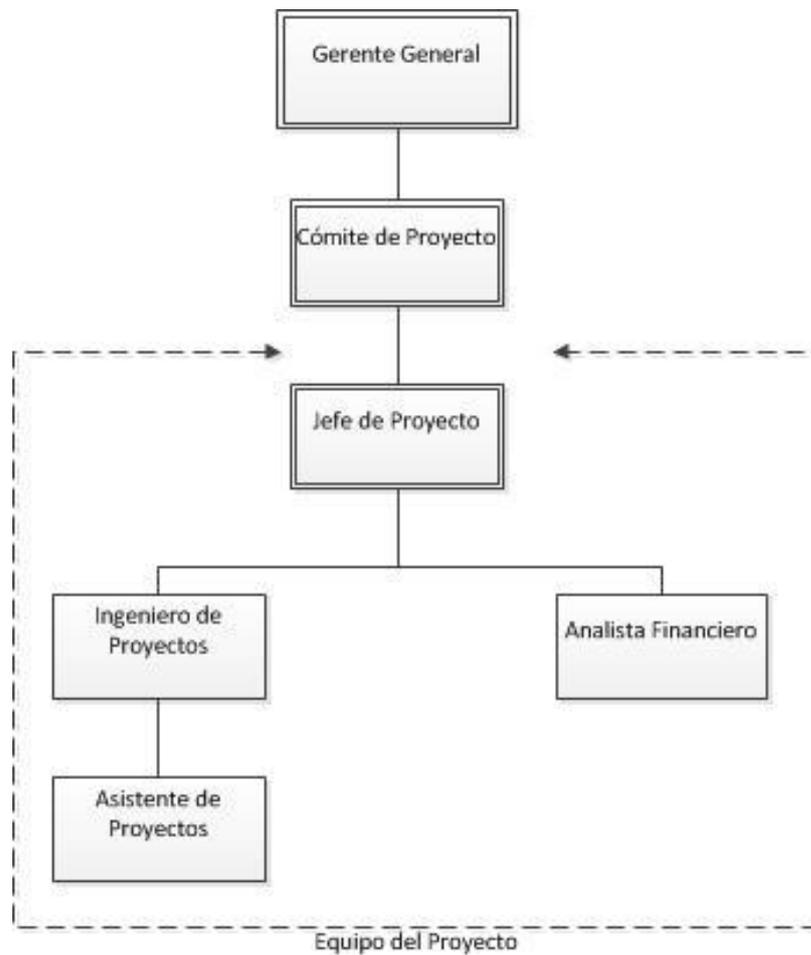
- Fin del mes 7: Sistema de Gestión y Monitoreo implementado.
- Fin del mes 8: Documentación y Manuales entregados.
- Fin del mes 9: Tramos de fibra óptica canalizada implementados.
- Fin del mes 10: Tramos de fibra óptica canalizada probados y certificados.
- Fin del mes 10: Operadores capacitados en la Red.
- Fin del mes 10: Tramos de fibra óptica activados.
- Fin del mes 12: Clientes migrados a la Red.
- Fin del mes 12: Cierre del proyecto.
- **Presupuesto resumido**
 - Proyecto terceros y equipos USD\$ 800.000
 - Recursos Humanos USD\$ 37.125
 - Otros gastos del proyecto USD\$ 18.000
 - **Total USD\$ 855.125**
- **Riesgos de alto nivel**
 - Retraso por parte de las Municipalidades en otorgar los permisos correspondientes para la instalación de la canalización de la fibra óptica.
 - Incumplimiento en fechas de entrega de los tramos de la canalización de la fibra óptica por parte del contratista.
 - Retraso de entrega de los equipos por parte de los proveedores.
 - Renuncia de algún integrante del equipo de proyecto.
- **Supuestos**
 - La alta dirección apoyará el proyecto.
 - La canalización de la fibra óptica se realizará mediante la técnica de microzanjas debido a su bajo costo y rápida implementación.
 - La canalización de la fibra óptica dispondrá de dos vías con capacidad de 96 hilos por vía para la red de transporte y 4 vías con capacidad de 24 hilos por vía para la red de acceso.
 - La fibra óptica será del tipo monomodo G.652.D con chaqueta antiroedor para exteriores.
 - La tecnología de acceso será Metro Ethernet que estará basada en el uso de equipos Cisco Catalyst 3560-X.
 - Se migrarán 110 clientes de infraestructura arrendada a la nueva Red.

Estructura de gobernabilidad:

La supervisión del proyecto está compuesta por el Comité del Proyecto y el Gerente General de la empresa, el Jefe de Proyecto reporta al Comité del Proyecto, el equipo del Proyecto reporta al Jefe del Proyecto.

Gerencia del Proyecto:

Organigrama del proyecto.



Control de Cambios:

Las solicitudes de cambio deberán ser presentadas al Jefe del Proyecto, el cual evaluará el impacto técnico, de costos y de tiempo. El Jefe del Proyecto entregará las solicitudes de cambio y el análisis correspondiente al Comité de Proyecto para su aprobación o denegación, si se aprueba la solicitud el Jefe de Proyecto procederá a realizar los cambios.

Aprobado por:

Gerente General.
Presidente del Comité del Proyecto (Gerente Comercial).

Anexo 5: Matriz de Gestión de Stakeholders

Matriz de Gestión de Stakeholders				
Proyecto:	Diseño de la red de fibra óptica metropolitana			
Código:	YCHY-007			
Item	Posición	Interés en el Proyecto	Evaluación del Impacto	Estrategia
1	Gerente General	Recibir un producto de alta calidad en los tiempos y presupuestos establecidos	Muy Alto	Informar del avance del Proyecto, solicitar apoyo en caso de que sea necesario
2	Comité de Proyecto	Recibir un producto de alta calidad en los tiempos y presupuestos establecidos	Muy Alto	Informar del avance del Proyecto y los problemas encontrados
3	Gerente de Finanzas	Obtener los resultados financieros del Proyecto establecidos para cumplir los objetivos estratégicos	Alto	Informar de las valorizaciones de avance del Proyecto
4	Gerente Comercial	Recibir un producto de alta calidad en los tiempos establecidos para brindar servicios con mayores márgenes	Alto	Informar del avance del Proyecto
5	Jefe de Proyecto	Dirigir y coordinar el Proyecto desde su inicio hasta su fin	Alto	Gestionar los recursos para llevar a cabo el fin exitoso del Proyecto
6	Ingeniero de Proyectos	Participar en el Diseño de la Red	Bajo	Informar la ejecución del Proyecto y sus avances
7	Asistente de Proyectos	Participar en la parte operativa de documentación del Proyecto	Bajo	Informar la ejecución del Proyecto y sus avances
8	Analista Financiero	Realizar el análisis financiero y evaluaciones financieras del Proyecto	Medio	Informar el avance del Proyecto y valorizaciones del Contratista
9	Contratista de Fibra Óptica	Implementar la Red de Fibra Óptica en los tiempos establecidos	Alto	Coordinar con el Contratista el avance del Proyecto
10	Proveedor de Equipos	Proveer los equipos en los tiempos establecidos	Alto	Monitorear con el Proveedor la entrega de equipos

Anexo 6: Matriz de Adquisiciones

Matriz de Adquisiciones

Proyecto:	Diseño de la red de fibra óptica metropolitana
Código:	YCHY-007

Código	Item	Tipo de Adquisición	Modalidad de Adquisición	Fechas Estimadas		Presupuesto Estimado
				Inicio	Fin	
1	Diseño de la Red de Fibra Óptica					
1.1	Servicio	Proveedor de instalación de Fibra Óptica	Comparación de precios	Mes 3	Mes 3	\$ 700,000
1.2	Producto	Compra de Equipos	Comparación de precios	Mes 3	Mes 3	\$ 100,000
Total						\$ 800,000

Anexo 7: Matriz de Comunicaciones

Matriz de Comunicaciones

Proyecto:	Diseño de la red de fibra óptica metropolitana
Código:	YCHY-007

Objetivo		Usuario		Responsabilidad	Tiempo
¿Qué comunicamos	¿Por qué?	Destinatario	Método de Comunicación	Preparación	Fecha
Presentación del Proyecto	Presentar el Proyecto a la alta Dirección para su aprobación	Cómite de Proyecto, Gerencia General	Reunión de Presentación del Proyecto	Jefe de Proyecto	Al inicio del Proyecto
Presupuesto del Proyecto	Presentar el Presupuesto del Proyecto para la asignación de las partidas	Gerente de Finanzas	Reunión de Presentación del Presupuesto	Jefe de Proyecto	Al inicio del Proyecto
Control de Cambios	Para informar los cambios del Proyecto	Equipo de Proyecto y Proveedor	Informe y reuniones semanales	Jefe de Proyecto	Semanalmente
Reportes de Avance de Proyecto	Para informar los avances de Proyecto	Cómite de Proyecto, Gerencia General	Informe y reuniones quincenales	Jefe de Proyecto	Quincenalmente
Cierre del Proyecto	Para informar el cierre de Proyecto	Cómite de Proyecto, Gerencia General	Informe y reunión	Jefe de Proyecto	Al fin del Proyecto

Anexo 8: Matriz de Responsabilidades

Matriz de Responsabilidades					
Proyecto: Diseño de la red de fibra óptica metropolitana					
Código: YCHY-007					
Item	Producto o Entregable	Responsabilidad			
		Responsable	Aprueba	Consultado	Informado
1	Gestión del Proyecto				
1.1	Conformación del Equipo	Jefe de Proyecto	Comité de Proyecto		Gerente General
1.2	Análisis de Tecnologías de Transmisión	Ingeniero de Proyectos	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
1.3	Análisis Financiero	Analista Financiero	Jefe de Proyecto		Gerente de Finanzas
1.4	Análisis de Riesgos	Jefe de Proyecto	Comité de Proyecto		
1.5	Elaboración del Proyecto	Jefe de Proyecto	Comité de Proyecto		Gerente General
1.6	Gestión del Proyecto	Jefe de Proyecto	Comité de Proyecto		Gerente General
2	Diseño de la Red de Fibra Óptica				
2.1	Análisis y Diseño de la Red de Fibra Óptica	Ingeniero de Proyectos	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
2.2	Evaluación de Proveedores	Comité de Proyecto	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
2.3	Selección del Proveedor	Comité de Proyecto	Comité de Proyecto	Jefe de Proyecto	Gerente General
2.4	Compra de Equipos	Logística	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
3	Implementación de la Red de Fibra Óptica				
3.1	Implementación del Tramo 1	Contratista	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
3.2	Implementación del Tramo 2	Contratista	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
3.3	Implementación del Tramo 3	Contratista	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
3.4	Implementación del Tramo 4	Contratista	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
3.5	Aceptación de Tramos	Jefe de Proyecto	Comité de Proyecto		Gerente General
4	Plan de Pruebas				
4.1	Pruebas unitarias Tramo 1	Contratista	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
4.2	Pruebas unitarias Tramo 2	Contratista	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
4.3	Pruebas unitarias Tramo 3	Contratista	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
4.4	Pruebas unitarias Tramo 4	Contratista	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
4.5	Pruebas integrales	Contratista	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
4.6	Aceptación de Pruebas	Jefe de Proyecto	Comité de Proyecto		Gerente General
5	Sistemas de Gestión y Monitoreo				
5.1	Plan de Gestión y Monitoreo	Jefe de Proyecto	Comité de Proyecto		
5.2	Desarrollo del Sistema de Gestión y Monitoreo	Equipo Técnico	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
5.3	Implementación del Sistema de Gestión y Monitoreo	Equipo Técnico	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
6	Documentación y Capacitación				
6.1	Documentación y Manuales	Contratista	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
6.2	Revisión de Documentación y Manuales	Asistente de Proyecto	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
6.3	Capacitación en operación de la Red	Contratista	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
6.4	Certificaciones de Fibra Óptica	Contratista	Comité de Proyecto	Jefe de Proyecto	Gerente General
7	Puesta en servicio				
7.1	Activación de circuitos Tramo 1	Contratista	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
7.2	Activación de circuitos Tramo 2	Contratista	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
7.3	Activación de circuitos Tramo 3	Contratista	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
7.4	Activación de circuitos Tramo 4	Contratista	Jefe de Proyecto		Comité de Proyecto
7.5	Migración de clientes a la Red	Área Comercial	Comité de Proyecto	Jefe de Proyecto	Gerente General
7.6	Análisis de Valorizaciones del avance	Analista Financiero	Jefe de Proyecto	Gerente de Finanzas	Comité de Proyecto
7.7	Cierre del Proyecto	Jefe de Proyecto	Comité de Proyecto		Gerente General

CRONOGRAMA

ACTIVIDADES / COMPONENTES		META	UNIDAD DE MEDIDA	RESPONSABLE	MES											
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Gestión del Proyecto															
1.1	Conformación del Equipo	1	Documento	Jefe de Proyecto												
1.2	Análisis de Tecnologías de Transmisión	1	Documento	Ingeniero de Proyectos												
1.3	Análisis Financiero	1	Documento	Analista Financiero												
1.4	Análisis de Riesgos	1	Documento	Jefe de Proyecto												
1.5	Elaboración del Proyecto	1	Documento	Jefe de Proyecto												
1.6	Gestión del Proyecto	1	Documento	Jefe de Proyecto, Ingeniero de Proyectos												
2	Diseño de la Red de Fibra Óptica															
2.1	Análisis y Diseño de la Red de Fibra Óptica	1	Documento	Ingeniero de Proyectos, Asistente de Proyectos												
2.2	Evaluación de Proveedores	1	Documento	Comité de Selección												
2.3	Selección del Proveedor	1	Contrato	Comité de Selección												
2.4	Compra de Equipos	1	Contrato	Logística												
3	Implementación de la Red de Fibra Óptica															
3.1	Implementación del Tramo 1	1	Sistema	Contratista												
3.2	Implementación del Tramo 2	1	Sistema	Contratista												
3.3	Implementación del Tramo 3	1	Sistema	Contratista												
3.4	Implementación del Tramo 4	1	Sistema	Contratista												
3.5	Aceptación de Tramos	1	Sistema	Jefe de Proyecto												
4	Plan de Pruebas															
4.1	Pruebas unitarias Tramo 1	1	Documento	Contratista												
4.2	Pruebas unitarias Tramo 2	1	Documento	Contratista												
4.3	Pruebas unitarias Tramo 3	1	Documento	Contratista												
4.4	Pruebas unitarias Tramo 4	1	Documento	Contratista												
4.5	Pruebas integrales	1	Documento	Contratista												
4.6	Aceptación de Pruebas	1	Documento	Jefe de Proyecto												
5	Sistemas de Gestión y Monitoreo															
5.1	Plan de Gestión y Monitoreo	1	Documento	Jefe de Proyecto												
5.2	Desarrollo del Sistema de Gestión y Monitoreo	1	Sistema	Equipo Técnico												
5.3	Implementación del Sistema de Gestión y Monitoreo	1	Sistema	Equipo Técnico												
6	Documentación y Capacitación															
6.1	Documentación y Manuales	1	Documento	Contratista												
6.2	Revisión de Documentación y Manuales	1	Documento	Asistente de Proyectos												
6.3	Capacitación en operación de la Red	1	Documento	Contratista												
6.4	Certificaciones de Fibra Óptica	1	Certificado	Contratista												
7	Puesta en servicio															
7.1	Activación de circuitos Tramo 1	1	Sistema	Contratista												
7.2	Activación de circuitos Tramo 2	1	Sistema	Contratista												
7.3	Activación de circuitos Tramo 3	1	Sistema	Contratista												
7.4	Activación de circuitos Tramo 4	1	Sistema	Contratista												
7.5	Migración de clientes a la Red	1	Contrato	Area Comercial												
7.6	Análisis de Valorizaciones del avance	1	Documento	Analista Financiero												
7.7	Cierre del Proyecto	1	Documento	Jefe de Proyecto												

Cronograma del Proyecto.
Fuente: Elaboración propia.