

**DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA GPON PARA EL BARRIO CHICALÁ DE
BOGOTÁ BAJO LOS LINEAMIENTOS DE GESTIÓN DE PROYECTOS DEL PMI**

Camilo Eduardo Iguavita Gallardo

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
2021**

**DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA GPON PARA EL BARRIO CHICALÁ DE
BOGOTÁ BAJO LOS LINEAMIENTOS DE GESTIÓN DE PROYECTOS DEL PMI**

Presentado por:

CAMILO EDUARDO IGUAVITA GALLARDO

Proyecto para optar por el título de Ingeniero de Telecomunicaciones

Dirigido por:

ING. RAFAEL CUBILLOS

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

BOGOTÁ D.C.

2021

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá D.C., mayo 2021

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a mis padres por siempre acompañarme en este proceso sin dejarme desfallecer en ningún momento, por su apoyo, por su cariño y por la sabiduría y el ejemplo que siempre han sabido darme. Sin ellos no estaría escribiendo estas palabras. A mi familia, por estar pendientes de mi proceso y siempre brindarme su amor.

A la vida por guiarme a este punto y por permitirme compartir con amigos que se perdurarán con el tiempo y compañeros. Por la sabiduría que supieron transmitir todo el personal docente, también gracias a ellos.

Y finalmente gracias a mí, porque pude haberme rendido en muchas oportunidades, pero sin importar los obstáculos, me mantuve fiel a la idea que me propuse al momento de escoger e ingresar a esta carrera: Aquí estoy y de esta voy a salir.

Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
 CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN AL PROYECTO	13
1.1 Introducción.....	14
1.2 Planteamiento del problema	14
1.3 Justificación.....	15
1.4 Objetivos.....	16
1.4.1 Objetivo general	16
1.4.2 Objetivos específicos.....	16
 CAPITULO 2 MARCOS DE REFERENCIA	17
2.1 Marco conceptual	18
2.1.1 Redes ópticas	18
2.1.2 Tecnología GPON	18
2.1.2.1 Arquitectura GPON	20
2.1.2.2 Elementos	21
2.2 Gestión de Proyectos por PMI	25
2.2.1 Project Management Institute	25
2.2.2 Gestión de proyectos	26
2.3 Marco legal	26
2.3.1 Reglamento técnico para redes internas de telecomunicaciones (RITEL)	26
2.3.2 Resolución 5050 de 2016	26
2.3.3 Resolución 5069 de 2017	27
2.3.4 Estándares	28
2.4 Estado del arte.....	28
2.5 Contexto Nacional	29

CAPITULO 3 METODOLOGÍA	32
3.1 Tipo de investigación	33
3.2 Fundamentos PMBOK	33
3.2.1 Gestión de la Integración	33
3.2.2 Gestión del alcance	33
3.2.3 Gestión del cronograma	33
3.2.4 Gestión de los costos	33
3.2.5 Gestión de la calidad	33
3.2.6 Gestión de los recursos	34
3.2.7 Gestión de las comunicaciones	34
3.2.8 Gestión de los riesgos	34
3.2.9 Gestión de las adquisiciones	34
3.2.10 Gestión de los interesados	34
3.3 Plan de investigación	34
 CAPITULO 4 PRESENTACIÓN DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	 36
4.1 Diseño de la solución	37
4.2 Presupuesto óptico	46
 CAPITULO 5 ANÁLISIS BAJO LOS FUNDAMENTOS PMOK	 49
5.1 Gestión de la integración	50
5.1.1 Elaboración Acta de Constitución	50
5.2 Gestión del alcance	50
5.2.1 Descripción y alcance del proyecto	50
5.2.1.1 Requerimientos	51
5.2.1.2 Entregables	51
5.2.1.3 Criterios de aceptación	52
5.2.1.4 Exclusiones	52
5.2.1.5 Supuestos	52
5.2.1.6 Estructura de Descomposición del Trabajo EDT	52

5.3 Gestión cronograma	53
5.4 Gestión costos	56
5.5 Gestión de calidad	60
5.6 Gestión de los recursos	62
5.6.1 Recursos físicos y materiales	62
5.6.2 Recursos humanos	63
5.7 Gestión de las comunicaciones	67
5.8 Gestión de los riesgos	69
5.9 Gestión de las adquisiciones	72
5.10 Gestión de los interesados	74
 CAPITULO 6 CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFÍA	 78
6.1 Conclusiones	79
6.2 Bibliografía	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura FTTX	20
Figura 2. Luz visible en el espectro electromagnético	21
Figura 3. Características de la fibra	22
Figura 4. Estructura de bloques funcionales del OLT	23
Figura 5. Bloque funcional ONT	24
Figura 6. Distribución de red de fibra	24
Figura 7. Modificaciones velocidades efectivas para la denominación de banda ancha en Colombia	27
Figura 8. Velocidad de descarga promedio nacional (Mbps)	30
Figura 9. Velocidad de descarga por estrato – segmento residencial (Mbps)	31
Figura 10. Diagrama Plan de Investigación	35
Figura 11. Área correspondiente al barrio Chicalá	37
Figura 12. Disposición del barrio según propiedades y parques	38
Figura 13. Disposición conjuntos residenciales de casas y apartamentos	39
Figura 14. Despliegue de la red actual del operador ETB en Bogotá	41
Figura 15. Despliegue solución desde red principal de fibra hasta ONT	42
Figura 16. Diseño opción 1 banda ancha de 150 Mbps, 16 abonados por puerto	44
Figura 17. Diseño opción 2 banda ancha de 100 Mbps, 24 abonados por puerto	45
Figura 18. Diseño opción 3 banda ancha de 50 Mbps, 48 abonados por puerto	46
Figura 19. EDT	53
Figura 20 Diagrama de Gantt	55
Figura 21. Organigrama del proyecto	65

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Principales diferencias GPON, ADSL2 y HFC	19
Tabla 2. Descripción tipo de viviendas	39
Tabla 3. Descripción número de apartamentos	40
Tabla 4. Disposición puertos OLT	43
Tabla 5. Pérdida de potencia según tipo de divisor óptico	47
Tabla 6. Definición actividades y sus precedencias	53
Tabla 7. Descripción paquetes de trabajo según fechas de realización	55
Tabla 8. Tabla general de costos de infraestructura	56
Tabla 9. Costos recursos humanos	57
Tabla 10. Capex	58
Tabla 11. Opex	59
Tabla 12. Presupuesto	59
Tabla 13. Plan de Gestión de la Calidad	60
Tabla 14. Desglose de recursos	62
Tabla 15. Definición salarial	65
Tabla 16. Criterios de selección para el proceso de selección	66
Tabla 17. Cronograma gestión de reuniones – comunicaciones	68
Tabla 18. Identificación de los riesgos	70
Tabla 19. Matriz de nivel de riesgo	71
Tabla 20. Cualificación de los riesgos según probabilidad vs impacto	71
Tabla 21. Proceso de compras	72
Tabla 22. Grupos de interés	75
Tabla 23. Interrelación y participación de los grupos de interés	76

LISTA DE ANEXOS – INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Anexo 1. Formato acta de constitución del proyecto

Anexo 2. Diagrama de Ruta Crítica

Anexo 3. Cronograma de actividades

Anexo 4. Valoración del riesgo

Anexo 5. Plan de mitigación de riesgos

Anexo 6. Matriz de Comunicaciones

RESUMEN

Cada día en Colombia aumenta el número de personas que adquieren el servicio de internet debido a que se volvió una necesidad inevitable, bien sea para trabajar, estudiar o disfrutar de los servicios de entretenimiento en línea que día a día cogen más fuerza. Sin embargo, las redes de acceso con las que frecuentemente ofrecen este servicio se han quedado relegadas por las limitaciones con las que cuentan, generalmente en temas de banda ancha y de alcance en distancias. También existe una brecha significativa en la banda ancha ofrecida en los diferentes estratos socioeconómicos de la ciudad de Bogotá lo que genera malestar porque los planes de triple play no cuentan con suficiente banda ancha lo que impide muchas veces tener los requerimientos necesarios por los abonados suscritos a estos planes.

Por esta razón, este proyecto se enfoca en el diseño de una solución GPON (red de acceso por fibra óptica) para que los ISP puedan ofrecer mejores planes de banda ancha y que de esta manera, la población se pueda beneficiar con una red de mejor rendimiento.

Para eso, se define en primera instancia qué es GPON, para posteriormente hablar de su arquitectura elementos y estándares internacionales. Posteriormente, se indaga sobre cómo está Colombia en temas de conectividad por medio de fibra óptica y cómo está la situación actual de la banda ancha que utilizan los abonados del sector residencial. Con base en la información recolectada, se procede a hacer el diseño de la solución, los elementos requeridos y las asignaciones de la banda ancha para cada tipo de servicio.

Adicionalmente, se analiza el proyecto con miras a un posible desarrollo bajo la guía para la gestión de proyectos PMBOK donde presenta una serie de fundamentos y buenas prácticas que ayudan a controlar el proyecto desde las diferentes áreas del conocimiento que expone y facilita tener una visión más amplia de todo lo que contiene el proyecto.

ABSTRACT

Every day in Colombia increases the number of people who purchase the internet service because it became an inevitable necessity, whether to work, study or enjoy the online entertainment services that take more strength every day. However, the access networks with which they frequently offer this service have been relegated by their limitations, usually in broadband and distance range issues. There is also a significant gap in broadband offered in the different socio-economic strata of the city of Bogota which causes discomfort because triple play plans do not have enough broadband which often prevents having the necessary requirements for subscribers subscribed to these plans.

For this reason, this project focuses on the design of a GPON (Fiber Optic Access Network) solution so that ISPs can offer better broadband plans so that the population can benefit from a better performance network.

For this, it is defined in the first instance what GPON is, and later talk about its architecture international elements and standards. Subsequently, we are looking into how Colombia is on fiber optic connectivity issues and how the current broadband situation used by residential subscribers is. Based on the information collected, we proceed to make the design of the solution, the required elements, and the broadband assignments for each type of service.

In addition, the project is analyzed with a view to possible development under the guide to project management PMBOK where it presents a series of fundamentals and good practices that help control the project from the different areas of knowledge that it exposes and facilitates to have a broader view of everything that the project contains.

Capítulo 1

Introducción al Proyecto

1.1 INTRODUCCIÓN

El contenido del proyecto presentado a continuación tiene como tema principal el diseño de una red GPON para mejorar la red de acceso a servicios convergentes como los son telefonía, televisión e internet en el barrio Chicalá en la ciudad de Bogotá. Para el desarrollo de este trabajo es de gran importancia conocer en qué consiste este tipo de redes, reconocer los elementos que hacen parte de su estructura y posteriormente identificar la posible solución y topología de red que puede ser brindada para esta población.

Adicionalmente, este proyecto será guiado en toda su desarrollo desde la aplicación de las buenas prácticas y fundamentos metodológicos de la gestión de proyectos propuestos por el Project Management Institute, de ahora en adelante PMI, es decir, la gestión y dirección de proyectos expuestos en el PMBOK donde se estudiará el proyecto desde la perspectiva de cada una de las áreas de conocimiento que este contempla dando una visualización más detallada de todo lo que abarca el proyecto desde su inicio hasta su finalización.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El servicio de internet en Colombia ha diversificado en las tecnologías de acceso que los operadores de telecomunicaciones ofrecen a sus abonados. Estos servicios de acceso fijos de manera alámbrica son ofrecidos en tres tecnologías que son par de cobre, cable fibra óptica, cada una de ellas con características diferentes entre las que se pueden mencionar el alcance máximo de la red (distancia gabinete hasta el abonado) o la capacidad de banda ancha que se puede ofrecer. Actualmente, la tecnología de acceso más utilizada por los colombianos es por cable, más específicamente HFC (Híbrido Fiber Cover), esto se ve reflejado en el Boletín Trimestral de las TIC Cifras del Tercer Trimestre de 2020 donde según los datos recopilados por el MinTIC la cantidad de accesos a internet por tecnología son “Cable, con 4,7 millones de accesos; xDSL, con 1,3 millones de accesos; fibra óptica, con 1.2 millones de accesos y otras tecnologías⁵, con 400 mil accesos fijos a Internet.”¹, sin embargo, HFC o tecnologías por cable no son las que ofrecen mejores servicios de velocidades efectivas sino lo son las tecnologías basadas en fibra FTTX.

El consumo de banda ancha en zonas residenciales ha aumentado exponencialmente debido a la implementación de teletrabajo (trabajo en casa), al acceso a la educación virtual, al consumo de plataformas de contenido streaming como lo son Netflix, Amazon Prime Video, entre otros; y para mejorar la jugabilidad en consolas de video juegos cuando se juega online, además, hay que tener en cuenta la cantidad de dispositivos que van a estar conectados a la red. El estrato socioeconómico influye también en las velocidades ofrecidas por los operadores y esto refleja un impacto significativo en las estadísticas presentadas en el Boletín Trimestral de las TIC Cifras del Tercer Trimestre de 2020 donde

¹ Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [sitio web]. Bogotá. MinTIC, Boletín Boletín Trimestral de las TIC Cifras del Tercer Trimestre de 2020

se muestra que los estratos 1, 2 y aquellos que no están estratificados tiene una velocidad promedio inferior a la media nacional que se ubica en los 30,6 Mbps, por lo tanto, no se podría considerar como servicio de banda ancha a diferencia de los otros estratos.

Por estos motivos se crea la necesidad de mejorar/cambiar la tecnología de acceso actual que mejore las velocidades tanto de subida como de bajada (download/upload) que pueden ser ofrecidas a los abonados, en este caso ubicados en el barrio Chicalá (estrato 2) y se establece como pregunta problema ¿cómo diseñar una solución GPON que sea guía para una posible implementación y que ofrezca mejor banda ancha a sus abonados en el barrio Chicalá bajo los lineamientos de planeación del PMI?

1.3 JUSTIFICACIÓN

El ser humano a lo largo de la historia ha tenido la gran necesidad de estar en constante comunicación a nivel familiar y laboral. Día a día se ha empeñado en revolucionar la manera cómo nos comunicamos iniciando en la antigüedad con medios de comunicación no verbales (lenguajes de señas) hasta llegar a comunicarse sin importar la localización geográfica por medio de sistemas como las redes sociales y donde la tecnología ha sido su gran aliado.

En la actualidad existe una gran demanda de conectividad para estar en constante comunicación y poder acceder a servicios como lo son VoD (Video sobre Demanda) o IPTV (Televisión sobre protocolo IP), a tal punto que cada persona en promedio dispone de más de un dispositivo con acceso a la web y, por ende, el flujo de datos e información ha aumentado exponencialmente. Hoy por hoy, más que tener una simple comunicación, nos enfrentamos a una era digital, donde el acceso a los servicios de voz, audio y vídeo deben ser de calidad, donde el usuario no se conforma solo con el acceso a estos servicios si no que ahora evalúa la experiencia del usuario al solicitar un servicio. Por esta razón, las compañías de telecomunicaciones se han visto en la necesidad de brindar un servicio de acceso con tecnología de punta que mejore la banda ancha ofrecida a los todos los usuarios. En este sentido, se pretende diseñar una solución GPON que aumente la banda ancha ofertado en los planes Tripleplay presentados a los residentes del barrio Chicalá en la ciudad de Bogotá.

Para lograr tal fin, se hará estudio del estado actual de la infraestructura de red con que cuentan, se identificarán parámetros y normativas de las redes GPON y se levantará la información correspondiente a la cantidad de hogares que pueden ser impactados para definir la banda ancha que puede ofrecerse. Al mismo tiempo determinar una arquitectura que se adapte a los requerimientos del proyecto dentro de un presupuesto que genere costo beneficio pertinente para el desarrollo y resultado del proyecto.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Diseñar una solución GPON para el barrio Chicalá bajo los lineamientos de planeación y gestión de proyecto del PMBOK, que sirva de guía para una posible implementación que ofrezca mejor banda ancha a los abonados.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado actual de la infraestructura de la red en la zona.
- Determinar los equipos necesarios y los requerimientos de banda ancha y potencia óptica de la red según la cantidad de viviendas que se planea atender.
- Establecer un presupuesto financiero que garantice la completa arquitectura de la red y demás costos en los que incurre la ejecución el proyecto.
- Diseñar una arquitectura de red que satisfaga las condiciones básicas definidas por el autor de este documento y se adapte a los requerimientos propios de la red.

Capítulo 2

Marcos de Referencia

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Redes ópticas

En esencia, las redes de comunicaciones ópticas son aquellas que utilizan como medio físico cableado de fibra de vidrio o plástico para transportar haz de luz que transportan la información a diferencia de cableado por cobre y otros materiales que transportan la información mediante señales de corriente eléctrica. Existen dos categorías en este tipo de redes: redes activas y redes pasivas.

Las redes ópticas activas son aquellas redes cuyos dispositivos están alimentados por energía eléctrica y ayuda a retransmitir el haz de luz para alcanzar mayores distancias en la red. Por otro lado, las redes ópticas pasivas no tienen dispositivos alimentados por energía eléctrica y por el alcance de estas redes no es necesaria su retransmisión.

Estas últimas, las arquitecturas basadas en redes ópticas pasivas, están divididas en tres segmentos importantes cuyo elemento determinante es el gabinete, “En el gabinete principal del inmueble se ubican los módulos de entrada, donde terminan las redes de alimentación óptica de los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones, y los módulos de salida, desde donde parte la red interna de fibra óptica del inmueble.” ²

2.1.2 Tecnología GPON

La tecnología de acceso GPON (Gigabyte Passive Optical Network) es una tecnología de acceso perteneciente a las NGN (Next Generation Network o en español Redes de Próxima Generación) cuyas velocidades aproximadas de transmisión van alrededor de 100 MB. Estas redes permiten “una convergencia total de todos los servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura de red basada en IP (internet protocolo)” ³. Propone grandes anchos de banda con velocidades de hasta 2.5Gbps los cuales pueden ser divididos con splitters ópticos para brindar a los usuarios finales diferentes anchos de acuerdo con la necesidad del servicio que requieran. Esta tecnología transporta los servicios de voz, datos y video en un servicio llamado comúnmente Tripleplay.

GPON está basada en tecnología óptica pasiva y en una topología de árbol la cual se utilizará en la implementación del diseño, necesita divisores de potencia como los splitters para esta topología y utiliza la separación de longitud de onda para una conexión duplex (downstream, upstream).

² Anexo Reglamento Técnico Para Redes Internas De Telecomunicaciones (Ritel) Tabla De Contenido. Anexo Reglamento Técnico Para Redes Internas De Telecomunicaciones (Ritel) Tabla De Contenido. a. p.59

³ Preyco. Soluciones Para Redes De Fibra Óptica Y Redes Estructuradas Guia De Producto Gpon Lan. d. p. 3

Los principales beneficios que trae consigo esta tecnología según la empresa Preyco⁴

Son mayores anchos de banda, mayores distancias (20km o incluso más), mayor resistencia a la interferencia electromagnética, mayor seguridad de la red, menor degradación de las señales, entre otras. Además, la reducción de repetidores y otros dispositivos supondrán menores inversiones iniciales, menor consumo eléctrico, menor ocupación de espacio tanto en cuartos de equipos como en ductos (..)

De esa manera se garantiza mejor calidad de rendimiento de la red y de disposición de la red en toda su estructura frente a las tecnologías basadas, por ejemplo, en cobre. GPON utiliza WDM (Multiplexación por Longitud de Onda) para el transporte de las diferentes longitudes de onda que viajan en ambas direcciones, es decir, origen (OLT) hacia el destino (ONT) y viceversa. Estas ventanas son de 1480 – 1580 nm en dirección al destino mientras que hacia el origen la ventana debe soportar longitudes de onda de 1260 – 1360 nm, según el documento UIT-T G.983.1⁵.

A comparación con otras tecnologías, GPON tiene muchos beneficios que lo hace sobresalir con respecto a tecnologías de acceso. En la siguiente tabla se puede visualizar algunas de las principales características en las que destaca GPON frente a ADSL2 y HFC.

Tabla 1. Principales diferencias GPON, ADSL2 y HFC

Características	GPON	ADSL2	HFC
Alcance	20Km	3Km	80Km
Bit rate	2.5 Gbps / 1.25 Gbps (Simétrica / Asimétrica)	24 Mbps (Down) / 2.5 Mbps (Up)	160 Mbps (Down) / 120 Mbps (Up)
Medio de transmisión	Fibra	Par cobre	Fibra / coaxial
Latencia	~ 10 ms	~ 100 ms	~ 20 ms

Fuente: Elaboración propia

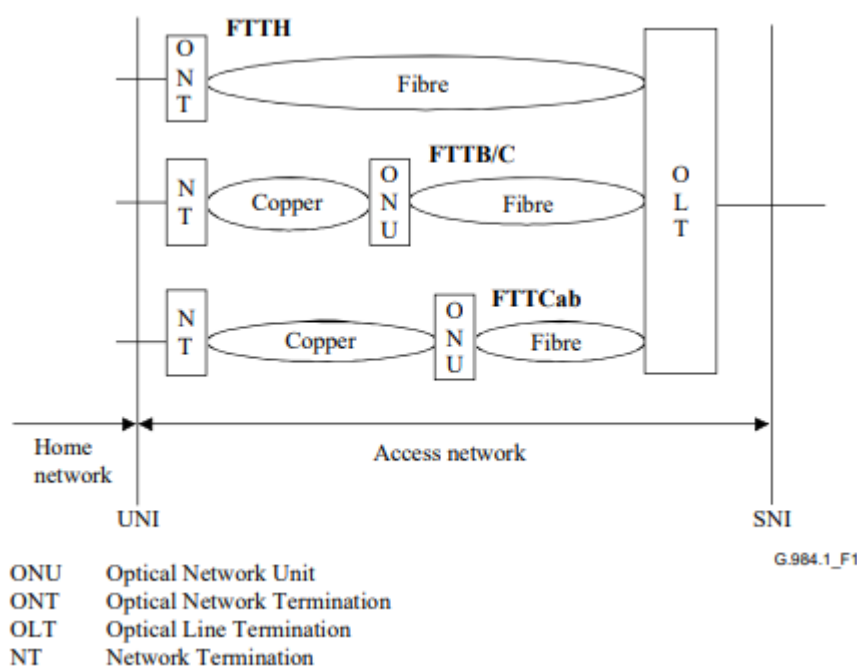
⁴ Preyco. Soluciones Para Redes De Fibra Óptica Y Redes Estructuradas Guia De Producto Gpon Lan.

⁵ UIT. UIT-T G.893 SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES. 01/2005

2.1.2.1 Arquitectura GPON

Para la conexión mediante fibra óptica la arquitectura GPON puede ser punto a punto o punto a multipunto, además hay principalmente tres topologías de FTTX como lo mencionan Gutiérrez, Espinosa & Hernández⁶ FTTH (Fiber to the Home o en español, Fibra hasta el Hogar), la segunda FTTB (Fiber to the Build o en español, Fibra hasta el Edificio) y FTTN (Fiber to the Node o en español, Fibra hasta el Nodo) como se muestra en la figura 1. el acceso basado en fibra. La arquitectura de red entre cada uno de los tipos o formas de GPON es diferente. A continuación, se puede apreciar cómo es la arquitectura para cada uno de estos casos.

Figura 1 Estructura FTTX



Fuente: UIT-T G984.1 Gigabit-capable pasive optical networks (GPON): general characteristics

Se puede apreciar que mientras que en casos como FTTH y FTTB la fibra es el medio de transmisión en toda la red, en otros FTTX la fibra llega hasta el nodo o el gabinete y donde hace la conversión a medios eléctricos para ser retransmitida por otro medio que puede ser cable coaxial en la mayoría de los casos.

⁶ GUTIERREZ, Viviana S.; ESPINOSA, Diana M. y HERNÁNDEZ, Cesar A. IMPACTO Y MASIFICACIÓN DEL USO DE LAS REDES GPON EN COLOMBIA FRENTE A OTRAS TECNOLOGIAS Redes De Ingeniería..

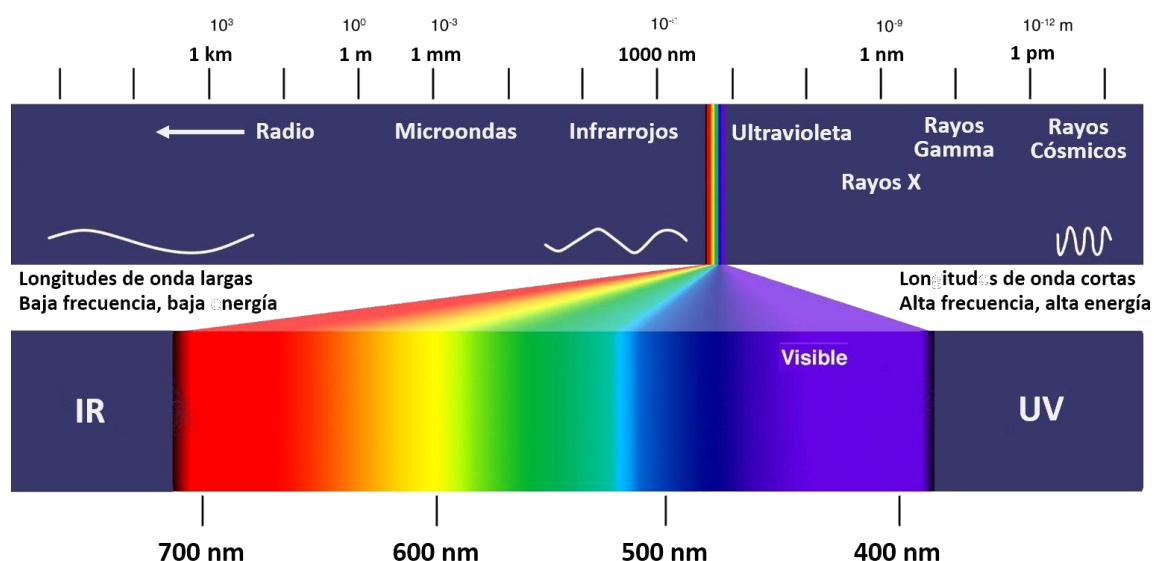
2.1.2.2 Elementos

Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión utilizado en redes para enviar y recibir información entre nodos a través de pulsos de luz, puede ser láser o LED. Está compuesto por hilos de vidrio o plástico. Este medio de transmisión es efectivo en redes de amplia distancia y en muchos casos suele ser más efectivos en cuanto a velocidad de transmisión que otros medios.

En el espectro electromagnético, la luz visible está ubicada entre los 400 - 700 nm donde se puede apreciar una gama de colores que va desde el violeta (400 nm) hasta el rojo (700 nm), a partir de este punto comienza lo que se denomina los rayos infrarrojos cuyo rango de longitudes de onda está entre 700 – 2500 nm (zona próxima a la luz visible, los rayos infrarrojos en todo el espectro electromagnético alcanzan una longitud de onda alrededor de los 1 mm) y precisamente en este rango de zona próxima son las longitudes de onda utilizadas para el envío de la información en la fibra debido a que la luz es más transparente.

Figura 2 Luz visible en el espectro electromagnético



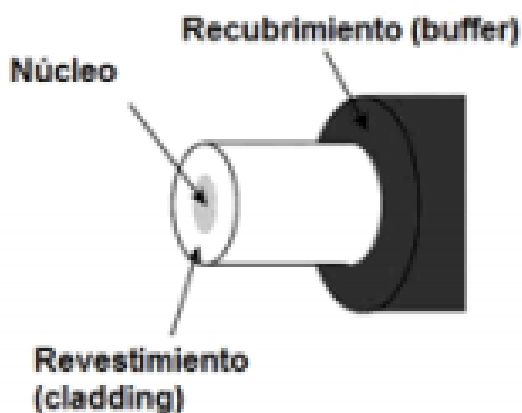
Fuente: Tomado de la página web <http://folblogg.blogspot.com/2020/12/radiaciones-opticas.html>

Para el transporte en este medio, existen dos tipos de fibra que transmiten en un rango de longitudes de onda diferentes. La fibra multimodo, que transporta longitudes de onda entre 850 – 1310 nm y la fibra monomodo que lo hace a 1310 – 1550 nm generalmente.

Por otra parte, la composición de un cable de fibra óptica es la siguiente:

- **Núcleo (Hilo de vidrio o plástico):** donde el haz de luz es introducido para su transmisión.
- **Revestimiento:** Es también elaborado a partir de vidrio o plástico, pero tiene un índice de refracción menor que el núcleo para facilitar la reflexión del haz de luz en su transmisión.
- **Recubrimiento:** Es la capa que sigue al revestimiento y está elaborado con plástico. Cuida la fibra del daño físico y la humedad principalmente.

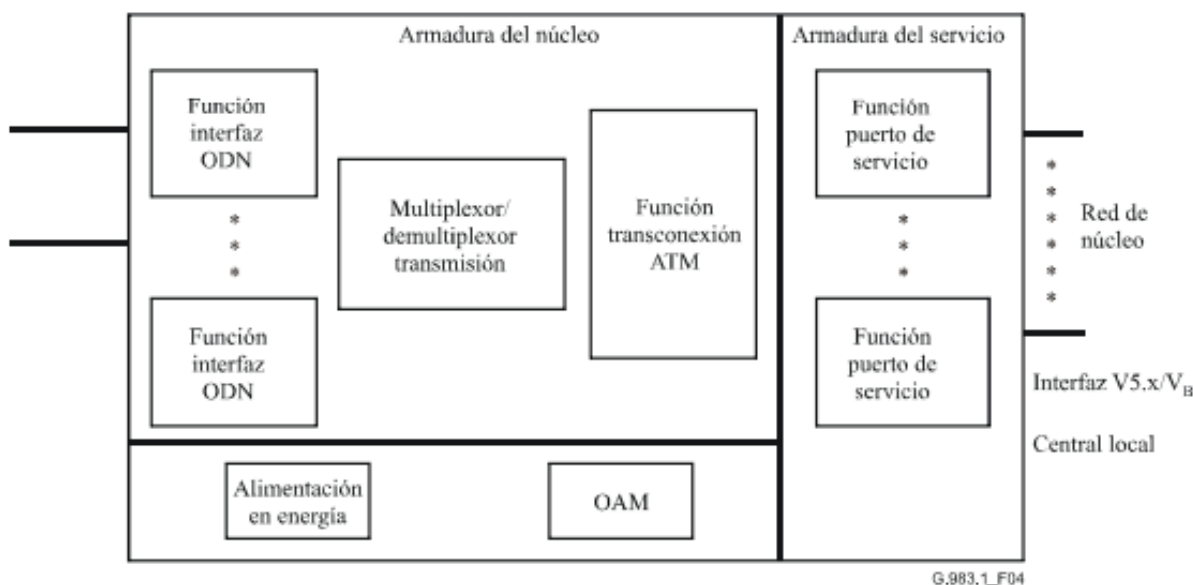
Figura 3 Características de la fibra



Fuente: Tomado de la página web https://www.thefoa.org/ESP/Fibra_optica.htm

OLT (Terminal de línea óptica): Es un equipo conectado por fibra que su función es controlar la información transmitida en ambas direcciones a través de la ODN su alcance máximo es de 20Km. Este dispositivo soporta tecnologías **Legacy** que viene de la red core en varios modelos, y su función principal es controlar el tráfico de la información tanto de manera ascendente (la información enviada por el usuario) como descendente (la información que proviene de las redes Metro, SDH u otras).

Figura 4 Estructura de bloques funcionales del OLT



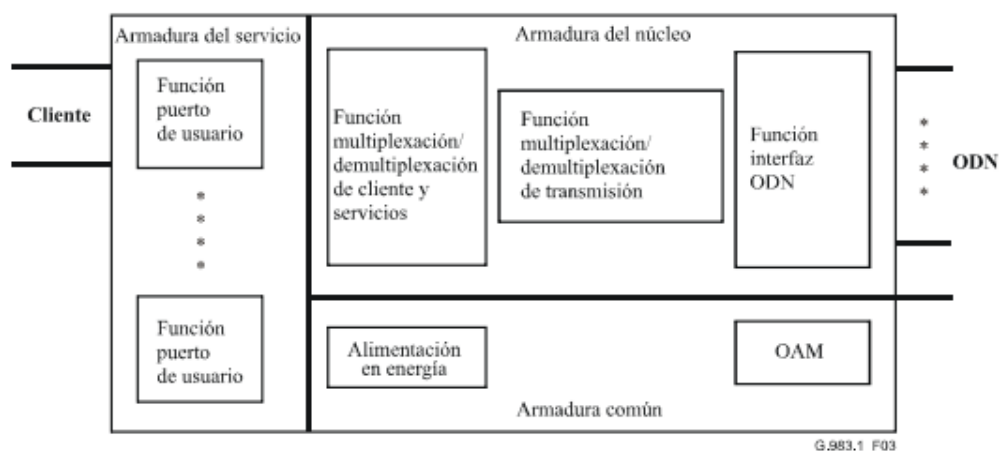
Fuente: UIT-T G.983.1 Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas

ONT (Terminal de red óptica): Es el dispositivo final de la red GPON, es decir, el que se ubica en las instalaciones o domicilios del cliente final. Allí, convierte las señales ópticas en señales de corriente eléctrica para brindar los servicios de telefonía, televisión y de datos. Los usuarios pueden acceder al servicio por diferentes medios como cable Ethernet, fibra óptica y Wifi.

También cabe destacar que este elemento de la red es conocido por dos denominaciones: ONT o ONU, ambas palabras son válidas en el vocabulario establecido por la UIT-T y así lo hace saber en el documento UIT-T 983.1 Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas donde menciona textualmente “La presente Recomendación emplea el término "ONU" para hacer referencia tanto a las ONT como a las ONU. Cualquier referencia que se haga en esta Recomendación a las ONU incluye también las ONT.”⁷ .

⁷ UIT-T 983.1 Sitemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas

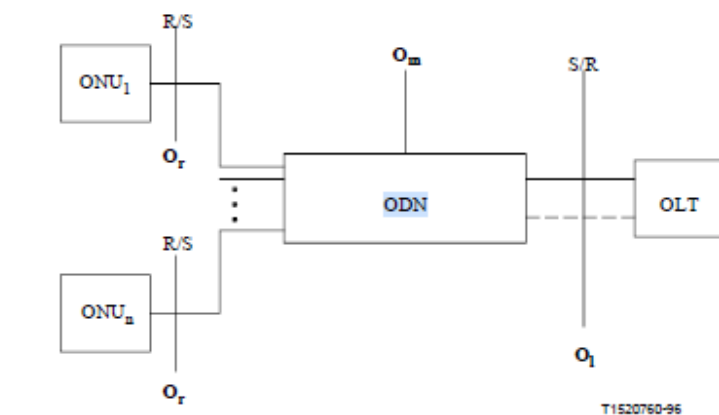
Figura 5 Bloque funcional ONT



Fuente: UIT-T Rec. G.982 Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales.

ODN (Optical Distribution Network): Contiene todos los elementos físicos que posibilitan la transmisión de información entre los dispositivos ubicados en los extremos de la red. La siguiente figura presenta la estructura de una red de fibra GPON y la ubicación de cada elemento en el segmento de la red.

Figura 6 Distribución de red de fibra



R/S Puntos de referencia
 O_r , O_1 y O_m Interfaces ópticas
 Las líneas continuas representan una o más fibras.
 Las líneas de puntos representan fibras de protección.

Fuente: UIT-T G.982 Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas

El ODN se compone principalmente de los siguientes elementos pasivos ópticos: “fibras ópticas monomodo y cables, correctores ópticos, empalmes, entre otros”⁸. Entre OLT y ONT, la ODN puede ofrecer como mínimo un camino. Como se puede observar en la figura 6, se definen puntos de referencia en el diagrama S (punto de fibra óptica que va inmediatamente después de un punto de conexión) y R (punto de fibra óptica que va inmediatamente antes de un punto de conexión), estos puntos de referencia son definidos para las ventanas de longitudes de onda. Los componentes o dispositivos que pertenecen a la ODN deben ser capaces de soportar longitudes de onda en las regiones de los 1310nm y los 1559nm.

Relacionado con la transmisión, tanto de forma ascendente (ONT a OLT) como descendente (OLT a ONT) se puede utilizar la misma fibra y los mismos componentes, si se hace de esta manera se habla de funcionamiento dúplex, mientras que si se hace la transmisión para cada sentido por diferentes fibras, se trata de funcionamiento simplex.

2.2 GESTIÓN DE PROYECTOS POR PMI

2.2.1 Project Management Institute

Más conocido por sus siglas PMI, es una asociación sin ánimo de lucro que se enfoca en la investigación académica para el mejoramiento y crecimiento de las organizaciones basados en las buenas prácticas organizacionales y fundamentos en la gestión de proyectos.

Surgió en 1969 en el Instituto de Tecnología de Georgia de Estados Unidos con el objetivo de crear un espacio donde, según la página web del PMI⁹, se pudieran reunir y asociar los gerentes de proyectos para compartir información y así mismo, discutir los temas que encontraran comunes. Los fundadores oficiales fueron 5 personas: Eric Jenett, James Snyder, EA Engman, Susan Gallagher y Gordon Davis.

Es líder con reconocimiento mundial en su campo y esto lo avala con sus múltiples programas como lo son “programa de certificación, nuestros extensos programas académicos y de investigación de mercado, nuestros capítulos y nuestras oportunidades de desarrollo voluntario y profesional.”.

La aplicación de la dirección y gestión de proyectos propuesta por el PMI puede realizarse en proyectos de cualquier sector de la economía. El propósito principal es asegurar el éxito del proyecto basado en una buena dirección y definiendo una serie de procesos que consideran ideales para “llevar a cabo para una gestión eficaz, y diferentes técnicas y herramientas útiles, (..) deben ser adaptados a las peculiaridades de cada proyecto.”¹⁰. De acuerdo CON lo último, estos procesos se dividen en diez áreas de conocimiento que

⁸ UIT-T G.982 Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas

⁹ Project Management Institute [sitio web]. PMI, Learn about PMI [Consultado: 15 de marzo de 2021] Disponible en: <https://www.pmi.org/about/learn-about-pmi>

¹⁰ PEREZ, Anna. ¿Conoces la metodología del Project Management Institute(PMI)?

están contenidas en la guía PMBOK (propiedad de PMI), las cuales se explicarán en el siguiente capítulo de este trabajo.

2.2.2 Gestión de proyectos

Para hablar de la gestión de proyectos debemos comenzar por definir que es un proyecto. Proyecto según el PMBOK es un “esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único.”¹¹ El éxito de cualquier proyecto radica en su buena planificación y desarrollo en cada una de sus etapas. De esta manera, la gestión de proyectos busca asegurar el éxito de los proyectos mediante la aplicación de “conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas”¹².

2.3 MARCO LEGAL

2.3.1 Anexo Reglamento técnico para redes internas de telecomunicaciones (RITEL)

Es un documento emitido por la CRC (Comisión de Regulación de las Telecomunicaciones) donde establece el reglamento técnico para el diseño y despliegue de redes de telecomunicaciones internas para propiedad horizontal. Menciona que ese documento “es un instrumento técnico-legal para Colombia, que sin crear obstáculos innecesarios al comercio o al ejercicio de la libre empresa, permite garantizar que las instalaciones, equipos y productos usados en las redes internas de telecomunicaciones cumplan con el objetivo de garantizar la libre y leal competencia entre los proveedores, así como la prevención de prácticas que puedan inducir a error al consumidor, puesto que el reglamento pretende que el consumidor disponga de la posibilidad de elegir el proveedor de sus servicios de telecomunicaciones de manera abierta y transparente.”¹³

Al ser un documento netamente técnico, especifica la normativa de los diferentes medios de transmisión como el par de cobre, coaxial y la fibra óptica.

2.3.2 Resolución 5050 de 2016

Dicha resolución hace un compilado de resoluciones anteriormente expedidas por la CRC dentro de las cuales se encuentran definiciones, condiciones del acceso a las redes de telecomunicaciones y la interconexión de estas, y otras disposiciones que abarca el tema las telecomunicaciones en el sector TIC en Colombia.

¹¹ PMBok

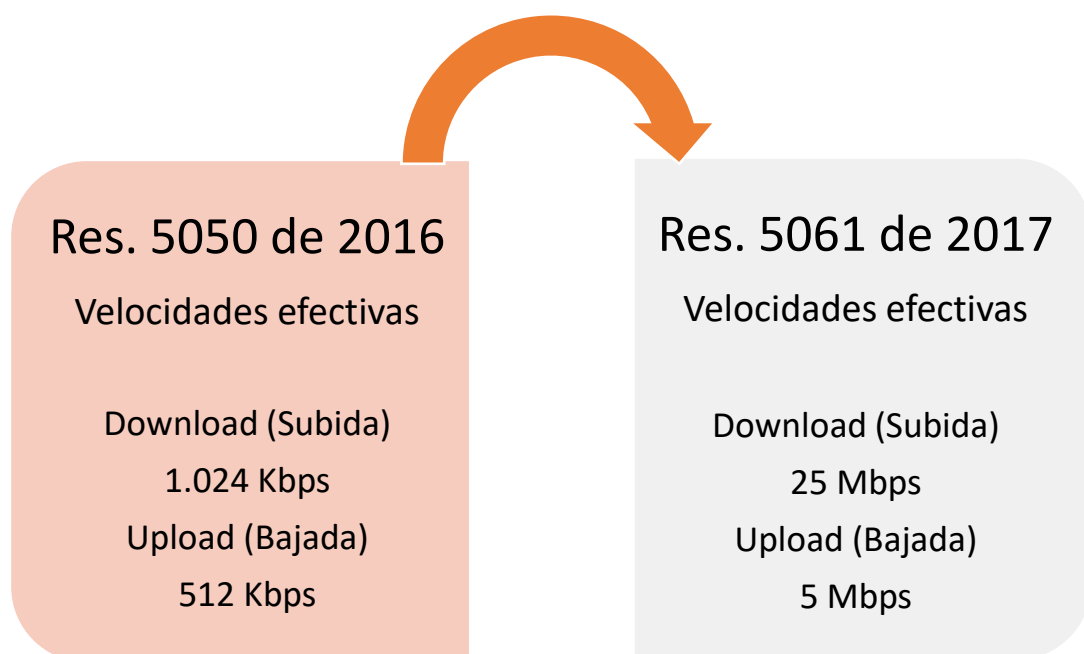
¹² AMEIJIDE GARCÍA, Laura. Gestión de proyectos según el PMI

¹³ Anexo Reglamento Técnico Para Redes Internas De Telecomunicaciones (Ritel) Tabla De Contenido. Anexo Reglamento Técnico Para Redes Internas De Telecomunicaciones (Ritel) Tabla De Contenido. a. p.6

2.3.3 Resolución 5061 de 2017

Establece modificaciones a la resolución 5050 de 2016 con relación la definición de banda ancha. De esta manera, define banda ancha como “la capacidad de transmisión cuyo ancho de banda es suficiente para permitir, de manera combinada la provisión de voz, datos y video ya sea de manera alámbrica o inalámbrica.”¹⁴, además modifica las velocidades efectivas necesarias para la prestación del servicio de internet para tipificarlas como banda ancha.

Figura 7 Modificación velocidades efectivas para la denominación de banda ancha en Colombia



Fuente: Elaboración propia basado en Resolución 5050 de 2016 y Resolución 5061 de 2017 por la CRC.

Estas modificaciones entraron en vigor a partir del día 1 de enero del 2019 y rigen hasta la fecha.

¹⁴ COLOMBIA. Comisión de Regulación de las Comunicaciones, Bogotá. CRC, Resolución 5061 de 2017

2.3.4 Estándares

- **ITU-T G.984.1:** Establece los parámetros generales de la red GPON considera los requerimientos y métodos de seguridad o protección para la red.
- **ITU-T G.984.2:** Establece los parámetros de la ODN las especificaciones de los puertos ópticos de upstream y downstream y todo lo referente a la capa física.
- **ITU-T G.984.3:** Especificaciones de la capa de transporte, la arquitectura y protocolo de multiplexación para el GTC, Registro y control de ONU.
- **ITU-T G.984.4:** Establece el formato del protocolo OMCI que se encarga del control y gestión de las interfaces, los principios de funcionamiento y el marco de gestión.

2.4 ESTADO DEL ARTE

En el ámbito nacional, se desarrolló un estudio en el Municipio de Guadalupe, Huila, cuyo título es “MIGRACIÓN DE LA RED DE ACCESO POR RADIOENLACE A FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA GPON PARA LA EMPRESA GLOBALWIFI EN EL MUNICIPIO DE GUADALUPE HUILA” ¹⁵ donde se establece como principal objetivo el cambio de medio de transmisión para ofrecer a los clientes de una compañía un mejor servicio de acceso a internet y que la red tuviera mejor rendimiento en cuanto a las capacidades que se pudieran ofrecer.

Para la elaboración del trabajo en primera instancia, se hizo un análisis del estado actual de la red, es decir, cuando el medio eran radioenlaces, al identificar ciertos problemas de pérdida de información y paquetes durante la comunicación. Una vez identificados estos problemas, se realizaron técnicas de recolección de información como explica el autor “la obtención de información como fue el caso de una encuesta a los clientes que en su momento estaban adquiriendo los servicios de internet e información documental para fortalecer la práctica” ¹⁶. De acuerdo con todos los datos recogidos, se hizo el diseño de la red y las respectivas solicitudes ante los entes de control para el despliegue de estas redes en el municipio.

Finalmente, se evidenció una mejora en la calidad del servicio que se le brinda a los usuarios, ofreciendo anchos de banda acordes a la necesidad de cada cliente. Adicional a eso, se pudo evidenciar un crecimiento de suscriptores al servicio de internet por fibra de esta compañía.

No sólo las redes GPON han sido destinadas a el sector urbanístico, también han sido una opción en otros sectores por los beneficios que trae consigo. Uno de los sectores que mejor han acogido esta arquitectura de red de acceso es el sector hotelero, quienes

¹⁵ Soto, Luis. MIGRACIÓN DE LA RED DE ACCESO POR RADIOENLACE A FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA GPON PARA LA EMPRESA GLOBALWIFI EN EL MUNICIPIO DE GUADALUPE HUILA. (2019)

¹⁶ Ibid, p. 23

buscan brindar a sus huéspedes una mejor experiencia en su estadía. En un estudio elaborado por Alcatel-Lucent para Okala Manila Resort, uno de los más sofisticados hoteles de Filipinas, se propuso el diseño de una red GPON que mejorará principalmente el rendimiento y seguridad de la red debido a que el hotel cuenta con:

- 80000 metros cuadrados
- Cerca de 1000 habitaciones
- 500 mesas de juego
- 3000 máquinas de juego
- En horas de máxima afluencia de visitantes puede alcanzar a tener 50000 dispositivos conectados a su red.

Era un gran reto por la inmensa superficie del hotel y la cantidad de información que transporta. Basados en todos los parámetros de la red, se planteó utilizar una red POL híbrida (Pasive Optical LAN o LAN Óptica Pasiva), con esta red buscan mantener parte de la infraestructura que contenía la red anteriormente y agregar servicios que se adaptan mejor para la infraestructura GPON. De este modo, se implementaron dispositivos:

- OmniSwitch 6900 (Conmutadores como núcleo de campus): Estos dispositivos funciona como OLT dentro de la red.
- OmniSwitch 6450 (Capa de acceso): Dispositivo al cual están conectados los dispositivos cableados en zonas de juego, oficinas y habitaciones.
- SPF ONT: Dispositivos finales de acceso.

Como resultado de este diseño se vieron beneficiados diferentes factores como el técnico donde se tiene control, monitoreo y administración de toda la red y también permite ser según ALE ¹⁷ escalable y ayudar al desarrollo del complejo turístico a futuro. Otro factor importante es con respecto a la experiencia al cliente, donde a través de una red segura aumenta la confiabilidad de las transacciones efectuadas en la misma y además permite la vinculación e integración de diferentes dispositivos y/o plataformas.

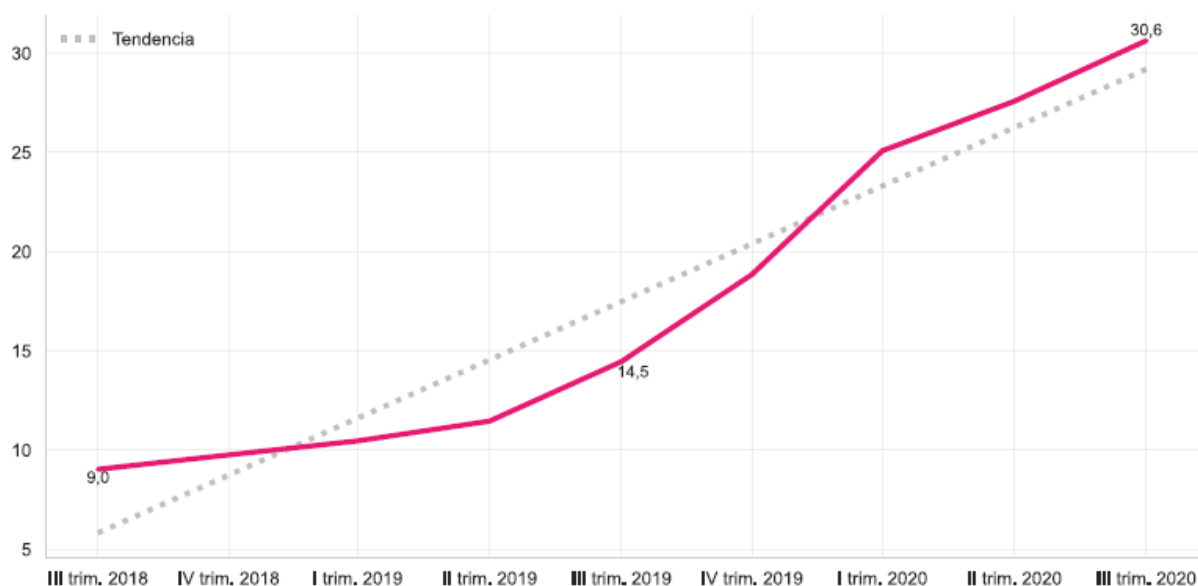
2.5 Contexto Nacional

Colombia es un país que en los últimos diez años ha venido trabajando en planes de fortalecimiento de conectividad en todo el territorio nacional para que más personas puedan acceder tanto al servicio de telefonía móvil, cómo al servicio de internet. Esto se ve reflejado en el más reciente Boletín Trimestral de las TIC en Colombia elaborado directamente por el MinTIC, que corresponde al tercer trimestre del año 2020 señala que

¹⁷ ALE. Okada-Manila-Resort-Short-Case-Study-En. D (Julio 2016)

hubo un incremento significativo en el número de accesos fijos alcanzando una cifra de 7,67 millones. Adicionalmente, informa que la velocidad efectiva se duplicó en el último año pasando de 15 Mbps a 30,6 Mbps como se muestra en la siguiente figura:

Figura 8 Velocidad de descarga promedio nacional (Mbps)

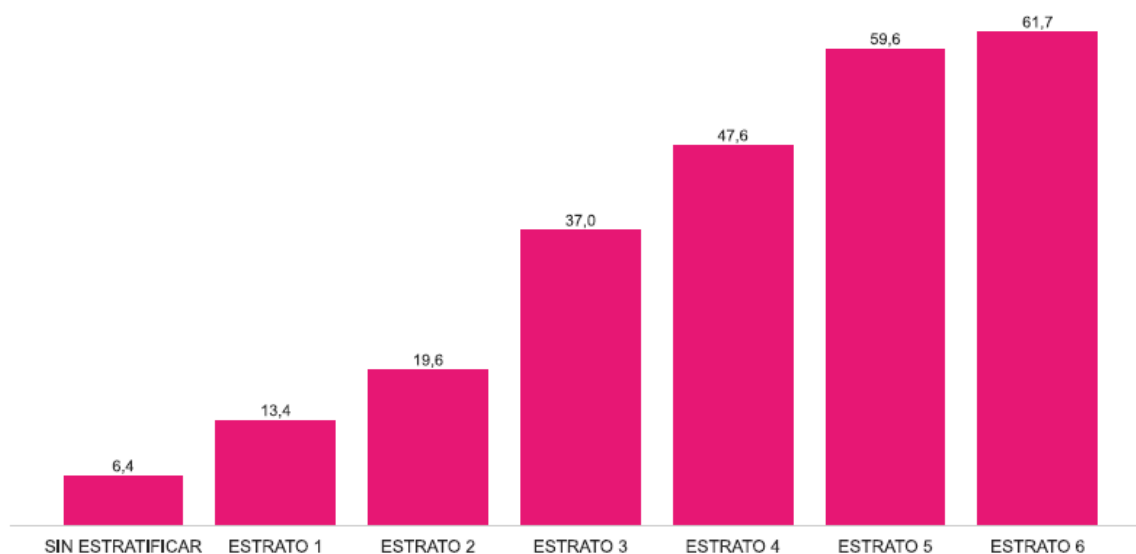


Fuente: Tomado de Boletín Trimestral de las TIC Cifras Tercer Trimestre de 2020

Analizaron detalladamente la velocidad con la que cuenta en promedio cada uno de los estratos socioeconómicos en el país llegando a la conclusión de que “los estratos 3, 4, 5 y 6 superan la velocidad promedio de descarga nacional al finalizar el tercer trimestre de 2020, siendo los estratos 5 y 6 los que concentraron la mayor cantidad de accesos fijos a Internet con velocidad de descarga superior a 50 Mbps.”¹⁸, lo que implica que los estratos más bajo no cuentan con un servicio de banda ancha, considerando que el término banda ancha implica velocidades superiores a 25 Mbps en descarga.

¹⁸ Boletín Trimestral de las TIC Cifras Tercer Trimestre de 2020

Figura 9 Velocidad de descarga por estrato - segmento residencial (Mbps)



Fuente: Tomado de Boletín Trimestral de las TIC Cifras Tercer Trimestre de 2020

Capítulo 3

Metodología

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación para este proyecto es descriptivo, debido a que recopilará información para posteriormente plantear el diseño de una red GPON y del mismo modo, describir el desarrollo del proyecto bajo el marco de referencia PMI que se enfoca en la gerencia de proyectos. Las fuentes de información serán las siguientes:

- Artículos relacionados a redes de fibra óptica.
- PMBOK
- Página web MinTIC
- Página web UIT
- Página web DANE
- Estudios universitarios relacionados con redes de fibra óptica.

3.2 FUNDAMENTOS PMBOK

El PMBOK es una guía elaborada por el PMI la cual brinda un marco de referencia para una adecuada gestión de proyectos aplicado en cualquier industria. Esta guía nos presenta 10 áreas de conocimiento base que deben tenerse en cuenta en el ciclo de vida de cualquier proyecto, éstas son:

- 3.2.1 **Gestión de la integración:** Es la encargada de la planificación del proyecto. Allí identifica procesos y actividades y busca la manera de interrelacionarlos unos con otros para su correcta ejecución y también establecer como se monitorea el proyecto a medida que avanza.
- 3.2.2 **Gestión del alcance:** Se encarga de definir los requisitos que debe constituir el producto en su entrega final. Definir hasta dónde va el proyecto partiendo de lo que se tiene y teniendo claridad de las exclusiones o restricciones que puedan alterar el producto final.
- 3.2.3 **Gestión del cronograma:** Establece las actividades que serán desarrolladas en todo el ciclo de vida del proyecto definiendo las actividades según lo establecido en la Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT), duración de cada actividad y fechas de inicio y culminación de cada actividad.
- 3.2.4 **Gestión de los costos:** Se encarga de establecer la base financiera del proyecto y estimar el costo de los recursos necesarios en todo el ciclo de vida del proyecto.
- 3.2.5 **Gestión de la calidad:** Busca generar un plan de organizacional que cumpla con las políticas de calidad que cumpla con los requisitos planeados y establecidos, y además, garantice la aceptación del producto por parte del cliente y los interesados.

- 3.2.6 **Gestión de los recursos:** Identificar cuáles son los recursos (incluyendo los recursos de humanos) que van a ser necesarios para conseguir los objetivos propuestos en el proyecto.
- 3.2.7 **Gestión de las comunicaciones:** Establece las formas en las cuales equipo de trabajo, clientes e interesados van a poder comunicarse efectivamente con el fin de dar buen trato a la información y que el proyecto avance según las expectativas de cada uno de sus actores.
- 3.2.8 **Gestión de los riesgos:** Identificar los riesgos del proyecto en todo su ciclo de vida, tanto positivos como negativos. Una vez identificados busca generar planes preventivos y correctivos para disminuir el impacto que puedan tener los riesgos negativos en el éxito del proyecto.
- 3.2.9 **Gestión de las adquisiciones:** Efectuar los planes para adquirir los recursos del proyecto, los procesos de compras y la selección de proveedores.
- 3.2.10 **Gestión de los interesados:** Permite identificar todas aquellas personas u organizaciones que pueden involucrarse en el proyecto o verse beneficiado o afectado por el mismo.

Existen procesos o actividades que son predecesoras de otras por lo que es recomendable que el desarrollo sea en el orden presentado anteriormente.

3.3 PLAN DE INVESTIGACIÓN

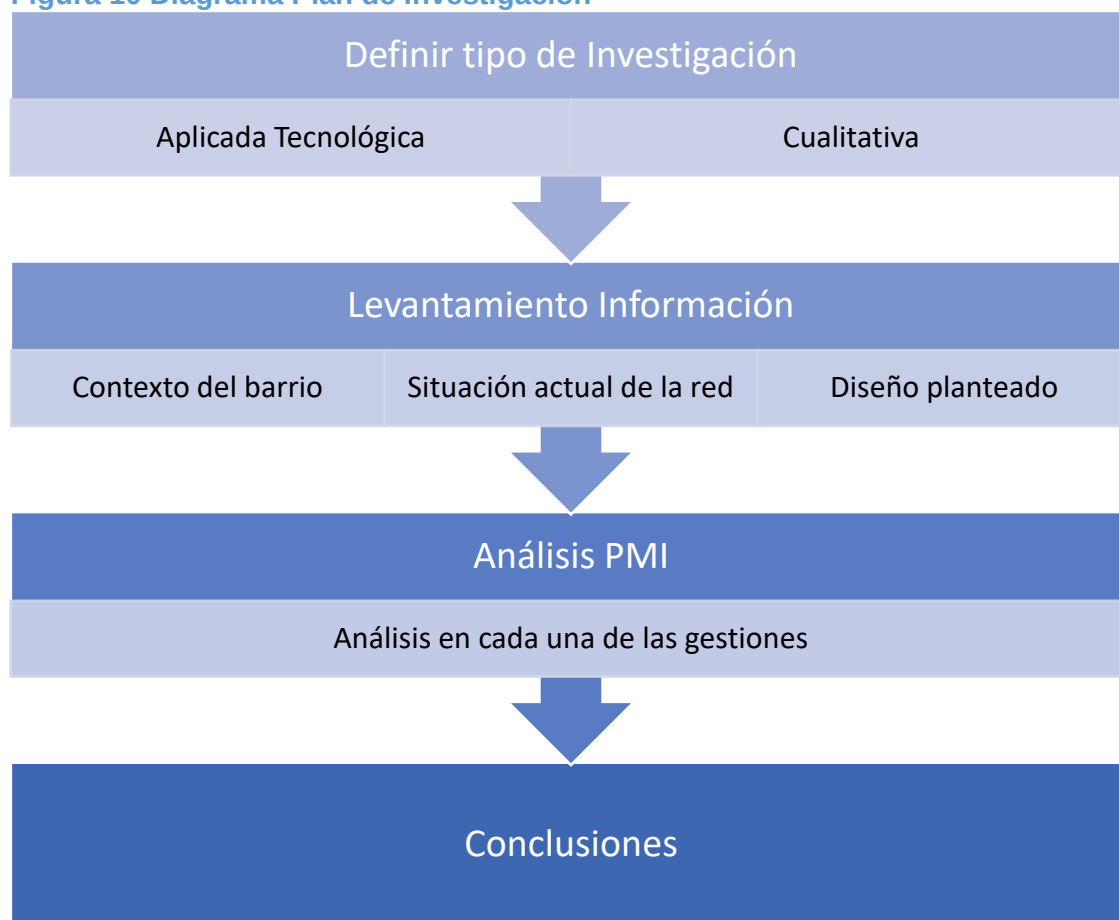
El plan de investigación se estipula de la siguiente manera. En primer lugar, se elige el tipo de investigación a desarrollar que, para este caso, se define como Investigación aplicada tecnológica y cualitativa, ya que durante el desarrollo del proyecto se va a proponer el diseño de una red GPON en un ambiente urbanístico, más específicamente a un barrio determinado.

En segundo lugar, se hace un levantamiento de la información de la situación actual del despliegue de redes de telecomunicaciones en el sector, se analizará también el tendido de fibra óptica más cercano y posteriormente se entregará el diseño de la infraestructura de la red GPON que funcione como posible solución de conectividad para el barrio en cuestión.

Por último, se hará el análisis correspondiente para el desarrollo del proyecto bajo el marco de trabajo PMI desglosando cada una de las gestiones que contempla y alineándolas para todas las fases de este proyecto.

Finalizará el documento con las conclusiones recogidas durante toda la investigación.

Figura 10 Diagrama Plan de Investigación



Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4

Presentación Diseño De La Solución

4.1 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

El barrio Chicalá está ubicado en la localidad de Bosa al suroccidente de Bogotá. Es un barrio residencial compuesto por múltiples conjuntos cerrados (en su mayoría), un colegio privado, un supermercado y dos parques como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 11 Área correspondiente al Barrio Chicalá



Fuente: Tomado de la página web <https://mapas.bogota.gov.co/#>

De forma más detallada, se muestra en la siguiente figura la disposición de los conjuntos residenciales de propiedad horizontal (encerrados en líneas rojas), de los parques (líneas verdes), del colegio privado (líneas azules) y del supermercado (líneas moradas).

Figura 13 Disposición conjuntos residenciales de casas y apartamentos



Fuente: Adaptado de la página web <https://mapas.bogota.gov.co/#>

En la figura anterior se detalla con color azul la ubicación de los conjuntos residenciales de apartamentos mientras que en color naranja la de los conjuntos residenciales de casas. Al mismo tiempo, se asignan dos categorías por cada tipo de residencia. En el caso de los apartamentos (encerrados en azul) se nombran dos: C1, C2 y C3. C1 corresponde a torres de 3 pisos con 2 apartamentos por piso; por otro lado, C2 hace referencia a torres de 5 pisos con 4 apartamentos por piso y finalmente C3 corresponde a torres de 6 pisos también con 4 apartamentos por piso. En el caso de los conjuntos de casas encontramos sólo una categoría que hace referencia a casas independientes de tres pisos.

Tabla 2. Descripción tipo de viviendas

Tipo de conjunto residencial	Categoría	Descripción
Apartamentos	A1	Torres de 3 pisos – 2 apartamentos x 1 piso
	A2	Torres de 5 pisos – 4 apartamentos x 1 piso
	A3	Torres de 6 pisos – 4 apartamentos x 1 piso
Casas	C1	Casas 3 pisos

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de apartamentos para cada una de las categorías es el siguiente:

Tabla 3. Descripción número de apartamentos

Categoría	Número de Apartamentos
A1	444
A2	420
A3	792

Fuente: Elaboración propia

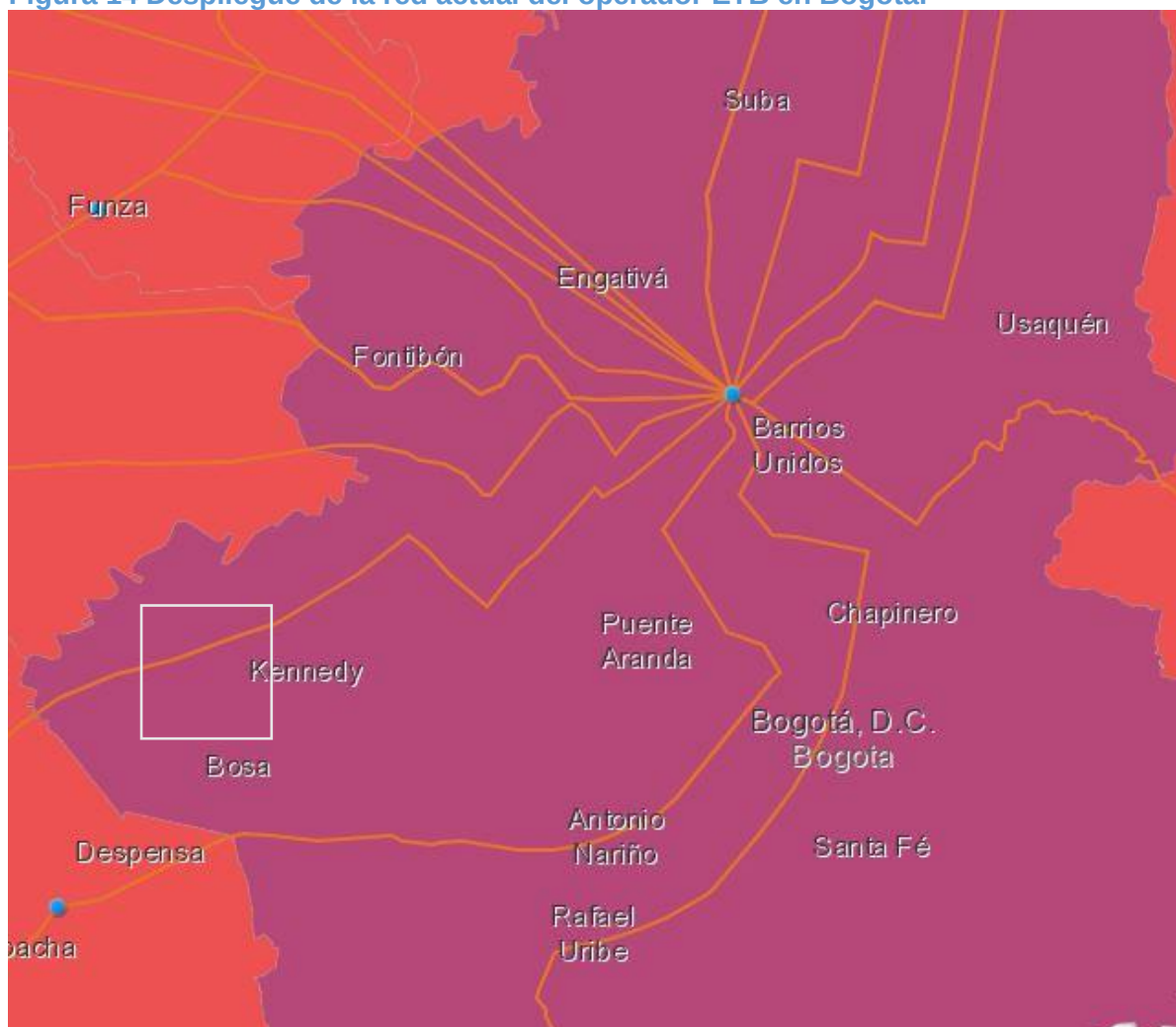
La cantidad de casas totales es de 1620 sumando los cuatro conjuntos residenciales de la zona. En definitiva, el barrio Chicalá cuenta con 3276 viviendas y según el último censo efectuado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE en Colombia “el tamaño promedio de los hogares en Colombia es de 3,1 personas”¹⁹ de lo cual se puede estimar que la cantidad aproximada de habitantes que se podrían beneficiar serían 10000 habitantes en dado caso que todas las viviendas del barrio optaran por adquirir el servicio de acceso por tecnología GPON.

Este proyecto no elabora un estudio de viabilidad ni factibilidad, por lo que para la elaboración del diseño de la red se basa en supuestos sobre una cantidad de viviendas escogida arbitrariamente (2000) puesto que se considera que varios hogares preferirían seguir en el servicio que actualmente vienen adquiriendo.

Operadores como ETB, Claro, Tigo y Movistar quienes son los más grandes operadores en ofrecer servicios de banda ancha en fibra para hogares tiene una gran infraestructura desplegada por toda la ciudad, por ejemplo, en siguiente figura se puede visualizar el despliegue de red de ETB en la ciudad de Bogotá, el recuadro blanco indica la zona en la que está ubicado el barrio Chicalá.

¹⁹ DANE

Figura 14 Despliegue de la red actual del operador ETB en Bogotá.



Fuente: Mapa de despliegue de fibra ETB

Observando el mapa más detalladamente (figura 17) se puede apreciar que la red principal de fibra (línea roja) pasa a una distancia aproximada de 360m (línea blanca) hasta los límites del barrio (línea naranja) y hasta un punto central alrededor de 550m (línea azul oscura) escogido arbitrariamente, desde este último punto se desprende la red de fibra que conectará al OLT y este finalmente distribuirá la solución GPON - FTTH a los ONT de los abonados (línea azul claro). El OLT desprenderá las diferentes ramificaciones o ODNs hasta los ONT ubicados en las residencias de los abonados. Partiendo de la información anterior, se hace el cálculo de la cantidad de fibra que debe ser desplegada para llegar a los 2000 abonados de la siguiente manera:

$$CANTIDAD DE FIBRA = 550mts \text{ (distancia red fibra principal - OLT)} + 1 \text{ puerto } 16 \text{ abonados (4.2Km)} * 7 + 1 \text{ puerto } 24 \text{ abonados (5.8Km)} * 50 + 1 \text{ puerto } 48 \text{ abonados (10.6Km)} * 15 = 478.9Km$$

A lo anterior se añade una tolerancia de 20km dada la cantidad de fibra necesaria para el despliegue de la solución para un total de 500Km de fibra.

Figura 15 Despliegue solución desde red principal de fibra hasta ONT



Fuente: Diseño propio elaborado a partir de la herramienta Google Earth.

La arquitectura de la solución propuesta parte de las prácticas reales en el diseño de las redes GPON, dentro de las consideradas para este proyecto está que cada puerto del OLT debe soportar un máximo de 64 abonados y debe haber dos niveles de splitters ópticos con el fin de atenuar la potencia que llega al ONT para que pueda operar en condiciones ideales, en este orden de ideas, la potencia deseable para que el ONT pueda operar oscila entre -8 dB hasta -27 dB. No obstante, se diseña la arquitectura basados en la banda ancha que los abonados van a contratar que para este proyecto se establecen tres posibles bandas ancha que son de 150 Mbps, 100 Mbps y 50 Mbps. Estos valores son sacados haciendo el siguiente cálculo:

$$\frac{VELOCIDAD MÁX PUERTO}{\# ABONADOS} = BANDA ANCHA OFRECIDO$$

$$OPCIÓN 1 \rightarrow \frac{2,5 Gbps}{16} = 156,25 Mbps \approx 150 Mbps$$

$$OPCIÓN 2 \rightarrow \frac{2,5 \text{ Gbps}}{24} = 104,16 \text{ Mbps} \approx 100 \text{ Mbps}$$

$$OPCIÓN 3 \rightarrow \frac{2,5 \text{ Gbps}}{48} = 52,83 \text{ Mbps} \approx 50 \text{ Mbps}$$

Cada puerto ofrecerá la misma banda ancha a todos los abonados que estén conectados a él como se muestra a continuación:

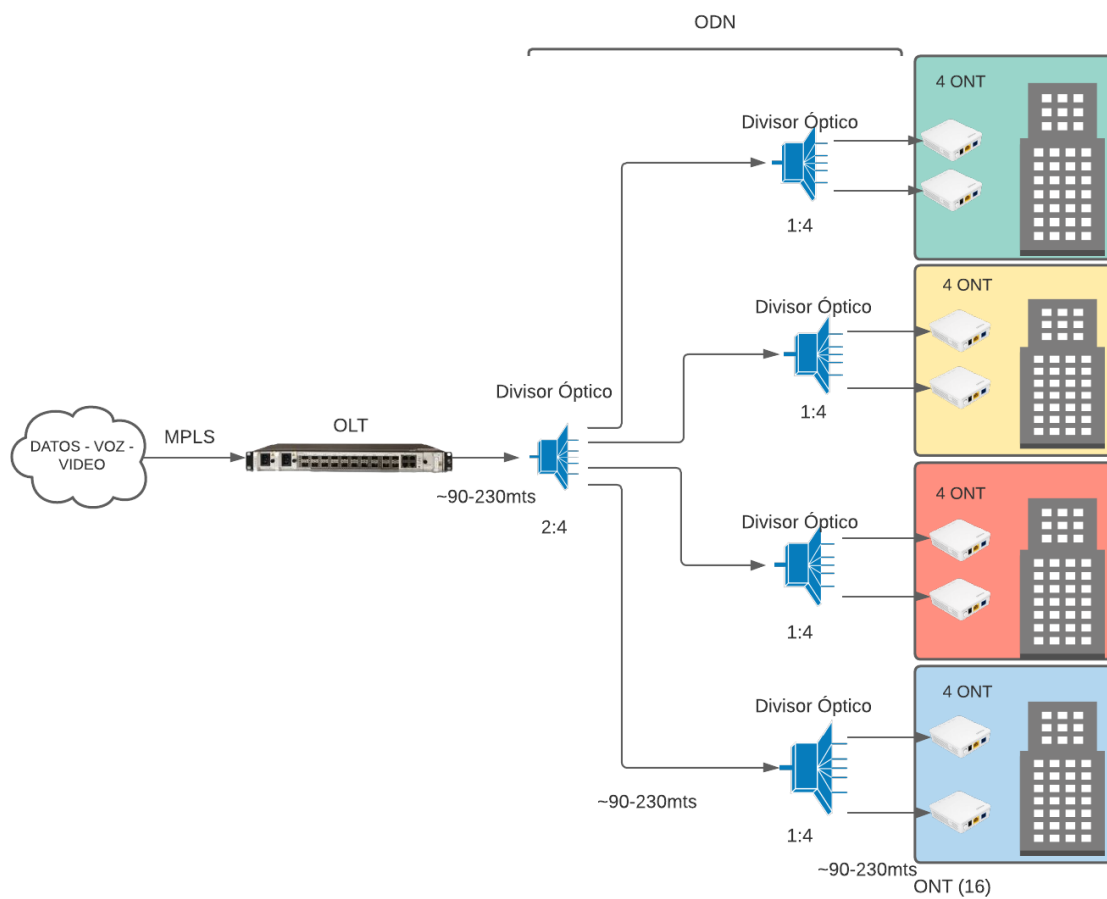
Tabla 4. Disposición puertos OLT

OPCIONES	BANDA ANCHA (Mbps)	NÚMERO ABONADOS / PUERTO	ESTIMADO DE ABONADOS	PUERTOS NECESARIOS
1	150	16	100	7
2	100	24	1200	50
3	50	48	700	15

Basados en la información anterior, son necesarios un total de 72 puertos, es decir, un dispositivo OLT que cuente con mayor cantidad de puertos para cumplir con el número estimado de abonados (2000) que se espera puedan verse beneficiados con este proyecto. Otro de los factores importantes debe ser el tipo o el esquema de protección que va a ser instaurado en la red, para este caso se va a utilizar el esquema de protección tipo B que conta de las siguientes características: Se requiere 1 splitter de 2x4 para el primer tramo de la red (OLT – 1er Splitter) donde las 2 entradas del splitter va a ser una para el canal principal con estado ACTIVO mientras que la entrada faltante va a ser otro puerto OLT cuyo estado será STANDBY. Por consiguiente, se deben disponer de no sólo 72 puertos disponibles en el mismo dispositivo OLT sino de 144 puertos.

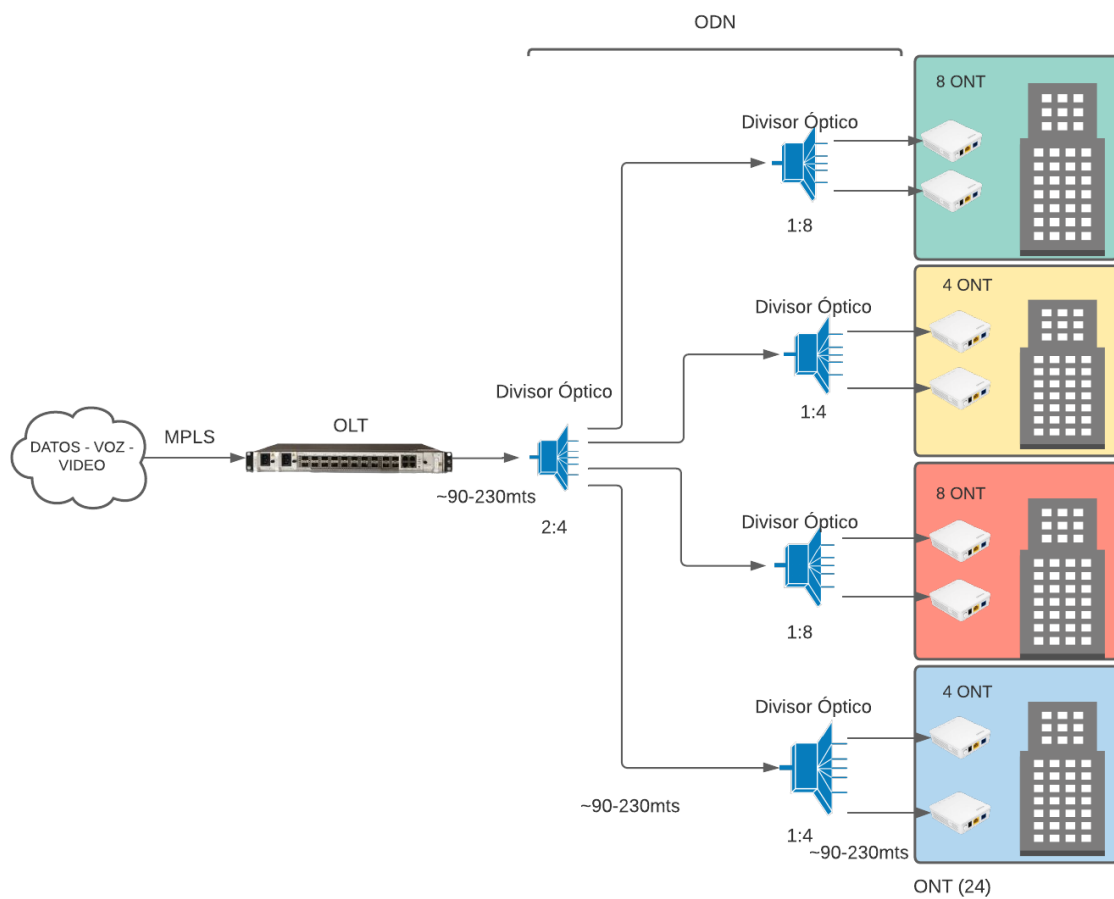
Finalmente, se presenta la distribución de la red partiendo de la arquitectura de cada una de las opciones por puerto con el fin de generalizar la distribución de toda la solución según la tabla de disposición puertos OLT.

Figura 16 Diseño opción 1 banda ancha de 150 Mbps, 16 abonados por puerto.



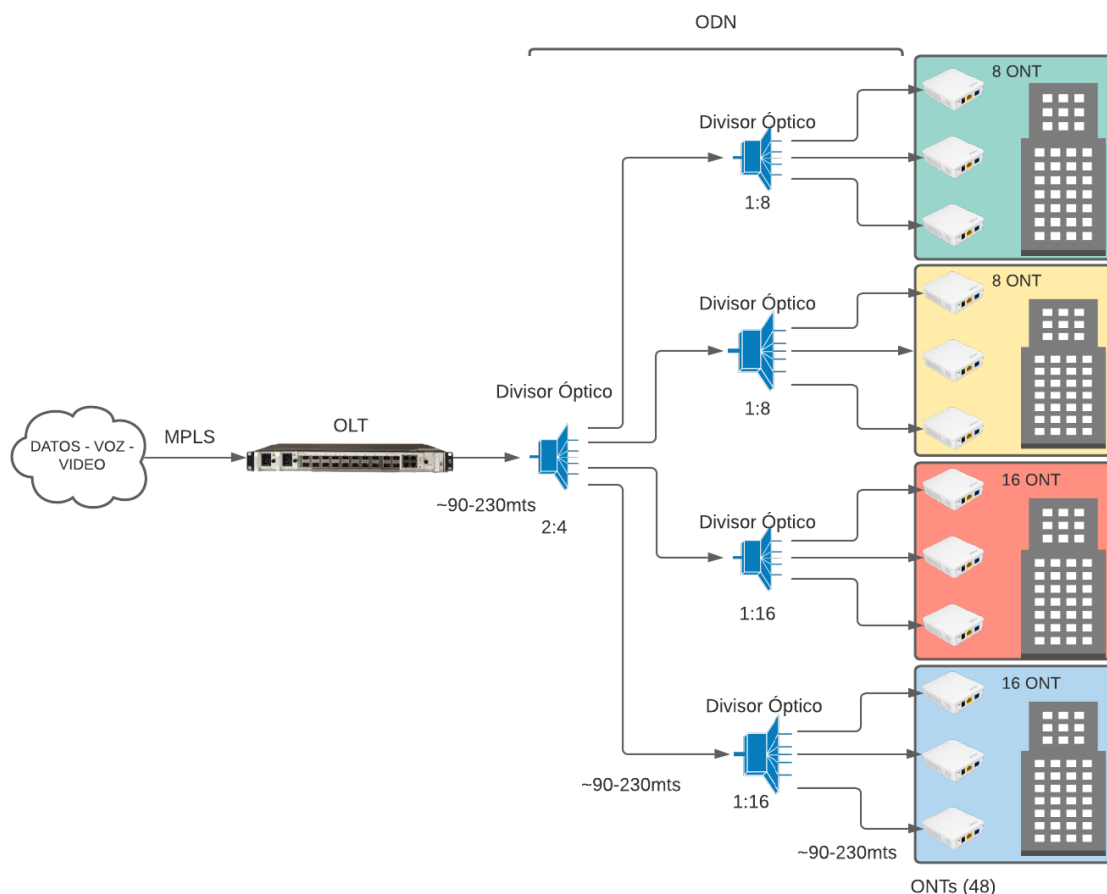
Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Lucidchart

Figura 17 Diseño opción 2 banda ancha de 100 Mbps, 24 abonados por puerto.



Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Lucidchart

Figura 18 Diseño opción 3 banda ancha de 50 Mbps, 48 abonados por puerto.



Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta Lucidchart

4.2 PRESUPUESTO ÓPTICO

El presupuesto óptico se calcula con base en la potencia que deben tener los dispositivos para que funcionen de una manera adecuada, de este modo, con la correcta alimentación óptica se garantiza al abonado un mejor servicio.

En primer lugar, se debe identificar la potencia en dB en los dispositivos OLT y ONT, esta información es suministrada por el fabricante. Para este proyecto el dispositivo OLT pertenece a la clase B+, por consiguiente, la potencia media de transmisión está entre +1,5dB y +5 dB mientras que el dispositivo ONT debe tener una sensibilidad en un rango de -8 dB a -27 dB para que opere de una manera óptima.

En segundo lugar, hay que reconocer las pérdidas de potencia óptica que se presentan a lo largo de la distribución de la red. Los divisores de potencia óptica generan una pérdida significativa de acuerdo con la relación entrada/salida de estos. En la siguiente tabla se presenta la información correspondiente según los divisores para este diseño:

Tabla 5. Pérdida de potencia según tipo de divisor óptico

TIPO DE DIVISOR	PÉRDIDA DE POTENCIA (dB)
1:4	7,5
1:8	10,7
1:16	13,7

La información relacionada con la fibra y los splitters en los siguientes enlaces:

- Fibra óptica: <https://storage.googleapis.com/cablematic-media/files/fk03600-01.pdf>
- Splitter 2:4: <https://www.furukawalatam.com/es/versao-et-pdf/divisor-optico-2xn-equilibrado>

Es importante determinar la distancia entre el OLT y ONT para calcular la pérdida de la fibra por Km, en este caso, la distancia varía entre la ubicación de los OLT con, primero, la ubicación geográfica de cada conjunto residencial y segundo, con la ubicación del ONT en cada abonado partiendo de si el tipo de vivienda es casa o apartamento, y en caso tal sea este último, el piso en el cual se ubique. Por este motivo se ubican los OLT en una ubicación central en el barrio de tal modo la disposición de los conjuntos sea relativamente la misma, exceptuando unos pocos, y así asignar una distancia máxima aproximada que será utilizada para el cálculo del presupuesto óptico, partiendo de la información presentada anteriormente se establece una distancia de 600m promedio para cada conjunto/vivienda. Otros factores fundamentales para la atenuación de la potencia son:

- Atenuación de conectores que en total son 5 por enlace (~1,5 dB).
- Atenuación por inserción que incluye las longitudes de onda (~1,7 dB).
- Atenuación por empalme por fusión (-3dB)
- Se considera tener un margen de seguridad adicional de -3dB.

De acuerdo con la información recolectada, se procede a hacer el cálculo del presupuesto óptico para esta solución basados en la siguiente fórmula:

$$Prx = Ptx - Acon - Ains - As1 - As2 - Aemp - Ms$$

Donde,

P_{rx} = potencia que recibe el ONT.

P_{tx} = potencia de transmisión del OLT.

A_{con} = atenuación por conectores.

A_{ins} = atenuación por inserción de longitud de onda.

A_{s1} = Atenuación por splitter de primer grado

A_{s2} = Atenuación por splitter de segundo grado

A_{emp} = Atenuación por empalme de fusión

M_s = Margen de seguridad

La fórmula con los valores teóricos para la opción 1 que consta de dos splitters 1:4 uno para primer grado y otro para segundo grado sería:

$$P_{rx} = +5dB - 1,5dB - 1,7dB - 7,5dB - 7,5dB - 1,2dB - 3dB$$

$$P_{rx} = -17,4 \text{ dB}$$

La opción 2 a diferencia de la opción 1 maneja dos tipos de splitters diferentes de segundo grado: dos splitters 1:4 y los dos restantes 1:8. Los cálculos para cada uno de los casos es el siguiente:

$$P_{rx} = +5dB - 1,5dB - 1,7dB - 7,5dB - 7,5dB - 1,2dB - 3dB$$

$$P_{rx} = -17,4 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = +5dB - 1,5dB - 1,7dB - 7,5dB - 10,7dB - 1,2dB - 3dB$$

$$P_{rx} = -20,6 \text{ dB}$$

Por último, la opción 3 maneja al igual que la opción 1 y 2 un splitter de primer grado 1:4, sin embargo, similar a la opción 2 en cuanto al segundo grado de splitter se refiere maneja dos tipos de splitter diferentes dos con una relación de 1:8 y los restantes de 1:16. El presupuesto óptico para ambos casos es el siguiente:

$$P_{rx} = +5dB - 1,5dB - 1,7dB - 7,5dB - 10,7dB - 1,2dB - 3dB$$

$$P_{rx} = -20,6 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = +5dB - 1,5dB - 1,7dB - 7,5dB - 13,7dB - 1,2dB - 3dB$$

$$P_{rx} = -23,6 \text{ dB}$$

Capítulo 5

Análisis bajo los Fundamentos PMBOK

5.1 GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN

5.1.1 ELABORACIÓN ACTA DE CONSTITUCIÓN

Es uno de los documentos más importantes de todo el proyecto debido a que éste constituye la existencia de el mismo. Su objetivo es identificar todos los procesos y actividades que se deben llevar a cabo en el proyecto e integrarlas para tener una visión inicial de lo que se debe hacer para cumplir con los objetivos del proyecto.

Para su realización se debe, en primer lugar, designar al director de proyecto ya que al ser el encargado debe junto con el equipo de trabajo estructurar de la manera más conveniente como será ejecutado el proyecto partiendo de supuestos. Posteriormente, se debe delimitar el alcance del proyecto, para esto se deben reunir las propuestas de los interesados que financian el proyecto y el director del proyecto, con la información recolectada se deben identificar los posibles stakeholders u otros interesados con los que se deberá generar acuerdos o alianzas para ejecutar el proyecto. Al mismo tiempo que se vayan identificando estos stakeholders, se debe ir coordinando cómo será la gestión de las reuniones con ellos y como debe ser el acta de estas reuniones que sea sencilla de interpretar y diligenciar con el fin de que la información recogida sea lo más clara posible.

Es importante contar con un juicio de expertos como apoyo a la toma de decisiones en esta fase de constitución que basados en su experticia puedan compartir su experiencia en proyectos afines en los que haya participado y así facilitar este proceso de definición preliminar del alcance, restricciones, supuestos, entre otros.

En el Anexo 1, se presenta el formato de acta de constitución elaborado para la iniciación de este proyecto.

La gestión de la integración también contempla los factores ambientales de la organización, por lo que se debe hacer un análisis profundo acerca de cuáles son los factores internos y externos, así como los regulatorios y reglamentarios que aplican en el país para no incurrir en faltas que puedan ser traducidas en penalizaciones y/o sanciones.

5.2 GESTIÓN ALCANCE

5.2.1 DESCRIPCIÓN Y ALCANCE DEL PRODUCTO

Este proyecto se centra en presentar una propuesta de diseño de una red GPON que mejore la prestación del servicio de internet, telefonía y televisión ofreciendo mejor banda ancha para los habitantes de los conjuntos residenciales del barrio Chicalá, ubicado en la localidad de Bosa, Bogotá. De este modo, se determinarán los elementos de red necesarios para el despliegue de la red estimando, arbitrariamente, un número de suscriptores que adquieran el servicio. Se determinará a su vez, el presupuesto de

potencia que indicará la banda ancha con la que contará cada usuario y el presupuesto económico aproximado que es requerido para la ejecución y despliegue de esta infraestructura.

Este proyecto no será destinado al número total de viviendas en la zona, de las 2908 viviendas, este proyecto estará beneficiando a 1800 inicialmente. Esta tecnología cuenta con facilidad en la escalabilidad en dado caso se requiera hacer una expansión de cobertura a más viviendas de dicho barrio.

5.2.1.1 REQUERIMIENTOS

- La solución final debe ser 100% en fibra óptica.
- Se debe garantizar la disponibilidad del servicio en un 99.5%
- El servicio de banda ancha ofrecido debe ser acorde con las normativas establecidas por la CRC y el MinTIC.
- Se establecen fechas específicas para el pago total del proyecto. El proyecto debe tener una duración de 4 meses donde se estima cancelar a tres cuotas: inicio del proyecto (35%), en la segunda semana del segundo mes (40%) y al momento de la entrega final de la solución (25%). Si en despliegue lo hace un proveedor.
- El tiempo establecido para el contrato del proyecto es de 3 años.
- El tendido debe ser por subsuelo como primera opción, sin embargo, de acuerdo con los estudios no se descarta que pueda ser ejecutado el proyecto por tendido aéreo.
- Todo el equipo necesario para la instalación y puesta en marcha de la solución se debe garantizar que sea nuevo con garantía del proveedor.
- Al finalizar el proyecto, se debe entregar la documentación de todo el proyecto con el respectivo plan de mantenimiento preventivo a 2 años.

5.2.1.2 ENTREGABLES

- Acta de presentación del proyecto.
- Prediseño de la red GPON con todos los componentes necesarios desde el OLT hasta el ONT.
- Cronograma con las actividades a desarrollar a lo largo del proyecto.
- Diseño final de la solución.
- Informe correspondiente a presupuestos de potencia para la banda ancha que va a ser ofrecida a los usuarios.
- Informe del presupuesto económico.
- Documentación de cierre del proyecto incluyendo cada una de las fases del proyecto junto con lecciones aprendidas.
- Acta de culminación de proyecto

5.2.1.3 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

- El diseño de la red debe cumplir con la regulación de redes.

5.2.1.4 EXCLUSIONES

- El desarrollo del proyecto no se encarga de observar la viabilidad ni factibilidad de este, únicamente del diseño de la red.
- Los fallos por fluido eléctrico no cuentan como indisponibilidad de implementación de la solución.
- No se instalará canalización nueva en los conjuntos residenciales, se utilizará la existente.

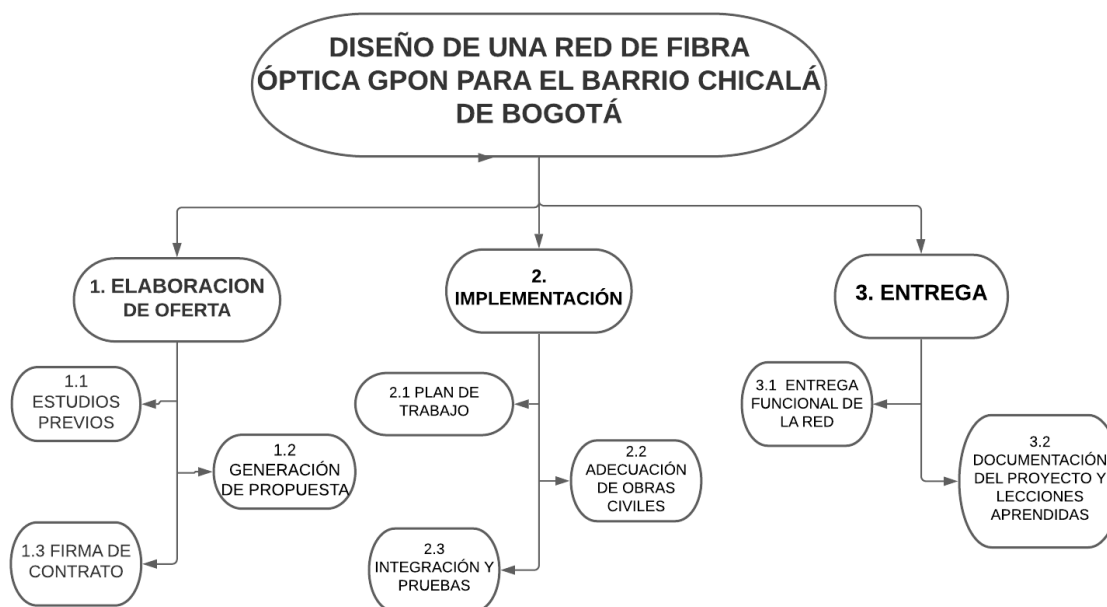
5.2.1.5 SUPUESTOS

- Los proveedores cuentan con el material requerido.
- Aceptación de la propuesta de diseño de la red en el tiempo establecido.
- El equipo de trabajo esté disponible en el tiempo definido para el desarrollo del proyecto.
- Contar con los recursos financieros en los tiempos acordados para el cumplimiento del proyecto.

5.2.1.6 ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DEL TRABAJO (EDT)

La Estructura de Descomposición del trabajo muestra la manera en la se va a dividir el proyecto en paquetes de trabajo para su desarrollo y de los cuales van a salir los entregables del proyecto. Se puede apreciar 3 paquetes de trabajo principales de los cuales se desprenden otra serie de paquetes o actividades fundamentales en todo el ciclo de vida del proyecto.

Figura 19 EDT



Fuente: Elaboración propia

5.3 GESTIÓN CRONOGRAMA

La elaboración del cronograma se basa en la EDT planteada en la gestión del alcance. En primer lugar, se establecen las actividades que contiene cada paquete de trabajo, para este proyecto se definen las siguientes actividades:

Tabla 6. Definición actividades y sus precedencias

ACTIVIDADES	ID	ACT. PREDECESORA
1.1.1 Estudio técnico para instalación de fibra	A	NINGUNA
1.1.2 Estudio técnico para cableado estructurado y ubicación de los dispositivos ONT	B	NINGUNA
1.1.4 Cotización de dispositivos OLT, ONT, entre otros	C	NINGUNA
1.1.5 Definición de proveedores materiales y equipos para la solución	D	C
1.2.1 Consolidación del proyecto y estudio económico	E	A-B-D

1.2.2 Presentación propuesta diseño de la solución general y por cada uno de los conjuntos	F	E
1.3.1 Aceptación de propuesta y firma del contrato	G	F
2.1.1 Asignación de Project Manager y equipo de trabajo	H	G
2.1.2 Entrega de documentación del levantamiento de la información efectuados en los estudios preliminares	I	F-H
2.1.3 Liberación y aprobación de presupuesto	J	H-I
2.1.4 Generación de ordenes de trabajo	K	J
2.1.5 Activación de gestión de compra de dispositivos cotizados	L	J-K
2.2.1 Tramite de permisos ante las empresas de vías o energía para obra civil	M	L
2.2.2 Construcción de fibra	N	M
2.2.4 Tramite de permisos de ingreso a los conjuntos residenciales	O	N
2.2.6 Despliegue de la solución	P	M-N-O
2.3.1 Prueba de conectividad alámbrica	Q	P
2.3.1 Pruebas de conexión a red WIFI	R	Q
3.1.1 Entrega funcional de la solución	S	Q-R
3.2.1 Entrega documentación del proyecto y lecciones aprendidas	T	S
3.2.2 Firma de acta de entrega y cierre del proyecto	U	S

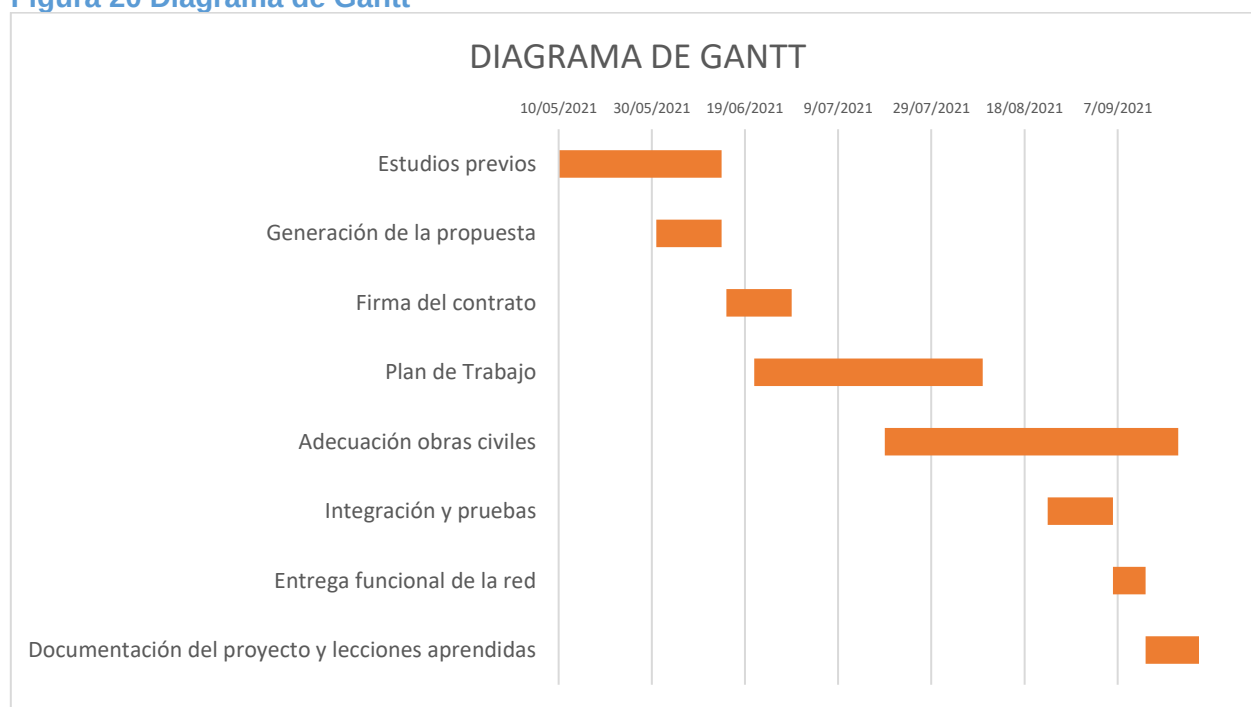
Estas actividades posteriormente son plasmadas en un diagrama de ruta crítica. El diagrama de ruta crítica es de vital importancia en la gestión de proyecto debido a que nos indica la duración total del proyecto a partir de la duración de cada una de las actividades, que para este proyecto será definidas en semanas. Además, identifica las actividades que deben cumplirse estrictamente en tiempos establecidos y cuales, por el contrario, tienen mayor flexibilidad debido a su holgura.

En el Anexo 2, se puede visualizar la ruta crítica definida para el proyecto. Nótese que fueron definidas 21 actividades de las cuales C, D, E, F, G, J, L, N, P, Q, R, S y U pertenecen a la ruta crítica por tanto deben cumplir las fechas establecidas en el cronograma rigurosamente contrario a las actividades A, K, M y O quienes tienen una

holgura entre 1 y 2 semanas para un inicio tardío de la actividad y poder finalizar a tiempo para el inicio de la actividad que le precede y no alterar el cronograma.

El cronograma establecido con las fechas en las que deben ser efectuadas cada una de las actividades se muestra en el Anexo 3. Una de las herramientas más útiles que son integradas en la gestión del Cronograma es diagrama de Gantt elaborado a partir de la duración de las actividades en días según el paquete de trabajo y las fechas en las cuales se debe estar realizando dichas actividades, basado en la información anterior se presenta el diagrama diseñado para este proyecto junto las tabla que indica la duración de la actividad.

Figura 20 Diagrama de Gantt



Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Descripción paquetes de trabajo según fechas de realización.

PAQUETE	DURACIÓN (Días)	Fecha Inicio	Fecha Finalización
Estudios previos	35	10/05/2021	28/05/2021
Generación de la propuesta	14	31/05/2021	11/06/2021
Firma del contrato	14	15/06/2021	18/06/2021
Plan de Trabajo	49	21/06/2021	23/07/2021

Adecuación obras civiles	63	19/07/2021	20/08/2021
Integración y pruebas	14	23/08/2021	3/09/2021
Entrega funcional de la red	7	6/09/2021	10/09/2021
Documentación del proyecto y lecciones aprendidas	14	13/09/2021	30/04/2024

Este proyecto está diseñado para ser desplegado en 5 meses (20 semanas) donde se trabajará de lunes a viernes con un horario laboral de 8 horas. En el diagrama de Gantt están incluidos sábados, domingos y festivos, pero se hace la anotación de que no cuentan cómo días laborales. Los días laborales en total suman 94 para un total en horas de 752 que serán las destinadas para cumplir con el cronograma del proyecto

5.4 GESTIÓN COSTOS

Para la estimación de los costos se toma en cuenta los recursos de infraestructura necesarios para el despliegue de la solución, los recursos humanos y los otros costos como los operativos que tienen que ver como lo son logística, utilización de infraestructura de terceros y lo relacionado con el presupuesto destinado para mantenimiento de la solución. Los costos por infraestructura definidos para este proyecto son los siguientes:

Tabla 8 Tabla general de costos de infraestructura

COSTOS DE INFRAESTRUCTURA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	MONEDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
ONT Huawei EchoLife EG8247H5	UNID	COP	2000	\$300.000	\$600.000.000
OLT Huawei EA5800-X15	UNID	COP	1	\$33.000.000	\$33.000.000
FIBRA ÓPTICA DUPLEX	KILOMETRO	COP	500	\$1.650.000	\$825.000.000
CAJA DE EMPALME	UNID	COP	30	\$70.000	\$2.100.000
SPLITTER ÓPTICO 2:4 SC/APC	UNID	COP	72	\$135.000	\$9.720.000
SPLITTER ÓPTICO 1:4 SC/APC	UNID	COP	272	\$25.000	\$6.800.000
SPLITTER ÓPTICO 1:8 SC/APC	UNID	COP	130	\$35.000	\$4.550.000
SPLITTER ÓPTICO 1:16 SC/APC	UNID	COP	30	\$60.000	\$1.800.000

MEDIDOR DE POTENCIA ÓPTICA	UNID	COP	3	\$430.000	\$1.290.000
OTDR	UNID	COP	2	\$8.000.000	\$16.000.000
EMPALMADOR ÓPTICO POR FUSIÓN	UNID	COP	2	\$8.000.000	\$16.000.000
INSTALACION FIBRA OPTICA	HORAS	COP	120	\$315.000	\$37.800.000
LOGISTICA	HORAS	COP	120	\$63.000	\$7.560.000
UTILIZACION DE POSTERIA Y/O DUCTERÍAS	MES	COP	60	\$60.000	\$3.600.000
INSTALACION DE OLT-ONT	UNID	COP	6	\$70.000	\$420.000
MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO	MES	COP	55	\$780.000	\$42.900.000
				TOTAL COP	\$1.608.540.000

Estos costos son consumidos casi en su totalidad en la fase de implementación ya que esta fase activa la gestión de compras para adquirir estos materiales y dispositivos.

Con respecto al costo del proyecto por recursos humanos se deben definir los cargos necesarios partiendo de las necesidades en cada una de las áreas que intervienen como se muestra a continuación:

Tabla 9 Costos recursos humanos

COSTOS RECURSOS HUMANOS					
CARGO	CANTIDAD	TIEMPO (MESES)	SALARIO BASE	FACTOR PRESTACIONAL	COSTO TOTAL
GERENTE DE PROYECTO	1	36	\$8.176.734	\$4.333.669	\$156.012.085
PROFESIONAL INTEGRACIÓN DE SERVICIOS	1	36	\$4.542.630	\$2.407.594	\$86.673.380
PROFESIONAL IMPLANTACIÓN	1	5	\$4.542.630	\$2.407.594	\$12.037.970
ASESOR JURÍDICO	1	5	\$4.542.630	\$2.407.594	\$12.037.970
GESTOR DE COMPRAS	1	5	\$4.542.630	\$2.407.594	\$12.037.970
AUXILIAR ADMINISTRATIVO	1	36	\$2.725.578	\$1.444.556	\$52.004.028

SUPERVISOR DE OBRA	1	2	\$2.725.578	\$1.444.556	\$2.889.113
TÉCNICO DE TELECOMUNICACIONES	5	5	\$2.725.578	\$1.444.556	\$36.113.909
	2	31	\$2.725.578	\$1.444.556	\$89.562.493
TOTAL				\$34.523.988	\$459.368.916

Los costos por salarios se incrementan en la fase de implementación de la solución debido a que entran a operar los cargos netamente operativos. Los salarios base son obtenidos a partir del documento Manual de Referencia de Tarifas para Ingeniería Tercera Edición basados en la cantidad de salarios mínimos mensuales legales vigentes según el escalafón.

La gestión de costos adicionalmente presenta dos tablas denominadas CAPEX y OPEX. Estas dividen los recursos de infraestructura en dos de tal manera que en CAPEX incluyen todos los equipos o materiales que deben ser adquiridos mientras que OPEX contiene los costos operativos relacionados a permisos y arriendos que deben ser pagados por el despliegue de la solución en infraestructura no propia o que deba ser instalada, también los costos de la logística de transporte de los insumos y finalmente todo lo relacionado a mantenimiento preventivo y correctivo de la solución una vez sea entregada funcionalmente hasta la terminación del contrato.

Tabla 10. Capex

CAPEX					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	MONEDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
ONT Huawei EchoLife EG8247H5	UNID	COP	2000	\$ 300.000	\$ 600.000.000
OLT Huawei EA5800-X15	UNID	COP	1	\$33.000.000	\$ 33.000.000
FIBRA ÓPTICA	KILOMETRO	COP	500	\$ 1.650.000	\$ 825.000.000
CAJA DE EMPALME	UNID	COP	10	\$ 70.000	\$ 700.000
SPLITTER ÓPTICO 2:4 SC/APC	UNID	COP	72	\$135.000	\$9.720.000
SPLITTER ÓPTICO 1:4 SC/APC	UNID	COP	344	\$ 25.000	\$ 8.600.000
SPLITTER ÓPTICO 1:8 SC/APC	UNID	COP	130	\$ 35.000	\$ 4.550.000
SPLITTER ÓPTICO 1:16 SC/APC	UNID	COP	30	\$ 60.000	\$ 1.800.000

MEDIDOR DE POTENCIA ÓPTICA	UNID	COP	3	\$ 430.000	\$ 1.290.000
OTDR	UNID	COP	2	\$ 8.000.000	\$ 16.000.000
EMPALMADOR ÓPTICO POR FUSIÓN	UNID	COP	2	\$ 8.000.000	\$ 16.000.000
INSTALACION FIBRA OPTICA	HORAS	COP	120	\$ 315.000	\$ 37.800.000
INSTALACION DE OLT- ONT	UNID	COP	6	\$ 70.000	\$ 420.000
				TOTAL	\$ 1.554.880.000

Tabla 11. Opex

OPEX					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	MONEDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
LOGISTICA	HORAS	COP	10	\$63.000,0	\$630.000,0
UTILIZACION DE SUBSUELO / POSTERIA	MES	COP	60	\$60.000,0	\$2.160.000,0
MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO	MES	COP	60	\$780.000,0	\$28.080.000,0
				TOTAL	\$30.870.000,0

Una vez estimado el costo del proyecto, se estipula un presupuesto total para garantizar que se cumpla a cabalidad con los objetivos de éste.

Tabla 12 Presupuesto

COSTOS TOTALES	\$2.067.908.916,12
IMPREVISTOS	10%
PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO	\$2.274.699.807,73

Como se puede observar se estima que para desarrollo del proyecto se requieren \$2.274.699.807,73 COP, aproximándolo a una cifra de \$2.275.000.000,00 COP.

5.5 GESTIÓN DE CALIDAD

Por medio de los planes evaluados en la planeación del proyecto, se puede tener un control muy enfocado en el cumplimiento de los requerimientos durante la ejecución del proyecto y de esa manera ofrecer al cliente un servicio de actualización que cuente con las especificaciones solicitadas. La gestión de la calidad debe asegurar que el proyecto se desarrolle de tal forma que exista el aseguramiento de la calidad por lo cual debe existir un plan de gestión de la calidad donde se pueda verificar que cada actividad y proceso efectuado cumpla con las métricas establecidas.

En principio, los procesos de entrada para desarrollar el plan de gestión son:

- Alcance del proyecto
- Requisitos
- EDT
- Riesgos identificados
- Interesados identificados

Con esta información se puede elaborar el Plan de Gestión de Calidad el cual está compuesto en su estructura por: la descripción del plan, planificación del proceso de calidad, aseguramiento de la calidad, control de la calidad y la mejora continua. Es este orden de ideas, se presenta a continuación el formato elaborado para este plan.

Tabla 13. Plan de Gestión de la Calidad

PLAN DE GESTIÓN CALIDAD				
LOGO	Elaborado por:	Camilo Iguavita	Fecha:	10/03/2021
	Nombre del proyecto:	DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA GPON PARA EL BARRIO CHICALÁ DE BOGOTÁ		
1. PLANIFICACIÓN DE LA CALIDAD				
Dar las directrices base que se tendrán en cuenta en todo el ciclo de vida del proyecto para garantizar que el producto cumpla con los más altos estándares de calidad y asegurar la satisfacción de todas las partes interesadas. Para lograr este objetivo, se hace indispensable el uso de la herramienta para la mejora continua Ciclo Deming el cual contempla 4 fases: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar.				
2. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD				
Cada área dentro del proyecto va a contar con un responsable, a parte del director del Proyecto. Los designados deben asegurar que cada actividad y procesos se hagan conforme a los objetivos y tiempos establecidos para cada uno de ellos. Se debe hacer seguimiento periódico (semanal o quincenal) para validar y garantizar el avance del proyecto y para que los entregables estén listos en las fechas programadas.				

3. CONTROL DE LA CALIDAD
Implica la revisión y evaluación de la información obtenida del proceso de aseguramiento de la calidad. Este proceso requiere un alto grado de responsabilidad y exactitud para garantizar y generar confianza en los interesados de que el proyecto se está ejecutando conforme los requerimientos de este. Una vez identificado un problema/ falla en algún proceso, se debe determinar la causa raíz para definir cuál es el tratamiento adecuado que se le va a dar según su nivel de riesgo (acciones correctivas o preventivas).
4. MEJORA CONTINUA
El plan de mejora continua debe hacer una comparación profunda entre lo que se tiene al momento de las evaluaciones de los procesos y lo que se esperaba tener hasta la fecha. Para hacer esta validación es necesario contar con el alcance, objetivos, la EDT, el cronograma de actividades y las evaluaciones de control de calidad. Las auditorías toman un papel importante en toda la gestión de la calidad, éstas nos brindan un panorama más amplio sobre lo que se tiene y se espera dando análisis y alternativas para la toma de decisiones futuras, nos ayudan a proyectar mejores resultados por medio de diferentes factores como la optimización de procesos, evaluación de todo lo relacionado con infraestructuras y equipos de telecomunicaciones, entre otros.

Basados en las definiciones contenidas en el Plan de Gestión de la Calidad, se debe tener en cuenta que para realizar los respectivos análisis es primordial generar métricas de calidad para cada proceso, éstas deben ser medibles cuantitativamente para hacer las respectivas mediciones sobre si las posibles desviaciones del proyecto, la productividad y desempeño de los trabajadores, entre otros.

Cuando se detecta una oportunidad de mejora en algún proceso, se debe diligenciar un documento de solicitud de cambios para actualizar a todo el equipo de trabajo y a los grupos de interés para conceptualizar estas oportunidades y debatir si es factible o no hacer ese cambio basado en los costos y las repercusiones al mismo. En cuanto a costos, el seguimiento de la gestión de calidad genera un breve incremento en los costos del proyecto debido a que se debe contar con personal experto en normas de calidad en temas de instalación y servicios de telecomunicaciones para el despliegue y funcionamiento de este despliegue de soluciones, de esta manera, se hace indispensable la contratación de ese servicio que incluya un plan de calidad y un seguimiento por medio de auditorías para garanticen que el proyecto cumpla tanto con los requerimientos iniciales junto con los SLA.

5.6 GESTIÓN DE LOS RECURSOS

Se habla de recursos cuando se hace referencia a todo los materiales o insumos necesarios para llevar a cabo una actividad. Pero no sólo se queda en eso, se basa también en el personal idóneo para que esta actividad se haga de una manera adecuada con miras a asegurar la culminación de la actividad con éxito. Basados en el desarrollo de este proyecto, el Recurso Humano es requerido en todo el ciclo de vida del proyecto dado que todas las actividades de todas las áreas van a tener que contar con el personal cuyas capacidades y conocimiento deben ser aplicadas en todo momento mientras que los recursos físicos, se activan una vez inicia el proceso de comprar para, en primer lugar, adquirirlos y posteriormente, comenzar el plan de despliegue de la red.

5.6.1 Recursos físicos y materiales

Los recursos de un proyecto se definen en dos segmentos: Los físicos o de infraestructura y los recursos humanos.

Los recursos físicos son todos aquellos materiales y servicios que son necesarios para el despliegue de la solución, es decir, la fibra óptica, dispositivos como el OLT y ONT, entre otros. A continuación, se presenta la tabla correspondiente a estos recursos físicos:

Tabla 14. Desglose De Recursos

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
ONT Huawei EchoLife EG8247H5	UNID	2000
OLT Huawei EA5800-X15	UNID	1
FIBRA ÓPTICA DUPLEX	KILOMETRO	500
CAJA DE EMPALME	UNID	10
SPLITTER ÓPTICO 2:4 SC/APC	UNID	72
SPLITTER ÓPTICO 1:4 SC/APC	UNID	274
SPLITTER ÓPTICO 1:8 SC/APC	UNID	130
SPLITTER ÓPTICO 1:16 SC/APC	UNID	30
MEDIDOR DE POTENCIA ÓPTICA	UNID	3
OTDR	UNID	2

EMPALMADOR ÓPTICO POR FUSIÓN	UNID	2
INSTALACION FIBRA OPTICA	HORAS	120
LOGISTICA	HORAS	120
UTILIZACION DE POSTERIA Y/O DUCTERÍAS	MES	60
INSTALACION DE OLT- ONT	UNID	6
MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO	MES	55

Los recursos humanos definen los cargos del personal que se desempeña en el proyecto junto con los perfiles profesionales que deben tener los aspirantes. Para este proyecto, la selección del personal es externa, es decir, se contratará personal nuevo para estos puestos. Los perfiles profesionales que se requieren son:

5.6.2 Recursos humanos

Los recursos humanos definen los cargos del personal que se desempeña en el proyecto junto con los perfiles profesionales que deben tener los aspirantes. Para este proyecto, la selección del personal es externa, es decir, se contratará personal nuevo para estos puestos. Los perfiles profesionales que se requieren con su respectivo escalafón basados en el Manual de Referencia de Tarifas para Ingeniería Tercera Edición²⁰ son:

➤ **Gerente de proyecto (escalafón 5)**

Posgrados en gerencia de proyectos o afines.

Mínimo 3 años de experiencia certificados haciendo parte del equipo de trabajo de proyecto enfocados a diseño e implementación de redes de telecomunicaciones y 1 año desempeñándose como Gerente de proyectos.

Profesional en Ingeniería de telecomunicaciones, electrónica o afines.

Conocimientos en metodologías ágiles, PMP, ITIL.

➤ **Profesional de Integración de servicios (escalafón 7)**

Profesional en Telecomunicaciones, Sistemas o carreras afines.

Mínimo 3 años de experiencia en implementación y/o gestión de proyectos.

Especialización en gerencia de proyecto o afines.

Preferible con conocimientos o certificaciones en: PMP, ITIL, METODOLOGIAS AGILES, CCNA.

Debe ser una persona resolutiva, dinámica, proactiva, trabajo en equipo y con habilidades de comunicación.

²⁰ Manual de Referencia de Tarifas para Ingeniería Tercera Edición

➤ **Profesional Implantación (escalafón 7)**

Profesional en Telecomunicaciones o carreras afines. Certificado en: CCNA, CCNP, ITIL. Mínimo 3 años de experiencia en soporte técnico, instalación y puesta en marcha en servicios de telecomunicaciones.

Debe ser una persona resolutiva con habilidades de comunicación, proactivo y dinámico.

➤ **Asesor Jurídico (escalafón 7)**

Profesional en Derecho.

Mínimo 3 años de experiencia asesorando proyectos.

Conocimientos en asesorías jurídicas y reglamentación de las TIC.

➤ **Gestor de compras (escalafón 7)**

Profesional en economía, finanzas, negocios internacionales o carreras afines.

Mínimo 3 años de experiencia en ejecución de proyectos de planeación tanto públicos como privados.

Preferible con conocimientos o certificaciones en: ITIL, METODOLOGIAS AGILES Y LEYES Y/O ESTANDARES ECONOMICOS.

➤ **Auxiliar administrativo (escalafón 8)**

Técnico, tecnólogo o estudiante de máximo 5 semestre de carreras administrativas.

Experiencia de 1 año en cargos de auxiliar administrativo o afines.

Conocimientos en herramientas de office y gestión documental.

➤ **Técnico de telecomunicaciones (escalafón 8)**

Tecnólogo o Profesional en Telecomunicaciones o carreras afines.

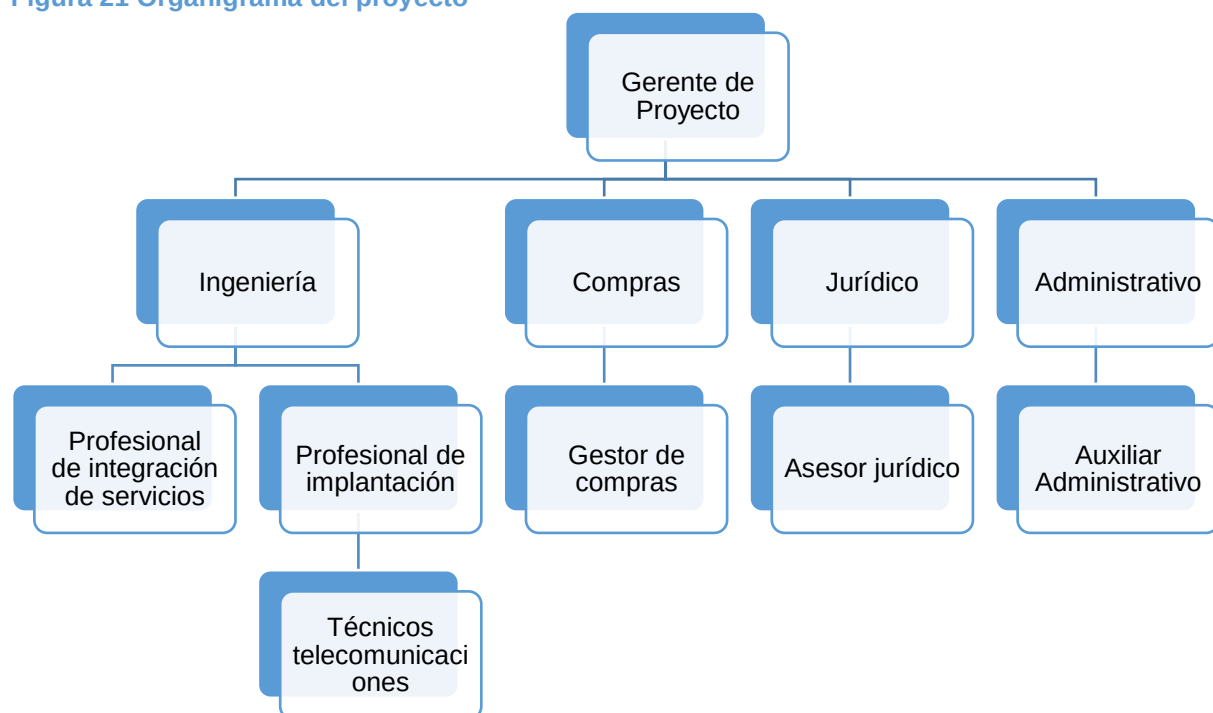
Mínimo 1 año de experiencia en manejo de herramientas ofimáticas.

Preferible con conocimientos en: redes de fibra óptica, CCNA Routing and Switching, medios de transmisión.

Con capacidad de trabajar en equipo, orientado a resultados, orientación al cliente y resolución de problemas.

El organigrama general del proyecto a partir de los perfiles profesionales establecidos queda de la siguiente manera:

Figura 21 Organigrama del proyecto



Fuente: Elaboración propia

La definición de los salarios se hace con base en el Manual de Referencia de Tarifas para Ingeniería Tercera Edición dónde a partir de un escalafón se tarifica el salario del personal de acuerdo con la experiencia y el nivel de estudios que debe tener para desempeñar el cargo. De este modo, se presenta en la siguiente tabla la información salarial que va a tener lugar en este proyecto:

Tabla 15. Definición salarial

CARGO	ESCALAFON	SMMLV	SALARIO
DIRECTOR DE PROYECTOS	5	9	\$ 8.176.734
PROFESIONAL INTEGRACIÓN DE SERVICIOS	7	5	\$ 4.542.630
PROFESIONAL IMPLANTACIÓN	7	5	\$ 4.542.630
GESTOR DE COMPRAS	7	5	\$ 4.542.630
ASESOR JURÍDICO	7	5	\$ 4.542.630
AUXILIAR ADMINISTRATIVO	8	3	\$ 2.725.578

TÉCNICO DE TELECOMUNICACIONES	8	3	\$ 2.725.578
-------------------------------	---	---	--------------

En cuanto al proceso de selección se refiere, se hará un proceso externo donde se publicarán las ofertas a través de motores de búsqueda de empleo, una vez la hoja de vida del postulante sea analizada y seleccionada para continuar con el proceso de selección se procederá a realizarse las siguientes actividades:

- Aplicación de pruebas psicotécnicas
- Pruebas de técnicas o de conocimiento del cargo a desempeñar.

Estas actividades serán el filtro previo a las entrevistas y se irá identificando los postulantes que más se acerquen al perfil requerido. Los seleccionados a continuar con este proceso posteriormente deben:

- Presentarse a realizar un assessment.
- Realizar la entrevista con el profesional encargado de la contratación y jefe directo.

Terminado este proceso de selección se procede a pedir al seleccionado toda la documentación relacionada con antecedentes judiciales, diplomas y certificaciones académicas. Adicionalmente, se remitirá a realizarse examen médico y se realizará la respectiva vinculación y afiliación a todo lo relacionado con seguridad social.

Para identificar los criterios de selección que deben ser tenidos en cuenta a la hora de realizar el proceso de contratación se presenta la siguiente tabla:

Tabla 16. Criterios de selección para el proceso de selección

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES	PESO PORCENTUAL
Prueba Psicotécnica	Miden capacidad futura de desempeño en criterios aptitudinales. Agilidad mental, lógica, razonamiento, orientación espacial	Test de personalidad: • Autocontrol • iniciativa Test de Inteligencia: Valoran nivel intelectual del candidato	15%
Pruebas técnicas	Medición de conocimientos técnicos a través de ejercicios o problemas prácticos.	Pruebas de conocimiento según el cargo	30%

Assessment	Pruebas de grupo que se desarrollan con la participación de sus miembros	Role playing Juegos de empresa Ejercicios de discusión grupal	25%
Entrevista	Análisis del perfil del candidato	• Indagar información del candidato • Comprobar que cumple con los requisitos exigidos • Examinar reacciones y actitudes • Comenzar por preguntas sencillas	30%

Se deben generar jornadas de capacitación previos a la constitución del proyecto para sensibilizar a todo el equipo de trabajo de cómo se desarrolla el proyecto, cuáles van a ser las actividades y los tiempos en los que deben ser ejecutadas, y demás temas que deben ser tenidos en cuenta en el transcurso del proyecto en busca del éxito de este.

5.7 GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES

La comunicación será constate entre todos los interesados con el fin de mitigar problemas entre los mismos y agilizar el tratamiento de la información en busca de que todos estén enterados del avance del proyecto garantizando su aprobación. Además, mejorar la comunicar efectiva, evitar generar riesgos o cambios que se vayan presentando en cualquier fase de desarrollo del proyecto.

Con el objetivo de garantizar que toda la información llegue a todos y cada uno de los interesados, se efectuarán una serie de reuniones periódicas donde se expondrá el avance del proyecto y se recopilarán todas los posibles cambios, mejoras, observaciones, dudas y sugerencias por parte de los stakeholders para que sean estudiadas y analizadas a detalle de tal manera que sean respondidas a la mayor brevedad posible evitando retrasos con el cronograma del proyecto y si son cambios o mejoras aplicables al proyecto, que no se distancie del objetivo y alcance estipulados en la planificación del proyecto.

Tabla 17 Cronograma Gestión De Reuniones - Comunicaciones

CRONOGRAMA COMUNICACIONES				
FECHA	CONTENIDO	PRIORIDAD	RESPONSABLE	GRUPO DE INTERES
9-may	Reunión de apertura y consolidación de requisitos	ALTA	Project Manager	Todos los interesados
27-may	Recolección datos estudios previos y cotizaciones	ALTA	Project Manager	Equipo de trabajo
10-jun	Presentación formal propuesta del proyecto	MUY ALTA	Project Manager	Todos los interesados
17-jun	Aceptación propuesta y diseño del proyecto	ALTA	Project Manager	Todos los interesados
21-jun	Presentación grupo de trabajo y personal de otras áreas involucradas	MEDIA	Project Manager	Equipo de trabajo
22-jun	Delegación de actividades al grupo de trabajo	MEDIA	Project Manager	Equipo de trabajo
30-jun	Reunión avance del proyecto	BAJO	Project Manager	Todos los interesados
7-jul	Cotización de los recursos a adquirir	MEDIA	Project Manager	Proveedores
14-jul	Compra de los recursos	ALTA	Project Manager	Proveedores
19-jul	Reunión avance del proyecto	MEDIA	Project Manager	Todos los interesados
20-jul	Reunión para avalar permisos para ingreso a los conjuntos residenciales	MEDIA	Project Manager	Equipo de trabajo - Consejo de administración
6-ago	Entrega de los recursos adquiridos	ALTA	Project Manager	Proveedores
9-ago	Inicio de despliegue de la solución	ALTA	Project Manager	Equipo de trabajo - Patrocinador
18-ago	Reunión avance del proyecto	MEDIA	Project Manager	Todos los interesados
1-sep	Reunión avance del proyecto	MEDIA	Project Manager	Todos los interesados
8-sep	Entrega funcional de la solución	MUY ALTA	Project Manager	Todos los interesados
10-sep	Aceptación de la entrega por parte de los interesados	MUY ALTA	Project Manager	Todos los interesados
30/04/2024	Reunión firma cierre del proyecto	ALTA	Project Manager	Todos los interesados

En la tabla anterior se establecen unas fechas para llevar a cabo las principales reuniones entre todos los grupos de interesados, sin embargo, pueden realizarse reuniones extraordinarias si el caso lo requiere. El Project Manager será el encargado siempre de gestionar y comunicar estas reuniones y garantizar que se hagan efectivas. También, se deben realizar reuniones entre el equipo de trabajo con tal de determinar e informar el avance del proyecto al Project Manager, se recomienda realizarlas semanalmente. Del mismo modo, se debe dar prioridad a cada una de estas reuniones dado que implican un gran hito dentro del desarrollo del proyecto y es del interés de la mayoría de las partes interesadas.

Las reuniones eventualmente no serán la única forma de comunicación en el proyecto, el Project Manager debe entregar informes de avance del proyecto con una periodicidad de 15 días a las partes interesadas para tener constancia física de los avances que se vayan realizando.

Se diseña una matriz de comunicaciones según el tipo de comunicación que se establecerá entre las partes interesadas como se muestra en el anexo 6. Matriz de comunicaciones

Como se puede observar, la matriz indica comunicación que tiene en que transmisor (columna) con respecto al receptor (fila). Se puede observar que se manejan tres conceptos a la hora de definir la comunicación: Directo-Indirecto, Escrita Formal-Informal y Verbal Formal-Informal. Cuando se hace referencia directo o indirecto quiere decir que no se necesita de intermediarios, por ejemplo, el equipo de trabajo no tiene una comunicación directa con el patrocinador, el intermediario es el Proyecto Manager. Por otro lado, la comunicación Escrita Formal-Informal hace referencia a la comunicación entre partes interesadas con el mismo nivel de autoridad, al igual que la comunicación Verbal Formal-Informal.

5.8 GESTIÓN DE LOS RIESGOS

La identificación de los riesgos que pueden intervenir en el proyecto es fundamental para su éxito debido a que una vez identificados se pueden definir estrategias para controlar sus causas como lo puede ser un plan de prevención o en dado caso se active el riesgo, sea tratado de la mejor forma para disminuir su impacto negativo en el proyecto como lo puede hacer un plan de corrección y mitigación. A partir de esta premisa, para este proyecto se identifican los riesgos que pueden percibirse como los más susceptibles a que puedan afectar el proyecto, se presentan en la siguiente tabla con su nivel de criticidad, el impacto que genera dentro del proyecto y las acciones correspondientes establecidas:

Tabla 18 Identificación de los riesgos

ID	RIESGO	CRITICIDAD	IMPACTO
1	No cumplimiento de los perfiles para desempeñar los cargos involucrados en el proyecto	Bajo	Retraso en la ejecución del proyecto al no contar con personal competente
2	No aceptación de los diseños de infraestructura	Alto	Retraso en la ejecución del proyecto, pérdida de la credibilidad
3	Demora en la entrega de materiales por parte de proveedores	Moderado	Retraso en la ejecución del proyecto por no disponer de los materiales para el despliegue de la solución.
4	Problemas de operabilidad	Moderado	Demora en la entrega de la solución
5	Falta de presupuesto para la ejecución del proyecto	Moderado	Puede llegar a generar cambios significativos en el alcance del proyecto
6	Problemas de comunicación por falta de un vocero líder	Moderado	Puede generar conflicto de intereses entre los interesados y pérdida de credibilidad del director de proyecto.
7	Cambios imprevistos en el alcance por los interesados	Moderado	El patrocinador o interesados solicitan cambios frente al alcance, tiempo o presupuesto durante la ejecución del proyecto, si son aceptados.
8	No contar con la disponibilidad del presupuesto en los tiempos establecidos	Alto	Retraso en la activación de la gestión de adquisiciones generando retraso en el cronograma directamente.

El nivel de criticidad de los riesgos parte de la Matriz de Gestión de Riesgo donde se analiza de forma cualitativa y cuantitativa el cruce de las dos variables que intervienen en el gráfico que son la probabilidad y el impacto que tienen. La matriz de riesgos es la siguiente:

Tabla 19 Matriz de Nivel de Riesgo

MATRIZ DE NIVEL DE RIESGO						
P R O B A B I L I D A D	CERTO 81 - 100					
	MUY PROBABLE 61 - 80					
	POSIBLE 41 - 60					
	IMPROBABLE 21 - 40					
	RARO 0 - 20					
		0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
		INSIGNIFICANTE	MENOR	MODERADO	MAYOR	CATASTROFICO
		IMPACTO				

Tabla 20 Cualificación de los riesgos según probabilidad vs impacto.

Color	CRITICIDAD
	BAJO
	MODERADO
	ALTO
	EXTREMO

El plan de mitigación de riesgos consiste en identificar los riesgos que puedan presentarse en todas las fases del proyecto, y de esa manera elaborar una serie de acciones correctivas o preventivas para que el riesgo de que sucedan esos supuestos disminuya considerablemente para que no afecte al proyecto. Es importante detallar que tanto la probabilidad de que ocurra el riesgo como el impacto de este sobre el proyecto se cuantifican de manera porcentual, es decir, los rangos de valores que están definidos

en la Matriz de Riesgos sobre cada nivel de probabilidad e impacto están en una escala de 0 a 100%.

En los anexos 4 y 5 se presenta el formato de Valor del Riesgo y el Plan de Acción para la Prevención y Mitigación de los Riesgos.

El estudio de los riesgos hace parte de una tarea constante por todo el equipo de trabajo para hacer la identificación, documentación, ejecución del plan de acción y puesta en marcha del plan de control y seguimiento de cada uno de los posibles riesgos dentro de su plan de trabajo. Así mismo, si se llegan a presentar riesgos cuyo impacto negativo se considere mayor es necesario comunicarlo a los interesados por medio de reuniones extraordinarias para que puedan ser evaluados en conjunto y se tomen las medidas oportunas consensuadas por todas las partes en beneficio del proyecto.

5.9 GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES

Durante el proceso de adquisiciones de las herramientas y servicios que nos van a ser suministradas por los proveedores se tienen en cuenta ciertos criterios para la aceptación de las propuestas de cada uno de ellos. Como mínimo se deben hacer 2 cotizaciones para conocer los beneficios que ofrece un proveedor con respecto al otro, además de eso, se consulta con el cliente y con las personas designadas por el mismo para el acompañamiento en el desarrollo del proyecto, se analizan los casos y se procede a hacer el respectivo contrato para las adquisiciones.

Algunos criterios que se tienen en cuenta son:

- Costos
- Confiabilidad
- Garantía
- Especificaciones del producto/servicio
- Mantenimiento
- Funcionalidad

En la tabla presentada a continuación se presentan los proveedores con los que se va a realizar la adquisición de cada uno de los bienes o servicios para llevar a cabo el desarrollo de la solución.

Tabla 21 Proceso de compras

DESCRIPCIÓN	TIPO	MONEDA	PRECIO TOTAL	PROVEEDOR	TIEMPO ENTREGA (DÍAS)
ONT Huawei EchoLife EG8247H5	EQUIPO	COP	\$750.000.000	Huawei	10

OLT Huawei EA5800-X15	EQUIPO	COP	\$33.000.000	Huawei	10
FIBRA ÓPTICA DUPLEX	EQUIPO	COP	\$825.000.000	BeMatik	10
CAJA DE EMPALME	EQUIPO	COP	\$1.050.000	XOREX	10
SPLITTER ÓPTICO 2:4 SC/APC	EQUIPO	COP	\$9.720.000	Furikawa	10
SPLITTER ÓPTICO 1:4 SC/APC	EQUIPO	COP	\$6.800.000	Furikawa	10
SPLITTER ÓPTICO 1:8 SC/APC	EQUIPO	COP	\$4.550.000	Furikawa	10
SPLITTER ÓPTICO 1:16 SC/APC	EQUIPO	COP	\$1.800.000	Furikawa	10
MEDIDOR DE POTENCIA ÓPTICA	EQUIPO	COP	\$1.290.000	Grandwey	10
OTDR	EQUIPO	COP	\$16.000.000	Ampliantena	10
EMPALMADOR ÓPTICO POR FUSIÓN	EQUIPO	COP	\$16.000.000	Jilong	10
INSTALACION FIBRA OPTICA	SERVICIO	COP	\$37.800.000	COBRA	10
LOGISTICA	SERVICIO	COP	\$630.000	DHL	3
UTILIZACION DE POSTERIA Y/O DUCTERÍAS	SERVICIO	COP	\$3.600.000	CODENSA	8
INSTALACION DE OLT- ONT	SERVICIO	COP	\$420.000	COBRA	10
MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO	SERVICIO	COP	\$42.900.000	COBRA	15

Es de gran importancia definir cuál es el proceso de compras que se llevará a cabo con el propósito de garantizar, en primer lugar, que el costo total de los insumos sea acorde al presupuesto planteado, que los insumos sean realmente los necesarios para evitar sobrecostos o que sobre el dinero desinado. Adicionalmente, para hacer seguimiento a cada uno de los contratos con los proveedores para asegurar que se cumpla con las fechas de entrega de estos y que temas como la garantía y los SLA que se establezcan con ellos estén dentro de los parámetros establecidos hasta la fecha de finalización de contrato. Basados en esta información, se establece para este proyecto el siguiente proceso de compras que consta de cinco etapas:

Etapas 1

Al activarse el proceso de compras, el director de proyecto asigna el presupuesto aprobado al gestor de compras.

Etapas 2

El área de ingeniería al finalizar el estudio de la solución a implementar genera una orden de compra al gestor de compras donde especifica cada uno de los componentes más sus características técnicas. En esta etapa trabajan en conjunto áreas de ingeniería con compras para asegurar el seguimiento al proceso.

Etapas 3

Una vez generada la compra, el área de ingeniería se contacta con la empresa de logística para coordinar el transporte de los insumos comprados desde la sede del proveedor hasta el sitio de acopio o directamente hasta el barrio para la instalación.

Etapas 4

Se efectúa el pago de los insumos al proveedor de servicio y se firma el contrato de entrega de estos.

Etapas 5

En esta etapa trabajan en conjunto áreas de ingeniería con compras para asegurar el seguimiento al proceso.

5.10 GESTIÓN DE LOS INTERESADOS

La identificación de las personas, grupos y organizaciones que son partícipes o se ven impactadas con este proyecto es necesaria para el manejo de las relaciones entre los mismos y manejar de forma adecuada el conflicto de intereses que pueda presentarse. Los partícipes que estén involucrados en todo el ciclo de vida del proyecto deben ser informados por el director de proyecto sobre todos los eventos que en él incurran poco, avances, solicitudes de cambio, riesgos, oportunidades de mejora, entre otros. A continuación, se presentan los grupos de interés identificados para la ejecución de este proyecto:

INTERESADOS

1. Cliente (Proveedor de servicios TI)
2. Director de proyecto
3. Equipo de trabajo
4. Proveedores insumos
5. Codensa/Invías
6. Usuarios de las sedes del cliente

No obstante, se deben determinar cuáles son los intereses de los grupos de interés y del mismo modo, su mandato o sus roles dentro del proyecto. Esta información se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 22. Grupos de interés

Grupos	Interés	Mandato
Proveedor de servicios TI (ISP)	Empresa que requiere el servicio de despliegue de la infraestructura GPON para proveer el servicio Tripleplay (internet, voz y televisión)	Contratante del diseño de la red. Patrocinador
Director de proyecto	Responsable del desarrollo y éxito del proyecto en todo su ciclo de vida.	Cumplimiento de las metas
Equipo de trabajo	Talento humano destinado a cumplir ciertos roles y actividades dentro del proyecto con aras de culminar con un proyecto exitoso.	Cumplimiento de las metas
Proveedores de insumos	Son todas aquellas empresas con las que se hace el contrato para que suministren los servicios o bienes para la ejecución del proyecto.	Cumplimiento de contratos. Aseguramiento de SLA y garantías.
Codensa / Invias	Son empresas con las cuales se deben tramitar los permisos para el uso de su infraestructura.	Cumplimiento de contratos. Pago por servicios prestados
Usuarios finales de la red de acceso	Son los abonados los cuales reciben el servicio contratado con el proveedor de servicio TI (ISP)	PQR sobre inconvenientes de infraestructura y servicio

La participación e involucramiento de los interesados en las reuniones es importante definirla en una matriz de participación y estrategia, el objetivo que tiene esta matriz es identificar la interrelación de estos interesados, el tipo de participación que debe efectuar y su papel al momento de llevarse a cabo las reuniones.

Tabla 23. Interrelación y participación de los grupos de interés.

ID	GRUPOS	INTERRELACIÓN	TIPO DE PARTICIPACIÓN				COMUNICACIÓN
			Evasivo	Neutral	Partidario	Líder	
1	Proveedor de servicios TI (ISP)	2 - 3 - 4 - 5 -6			x		Es informado y aprueba los avances, los cambios y cualquier evento que involucre el producto final
2	Director de proyecto	1 - 3 - 4 - 5				x	Informa avances, oportunidades de mejora, riesgos, entre otros.
3	Equipo de trabajo	1 - 2 - 4 -5			x		Reportan eventos y actualiza al director de proyecto e interesados sobre avances en cada área en la que se desenvuelvan
4	Proveedores de insumos	1 - 2 - 3.		x			Reporta el estado actual de la mercancía que será entregada para el despliegue del proyecto
5	Codensa / Invias	1 - 2 - 3 .		x			Aprueba o niega la utilización de su infraestructura. En caso sea aprobado, informa sobre cuales la disponibilidad de su infraestructura y cómo legalizar el contrato
6	Usuarios finales de la red de acceso	1	x				NO APLICA

No en todas las reuniones que se llevarán a cabo todos los participantes serán invitados por lo que es importante que la comunicación sea efectiva para garantizar la participación a quien interese. Por otro lado, se debe documentar los temas tratados en estas reuniones y compilar la información más relevante, evitar prolongar estas con temas que no correspondan a lo que fueron citadas.

Se deben fortalecer entre todos los participantes, habilidades que permitan mejorar la comunicación entre todos los grupos de interés y otras habilidades fundamentales para el trabajo en equipo, estas habilidades son basadas en el liderazgo y negociación, capacidad de trabajo en equipo y motivación para aumentar la productividad y eficacia.

Capítulo 6

Conclusiones y bibliografía

6.1 CONCLUSIONES

La actualización de las redes de acceso tanto a conjuntos residenciales como al sector corporativo es una necesidad urgente para ofrecer una mejora sustancial en los servicios ofrecidos de internet, voz y televisión por los operadores de telecomunicaciones dado el aumento del consumo por parte de los abonados. En el caso de GPON tiene numerosas ventajas como en la reducción de uso de espacio, en temas de recalentamiento, entre otros; en comparación con otros medios de transmisión y es adecuada para ofrecer banda ancha muy buenos que se ajusten a la capacidad adquisitiva de todos los estratos socioeconómicos.

El análisis de la banda ancha que va a ser ofrecido es vital para poder estructurar de una manera idónea cual será el despliegue de la solución, es importante al momento de definir este valor conocer la velocidad ofrecida por el puerto OLT y la cantidad de usuarios que va a soportar. En la práctica, cada puerto OLT se diseña para soportar 64 usuarios y se utilizan dos niveles de splitters con el único fin de poder nivelar el nivel de potencia óptica que va a alimentar al ONT.

La gestión de proyectos posibilita tener mayor control de todas las áreas y factores que intervienen en el proyecto, visualizar en un plano objetivo cada uno de los procesos para alcanzar el cumplimiento de las metas propuestas y recopilar la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto que permita la toma oportuna de decisiones. Es necesario contar una excelente planeación para que todas las actividades, procesos y grupos de procesos se hagan de forma adecuada en los tiempos establecidos además de disminuir al máximo los posibles factores que puedan alterar en cualquier modo el proyecto de manera inesperada especialmente cuando se habla de los negativos.

Este proyecto no está diseñado para un ISP, es una guía de cómo es la estructura de la gestión de proyectos enfocado a un diseño de una solución GPON que para quien interese pueda servir como modelo referencial. Se debe tener en cuenta que los costos en este proyecto son basados en precios del mercado por lo que el presupuesto general apunta hacia un valor real aproximado. En un entorno real, hay que analizar profundamente que otros factores pueden tener influencia en cada caso de estudio en particular para que el presupuesto se ajuste a las proyecciones del proyecto, sin generar sobre costo o subdimensión en la ejecución.

6.2 BIBLIOGRAFÍA

ALE. Okada-Manila-Resort-Short-Case-Study-En. D (Julio 2016)

AMEIJIDE GARCÍA, Laura. Gestión de proyectos según el PMI [en línea]Universitat Oberta de Catalunya, 2016. [Consultado: Jan 13,]. Disponible en: <https://recercat.cat/handle/2072/257683>

Anexo Reglamento Técnico Para Redes Internas De Telecomunicaciones (Ritel) Tabla De Contenido. Anexo Reglamento Técnico Para Redes Internas De Telecomunicaciones (Ritel) Tabla De Contenido. a.

Asociación Colombiana de Ingenieros. Manual de Referencia de Tarifas para Ingeniería Tercera Edición. Agosto,2015.

BIBIANA, Laura, et al. Estudio Para La Implementacion De Red Gpon En El Sector Comercial De Barrancabermeja. Estudio Para La Implementacion De Red Gpon En El Sector Comercial De Barrancabermeja. 2017.

COLOMBIA. Comisión de Regulación de las Comunicaciones, Bogotá. CRC, Resolución 5050 de 2016.

COLOMBIA. Comisión de Regulación de las Comunicaciones, Bogotá. CRC, Resolución 5061 de 2017.

CONTRERAS, Juan Pablo; BERNAL, Félix Julián Gutiérrez y ULLOA, Juan Sebastian Romero. Diseño E Implementacion De Red GPON Para El Barrio Tibaná Bogotá-Colombia. Unpublished, 2018.

Dom y Cien. Ciencias Informáticas Estudio De Un Modelo De Red Multiservicios NGN (Next Generation Network) Para Brindar Servicios De Telecomunicaciones, 2017. pp. 348

IEEE, Oct 2013. pp. 250-252

Estudio Para La Implementación De Servicios Corporativos Sobre Fibra Óptica En Red Gpon Para Claro Colombia Soluciones Fijas Nathalia Castiblanco Ávila. Estudio Para La Implementación De Servicios Corporativos Sobre Fibra Óptica En Red Gpon Para Claro Colombia Soluciones Fijas Nathalia Castiblanco Ávila. b.

GUTIERREZ, Viviana S.; ESPINOSA, Diana M. y HERNÁNDEZ, Cesar A. IMPACTO Y MASIFICACIÓN DEL USO DE LAS REDES GPON EN COLOMBIA FRENTE A OTRAS TECNOLOGIAS Redes De Ingeniería. IMPACTO Y MASIFICACIÓN DEL USO DE LAS REDES GPON EN COLOMBIA FRENTE A OTRAS TECNOLOGIAS Redes De Ingeniería. 2011.

LÓPEZ, Eduardo Tommy. Divisores Ópticos (Splitters). Universidad Politécnica de Catalunya. Agosto, 2013.

M.AL-QUZWINI, Mahmoud. Design and Implementation of a Fiber to the Home FTTH Access Network based on GPON. International journal of computer applications. 2014, vol. 92, nro. 6. pp. 30-42

Marcelo Abreu, et al. Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH). Memoria, investigaciones en ingeniería. 2009a, nro. 7.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [sitio web]. Bogotá. MinTIC, Boletín Boletín Trimestral de las TIC Cifras del Tercer Trimestre de 2020, [Consultado: 15 de marzo de 2021]. Disponible en: https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-161478_archivo_pdf.pdf

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [sitio web]. Bogotá. MinTIC, Proyecto Nacional de Fibra Óptica. [Consultado: 15 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-propertyvalue-36367.html>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [sitio web]. Bogotá. MinTIC, Proyecto Nacional de Fibra Óptica. [Consultado: 15 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/14551:Proyecto-Nacional-de-Fibra-Optica>

Noriega Rodriguez Nina Norma. Información Importante. [En línea]. La ley aplicada a las cosas. (Apr 13,). Disponible en: <http://derreales.hypotheses.org/903>.

Optical Transmission Systems Engineering. Optical Transmission Systems Engineering. Portland: Ringgold, Inc, 2004. pp. 154

PINTO, Ricardo Alfonso; ANDRÉS, García y CABEZAS, Felipe. PRIMERA EDICIÓN SISTEMAS DE COMUNICACIONES ÓPTICAS (Monografía).. 2014.

PMI. A guide to the Project Management Body of Knowledge PMBOK GUIDE, sexta edición. 2017

Preyco. Soluciones Para Redes De Fibra Óptica Y Redes Estructuradas Guia De Producto Gpon Lan. d.

Proyect Management Institute [sitio web]. PMI, Learn about PMI [Consultado: 15 de marzo de 2021] Disponible en: <https://www.pmi.org/about/learn-about-pmi>

RODRIGUEZ, Giselly Ximena, et al. Plan De Proyecto Para El Diseño E Implementación De Una Red De Voz Y Datos Para El Banco Nacional. Plan De Proyecto Para El Diseño E Implementación De Una Red De Voz Y Datos Para El Banco Nacional. 2014.

RODRÍGUEZ-NAVEIRAS, Elena; BORGES, África y CADENAS, María. Creating and Purifying an Observation Instrument Using the Generalizability Theory [Construyendo y Depurando un Instrumento de Observación mediante la Teoría de la Generalizabilidad]. Acción psicológica. 2014, vol. 10, nro. 2. pp. 73-85

SOTO, Luis. MIGRACIÓN DE LA RED DE ACCESO POR RADIOENLACE A FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA GPON PARA LA EMPRESA GLOBALWIFI EN ELMUNICIPIO DE GUADALUPE HUILA. (2019)

Anexos – Información complementaria

Anexo 1. Formato Acta de Constitución del proyecto.

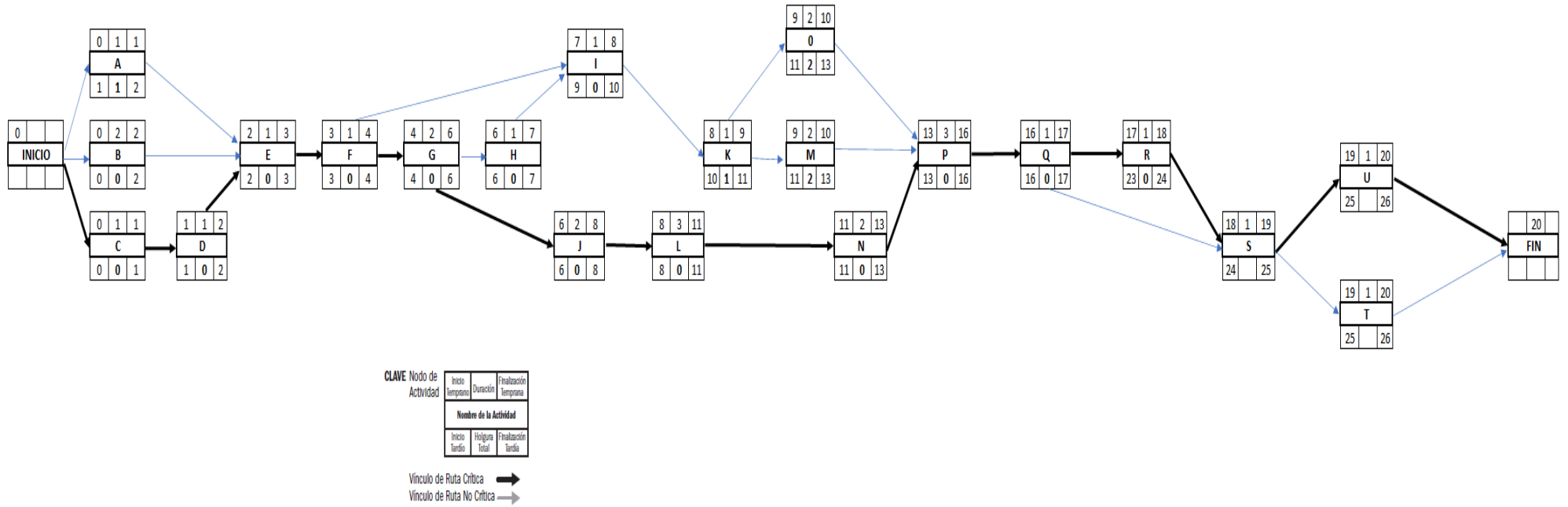
FORMATO ACTA DE CONSTITUCIÓN DE PROYECTO				
Logo Empresa	Elaboración	Camilo Iguavita	Fecha elaboración	1/06/2021
	Nombre del proyecto	DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA GPON PARA EL BARRIO CHICALÁ DE BOGOTÁ	Formato	AC-01
	Responsable	Camilo Iguavita	Fecha	15/06/2021
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO				
Diseño de una red de acceso GPON para los servicios de voz, video y datos, para la zona residencial del barrio Chicalá ubicado al sur occidente de la ciudad de Bogotá. Este barrio consta de 10 conjuntos residenciales con un número de viviendas que superan las 3200, por lo que esta solución debe estar diseñada para que 2000 de estos hogares puedan disfrutar de estos servicios por medio de la fibra óptica.				
OBJETIVOS				
CONCEPTO	OBJETIVOS	CRITERIO DE ACEPTACIÓN		
ALCANCE	Diseño de una red GPON que cumpla con los requerimientos técnicos para su implementación y que sea de alta disponibilidad.	La solución debe ser 100% de fibra óptica, debe cumplir con el número de abonados esperados.		
TIEMPO	El contrato tiene una duración de 3 años. Los primeros 5 meses serán destinados para la presentación de la oferta y la implementación; los restantes será para mantenimiento preventivo y correctivo.	Deben cumplirse los tiempos establecidos en los contratos, de lo contrario, se incurre a penalizaciones.		
COSTO	El presupuesto definido previamente hasta la culminación del proyecto es de \$1.500'00.000-oo COP.	Los materiales adquiridos deben ser de alta calidad para garantizar la calidad del servicio. De acuerdo con los estudios de viabilidad y factibilidad se debe garantizar el ROI.		
CALIDAD	La disponibilidad del servicio debe ser el			
CRONOGRAMA DE HITOS				
HITO			FECHA	
Presentación propuesta de diseño de la solución GPON.			8/06/2021	
Aceptación de la propuesta por parte de patrocinador y firma de acta de constitución del proyecto.			15/06/2021	

Inicio de obras para el despliegue de la solución				19/07/2021	
Entrega funcional de la red				10/09/2021	
Firma de acta de cierre del proyecto con su respectiva documentación.				30/04/2024	
RESTRICCIONES					
Ø El desarrollo del proyecto no se encarga de observar la viabilidad ni factibilidad de este, únicamente del diseño de la red.					
Ø Los fallos por fluido eléctrico no cuentan como indisponibilidad de implementación de la solución.					
Ø No se instalará canalización nueva en los conjuntos residenciales, se utilizará la existente.					
SUPUESTOS					
Ø Los proveedores cuentan con el material requerido.					
Ø Aceptación de las propuestas de diseño en los conjuntos para una posible implementación.					
Ø El equipo de trabajo esté disponible en el tiempo definido para el desarrollo del proyecto.					
Ø Contar con los recursos financieros en los tiempos acordados para el cumplimiento del proyecto					
RIESGOS					
Los principales riesgos que fueron identificados para este proyecto están relacionados con:					
El personal: El personal contratado no cumple con el perfil, el personal técnico no tiene la capacitación necesaria para el trabajo con los equipos utilizados para el despliegue.					
Compras: Al momento de iniciar el proceso de compra con los proveedores, estos últimos no tengan los materiales y equipos comprados en las fechas establecidas.					
Presupuesto: El presupuesto total para el desarrollo del proyecto supera el presupuesto establecido previamente en esta acta.					
RIESGOS					
Autorización					
NOMBRE DIRECTOR DE PROYECTO	Camilo Iguavita	CARGO	Director de Proyecto	FECHA	15/06/2021
NOMBRE PATROCINADOR	Quien corresponda	CARGO	El que corresponda	FECHA	16/06/2021

Camilo Iguavita
Firma Director
de Proyecto

FIRMA
PATROCINADOR

Anexo 2. Diagrama de Ruta Crítica



Anexo 3. Cronograma de actividades

DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA GPON PARA EL BARRIO CHICALÁ DE BOGOTÁ						
FASE	PAQUETE	ACTIVIDADES	ID	DURACIÓN (semanas)	Fecha Inicio	Fecha Finalización
Elaboración oferta	Estudios previos	1.1.1 Estudio técnico para instalación de fibra	A	1	10/05/2021	14/05/2021
		1.1.2 Estudio técnico para cableado estructurado y ubicación de los dispositivos ONT	B	2	10/05/2021	21/05/2021
		1.1.4 Cotización de dispositivos OLT, ONT, entre otros	C	1	10/05/2021	14/05/2021
		1.1.5 Definición de proveedores materiales y equipos para la solución	D	1	24/05/2021	28/05/2021
	Generación de la propuesta	1.2.1 Consolidación del proyecto y estudio económico	E	1	31/05/2021	4/06/2021
		1.2.2 Presentación propuesta diseño de la solución general y por cada uno de los conjuntos	F	1	8/06/2021	11/06/2021
	Firma del contrato	1.3.1 Aceptación de propuesta y firma del contrato	G	2	15/06/2021	18/06/2021
Implementación	Plan de Trabajo	2.1.1 Consolidación de Project Manager con equipo de trabajo	H	1	21/06/2021	25/06/2021
		2.1.2 Entrega de documentación del levantamiento de la información efectuados en los estudios preliminares	I	1	28/06/2021	2/07/2021
		2.1.3 Liberación y aprobación de presupuesto	J	2	21/06/2021	2/07/2021
		2.1.4 Generación de ordenes de trabajo	K	1	6/07/2021	9/07/2021
		2.1.5 Activación de gestión de compra de dispositivos cotizados	L	3	6/07/2021	23/07/2021
	Adecuación obras civiles	2.2.1 Tramite de permisos ante las empresas de energía para la utilización de posteria con el fin de instalar fibra	M	2	19/07/2021	30/07/2021
		2.2.2 Construcción de fibra	N	2	26/07/2021	6/08/2021

		2.2.4 Trámite de permisos de ingreso a los conjuntos residenciales	O	2	19/07/2021	30/07/2021
		2.2.6 Despliegue de la solución	P	3	9/08/2021	27/08/2021
	Integración y pruebas	2.3.1 Prueba de conectividad alámbrica	Q	1	23/08/2021	27/08/2021
		2.3.1 Pruebas de conexión a red WIFI	R	1	30/08/2021	3/09/2021
Entrega	Entrega funcional de la red	3.1.1 Entrega funcional de la solución	S	1	6/09/2021	10/09/2021
	Documentación del proyecto y lecciones aprendidas	3.2.1 Entrega documentación del proyecto y lecciones aprendidas	T	1	13/09/2021	30/04/2024
		3.2.2 Firma de acta de entrega y cierre del proyecto	U	1	20/09/2021	30/04/2024

Anexo 4. Valoración del riesgo

ID	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	VALOR PROBABILIDAD	VALOR IMPACTO (TIEMPO)	VALOR IMPACTO (COSTO)	VALOR IMPACTO (ALCANCE)	VALORACIÓN DEL RIESGO	CAUSA PROBABLE DEL RIESGO
1	No cumplimiento de los perfiles para los a desempeñar el cargo	Retraso en la ejecución del proyecto al no contar con personal competente	0,3	0,3	0,1	0,6	0,3	Contratación del personal sin el cumplimiento del perfil establecido.
2	No aceptación de los diseños de infraestructura	Retraso en la ejecución del proyecto, pérdida de la credibilidad	0,5	0,7			0,35	No se cumplen con las especificaciones y requerimientos de diseño establecidos
3	Demora en la entrega de materiales por parte de proveedores	Retraso en la ejecución del proyecto por no disponer de los materiales para el despliegue de la solución.	0,4	0,5			0,2	El proveedor no tiene el stock suficiente en la fecha de entrega
4	Problemas de operabilidad	Demora en la entrega de la solución	0,5	0,6			0,3	Existe alguna falla en algún tramo de la fibra; los equipos están mal configurados

5	Falta de presupuesto para la ejecución del proyecto	Puede llegar a generar cambios significativos en el alcance del proyecto	0,3			0,7	0,21	El presupuesto establecido fue mal calculado
6	Problemas de comunicación por falta de un vocero líder	Puede generar conflicto de intereses entre los interesados y pérdida de credibilidad del director de proyecto.	0,3	0,5	0,5		0,3	Falta de liderazgo y toma de decisiones por parte del director de proyecto.
7	Cambios en el alcance por los interesados	El patrocinador solicita cambios frente al alcance, tiempo o presupuesto durante la ejecución del proyecto.	0,3	0,3	0,4	0,7	0,42	Se observan posibilidades de mejora o errores en alguna fase del proyecto
8	No contar con la disponibilidad del presupuesto en los tiempos establecidos	Retraso en la activación de la gestión de adquisiciones generando retraso en el cronograma directamente.	0,5	0,7			0,35	El patrocinador presenta inconvenientes para hacer el respectivo desembolso del dinero destinado para el proyecto

Anexo 5. Plan de mitigación de riesgos

ID	RIESGO	CAUSA PROBABLE DEL RIESGO	IMPACTO	CRITICIDAD	RESPONSABLE	PLAN DE PREVENCIÓN /MITIGACIÓN
1	No cumplimiento de los perfiles para desempeñar los cargos involucrados en el proyecto	Contratación del personal sin el cumplimiento del perfil establecido.	Retraso en la ejecución del proyecto al no contar con personal competente	Bajo	Director de proyecto	Estructurar detalladamente el proceso de selección del personal, verificar los requisitos del cargo, capacitarlos de manera general al proyecto y detallada a cada uno de los roles que desempeña, y generar estrategias bienestar al personal seleccionado.
2	No aceptación de los diseños de infraestructura	No se cumplen con las especificaciones y requerimientos de diseño establecidos	Retraso en la ejecución del proyecto, pérdida de la credibilidad	Alto	Director de proyecto	Al momento de la presentación de la propuesta de diseño, llevar dos posibles diseños. En dado caso ninguno de los dos sea aceptado, generar un plan de emergencia en el proyecto cuyo propósito sea tener un máximo de 5 días para la presentación formal de una nueva propuesta aplicando las observaciones recogidas de los diseños rechazados.

3	Demora en la entrega de materiales por parte de proveedores	El proveedor no tiene el stock suficiente en la fecha de entrega	Retraso en la ejecución del proyecto por no disponer de los materiales para el despliegue de la solución.	Moderado	Director de proyecto	La persona encargada de la gestión de compras debe hacer seguimiento constante al proveedor donde garantice que serán entregados en las fechas establecidas. Si el proveedor no cumple, se genera cancelación inmediata del proyecto (genera penalizaciones al proveedor por incumplimiento del contrato) y se contacta con otro proveedor para que suministre los materiales del proyecto en el menor tiempo posible.
4	Problemas de operabilidad	Existe alguna falla en algún tramo de la fibra; los equipos están mal configurados	Demora en la entrega de la solución	Moderado	Director de proyecto	Crear un plan de contingencia en la etapa de pruebas el cual, según la arquitectura de la red, se puedan desarrollar pruebas de operación de la red por tramos en temas de configuración. Una vez identificados los nodos donde la operación no es la deseada, hacer un estudio de la arquitectura física de la fibra para corregir en enlace o cambiarlo.

5	Falta de presupuesto para la ejecución del proyecto	El presupuesto establecido fue mal calculado	Puede llegar a generar cambios significativos en el alcance del proyecto	Moderado	Director de proyecto	Contactar a los interesados y patrocinador para solicitar presupuesto extra. En dado caso sea rechazado, generar un plan de acción rápido para determinar lo posibles cambios, sea en cambio de equipos, en la estructuración de personal o fases del proyecto que posibiliten que la solución se acomode al presupuesto.
6	Problemas de comunicación por falta de un vocero líder	Falta de liderazgo y toma de decisiones por parte del director de proyecto.	Puede generar conflicto de intereses entre los interesados y pérdida de credibilidad del director de proyecto.	Moderado	Director de proyecto	Crear espacios de bienestar para el personal e interesados del proyecto donde se estimulen y fortalezcan las habilidades personales de cada uno de los integrantes. Por ejemplo, dentro de estos espacios, como en las capacitaciones, incluir charlas o talleres de coach y liderazgo.

7	Cambios imprevistos en el alcance por los interesados	Se observan posibilidades de mejora o errores en alguna fase del proyecto	El patrocinador o interesados solicitan cambios frente al alcance, tiempo o presupuesto durante la ejecución del proyecto, si son aceptados.	Moderado	Director de proyecto	Crear un acta de solicitudes de cambios para los interesados, además de tener las recopilaciones de las reuniones con estos últimos donde se acepten los cambios. Establecer un periodo de tiempo de por lo menos dos semanas donde se evalúe en primer lugar las actividades o procesos que no sufren ninguna modificación y trabajar paralelamente en los cambios en las actividades y procesos que se requieran para que la afectación al cronograma sea mínima
8	No contar con la disponibilidad del presupuesto en los tiempos establecidos	El patrocinador presenta inconvenientes para hacer el respectivo desembolso del dinero destinado para el proyecto	Retraso en la activación de la gestión de adquisiciones generando retraso en el cronograma directamente.	Alto	Director de proyecto	Seguimiento constante por parte del director del proyecto con el patrocinador del proyecto. Si se presentan problemas, establecer una gestión que permita la solicitud de apoyo financiero a entidades bancarias cuya responsabilidad del pago de estas obligaciones sea por parte del patrocinador.

Anexo 6. Matriz de Comunicaciones

	PROJECT MANAGER	EQUIPO DE TRABAJO	PATROCINADOR	CLIENTE	PROVEEDORES	CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN	OTROS
PROJECT MANAGER	-	Directa Escrita formal Verbal Informal	Directa Escrita formal Verbal formal	Directa Escrita formal Verbal formal	Directa Escrita formal Verbal formal	Directa Escrita formal Verbal formal	Directa Escrita formal Verbal formal
EQUIPO DE TRABAJO	Directa Escrita formal Verbal formal	-	Indirecta Escrita formal	Directa Escrita Formal Verbal Formal	Directa Escrita formal Verbal formal	Directa Escrita formal Verbal formal	Directa Escrita formal Verbal formal
PATROCINADOR	Directa Escrita formal Verbal formal	Indirecta	-	Directa Escrita formal Verbal formal	Indirecta	Indirecta	Indirecta
CLIENTE	Directa Escrita formal Verbal formal	Directa Escrita informal Verbal Informal	Directa Escrita Formal Verbal Formal	-	Indirecta	Directa Escrita formal Verbal formal	Indirecta
PROVEEDORES	Directa Escrita formal Verbal formal	Directa Escrita formal Verbal formal	-	-	-	-	-
CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN	Directa Escrita formal Verbal formal	Directa Escrita forma	-	Indirecta	-	-	-
OTROS	Directa Escrita formal	Directa Escrita formal	-	-	-	-	-