

**Diseño de red de fibra óptica última milla mediante el software AutoCAD en el sector de
Usme**

Zully Danicsa Trujillo Enriquez

Asesor

Paulita Flor Salazar

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela Básica de Ciencias, Básicas, Tecnología e Ingenierías ECBTI

Ingeniería en Telecomunicaciones

2025

Nota de Aceptación

Nombre director de Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

2025

Agradecimientos

También quiero agradecerme a mí misma por no rendirme, por levantarme cada vez que las dudas o el cansancio me hicieron pensar en detenerme. Por haber creído en mi capacidad de aprender, crecer y superar cada obstáculo. Me reconozco el esfuerzo, la disciplina y la valentía que puse en cada paso de este camino, porque este logro también es fruto del compromiso y amor propio que fui construyendo día a día.

Dedicatoria

Con profunda gratitud, deseo agradecer a mi madre, cuyo amor incondicional, fortaleza y apoyo han sido el pilar fundamental durante todo este proceso. Su ejemplo de dedicación y valentía ha sido mi mayor inspiración. A mis hermanas, gracias por su comprensión, compañía y palabras de aliento en los momentos más desafiantes. Su presencia constante ha sido un refugio de confianza y motivación que me impulsó a seguir adelante y a culminar esta etapa con firmeza y esperanza.

Resumen

En telecomunicaciones existen dos medios de transmisión, los medios guiados y los medios no guiados, cuando se habla de medios guiados hace referencia a un sistema físico como un sistema de cables, su material depende del uso que se le vaya a dar, en este caso se va a dar un enfoque en el medio guiado de fibra óptica. Este es un medio flexible y fino con un núcleo el cual está compuesto por un material de vidrio permitiendo que se reflejen haces de luz. En telecomunicaciones, es uno de los mejores medios para transmitir datos, debido a su alto índice de refracción el cual permite velocidades de transmisión que puede llegar a las escalas de los Gbts. Según MinTIC para el año 2023 cada 86 de 100 colombianos cuentan con un acceso a conexión móvil o internet, sin embargo, hay algunos puntos en Colombia, incluso en Bogotá donde el acceso al internet o incluso a la señal móvil es muy limitada y deficiente. Este es el caso de los barrios de Santa Librada, La Andrea, Gran Yomasa y Betania, en Usme. Esta localidad se encuentra ubicada al suroriente de la capital del país, y es un lugar que en los últimos años se ha expandido de manera significativa, si bien estos barrios cuentan con acceso a internet, no todos los operadores llegan con su red a este punto. Es por eso, que se plantea crear un diseño de red con una OLT (NODO) ubicado en estos barrios, donde se pueda salir con redes de última milla para brindar servicios de fibra óptica a clientes corporativos.

Palabras clave: Fibra óptica, conexión, capacidad, red, tecnologías y comunicaciones.

Abstract

In telecommunications there are two transmission media, guided media and unguided media, when we talk about guided media, we refer to a physical system such as a cable system, its material depends on the use to be given, in this case we are going to focus on the fiber optic guided media. This is a thin flexible medium with a core which is composed of glass material allowing light beams to be reflected. In telecommunications, it is one of the best media to transmit data, due to its high refractive index which allows transmission speeds that can reach Gbps. According to MinTIC, by the year 2023 every eighty-six out of one hundred Colombians will have access to a mobile or internet connection, however, there are some places in Colombia, even in Bogota, where internet access or even mobile signal is extremely limited and deficient. This is the case of neighborhoods de Santa Librada, la Andrea, gran yomasa y Betania, in Usme. This town is located southeast of the capital of the country and is a place that in recent years has expanded significantly, although Usme has internet access, not all operators reach this point with their network. For this reason, it is proposed to create a network design with an OLT (NODO) located in this neighborhood where we can go out with last mile networks to provide fiber optic services to corporate customers.

Keywords: Fiber optics, connection, capacity, network, technologies, and communications.

Tabla de Contenido

Introducción	15
Descripción del Problema	16
Justificación	18
Objetivos	19
Objetivo General.....	19
Objetivos Específicos	19
Marco Teórico.....	20
Fibra Óptica	20
Ultima Milla	20
Redes Ópticas Pasivas, PON (Passive Optical Network)	21
Ancho de Banda vs Velocidad de Transmisión.....	21
Arquitectura de Infraestructura Escalable	22
Análisis de Multiplexación por División de Longitud de Onda Ultradensa (UDWDM) en una Red Óptica Pasiva (PON)	22
Soporte a la Gestión de Incidencias en Redes Ópticas Mediante la Identificación de Puntos Críticos.....	23
Herramientas de Análisis para Redes de Acceso Óptico Pasivos	23
Entrelazado de Dominio de Frecuencia para Redes Ópticas Pasivas WDM Densas	24
VLSM (Variable Length Subnet Masking)	24
Metodología	25
Tipo de Investigación Según el Enfoque.....	25
Análisis	25

Diseño	25
Implementación (Modelado y Simulación)	25
Evaluación	25
Tipo de Investigación Especifica.....	26
Investigación Descriptiva	26
Investigación Experimental	26
Investigación Aplicada	26
Población y Muestra	27
Procedimiento Metodológico.....	28
Fase 1 Análisis.....	28
Caracterización de Clientes y Recolección de Datos.....	28
Validación de Clientes Aptos y No Aptos	29
Clientes Aptos (Figura Roja):	29
Clientes No Aptos (Figura Blanca):.....	29
Resultados	29
Caracterización de Clientes y Demanda de Conectividad.....	30
Resultados	31
Fase 2 Diseño.....	32
Herramientas Técnicas.....	32
Herramientas Técnicas, AutoCAD y Diseño Estructural y Detallado de la Red: AutoCAD	32
Aplicabilidad en el Proyecto	33
Google Earth Ubicación Geográfica Precisa	33

Aplicabilidad en el Proyecto	33
Elementos Involucrados en la Implementación del Servicio de Conectividad.....	33
Acuerdo con UFINET, Infraestructura Mayorista	35
Capacidad de Conectividad.....	35
Direccionamiento IP Público.	35
Soporte de Ingeniería y Monitoreo	35
Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA).....	35
Servicio de interconexión de Nodos	36
Responsabilidades de UNADTEL como Operador	36
Infraestructura Local y Rol del Operador	36
Beneficios del Modelo de Tercerización	36
Asignación y Optimización de Direccionamiento IP (VLSM) en la Red UNADTEL.....	37
Resultados	37
Diseño de Cobertura, Clientes e Infraestructura Local.....	38
Resultados.....	39
Interconexión Troncal con el Nodo Local.	39
Distribución de la Red para los Cables Troncales de la Red	40
Distribución de la Red para los Cables Secundarios de la Red	41
Fase 3 Implementación (Modelado y Simulación).....	42
Distribución por Zona.....	42
Levantamiento de la Información Realizada en Campo.....	43
Descripción de la Infraestructura (Brazo 1).....	43
Descripción de la Infraestructura (Brazo 2).....	44

Proyección de Reservas	45
Fusiones que se Realizan en las Cajas	47
Elaboración de Planos en Software Especializado	48
Proyección en el Nodo o Cabecera.....	52
Descripción del Proceso de Instalación Interna.....	54
Análisis de Costos y Presupuesto del Proyecto	55
Fase 4 Evaluación	57
Resultados Obtenidos	57
Conclusiones.....	59
Referencias Bibliográficas	60
Apéndices.....	63

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Fases del procedimiento Metodológico del Proyecto</i>	28
Figura 2 <i>Mapa de Clientes Aptos y no Aptos para Conexión</i>	30
Figura 4 <i>Base de clientes y capacidades</i>	31
Figura 5 <i>Tabla de categorías y capacidades de los clientes</i>	32
Figura 6 <i>Mapa de Redes de los Cables Submarinos</i>	34
Figura 7 <i>Tabla de Segmentación de Direcciones de Red</i>	38
Figura 8 <i>Trazo la Fibra de Conexión Entre los Nodos de UFINET Hasta el Nodo de UNADTEL_USM</i>	39
Figura 9 <i>Proyección de la Red Troncal de 48 Hilos</i>	40
Figura 10 <i>Proyección de la Red Troncal de 48 Hilos con sus Empalmes Principales</i>	41
Figura 11 <i>Proyección de la Red Secundaria de 24 Hilos con sus Empalmes</i>	42
Figura 12 <i>Empalmes y Rutas Principales de Distribución</i>	43
Figura 13 <i>Cartera de Infraestructura Para el Tendido del Cable de 48 hilos (Brazo 1)</i>	44
Figura 14 <i>Registro Fotográfico de la Infraestructura (Brazo 1)</i>	45
Figura 15 <i>Distribución de Postes para el Tendido de Red</i>	45
Figura 16 <i>Distribución y Proyección de las Reservas en el Proyecto</i>	46
Figura 17 <i>Tabla de Enrutamiento Para los Empalmes de la Red</i>	47
Figura 18 <i>Proyecto con su Red y Clientes Final</i>	48
Figura 19 <i>Plano Proyecto UNADTEL_USME_1</i>	49
Figura 20 <i>Plano Proyecto UNADTEL_USME_2</i>	49
Figura 21 <i>Plano Proyecto UNADTEL_USME_3</i>	50
Figura 22 <i>Plano Proyecto UNADTEL_USME_4</i>	50

Figura 23 <i>Plano Proyecto UNADTEL_USME_5</i>	51
Figura 24 <i>Plano Proyecto UNADTEL_USME_6</i>	51
Figura 25 <i>Plano Proyecto UNADTEL_USME_7</i>	52
Figura 26 <i>Registro Fotográfico del Nodo o Cabecera GATOS del Operador UFINET</i>	53
Figura 27 <i>Registro Fotográfico de los Equipos que Brindan los Servicios en el NODO Gatos de UFINET</i>	54
Figura 28 <i>Plano del Boceto a Mano Alzada del Tendido Interno para el Data Center</i>	55
Figura 29 <i>Costo Total del Tendido del Proyecto</i>	56
Figura 30 <i>Costo Total del Montaje del NODO UNADTEL</i>	57

Lista de Apéndices

Apéndice A UNADTEL (2025). Base de Clientes y Capacidades. [Archivo Microsoft Excel]. <i>Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto.</i>	63
Apéndice B UNADTEL. (2025). Proyección de Clientes Final [Archivo KMZ]. Documento <i>Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto</i>	64
Apéndice C UFINET COLOMBIA S.A.S. (2025). Contrato Ufinet UFINET – UNADTEL. Bogotá <i>D.C., Colombia. [Archivo PDF] Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto</i>	65
Apéndice D UNADTEL. (2025). Subnetting Red Ufinet. [Archivo Microsoft Excel]. Documento <i>Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto</i>	66
Apéndice E UNADTEL. (2025). Proyecto UNADTEL Final. [Archivo KMZ]. Documento <i>Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto</i>	67
Apéndice F UNADTEL. (2025). Cartera de Infraestructura Brazo 1. [Archivo Microsoft Excel]. <i>Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto</i>	68
Apéndice G UNADTEL. (2025). Cartera de Infraestructura Brazo 2. [Archivo Microsoft Excel]. <i>Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto</i>	69
Apéndice H UNADTEL. (2025). Enrutamiento de Hilos Final. [Archivo Microsoft Excel]. <i>Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto</i>	70

Apéndice I UNADTEL. (2025). <i>PROYECTO_UNADTEL_USME</i> . [Archivo PDF] Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto	71
Apéndice J UNADTEL. (2025). <i>PROYECTO_UNADTEL_USME</i> . [Archivo DWG] Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto	72
Apéndice K UNADTEL. (2025). <i>Plano_Interno_UNADTEL</i> . [Archivo PDF] Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto	73
Apéndice L UNADTEL. (2025). <i>Plano_Interno_UNADTEL</i> . [Archivo DWG] Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto	74
Apéndice M UNADTEL. (2025). <i>Cotización del Proyecto</i> . [Archivo Microsoft Excel]. Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto	75

Introducción

La implementación y extensión de redes de fibra óptica constituye uno de los pilares fundamentales en el desarrollo de infraestructuras de telecomunicaciones de última generación. En el contexto de un sector concreto en la localidad de Usme, Bogotá, la creciente demanda de servicios de conectividad confiables y de alta velocidad exige la modernización de la infraestructura existente mediante la ampliación de la red troncal y de distribución por tanto este proyecto busca garantizar la cobertura de zonas con limitaciones actuales en acceso a internet, fortaleciendo la inclusión digital y optimizando los servicios que se podrán dar a los clientes.

La fibra óptica, gracias a sus propiedades de baja atenuación, inmunidad a interferencias electromagnéticas y capacidad para transmitir grandes volúmenes de información representa la solución tecnológica más eficiente para responder a las exigencias de conectividad en entornos urbanos. La extensión proyectada en Usme se plantea bajo criterios técnicos que incluyen el diseño de rutas óptimas de cableado, la selección de equipos de empalme y distribución, así como el análisis de la topología de red más adecuada para garantizar redundancia, confiabilidad y escalabilidad a futuro

En consecuencia, este proyecto no solo atiende una necesidad inmediata de acceso a internet de calidad, sino que sienta las bases para el crecimiento tecnológico, económico y social de la localidad, permitiendo iniciar la integración de Usme dentro de la red de comunicaciones de alta capacidad con un proyecto que no solo beneficiará a las empresas, sino también a la comunidad en general. En un mundo cada vez más digital, es importante contar con un buen servicio de internet, ya que con este tipo de infraestructura se contribuye a cerrar la brecha digital.

Descripción del Problema

En Bogotá, hay una localidad ubicada en el suroriente llamada Usme, a pesar de pertenecer a la capital del país, esta posee una problemática con respecto a el acceso de conexión a datos móviles o internet. En un artículo planteado por la Universidad Nacional de Colombia “por cada estación de telecomunicaciones instalada en Usme hay 11 en Chapinero ¿esto que significa? “se nos plantea como la ciudad se encuentra mal distribuida en cuestión de planificación para las tecnologías de la información y la comunicación, debido a que la asignación de las estructuras de estaciones radioeléctricas y cableados de internet son desiguales, ya que la mayoría se encuentran ubicadas en los estratos 4,5 y 6 (Universidad Nacional de Colombia, 2024). Según un informe del instituto distrital de gestión de riesgos y cambio climático de la alcaldía de Bogotá en el año 2021 un aproximado del 16,5% de las manzanas estratificadas en Usme se clasifican como sin estrato, el 52,2% está en el estrato 1 y el 31,3% en estrato 2 (Alcaldía mayor de Bogotá, 2021).

A pesar de su crecimiento poblacional y expansión urbana, ya que en un informe realizado en el año 2022 por la alcaldía de Bogotá donde hacen un diagnóstico local de Usme donde vemos que para el año 2021 la cifra total de habitantes es de 395.760 siendo esta cifra el 5% del total de la población en la ciudad y ocupando el octavo puesto por población de las 20 localidades de Bogotá (alcaldía mayor de Bogotá, 2022). Usme no cuenta con una cobertura amplia de fibra óptica, y no todos los operadores de telecomunicaciones están presentes en la zona, lo que limita el acceso a una conexión de alta calidad para sus habitantes y empresas. Esta situación limita a Usme en cuanto a competitividad digital y acceso a servicios avanzados de telecomunicaciones, afectando la calidad de vida de sus habitantes y las oportunidades de desarrollo para empresas locales. Por este motivo se ve la necesidad de ¿Cómo implementar un

diseño para una red de fibra óptica en última milla que garantice brindar servicios de alta capacidad y atender la demanda de infraestructura de tecnología en la localidad de Usme?

Justificación

En la actualidad, el acceso a tecnologías de la información y la comunicación (TIC), específicamente a servicios de internet y datos móviles, es fundamental para el desarrollo socioeconómico y para la integración de comunidades en la economía digital. Debido a una mala planificación y distribución en relación con las TICs, la brecha de Usme se ha hecho más evidente en comparación con otras localidades de la ciudad, y por consecuencia se refleja en la vulnerabilidad socioeconómica de la zona y su acceso limitado a tecnologías de comunicación avanzadas. Esto limita las oportunidades de crecimiento para empresas y negocios locales, dificultando su competitividad frente a aquellas ubicadas en zonas con mejor infraestructura de conectividad. Por ello, se encuentra como una alternativa la fibra óptica, la cual se destaca como una solución ideal debido a su capacidad para ofrecer altas velocidades de transmisión, baja latencia y confiabilidad superior en comparación con otras tecnologías tales como: el cobre o el internet móvil.

De esta manera, se plantea generar el diseño para una red de fibra óptica que permita satisfacer la creciente demanda de servicios de alta velocidad y garantizar un acceso más inclusivo y equitativo a tecnologías que facilitan el desarrollo social y económico de Usme.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una solución de conectividad para brindar servicios de telecomunicaciones corporativos en la localidad de Usme mediante una arquitectura de red óptica pasiva.

Objetivos Específicos

Definir la arquitectura de la red de fibra óptica, identificando un sitio estratégico para la ubicación del nodo OLT y estableciendo la distribución óptima de las troncales y de las últimas millas.

Determinar los parámetros técnicos y los materiales necesarios para asegurar la calidad y eficiencia del diseño, considerando las capacidades de transmisión y los factores ambientales del entorno.

Modelar el diseño de la red utilizando herramientas de software como AutoCAD y Google Earth, incorporando las especificaciones técnicas y la arquitectura definida, con el fin de representar de forma precisa la estructura física y la cobertura del proyecto.

Marco Teórico

La evolución de las telecomunicaciones ha impulsado el uso de tecnologías como la fibra óptica, reconocida por su alta capacidad de transmisión y resistencia a interferencias, lo que la convierte en el medio ideal para redes modernas. En este contexto, la última milla representa el tramo final que conecta al usuario con la red principal, siendo crucial para garantizar acceso eficiente y de calidad. Las redes ópticas pasivas (PON) permiten una distribución punto a multipunto sin requerir alimentación intermedia, optimizando costos y operación. La diferencia entre ancho de banda y velocidad de transmisión radica en que el primero representa la capacidad del canal y el segundo la rapidez del envío de datos.

Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio físico de transmisión de información, se usa en redes de datos y telecomunicaciones, esta consiste en un filamento delgado de vidrio o de plástico, a través de este viajan pulsos de luz laser o led, en el cual se contiene los datos a transmitir. Por medio impulsos de luz se puede enviar y recibir información a importantes velocidades a través de un tendido de cable, evitando interferencias electromagnéticas y con velocidades similares a las de radio. La fibra óptica es ideal para las telecomunicaciones por cable, ya que permite establecer redes informáticas locales y de largo alcance con un mínimo de pérdida de información en el camino. (concepto, 2024)

Ultima Milla

En telecomunicaciones se conoce como red de acceso la parte que conecta a los usuarios finales ya sean residenciales o corporativas, pero también se extiende a la denominación de “última milla”.

El termino de comenzó a usar en la telefonía para referirse a la conexión entre el abonado y la central telefónica, a esta conexión también se le conoce como bucle de abonado y se compone de los elementos de red tanto físicos como lógicos que permiten establecer la terminal de abonado y la red de servicio, entonces se define la última milla como el tramo final de una línea de comunicación ya sea telefónica o de un cable óptico que llega al usuario final.

(SCRIBD, 2024)

Redes Ópticas Pasivas, PON (Passive Optical Network)

Una red óptica pasiva es una red de fibra óptica que emplea una topología de un punto a multipunto y splitters ópticos para transmitir datos de un punto único de transmisión a varios puntos finales de usuario. Pasiva, hace referencia a la ausencia de alimentación de la fibra y los componentes divisores y combinadores, a comparación de una red óptica activa, la cual, si requiere suministro eléctrico únicamente en los puntos de envío y recepción, de modo de que la red PON ofrece una gran eficiencia desde el punto de vista de los cortes operativos.

(vivasolutions, 2024)

Ancho de Banda vs Velocidad de Transmisión

El ancho de banda y la velocidad de transmisión son conceptos clave en las redes de telecomunicaciones, a menudo confundidos, pero con significados distintos. El ancho de banda se define como la capacidad máxima teórica de un canal para transmitir datos en un período de tiempo, y se mide en bits por segundo (bps). Se puede comparar con el tamaño de una tubería.

Por otro lado, la velocidad de transmisión se refiere a la tasa real y efectiva a la que los datos viajan a través de esa red en un momento específico. Esta velocidad siempre es igual o inferior al ancho de banda, ya que se ve afectada por la latencia, la congestión y otros factores. Siguiendo la analogía, es la cantidad de agua que fluye por la tubería en un instante dado.

En resumen, el ancho de banda es una medida de capacidad, mientras que la velocidad de transmisión es una medida de rendimiento real. (Stallings, W, 2013)

Arquitectura de Infraestructura Escalable

Este concepto hace referencia a una arquitectura que puede adaptarse y crecer dependiendo las necesidades del negocio permitiendo manejar mayores cargas de trabajo y demandas de los usuarios sin comprometer el rendimiento o la estabilidad, si lo asociamos con la fibra óptica podemos decir que estas redes nos permiten hacer expansiones a la red sin necesidad de sustituir el cableado, lo que hace que se pueda atender a más usuarios lo que es importante en áreas en desarrollo. (Fastercapital, 202)

Análisis de Multiplexación por División de Longitud de Onda Ultradensa (UDWDM) en una Red Óptica Pasiva (PON)

Las redes de acceso han evolucionado para satisfacer la alta demanda de alta velocidad y ampliamente disponible, estas redes se caracterizan por su alcance desde el terminal de red óptica de alta velocidad y ampliamente disponible. Las tecnologías emergentes deben proporcionar servicios de datos, video y voz de calidad, al mismo tiempo que sean económicas, escalables y ofrezcan el ancho de banda adecuado para satisfacer los requisitos de los usuarios.

Las redes ópticas pasiva (PON) desempeñan un papel fundamental en el crecimiento y la mejora de las redes ópticas, ya que emplean técnicas de multiplexación para compartir el ancho de banda y transmitir múltiples señales simultáneamente sobre una única fibra. Las técnicas de multiplexación evolucionan constantemente a través de diversas variantes, entre ellas se incluyen las técnicas de multiplexación por división de longitud de onda, la multiplexación por división de longitud de onda gruesa y la multiplexación por división de onda densa. Estas tienen en común

que cada una de ellas ofrecen un mayor número de canales por fibra u un mejor ancho de banda. (Enfoque UTE, 2024)

Soporte a la Gestión de Incidencias en Redes Ópticas Mediante la Identificación de Puntos Críticos

Cuando ocurre una falla o un evento en la gestión de incidentes de redes de fibra óptica, un elemento de la red suele enviar una notificación en forma de “alarma” a los operadores y administradores de la red, estas alarmas contienen una información valiosa para el proceso de la gestión de fallas a nivel operativo, estas alarmas generalmente se desactivan solo con la activación de una solución para la falla. En redes ópticas, identificar los puntos de redundancia de alto impacto es un desafío para los operadores y administradores de red, por lo general se basan en su propia experiencia para priorizar los puntos donde posiblemente necesiten una redundancia en esas redes. Por lo que se planta un modelo en una herramienta de software y luego se utiliza en un estudio de caso de dos redes de referencia, cuyos elementos pueden fallar de acuerdo con un escenario de falla realista. Los resultados del estudio permiten la validez aparente con evidencia preliminar de que el modelo es útil para respaldar la gestión de incidentes en redes ópticas. (ingenierías e investigación, 2019)

Herramientas de Análisis para Redes de Acceso Óptico Pasivos

Las redes de fibra óptica se han considerado una solución para la necesidad constante de anchos de banda mayores. Por este motivo, las PON han crecido en los últimos años, ofreciendo diferentes soluciones al cliente final, ya sea residencial o empresarial. Sin embargo, el proyecto PON es un proceso complejo y que requiere mucho tiempo. Por este motivo, en este artículo se diseña una herramienta que se combina con el esquema del proyecto PON y realiza el relevamiento de todos los equipos utilizados en la celda proyectada. Esta herramienta

proporciona también los cálculos de atenuación, así como el estudio técnico-económico de la red. (revista de microondas, optoelectrónica y aplicaciones electromagnéticas, 2021, pp. 395)

Entrelazado de Dominio de Frecuencia para Redes Ópticas Pasivas WDM Densas

Las redes ópticas pasivas WDM-PON, que utilizan multiplexación por división de longitud de onda, han ganado popularidad en los últimos años debido a la creciente demanda de servicios de comunicación de alto ancho de banda. Uno de los retos principales de las redes WDM es la asignación eficiente de longitudes de onda, ya que actualmente se requiere una región de longitud de onda separada para la transmisión descendente y otra para la ascendente, lo cual reduce la eficiencia del uso del espectro. Este trabajo propone y simula redes DWDM de alta capacidad que aplican entrelazado de frecuencias, permitiendo un uso más eficiente del espectro al acercar las longitudes de onda de bajada y subida y compartir la misma banda de frecuencia, facilitando la coexistencia con los estándares PON existentes. (revista de microondas, optoelectrónica y aplicaciones electromagnéticas, 2019)

VLSM (Variable Length Subnet Masking)

El VLSM (enmascaramiento de subred de longitud variable) es una técnica avanzada de direccionamiento IPv4 que permite dividir una red principal en subredes de diferentes tamaños, ajustadas a las necesidades específicas de cada segmento. A diferencia del subnetting tradicional, que utiliza una única máscara fija para todas las subredes, el VLSM emplea máscaras de distinta longitud, optimizando así el uso del espacio de direcciones IP. Esta técnica consiste en asignar primero las subredes más grandes a los grupos que requieren más direcciones, y luego continuar con subredes más pequeñas para los grupos con menos demanda, asegurando eficiencia y escalabilidad en el diseño de redes. (Rouse, s.f.)

Metodología

Tipo de Investigación Según el Enfoque

La presente investigación adopta una metodología lineal-secuencial (o de cascada), un enfoque que permite estructurar las fases de un proyecto para su creación y desarrollo. Este método, ampliamente utilizado en ingeniería y desarrollo de sistemas, exige la finalización de cada etapa de manera exhaustiva antes de iniciar la siguiente. Este proceso asegura un desarrollo riguroso y ordenado del proyecto. (Stallings, 2013)

Análisis

Esta etapa implica la identificación de la población objetivo y el levantamiento de los requerimientos técnicos necesarios. Para ello, se analizan variables como la densidad de usuarios, el tipo de servicio requerido y las condiciones geográficas, con el fin de establecer los criterios técnicos que orientarán el diseño de la red.

Diseño

Con base en el análisis previo, se procede al diseño de la red de fibra óptica. Esta etapa contempla la selección de la topología más adecuada, la ubicación estratégica del Nodo OLT, la distribución de la red troncal y las conexiones hacia las últimas millas, considerando los parámetros técnicos y las necesidades detectadas.

Implementación (Modelado y Simulación)

En la fase del diseño propuesto será simulado mediante software especializado. Esto permitirá verificar su funcionalidad y evaluar el rendimiento, la viabilidad técnica y la sostenibilidad del sistema antes de su implementación física.

Evaluación

Durante esta etapa, se realizarán pruebas de desempeño en el entorno simulado para identificar posibles inconsistencias o áreas de mejora. Si es necesario, se harán ajustes en el diseño con el objetivo de optimizar la eficiencia operativa, garantizar la estabilidad del sistema y asegurar la cobertura efectiva de la red.

Tipo de Investigación Especifica

En función del propósito y la naturaleza del estudio, se integran tres enfoques específicos de investigación:

Investigación Descriptiva

Permite caracterizar la situación actual de la infraestructura tecnológica en la localidad de Usme, así como identificar las necesidades de conectividad de los actores involucrados.

Investigación Experimental

Se enfoca en el manejo de las variables para poder establecer una relación de causa y efecto. El propósito es comprobar una hipótesis por medio de la simulación de condiciones controladas (Hernández Sampieri et al., 2014). Para el proyecto, se emplean herramientas de software especializado para modelar, simular y validar el comportamiento de la red de fibra óptica diseñada, permitiendo ajustar parámetros técnicos con base en resultados cuantificables.

Investigación Aplicada

Se busca generar conocimientos prácticos para poder resolver problemas o mejorar los procesos. Su objetivo es aplicar una solución directa a una problemática identificada (Bunge, 2000). En este sentido, el proyecto tiene como propósito principal ofrecer una solución técnica y aplicada, orientada a responder a necesidades reales del entorno. De esta manera, se pretende no solo aportar al ámbito académico mediante la generación de conocimiento útil, sino también contribuir al desarrollo social y tecnológico de la comunidad involucrada. El enfoque

metodológico se basa en el diseño e implementación de una propuesta funcional que atienda la carencia de infraestructura telemática en la zona objeto de estudio, promoviendo la conectividad, la eficiencia en la comunicación y la mejora en la prestación de servicios digitales. Así, el proyecto se enmarca en una perspectiva aplicada que busca resultados tangibles y de impacto en el contexto local.

Población y Muestra

La población objeto de estudio está conformada por los clientes de la localidad de Usme, en Bogotá. Para el diseño de la red, nos enfocamos en comerciantes y clientes corporativos potenciales, un sector clave para la viabilidad económica del proyecto.

El proceso de recolección de datos se hizo mediante observación directa en campo, complementado con herramientas como Google Maps y Google Earth. Se realizaron caminatas para registrar establecimientos y sus posibles necesidades de conectividad.

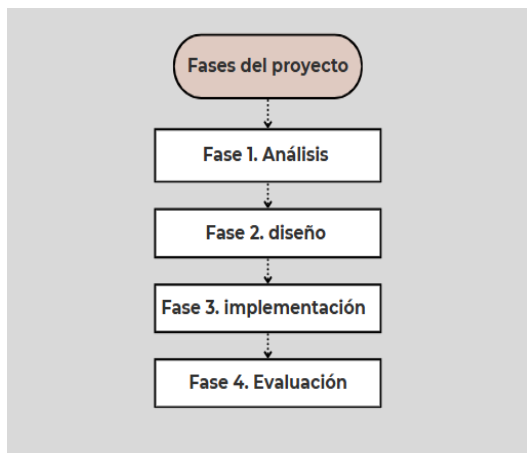
Toda la base de datos con la información detallada de los clientes potenciales y sus capacidades se encuentra en el Apéndice A Base de clientes y capacidades.

Procedimiento Metodológico

El desarrollo del proyecto se estructura en cuatro fases principales, las cuales se representan de forma secuencial en el diagrama de la figura 1, para garantizar un abordaje progresivo y sistemático de la problemática. Esta metodología se ha seleccionado para poder generar un proceso de investigación y diseño lógico y coherente, en cada una de las etapas se fundamenta en los resultados y los hallazgos, con esto se asegura que la solución propuesta sea técnica validando el diseño de una manera integral:

Figura 1

Fases del procedimiento Metodológico del Proyecto



Nota. Diagrama de flujo con respecto al desarrollo del proyecto. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Fase 1 Análisis

Caracterización de Clientes y Recolección de Datos

Como parte del proceso de análisis para el diseño de la red, se realizó una caracterización preliminar de los clientes potenciales, considerando tanto su ubicación geográfica como la

demanda estimada de capacidad de conexión. Esta caracterización se estructuró a partir de dos dimensiones: información por cliente y análisis por categoría de servicio.

Después de la proyección y la recolección de datos, donde se analizaron el total 124 potenciales clientes, de los cuales eran comercios como: droguerías. Colegios, paga todos, Efecty, supermercados, clínicas odontológicas, cafés internets, veterinarias, comercio de ropa, estéticas, ópticas, casinos, bancos, Jardines, unidad se servicios de salud, bares y restaurantes. De los cuales 64 clientes son los que se van a atender.

Validación de Clientes Aptos y No Aptos

La Figura 2. representa la evaluación realizada sobre clientes en la cual se clasificaron con base en su viabilidad técnica y comercial:

Clientes Aptos (Figura Roja): Serán atendidos en esta fase del proyecto, al contar con condiciones favorables de instalación.

Clientes No Aptos (Figura Blanca): No serán incluidos por razones de cobertura limitada, accesibilidad o criterios de priorización.

Esta visualización permitió delimitar el número real de usuarios a conectar en la fase inicial y ajustar la planificación de puertos y capacidad.

Resultados: Estos 64 se dieron positivos debido a que se considera que estos comercios son aptos para el tipo de servicios que se está brindando. Por lo general comercios como veterinarias, cafés internets o estéticas utilizan servicios de internet hogar, ya que es un comercio un poco más informal. Se recopila información sobre clientes con requerimientos positivos y negativos de conectividad. Se identificaron puntos georreferenciados (latitud y longitud) para clientes pertenecientes a sectores como servicios de salud y logística, que requieren capacidades de conexión de hasta 160 Mbps y 220 Mbps, respectivamente.

La Figura 2 muestra una representación del análisis de clientes en un mapa georreferenciado (KMZ), donde se visualizan los 124 clientes. Los puntos marcados en color rojo corresponden a los 64 clientes que se clasificaron como viables para la solución propuesta. La base completa de la proyección final de clientes se detalla en el Apéndice B Proyección de clientes final.

Figura 2

Mapa de Clientes Aptos y no Aptos para Conexión



Nota. Ilustra la validación de clientes corporativos aptos (pines rojos) y no aptos (pines blancos) para recibir el servicio. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Caracterización de Clientes y Demanda de Conectividad

Como parte del proceso de diseño de la red de acceso, se realizó una caracterización preliminar de los clientes potenciales, considerando tanto su ubicación geográfica como la demanda estimada de capacidad de conexión. Este análisis se estructuró en dos dimensiones clave: información individual por cliente y un análisis por categoría de servicio.

En la Figura 3, se muestra un ejemplo de la base de datos de los clientes clasificados como viables. En esta base se registraron datos de ubicación y categoría de cada cliente, lo cual permitió segmentarlos para determinar y asignarles las capacidades de conexión correspondientes. La información completa de esta base de datos se encuentra detallada en el Apéndice A Base de clientes y capacidades.

Figura 3

Base de clientes y capacidades

c	Cliente	Categoría	Dirección	Capacidad (M)
-74.113517°	DROGERIA	Sector de servicios de salud	CL 74B S 9A 07	160
-74.113581°	PAGA TODO	Servicios logísticos	CL 74B S 9A 17	220
-74.115849°	CAPITAL SALUD	Sector de servicios de salud	CL 74B S 12 49	160
-74.116114°	EFECTY	Servicios logísticos	CL 74B S 13 11	220
-74.116292°	PAGA TODO	Servicios logísticos	CL 74B S 13 33	220
-74.116435°	SUPERERCADO	Cadena de supermercados	KR 14 74B 30 S	120
-74.116380°	DROGERIA	Sector de servicios de salud	KR 14 74B 64 S	160
-74.115380°	LABORATORIO CLINICO	Sector de servicios de salud	CL 74C S 12 13	160
-74.114509°	LICEO SANTA ANA DEL SUR	Sector educativo	CL 74C S 10 41	100
-74.116177°	DROGERIA	Sector de servicios de salud	KR 14 74C 18 S	160
-74.116109°	BANCO CAJA SOCIAL	Bancarios	KR 14 74C 30 S	300
-74.116055°	CALZADO BUCARAANGA	Comercio	KR 14 74C 50 S	110
-74.115998°	LABORATORIO CLINICO DE RAYOS X	Sector de servicios de salud	KR 14 74C 64 S	160
-74.115200°	TIENDA ARA	Cadena de supermercados	CL 75 S 12 19	110
-74.115709°	CENTRO COERCIAL	Comercio	KR 14 75 02 S	110
-74.109110°	DROGERIA	Sector de servicios de salud	KR 8 81C 33 S	160
-74.114834°	DROGERIA	Sector de servicios de salud	CL 75 S 10 93	160
-74.114573°	D1	Cadena de supermercados	CL 75 S 10 67	120
-74.113943°	DROGERIA	Sector de servicios de salud	CL 75 S 10 03	160

Nota. Ilustra la base de datos de los clientes corporativos seleccionados como viables para el proyecto. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Resultados: Con el análisis que se muestra en la Figura 4. de los 64 clientes proyectados, se establecen 7 categorías principales: bancarios, servicios de salud, comercio, servicios logísticos, servicios funerarios, sector educativo y cadenas de supermercados. La capacidad de la red se distribuye de forma prioritaria según la categoría, tomando en cuenta la criticidad de sus operaciones y la necesidad de un servicio de internet estable y de alta velocidad. La base completa se detalla en el Apéndice A. base de clientes y capacidades.

Cabe resaltar que esta asignación inicial de capacidades es de carácter general, ya que cada cliente podrá solicitar un ancho de banda diferente según sus requerimientos específicos.

Alta: clientes que necesitan realizar gestiones como operaciones de pagos, transacciones, plataformas para gestión de bases de datos, respaldos de seguridad, atención de clientes en línea, entre otro.

Media: clientes que necesitan realizar inventarios, manejo de plataformas ofimáticas, servicios de plataformas de contenido de educación en línea, uso de herramientas específicas de poco tráfico de red

Bajo: clientes con gestión de bases para guardar información y servicios a clientes.

Figura 4

Tabla de categorías y capacidades de los clientes

Categoría	Justificación	Capacidad (M)	Numero de sedes	Capacidad total (M)	TIPO PRIORIDAD
Sector de servicios de salud	Atencion en línea, atención al paciente, servicios para las IPS y clínicas	160	23	3680	ALTA
Servicios logísticos	Operaciones de pagos, transacciones y gestión de información	220	11	2420	MEDIA
Servicios funerarios	Bajo tráfico, servicios de atención de cliente	80	1	80	BAJA
Sector educativo	Videos llamadas, servicios de Microsoft, plataformas de contenidos de educación en línea	100	15	1500	
Comercio	Poco tráfico, gestión de cajas, servicios en la red	110	4	440	
Cadena de supermercados	Gestión de cajas, inventarios, plataformas	120	8	960	
Bancarios	Transacciones, respaldo de seguridad, servicio para tecnología de seguridad	300	2	600	
				9680	

Nota. La figura original, señala en cada uno de la categoría con su respectiva justificación a la necesidad del servicio y capacidad individual de megabytes en cada sede. *Fuente* Elaboración propia (2025).

Fase 2 Diseño

Herramientas Técnicas

Herramientas Técnicas, AutoCAD y Diseño Estructural y Detallado de la Red:

AutoCAD: es un software de diseño asistido por computadora (CAD) ampliamente utilizado para la creación de planos y esquemas técnicos en dos y tres dimensiones. Desarrollado por Autodesk, permite a los ingenieros, arquitectos y técnicos proyectar, modelar y documentar con precisión estructuras y sistemas complejos. En el ámbito de las telecomunicaciones, AutoCAD facilita la elaboración de representaciones visuales detalladas de redes físicas, incluyendo cableado, nodos, postes y elementos subterráneos o aéreos.

Aplicabilidad en el Proyecto: En el proyecto de diseño de red de fibra óptica en la localidad de Usme, AutoCAD cumple un papel fundamental al permitir la representación estructural de la red. A través del software se pueden trazar las rutas físicas del tendido de fibra, la ubicación del nodo OLT (Optical Line Terminal) y la distribución de la red troncal hasta las derivaciones de última milla. Esto garantiza una planificación precisa, facilita la comprensión técnica del diseño, y permite anticipar requerimientos de infraestructura y espacios públicos o privados a intervenir, asegurando que la red sea eficiente y viable desde el punto de vista constructivo y operativo.

Google Earth Ubicación Geográfica Precisa: Google Earth es una herramienta de visualización geoespacial que permite explorar imágenes satelitales, mapas, terrenos y edificaciones en 3D de todo el planeta. Su uso en ingeniería y planificación de redes radica en la capacidad de identificar topografía, estructuras existentes, vías, y zonas de difícil acceso. También permite georreferenciar puntos específicos y calcular distancias con buena precisión para estudios preliminares.

Aplicabilidad en el Proyecto: En este proyecto, Google Earth se utiliza como complemento clave de AutoCAD para ubicar de manera precisa los elementos de la red dentro del contexto geográfico real de Usme. A través de esta herramienta se determinan posibles rutas óptimas para el cableado, se identifican edificaciones corporativas o comerciales que serían clientes potenciales, y se evalúan condiciones del terreno. Esta información es esencial para la toma de decisiones estratégicas, como la ubicación del nodo OLT, considerando aspectos como accesibilidad, cobertura estimada y factibilidad técnica.

Elementos Involucrados en la Implementación del Servicio de Conectividad: La implementación de una solución de conectividad corporativa en la localidad de Usme exige la

articulación de múltiples elementos técnicos, comerciales y operativos. Sin embargo, una razón clave por la cual fue necesario contratar el servicio de 10G con Ufinet es que la empresa UNADTEL no cuenta con la infraestructura de fibra óptica que se conecta directamente con las redes troncales provenientes de los cables submarinos. Esta conexión internacional es esencial para garantizar un acceso estable y de alta capacidad a internet. El margen de capacidad proporcionado por Ufinet permite realizar la división del servicio entre los diferentes clientes finales, lo cual justifica tanto la necesidad del contrato como la posterior distribución adecuada de los recursos esto incluye la infraestructura troncal propia y puntos de interconexión directa con los nodos internacionales o nacionales ubicados en la costa atlántica del país (como Barranquilla, Coveñas o Tolú). Por lo que se optó por establecer un acuerdo de suministro mayorista de servicios de conectividad con la empresa UFINET COLOMBIA S.A.S., la cual actúa como proveedor de infraestructura.

Figura 5

Mapa de Redes de los Cables Submarinos



Nota. La imagen muestra el mapa de Colombia con las rutas de cables submarinos de fibra óptica (submarinecablemap, 2025) que conectan al país con redes internacionales a través del mar Caribe y el océano Pacífico. Estas conexiones son fundamentales para el acceso global a internet de alta velocidad. *Fuente.* Tomado de. Submarine Cable Map.2025

Acuerdo con UFINET, Infraestructura Mayorista

El Contrato de Prestación de Servicios entre UFINET y UNADTEL, cuya copia íntegra se anexa como Apéndice C Contrato Ufinet, establece los términos bajo los cuales se facilitará la interconexión hacia la red troncales nacionales e internacionales mediante fibra óptica. El contrato incluye los siguientes componentes clave:

Capacidad de Conectividad: Un enlace dedicado, punto a punto (P2P), con una capacidad contratada de 10 Gbps simétricos, suministrado desde un nodo principal de UFINET ubicado en Bogotá hasta el nodo del operador (UNADTEL). Este enlace se entrega mediante fibra óptica monomodo (SM) con interfaz SFP compatible (1G/10G).

Direccionamiento IP Público.

Se asigna un bloque de direcciones IP públicas, específicamente 190.85.100.0/24, destinadas a la segmentación lógica por subredes /30 para clientes finales. Esta planificación permite trazabilidad, control de tráfico y asignación eficiente por cliente.

Soporte de Ingeniería y Monitoreo: Acceso a un portal de monitoreo provisto por UFINET que permite la observación en tiempo real de parámetros como disponibilidad, tráfico, latencia y pérdidas. Se habilita la posibilidad de implementar políticas de calidad de servicio (QoS) y se contempla soporte mediante sesiones de BGP Peering para el enrutamiento y publicación de prefijos IP por parte de UFINET.

Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA): UFINET garantiza una disponibilidad del 99.5% mensual, latencia nacional ≤ 20 ms, pérdida de paquetes $< 0.1\%$ y atención de fallas críticas en un máximo de 4 horas hábiles, con soporte 24/7.

Servicio de interconexión de Nodos: EL PROVEEDOR proporcionará a EL OPERADOR un servicio de interconexión para la conectividad entre el nodo GATOS, propiedad de UFINET y el nodo del operador UNADTEL.

Responsabilidades de UNADTEL como Operador: El despliegue, mantenimiento y gestión de la red de última milla, incluyendo la instalación de switches y routers en los predios de los clientes; segmentación de red en subredes /30; implementación de sesiones BGP; soporte de primer nivel; y cumplimiento de estándares técnicos y normativos.

Infraestructura Local y Rol del Operador: El rol de UNADTEL como ISP (Internet Service Provider) se limita al diseño e implementación de la red de distribución local en la localidad de Usme, incluyendo:

La identificación y adecuación del nodo local (donde se instalará el equipo alquilado del proveedor).

La planificación del tendido de la red óptica pasiva (PON), desde el nodo hasta los predios corporativos.

El diseño de la topología de red con herramientas como AutoCAD y Google Earth, incluyendo mapas de cobertura, rutas de fibra y localización georreferenciada de puntos críticos. La gestión integral de los equipos terminales del cliente final.

Beneficios del Modelo de Tercerización: Este modelo de implementación, basado en la subcontratación de infraestructura troncal, permite al operador:

Reducir significativamente los costos de inversión inicial.

Garantizar calidad y estabilidad del servicio mediante un proveedor con experiencia comprobada.

Enfocar los recursos técnicos y financieros en el desarrollo de la red de acceso local y la atención al cliente final.

Asignación y Optimización de Direccionamiento IP (VLSM) en la Red UNADTEL

En este archivo se detalla la distribución del direccionamiento IP que realiza la empresa UNADTEL sobre la dirección 192.85.100.0 entregado por el proveedor UFINET. La tabla del Apéndice D Subnetting red ufinet presenta, para cada cliente, su número identificador, la dirección asignada, el rango de red disponible, y la capacidad asociada en Mbps. Cabe resaltar que, dentro de cada subred asignada, las direcciones IP que realizan la identificación de red y la de difusión, no son utilizables para el cliente.

Resultados: Para optimizar el uso del direccionamiento IP, se ha implementado la técnica VLSM (Variable Length Subnet Mask), la cual permite subdividir de manera eficiente los bloques de IP, ajustándolos a las necesidades específicas de cada cliente. La red principal entregada por UFINET corresponde a una clase con máscara /24, lo que permite hasta 256 direcciones por bloque.

Sin embargo, mediante la aplicación de VLSM, se han realizado subdivisiones en la red, generando diferentes subredes con máscara /30 para cada cliente. Como se mencionó anteriormente las direcciones de puerta de enlace y difusión no son utilizables, en este caso solo se tendrán disponibles dos direcciones IP como host por cliente. Esta fragmentación facilita una asignación más precisa de los recursos, evitando el desperdicio de direcciones IP y optimizando la escalabilidad del servicio. El resultado de este proceso es una tabla estructurada que enlaza las direcciones IP asignadas a los clientes con su capacidad de red, maximizando el aprovechamiento del bloque /24 original mediante técnicas de segmentación avanzadas.

Figura 6*Tabla de Segmentación de Direcciones de Red*

Máscara en binario	En decimal	Notación simplif.	IPs totales
11111111.00000000.00000000.00000000	255.0.0.0	/8	16777216
11111111.10000000.00000000.00000000	255.128.0.0	/9	8388608
11111111.11000000.00000000.00000000	255.192.0.0	/10	4194304
11111111.11100000.00000000.00000000	255.224.0.0	/11	2097152
11111111.11110000.00000000.00000000	255.240.0.0	/12	1048576
11111111.11111000.00000000.00000000	255.248.0.0	/13	524288
11111111.11111100.00000000.00000000	255.252.0.0	/14	262144
11111111.11111110.00000000.00000000	255.254.0.0	/15	131072
11111111.11111111.00000000.00000000	255.255.0.0	/16	65536
11111111.11111111.10000000.00000000	255.255.128.0	/17	32768
11111111.11111111.11000000.00000000	255.255.192.0	/18	16384
11111111.11111111.11100000.00000000	255.255.224.0	/19	8192
11111111.11111111.11110000.00000000	255.255.240.0	/20	4096
11111111.11111111.11111000.00000000	255.255.248.0	/21	2048
11111111.11111111.11111100.00000000	255.255.252.0	/22	1024
11111111.11111111.11111110.00000000	255.255.254.0	/23	512
11111111.11111111.11111111.00000000	255.255.255.0	/24	256
11111111.11111111.11111111.10000000	255.255.255.128	/25	128
11111111.11111111.11111111.11000000	255.255.255.192	/26	64
11111111.11111111.11111111.11100000	255.255.255.224	/27	32
11111111.11111111.11111111.11110000	255.255.255.240	/28	16
11111111.11111111.11111111.11111000	255.255.255.248	/29	8
11111111.11111111.11111111.11111100	255.255.255.252	/30	4

Nota. La tabla muestra las distintas máscaras de subred en formato binario, decimal y notación CIDR, (cacharreopuro y duro, 2010) junto con la cantidad total de direcciones IP disponibles en cada caso. Es una herramienta clave para segmentar redes según el número de hosts requeridos. Facilita la aplicación de VLSM para optimizar el uso del direccionamiento IP. *Fuente.* Tomado de. Cacharreopuro y duro. (2010).

Diseño de Cobertura, Clientes e Infraestructura Local

La implementación del servicio de telecomunicaciones en la localidad de Usme parte de una planificación detallada que incluye el análisis de infraestructura existente, la viabilidad técnica por sectores, la identificación de clientes potenciales y el diseño del tendido de fibra óptica desde el nodo troncal hasta la red de última milla. A continuación, se describen los elementos clave que conforman este despliegue.

Resultados.

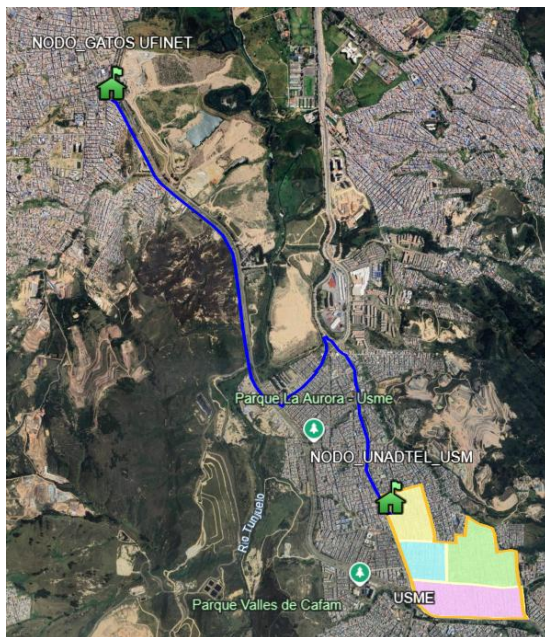
Interconexión Troncal con el Nodo Local.

La red de alimentación principal del proyecto se establece desde el Nodo GATOS de UFINET, ubicado en una zona urbana consolidada, hasta el Nodo UNADTEL_USM, situado en el centro geográfico del área de intervención en Usme. Este enlace se ilustra en el mapa mediante una línea azul que representa el trayecto de una fibra óptica monomodo de 12 hilos. El cable tiene una longitud total de 5,620 metros.

Para una visualización detallada del esquema de esta red de alimentación principal, puedes consultar la información completa en el Apéndice E proyecto UNADTEL final.

Figura 7

Trazo la Fibra de Conexión Entre los Nodos de UFINET Hasta el Nodo de UNADTEL_USM



Nota. Muestra el trazado de la red troncal de fibra óptica desde el nodo de UFINET hasta el nodo de UNADTEL en Usme, junto con las zonas de cobertura del proyecto. *Fuente.* Elaboración propia (2025)

Distribución de la Red para los Cables Troncales de la Red: Para tender a los clientes de UNADTEL, la red de acceso se divide en dos fibras de 48 hilos cada una, utilizando una arquitectura punto a punto para una eficiente distribución del servicio.

La primera de estas fibras, denominada UNADTEL_USM_1_48H, tiene como objetivo atender a 33 clientes a través de cinco empalmes primarios: EMP_USM_1, EMP_USM_2, EMP_USM_3, EMP_USM_4 y EMP_USM_5.

Este diseño se proyectó considerando la ubicación de los clientes y la necesidad de utilizar una fibra con más hilos de los requeridos inicialmente. Esto permite que la red tenga una capacidad de expansión a futuro, en caso de ser necesario. El diseño completo puede visualizarse en el Apéndice E proyecto UNADTEL final.

De manera similar al primer brazo, los 31 clientes restantes serán atendidos por la segunda fibra de 48 hilos, identificada como UNADTEL_USM_2_48H. De esta fibra se desprenden los empalmes primarios EMP_USM_6, EMP_USM_7, EMP_USM_8, EMP_USM_9, EMP_USM_10 y EMP_USM_11, diseñados para cubrir las zonas geográficas donde se ubican estos clientes.

Figura 8

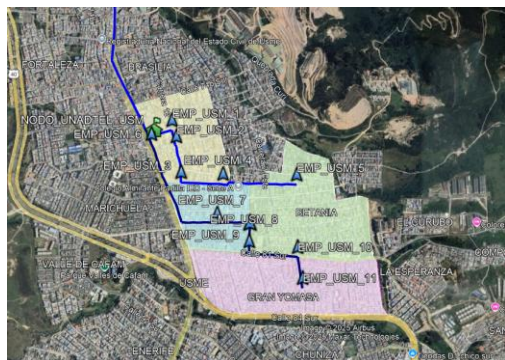
Proyección de la Red Troncal de 48 Hilos



Nota. Muestra el trazado de la red troncal del proyecto de UNADTEL, donde se visualizan dos fibras de 48 hilos. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Figura 9

Proyección de la Red Troncal de 48 Hilos con sus Empalmes Principales



Nota. Muestra el trazado de la red troncal del proyecto de UNADTEL, donde se visualizan dos fibras de 48 hilos y sus once empalmes en total. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Distribución de la Red para los Cables Secundarios de la Red: A partir de las fibras principales, se desprenden cables secundarios para la distribución de la red. En el caso del primer brazo, se han proyectado dos fibras de 24 hilos, denominadas UNADTEL_USM_1.1_24H y UNADTEL_USM_1.2_24H.

De estas fibras se derivan los empalmes secundarios EMP_USM_1.1, EMP_USM_1.2, EMP_USM_1.3, y EMP_USM_1.4. De forma específica, de la fibra UNADTEL_USM_1.1_24H se desprende un cable de 12 hilos, identificado como UNADTEL_USM_1.1.1_12H, al que se le asocia el empalme EMP_USM_1.2.1.

Estos puntos de conexión se conocen como empalmes en sangría o bypass, y se utilizan para optimizar la llegada a cada cliente, siguiendo una arquitectura en bus. Este diseño asegura una distribución eficiente de la señal al mismo tiempo que minimiza la cantidad de fibra utilizada. El diseño completo puede visualizarse en el Apéndice E proyecto UNADTEL final.

De manera similar al primer brazo, se han proyectado dos fibras secundarias de 24 hilos para la distribución de la red. Estas fibras se denominan UNADTEL_USM_2.1_24H y UNADTEL_USM_2.2_24H. De la primera fibra se desprende el empalme EMP_USM_9.1, y de la segunda, el empalme EMP_USM_9.2.

Al igual que en el brazo anterior, este diseño utiliza el método de empalmes en sangría (bypass) para generar una topología en bus. Esto permite que la red se expanda y llegue a todos los clientes de la manera óptima posible.

Figura 10

Proyección de la Red Secundaria de 24 Hilos con sus Empalmes



Nota. Muestra el trazado de la red secundaria del proyecto de UNADTEL, donde se visualizan cuatro fibras de 24 hilos y una fibra de 12 hilos, con sus empalmes correspondientes. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Fase 3 Implementación (Modelado y Simulación)

Distribución por Zona

Podemos ver la ubicación estratégica de once empalmes distribuidos en las cuatro zonas del proyecto fácilmente identificables por sus colores Santa Librada indicada con el color

amarillo, Betania indicada con verde, Gran Yomasa indicada con Violeta y La Andrea con celeste. Cada punto azul representa un empalme etiquetado como EMP_USM_1 a EMP_USM_11. Las rutas de distribución de la red de acceso se visualizan mediante líneas de color, que reflejan los ramales principales. El diseño completo puede visualizarse en el Apéndice E proyecto UNADTEL final:

Figura 11

Empalmes y Rutas Principales de Distribución



Nota. Presenta la ubicación de la distribución por zonas, las cuales están conectadas mediante las rutas principales de la red de acceso. Los planos detallados se encuentran disponibles en el anexo correspondiente. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Levantamiento de la Información Realizada en Campo

Descripción de la Infraestructura (Brazo 1): Se realizó un completo levantamiento de información de la infraestructura del proyecto. Para ello, se recolectaron datos específicos de cada poste, incluyendo su dirección, coordenadas de georreferenciación, altura y tipo de red. También se midió la distancia entre vano y vano y se tomó el registro fotográfico correspondiente.

Para el caso del brazo 1 del proyecto, se utilizará un total de 65 postes para el tendido de las fibras. Esta sección de la red incluye una fibra principal de 48 hilos, dos fibras secundarias de 24 hilos y 12 hilos.

Toda esta información se puede visualizar de manera detallada en el Apéndice E Proyecto UNADTEL final y en el Apéndice F Cartera de infraestructura brazo 1.

Descripción de la Infraestructura (Brazo 2): Para el brazo 2, se recolectó la misma información detallada de la infraestructura, incluyendo las especificaciones de cada poste. Teniendo en cuenta el diseño, se usarán 65 postes para el tendido de una fibra principal de 48 hilos y dos fibras secundarias de 24 hilos.

Esta información se puede visualizar de manera detallada en el Apéndice G Cartera de infraestructura brazo 2 y en el Apéndice E Proyecto UNADTEL final.

Figura 12

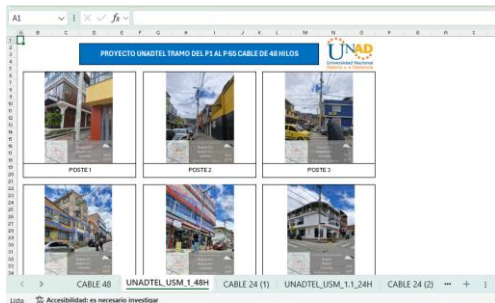
Cartera de Infraestructura Para el Tendido del Cable de 48 hilos (Brazo 1)

	A	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	ELEMENTO	COORX1	COORY1	MT	BT	AP	CABLE	ALTURA POSTE	LONG TRAMO	LOCALIDAD	BARRIO	OBSERVACIONES
1	P1	4.514578°	-74.115645°	NO	SI	SI	INS. CABLE	12	36	USME	SANTA LIBRADA	
2	P2	4.514656°	-74.115321°	NO	SI	SI	INS. CABLE	12	41	USME	SANTA LIBRADA	
3	P3	4.514759°	-74.114964°	SI	SI	SI	INS. CABLE	12	35	USME	SANTA LIBRADA	RESERVA PROYECTADA 20M
4	P34	4.514428°	-74.114862°	SI	SI	SI	INS. CABLE	12	37	USME	SANTA LIBRADA	
5	P35	4.514129°	-74.114818°	SI	SI	SI	INS. CABLE	12	14	USME	SANTA LIBRADA	
6	P36	4.514030°	-74.114755°	SI	SI	SI	INS. CABLE	12	34	USME	SANTA LIBRADA	RESERVA PROYECTADA 20M
7	P37	4.513713°	-74.114719°	SI	SI	SI	INS. CABLE	12	30	USME	SANTA LIBRADA	
8	P38	4.513469°	-74.114629°	SI	SI	SI	INS. CABLE	12	24	USME	SANTA LIBRADA	
9	P39	4.513252°	-74.114575°	SI	SI	SI	INS. CABLE	12	22	USME	SANTA LIBRADA	RESERVA PROYECTADA 20M
10	P40	4.513053°	-74.114585°	SI	SI	SI	INS. CABLE	12	11	USME	SANTA LIBRADA	
11	P41	4.512926°	-74.114567°	SI	SI	SI	INS. CABLE	12	43	USME	SANTA LIBRADA	
12	P42	4.512573°	-74.114558°	NO	SI	SI	INS. CABLE	12	11	USME	SANTA LIBRADA	
13	P43	4.512456°	-74.114558°	SI	SI	SI	INS. CABLE	12	24	USME	LA ANDREA	RESERVA PROYECTADA 20M
14	P44	4.512455°	-74.114333°	SI	SI	SI	INS. CABLE	12	16	USME	LA ANDREA	
15	P45	4.512455°	-74.114198°	SI	SI	SI	INS. CABLE	12	20	USME	LA ANDREA	
16	P46	4.512446°	-74.114009°	SI	SI	SI	INS. CABLE	12	23	USME	LA ANDREA	
17	P47	4.512446°	-74.113801°	SI	SI	SI	INS. CABLE	12	25	USME	LA ANDREA	
18	P48	4.512427°	-74.113567°	SI	SI	SI	INS. CABLE	12	35	USME	LA ANDREA	

Nota. Esta figura muestra un extracto de la base de datos de la infraestructura, que contiene la información recogida en campo para la fibra de 48 hilos. La información completa se recolectó de la misma manera para el resto de las fibras. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Figura 13

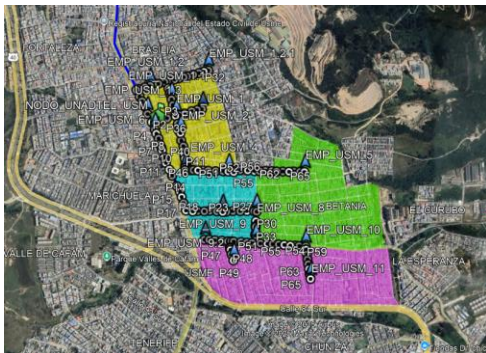
Registro Fotográfico de la Infraestructura (Brazo 1)



Nota. Se presenta un extracto de las fotografías tomadas en campo para la documentación de la infraestructura de la fibra de 48 hilos. La información fotográfica fue recolectada de la misma manera para el resto de las fibras. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Figura 14

Distribución de Postes para el Tendido de Red



Nota. Detalla la infraestructura de soporte físico, con postes numerados, donde se desplegará la red de fibra óptica aérea. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Proyección de Reservas

Es clave siempre tener una reserva de fibra en caso de que se produzcan daños en la red. Por ello, con la información de las distancias entre vanos, se calculó el total de fibra a utilizar en cada caso.

Como parte de este cálculo, se sumó una reserva del 15% a la longitud total de cada cable, lo que permitió una distribución proyectada de entre 10 y 20 metros de holgura por cada tramo, según la necesidad.

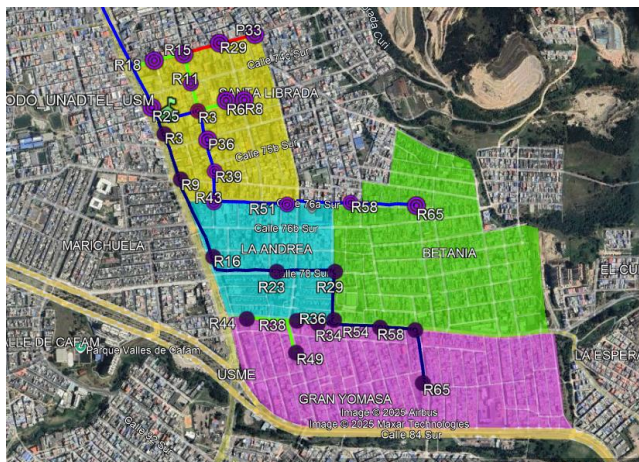
Como ejemplo, para el cable UNADTEL_USM_1_48H, se obtuvieron 140 metros de reserva, los cuales se distribuyeron en 7 postes diferentes, con una proyección de 20 metros en cada uno. Los detalles de este cálculo y su distribución se pueden visualizar Anexo E Proyecto UNADTEL final y en el Apéndice F Cartera de infraestructura brazo 1.

$$reservas(m) = \frac{Fibra\ total(m) * 15\%}{100\%}$$

$$reservas = \frac{918m * 100\%}{15\%} = 137m$$

Figura 15

Distribución y Proyección de las Reservas en el Proyecto



Nota. Detalla la proyección de las reservas, las cuales se calcularon con una ganancia correspondiente al 15% de la longitud total de la fibra en cada cable. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Fusiones que se Realizan en las Cajas

Para tener un orden y control de la red, es clave saber por qué hilo está pasando el servicio de cada cliente. Por este motivo, se elaboran cartas de enrutamiento de hilos que detallan las fusiones en las cajas.

A cada cliente se le asigna un cable de 12 hilos, que llega hasta su Data Center o ubicación principal. En el empalme más cercano (ya sea principal o secundario), el hilo 1 se fusiona a un hilo disponible y en orden, el cual lleva el servicio. En este mismo punto, se instalan los patch cords para que el cliente pueda conectar su equipo de red. Los otros 11 hilos se dejan disponibles en caso de habilitar servicios adicionales o para futuros mantenimientos.

Debido a que este es un diseño de red punto a punto, cada hilo se fusiona de manera secuencial. Por ejemplo, en el primer brazo del proyecto, que tiene 33 clientes, se realizan 33 fusiones que se evidencian en las siguientes tablas de enrutamiento. La información detallada se encuentra en el Apéndice H: Enrutamiento de hilos final.

Figura 16

Tabla de Enrutamiento Para los Empalmes de la Red

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Cliente	Cable	Hilos	aja de empalm	Cable	Hilos	aja de empalm	Cable	Hilo	aja de empalm	Cable	Hilo	BUFFER
2	14	CABLE 12 HILOS	1			EMP_USM_11		1			1	AZUL
3	16	CABLE 12 HILOS	1					2			2	
4	6	CABLE 12 HILOS	1					3			3	
5	7	CABLE 12 HILOS	1					4			4	
6	8	CABLE 12 HILOS	1			EMP_USM_12		5			5	
7	10	CABLE 12 HILOS	1					6			6	
8	2	CABLE 12 HILOS	1	EMP_USM_12,1	INADTEL_USM_11,1,12			8			8	
9	2	CABLE 12 HILOS	1					8			8	
10	12	CABLE 12 HILOS	1					9			9	
11	19	CABLE 12 HILOS	1			EMP_USM_13		10	EMP_USM_1		10	
12	20	CABLE 12 HILOS	1					11			11	
13	21	CABLE 12 HILOS	1					12			12	
14	23	CABLE 12 HILOS	1					13			13	
15	32	CABLE 12 HILOS	1			EMP_USM_14		14			14	
16	33	CABLE 12 HILOS	1					15			15	
17	43	CABLE 12 HILOS	1					16			16	
18	22	CABLE 12 HILOS	1							INADTEL_USM_L,48	17	
19	24	CABLE 12 HILOS	1								18	
20	25	CABLE 12 HILOS	1								19	
21	27	CABLE 12 HILOS	1								20	
22	41	CABLE 12 HILOS	1							EMP_USM_2	21	
23	42	CABLE 12 HILOS	1								22	
24	46	CABLE 12 HILOS	1								23	
25	43	CABLE 12 HILOS	1								24	
26	51	CABLE 12 HILOS	1							EMP_USM_3	25	
27	52	CABLE 12 HILOS	1								26	
28	64	CABLE 12 HILOS	1								27	
29	56	CABLE 12 HILOS	2								28	

Nota. Detalla parte del enrutamiento de hilos, lo cual permite llevar un control de los hilos por los que están pasando los servicios. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Elaboración de Planos en Software Especializado

Una vez que se tuvo toda la información de campo y la recopilación de datos, se procedió a la compilación final en archivos KMZ en la herramienta Google Earth, tal como se detalla en el Apéndice E Proyecto UNADTEL final y el Apéndice B Proyección de clientes final.

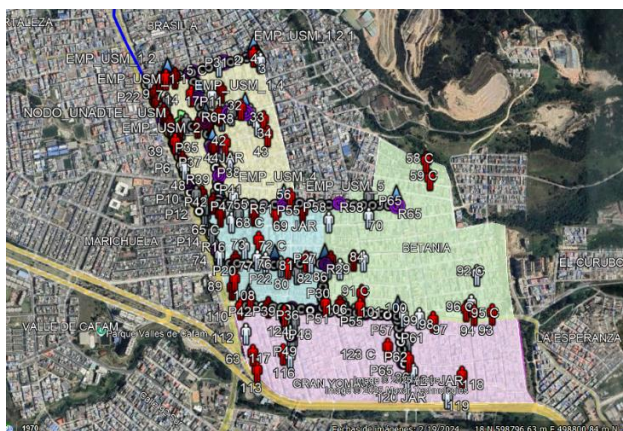
Esta información preliminar fue el punto de partida para transferir los datos a una herramienta especializada. Con la precisión y las capacidades de diseño de AutoCAD, se elaboraron los planos definitivos del proyecto.

En esta etapa, se dibujó de forma detallada toda la información recolectada, incluyendo la infraestructura existente, la proyección de clientes, el trazado de los cables, las reservas de fibra, las ubicaciones de las cajas de empalme y la posición de los nodos. Este proceso aseguró que el diseño final de la red fuera técnicamente viable y estuviera listo para la fase de implementación. Esta información se encuentra detallada en los Apéndice I PROYECTO_UNADTEL_USME.

Pdf y Anexo J PROYECTO_UNADTEL_USME. dwg

Figura 17

Proyecto con su Red y Clientes Final

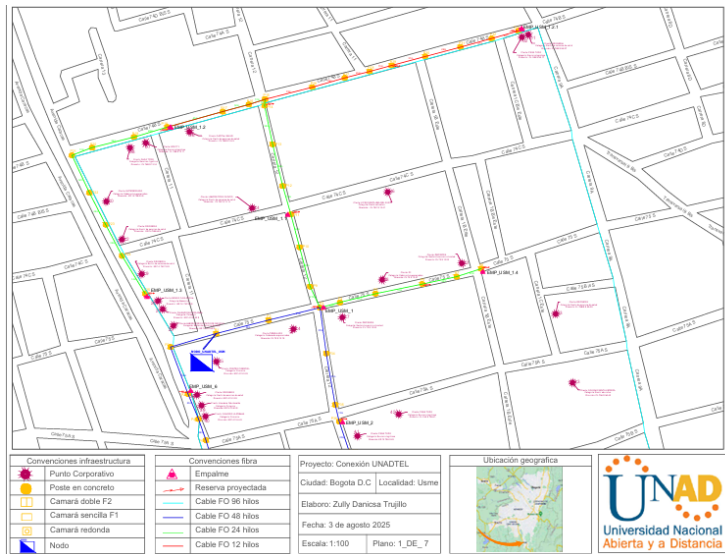


Nota. Se muestra el archivo final del proyecto en KMZ con la proyección de los clientes. *Fuente.*

Elaboración propia (2025).

Figura 18

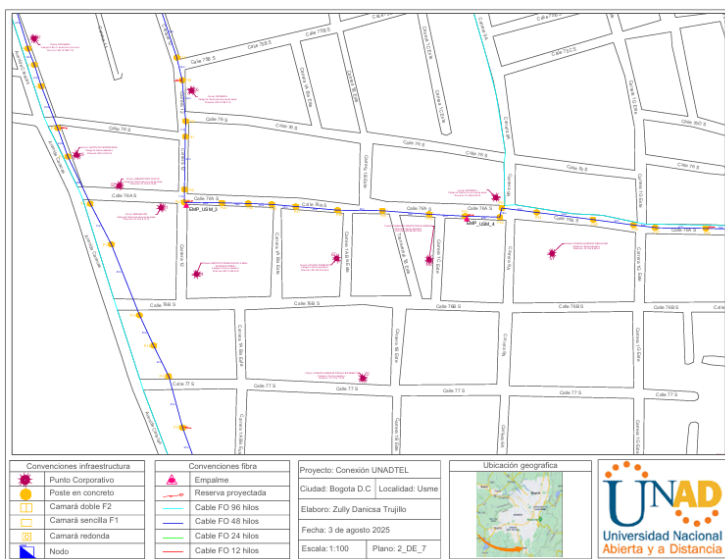
Plano Proyecto UNADTEL_USME_1



Nota. Se muestra el archivo final del proyecto parte 1. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Figura 19

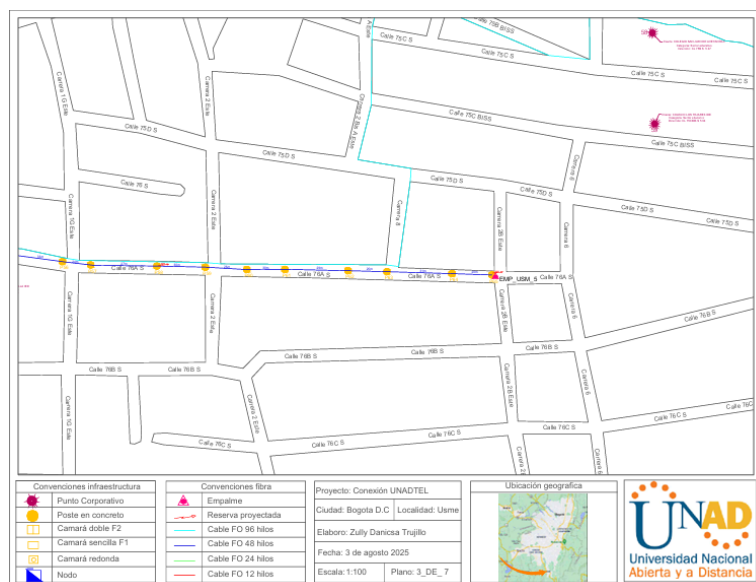
Plano Proyecto UNADTEL_USME_2



Nota. Se muestra el archivo final del proyecto parte 2. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Figura 20

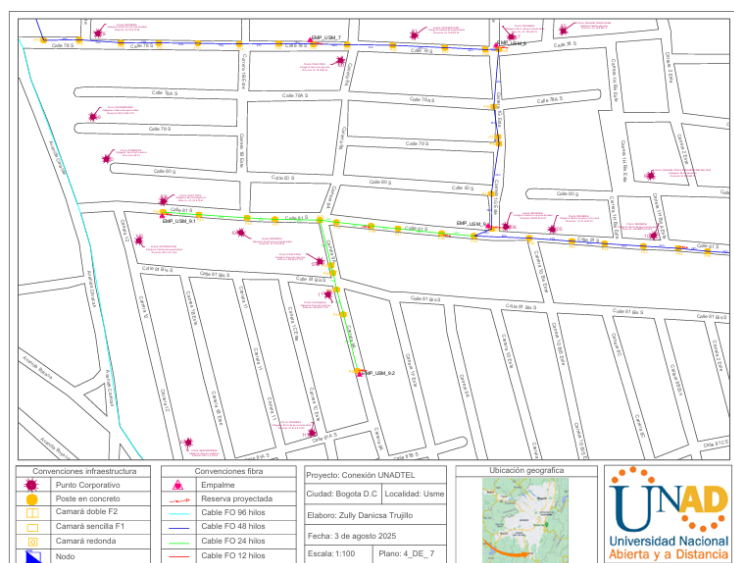
Plano Proyecto UNADTEL_USME_3



Nota. Se muestra el archivo final del proyecto parte 3. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Figura 21

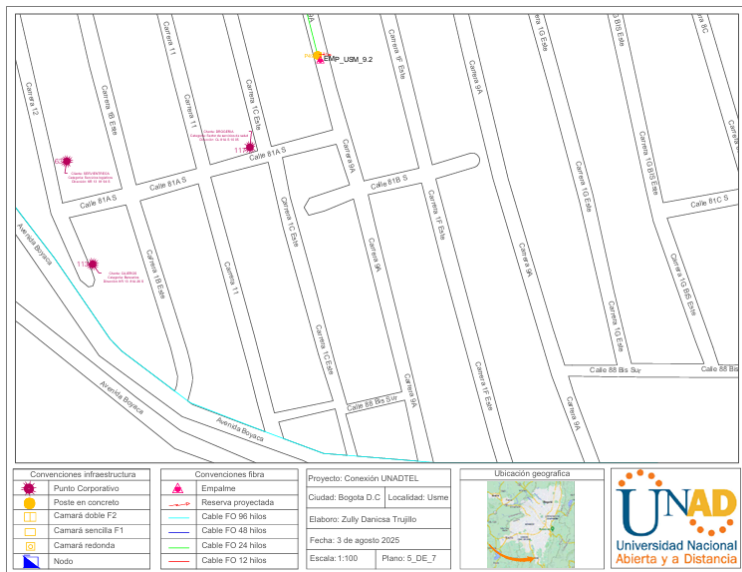
Plano Proyecto UNADTEL_USME_4



Nota. Se muestra el archivo final del proyecto parte 4. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Figura 22

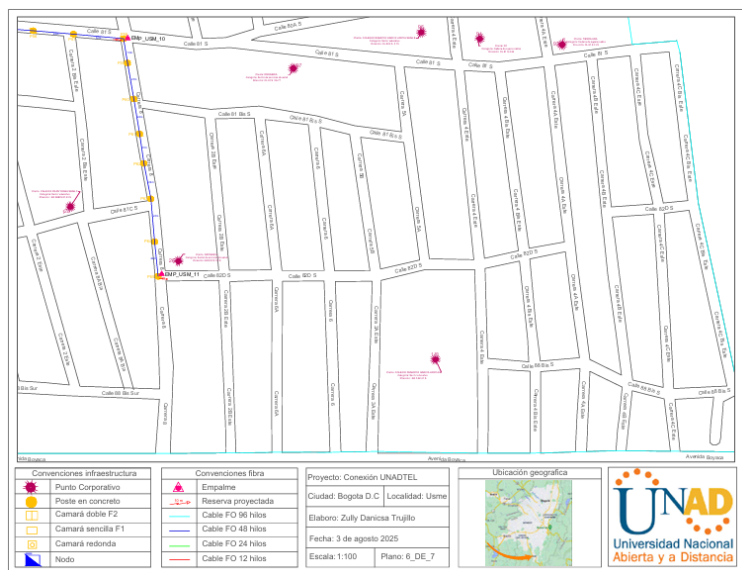
Plano Proyecto UNADTEL_USME_5



Nota. Se muestra el archivo final del proyecto parte 5. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Figura 23

Plano Proyecto UNADTEL_USME_6



Nota. Se muestra el archivo final del proyecto parte 6. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Figura 24*Plano Proyecto UNADTEL_USME_7*

Nota. Se muestra el archivo final del proyecto parte 7. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Proyección en el Nodo o Cabecera

Para la conexión de nuestra red al nodo o cabecera, se establece una interconexión entre el nodo de UFINET y el nodo de UNADTEL mediante una fibra de 12 hilos. Esta fibra se conectará desde el router de UFINET al router de nuestro nodo.

Nuestras fibras de 48 hilos que vienen de la red de distribución llegarán directamente a los ODF y se fusionarán en el orden correspondiente (por ejemplo, el hilo 1 en el puerto 1 del ODF y así sucesivamente). Desde los ODF, se utilizarán patch cords para conectar la señal a los puertos de cada switch. La interconexión entre estos switches y los ODF (Optical Distribution Frame) se realizará mediante cables pigtail. Esta organización es estratégica, ya que permite que las mediciones y los mantenimientos se realicen directamente desde los ODF sin necesidad de manipular los equipos activos, lo que reduce el riesgo de daños.

En los puertos correspondientes de los switches se usarán módulos SFP de 15 km, ya que la distancia a nuestros clientes no supera este rango. Finalmente, la señal se enrutará desde los switches hacia el router principal de nuestro Data Center para que, a su vez, se conecte con el nodo de UFINET y se complete la salida hacia Internet.

Esta topología y organización se ha diseñado tomando como referencia el nodo del operador UFINET, con el fin de asegurar la compatibilidad y optimizar los procedimientos operativos. La organización y los equipos utilizados en nuestro Data Center se pueden visualizar en las Figuras 25 y 26.

Figura 25

Registro Fotográfico del Nodo o Cabecera GATOS del Operador UFINET



Nota. La imagen muestra el orden y el diseño que maneja UFINET directamente en su cabecera.

Este mismo modelo se llevará a cabo en la cabecera de UNADTEL, pero en una escala más pequeña. *Fuente.* Tomado de Ufinet (2025).

Figura 26

Registro Fotográfico de los Equipos que Brindan los Servicios en el NODO Gatos de UFINET



Nota. La imagen muestra los equipos que el operador UFINET utiliza para la distribución de su servicio. *Fuente.* Tomado de Ufinet (2025).

Descripción del Proceso de Instalación Interna

Para asegurar la viabilidad del proyecto, se realizó una inspección del edificio donde se ubicará el Data Center, esto será en un centro comercial. A través de un recorrido visual, se documentó el proceso de ingreso de la fibra a los locales.

Se identificó un local en arriendo en el cuarto piso, el cual se proyecta como la ubicación del Data Center. Con base en esta suposición, se elaboró una descripción detallada del recorrido del cableado dentro del edificio:

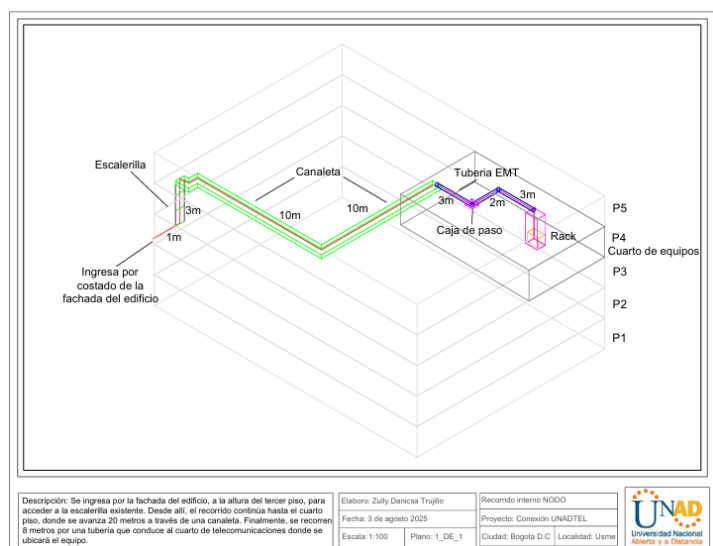
La fibra ingresa por la fachada del edificio a la altura del tercer piso, donde se accede a la escalerilla existente. Desde allí, continúa el recorrido hasta el cuarto piso, avanzando 20

metros a través de una canaleta. Finalmente, se recorren 8 metros por una tubería que conduce al cuarto de telecomunicaciones, donde se ubicará el equipo.

Debido a que no fue posible obtener evidencia fotográfica durante la inspección, se realizó un boceto a mano alzada. Este plano se digitalizó y se pasó en limpio a la herramienta AutoCAD para obtener una representación precisa del trazado interno, el cual se puede visualizar en el Apéndice K Plano_interno_UNADTEL. Pdf y el Apéndice L Plano_interno_UNADTEL. Dwg.

Figura 27

Plano del Boceto a Mano Alzada del Tendido Interno para el Data Center



Nota. La imagen muestra el recorrido del cableado dentro del edificio, el cual se obtuvo durante la inspección visual del lugar donde quedará ubicado el Nodo. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Análisis de Costos y Presupuesto del Proyecto

Con toda la información recopilada a lo largo del desarrollo del proyecto, se realizó una investigación detallada para estimar el costo del proyecto en caso de que se ejecutara. En este

análisis se contemplaron los materiales necesarios para el tendido de la red y los equipos que se usarían en la implementación del nodo.

Es importante recalcar que la cotización no incluye los costos de los servicios de terceros, como el arrendamiento de la locación para el nodo y el servicio proporcionado por UFINET. Estos datos son de carácter confidencial y no fue posible obtener dicha información.

La información detallada de cada material, junto con su fuente de investigación y el precio total, se encuentra en el Apéndice M Cotización del proyecto.

Figura 28

Costo Total del Tendido del Proyecto

Material	Brazo 1	Brazo 2	Sumatoria			Enlace de producto
	Cantidad redondeada	Cantidad redondeada	Cantidad redondeada	Costo por unidad	Costo total	
Fibra de ADSS 48 hilos vano de 200 (Carrete 3K)	1100m	1900m	3000 m	\$ 10.650.000,00	\$ 10.650.000,00	https://fibraoptica.co
Fibra de ADSS 24 hilos vano de 200 (Carrete 3K)	700m	600m	1300 m	\$ 3.667.580,00	\$ 3.667.580,00	https://fibraoptica.co
Fibra de ADSS 12 hilos vano de 200 (Carrete 1K)	300m	N/A	300 m	\$ 798.450,00	\$ 798.450,00	https://fibraoptica.co
Caja de 48 hilos	5un	6un	11 un	\$ 94.000,00	\$ 1.034.000,00	https://satstore.com
Caja de 24 hilos	4un	2un	6 un	\$ 78.000,00	\$ 468.000,00	https://satstore.com
Caja de 12 hilos	1un	N/A	1 un	\$ 78.000,00	\$ 78.000,00	https://satstore.com
Kit deherrajería de retención	130 un	130 un	260 un	\$ 52.000,00	\$ 13.520.000,00	https://fibraoptica.co
Marquillas	100un	100un	200 un	\$ 2.050,00	\$ 410.000,00	https://www.vicartec
raquetas para reserva	32un	26un	58 un	\$ 23.200,00	\$ 1.345.600,00	https://www.macroti
Costo TOTAL				\$ 31.971.630,00		

Nota. La tabla detalla la cantidad y el costo de los materiales y equipos necesarios para el tendido de la red en los brazos 1 y 2, mostrando la sumatoria y el costo total proyectado del proyecto.

Fuente. Elaboración propia (2025).

Figura 29

Costo Total del Montaje del NODO UNADTEL

Material	Cantidad (UN)	Precio (UN)	Total	Observación	Enlace de producto
ODFS	2	\$ 412.500,00	\$ 825.000,00	N/A	https://www.macrotics.com/bo-andeja-de-fibra-optica-glo-con-adaptador-v-pigtail-sc-aps-48-puertos/p?srsltid=AfmBOor3kQd3UTwGh22f5KbPQqIH3s
Router (RAX711-C-R)	1	\$ 20.000.000,00	\$ 20.000.000,00	Dado que no fue posible obtener una cotización precisa para el equipo, se validó su valor aproximado con el líder del NOC (Centro de Operaciones de Red) de UFINET. Él proporcionó un precio estimado para un módulo con las características requeridas.	https://www.davantel.com/productos/ip-mpls/rax711-c-r-intelligent-10g-ethernet-dematcation-device
Switch (RAX721 series)	2	\$ 15.000.000,00	\$ 30.000.000,00	Dado que no fue posible obtener una cotización precisa para el equipo, se validó su valor aproximado con el líder del NOC (Centro de Operaciones de Red) de UFINET. Él proporcionó un precio estimado para un módulo con las características requeridas.	https://www.directindustry.es/prod/raisecom-technology-co-td/product-153647-2335176.html
Rack - Gabinete	1	\$ 4.650.000	\$ 4.650.000	N/A	https://www.daga-store.com/pr-21-02-00
SFP'S	64	\$ 270.000,00	\$ 17.280.000	N/A	https://shop.directindustry.com/es/pl/raisecom-usfp-gb-ss15-d-r-compatible-blueoptics-sfp-
Costo final			\$ 72.755.000,00		

Nota. La tabla detalla el costo de los equipos y componentes necesarios para el montaje del nodo de UNADTEL, como el router, los switches, el rack y los módulos SFP. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Fase 4 Evaluación

Resultados Obtenidos

A lo largo del desarrollo de este proyecto, se han obtenido resultados clave que validan el diseño de una red de fibra óptica de última milla en la localidad de Usme. El propósito principal fue abordar la falta de conectividad identificada en esta zona, en comparación con otras localidades de Bogotá.

Se procedió con el diseño de una red enfocada en clientes corporativos, un nicho de mercado menos explorado por los operadores en Usme, ya que su servicio está más orientado al segmento residencial. Este enfoque permitió plantear una solución de servicios especializados con especificaciones técnicas diferentes.

Para ello, se evaluó una zona específica que comprende cuatro barrios de Usme con una alta presencia comercial. Del estudio inicial, se identificaron 124 clientes potenciales, de los cuales, tras una validación detallada, se determinó que 64 clientes son viables y aptos para el servicio propuesto. Estos clientes fueron la base para el diseño de la red.

El proyecto se estructuró a partir de una conexión principal con el operador UFINET, utilizando una fibra de 12 hilos para enlazar su nodo "GATOS" con la cabecera de UNADTEL en Usme. Esta interconexión fue necesaria para asegurar el acceso a internet, ya que UNADTEL no cuenta con la infraestructura troncal suficiente.

Desde nuestra cabecera, se diseñaron dos redes de distribución principales, cada una con una fibra de 48 hilos. La primera fibra atiende a un total de 33 clientes, y su diseño se basa en una topología en bus que utiliza 5 cajas de empalmes principales y 5 secundarias. Para el segundo cable de 48 hilos, se proyectó una red para atender a los 31 clientes restantes, con un total de 6 cajas de empalmes principales y 2 secundarias.

Se realizó un levantamiento de información de la infraestructura de postes, lo que permitió determinar la cantidad de materiales necesarios para una posible ejecución. Este análisis arrojó un presupuesto aproximado de 104.726.630 millones de pesos, el cual se puede visualizar en el Apéndice M Cotización del proyecto.

En conclusión, el proyecto demuestra la viabilidad de un diseño de red escalable que responde a una necesidad real en la comunidad. La topología propuesta permite una futura expansión en caso de que se requiera la conexión de nuevos clientes.

Conclusiones

El desarrollo del proyecto permitió diseñar de forma exitosa una red de fibra óptica de última milla en la localidad de Usme, dirigida a clientes corporativos. Esto se logró al cumplir con los objetivos establecidos de la siguiente manera:

Se definió una arquitectura de red óptima, seleccionando un sitio estratégico para el nodo de cabecera y diseñando la distribución de las redes de alimentación y de distribución, lo que garantizó un diseño ajustado a la demanda actual y con proyección de crecimiento.

Se determinaron los parámetros técnicos y los materiales necesarios (como cables de 48 hilos, cajas de empalme principales y secundarias), así como la interconexión con el operador UFINET, lo que asegura una solución escalable, confiable y de alta calidad.

Se modeló la red de forma precisa usando herramientas de software como AutoCAD y Google Earth, lo que permitió visualizar la estructura física y la cobertura, validando la viabilidad técnica del proyecto.

La red propuesta demuestra que es factible implementar una infraestructura de telecomunicaciones eficiente en Usme. Este proyecto no solo atiende una necesidad de conectividad identificada en un sector poco atendido, sino que también contribuye directamente con los objetivos de desarrollo sostenible, especialmente con el trabajo decente y crecimiento económico y la industria de innovación e infraestructura, al cerrar la brecha digital, fortalecer la presencia comercial y abrir nuevas oportunidades para el desarrollo económico local.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2021). Diagnóstico local de Usme. Secretaría Distrital de Integración Social.
https://www.integracionsocial.gov.co/images/_docs/entidad/5_Diagnostico_local_Usme_2021_VF.pdf
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2021). Localidad quinta de Usme: Consejo local de gestión del riesgo y cambio climático, caracterización general de escenarios de riesgo. Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático - IDIGER.
<https://www.idiger.gov.co/documents/220605/1331145/Identificaci%C3%B3n+y+Priorizaci%C3%B3n.pdf/c8cc8378-02c5-4add-bf59-05bc61e404ad>
- Bunge, M. (2000). *La investigación científica: Su estrategia y su filosofía*. Siglo XXI Editores.
<https://ia800601.us.archive.org/9/items/BungeMarioLaInvestigacionCientificaSuEstrategiaYSuFilosofia/Bunge%20Mario%20-%20La%20Investigacion%20Cientifica%20-%20Su%20Estrategia%20Y%20Su%20Filosofia%20.pdf>
- Cacharreopuroyduro. (2010). *Direccionamiento IP*. Cacharreopuroyduro.
<https://cacharreopuroyduro.blogspot.com/2010/01/direccionamiento-ip.html>
- Concepto. De. (2024). ¿Qué es la fibra óptica? <https://concepto.de/fibra-optica/>
- Enfoque UTE. (2024). Análisis de multiplexación por división de longitud de onda ultradensa (UDWDM) en una red óptica pasiva (PON). *Enfoque UTE*, 15(1).
http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422024000300001&lang=es

Facultad de Ciencias Sociales y de la Comunicación. (2024). Medios de transmisión (p. 19).

Universidad de Cádiz.

https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/16867/tema05_medios.pdf

FasterCapital. (2024). Infraestructura escalable: Construcción de una base sólida para la

escalabilidad empresarial. [https://fastercapital.com/es/contenido/Infraestructura-](https://fastercapital.com/es/contenido/Infraestructura-escalable--construccion-de-una-base-solida-para-la-escalabilidad-empresarial.html)

[escalable--construccion-de-una-base-solida-para-la-escalabilidad-empresarial.html](https://fastercapital.com/es/contenido/Infraestructura-escalable--construccion-de-una-base-solida-para-la-escalabilidad-empresarial.html)

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGraw-Hill Education.

https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

IEEE Xplore. (2018). Tecnologías de monitorización PON basadas en técnicas OTDR: Estado

del arte y tendencias. IEEE Xplore Digital Library. [https://www-scopus-](https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85063479600)

[com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85063479600](https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85063479600)

Ingenierías e Investigación. (2019). Soporte a la gestión de incidencias en redes ópticas mediante

la identificación de puntos críticos. *Ingenierías e Investigación*, 39(3), 43–52.

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingevin/article/view/71346>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2023). Colombia cerró el

año 2023 con 6,1 millones de nuevos accesos a internet.

<https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/382041:Colombia-cerro-el-ano-2023-con-6-1-millones-de-nuevos-accesos-a-Internet>

Revista de Microondas, Optoelectrónica y Aplicaciones Electromagnéticas. (2019). Entrelazado

de dominio de frecuencia para redes ópticas pasivas WDM densas. *JMOEA*, 18(2), 196–

205. <https://www.scielo.br/j/jmoea/a/kvJ59s5xLWLYFkMssKmD3fz/?lang=en>

Revista de Microondas, Optoelectrónica y Aplicaciones Electromagnéticas. (2021). Herramienta de análisis para redes de acceso óptico pasivos. JMOEA, 20(4), 395–405.

<https://www.scielo.br/j/jmoea/a/JPkvjYdMtKFv6rRgrbtQLLv/?lang=en>

Rouse, M. (s.f.). *Variable-length subnet mask (VLSM)*. TechTarget. Recuperado el 4 de agosto de 2025, de <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/variable-length-subnet-mask>

Scribd. (2020). Última milla. <https://es.scribd.com/document/485870572/ultima-milla>

Stallings, W. (2013). *Comunicaciones y redes de computadores* (6.ª ed.).

<https://richardfong.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/02/stallings-william-comunicaciones-y-redes-de-computadores.pdf>

Submarine Cable Map. (s.f.). *Submarine Cable Map*. Submarine Cable Map.

<https://www.submarinemap.com/>

Universidad Nacional de Colombia. (2024). Por cada estación de telecomunicaciones instalada en Usme hay 11 en Chapinero: ¿Eso qué significa? Agencia de Noticias UNAL.

<https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/por-cada-estacion-de-telecomunicaciones-instalada-en-usme-hay-11-en-chapinero-eso-que-significa>

Viavi Solutions. (2024). ¿Qué es una red óptica pasiva (PON)?

<https://www.viavisolutions.com/es-es/que-es-una-red-optica-pasiva-pon>

Apéndices

Apéndice A

UNADTEL (2025). Base de Clientes y Capacidades. [Archivo Microsoft Excel]. Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto.

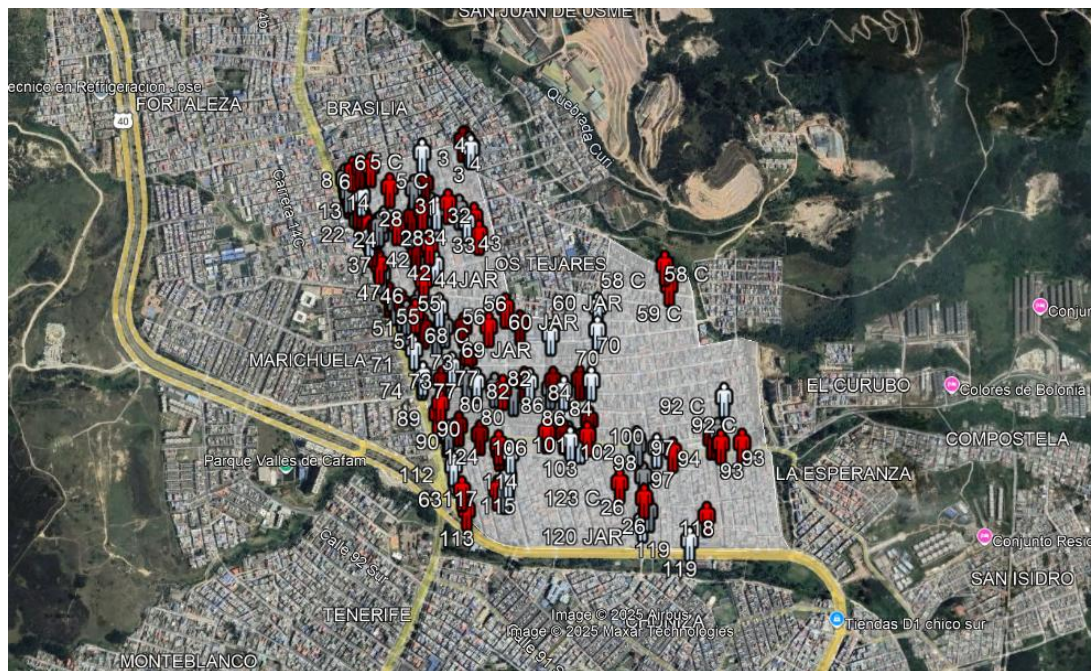
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Número de ite	Servicio	Latitud (c	Cliente	Categoría	Dirección	Capacidad (M
2	1	POSITIVOS	4.516664°	-74.113517°	DROGERIA	Sector de servicios de salud	CL 74B S 9A 07	160
3	2	POSITIVOS	4.516642°	-74.113581°	PAGATODO	Servicios logísticos	CL 74B S 9A 17	220
4	3	NEGATIVO						
5	4	NEGATIVO						
6	5	NEGATIVO						
7	6	POSITIVOS	4.516018°	-74.115849°	CAPITAL SALUD	Sector de servicios de salud	CL 74B S 12 49	160
8	7	POSITIVOS	4.515976°	-74.116114°	EFACTY	Servicios logísticos	CL 74B S 13 11	220
9	8	POSITIVOS	4.515902°	-74.116292°	PAGATODO	Servicios logísticos	CL 74B S 13 33	220
10	9	NEGATIVO						
11	10	POSITIVOS	4.515530°	-74.116435°	SUPERERCADO	Cadena de supermercados	KR 14 74B 30 S	120
12	11	NEGATIVO						
13	12	POSITIVOS	4.515256°	-74.116380°	DROGERIA	Sector de servicios de salud	KR 14 74B 64 S	160
14	13	NEGATIVO						
15	14	POSITIVOS	4.515506°	-74.115380°	LABORATORIO CLINICO	Sector de servicios de salud	CL 74C S 12 13	160
16	15	NEGATIVO						
17	16	POSITIVOS	4.515602°	-74.114509°	LICEO SANTA ANA DEL SUR	Sector educativo	CL 74C S 10 41	100
18	17	NEGATIVO						
19	18	NEGATIVO						
20	19	POSITIVOS	4.514997°	-74.116177°	DROGERIA	Sector de servicios de salud	KR 14 74C 18 S	160
21	20	POSITIVOS	4.514839°	-74.116109°	BANCO CAJA SOCIAL	Bancarios	KR 14 74C 30 S	300
22	21	POSITIVOS	4.514785°	-74.116055°	CALZADO BUCARAANGA	Comercio	KR 14 74C 50 S	110
23	22	POSITIVOS	4.514648°	-74.115998°	LABORATORIO CLINICO DE RAYOS X	Sector de servicios de salud	KR 14 74C 64 S	160
24	23	NEGATIVO						
25	24	POSITIVOS	4.514597°	-74.115200°	TIENDA ARA	Cadena de supermercados	CL 75 S 12 19	120
26	25	POSITIVOS	4.514505°	-74.115709°	CENTRO COERCIAL	Comercio	KR 14 75 02 S	110
27	26	POSITIVOS	4.507877°	-74.109110°	DROGERIA	Sector de servicios de salud	KR 8 81C 33 S	160

Nota. El archivo en formato Excel que contiene información georreferenciada y categorizada de clientes potenciales para servicios de conectividad en Usme, incluyendo capacidad requerida por sede. La Hoja 1 detalla ubicaciones individuales, y la Hoja 2 agrupa la demanda por sectores y niveles de prioridad. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Apéndice B

UNADTEL. (2025). *Proyección de Clientes Final [Archivo KMZ]. Documento Generado por*

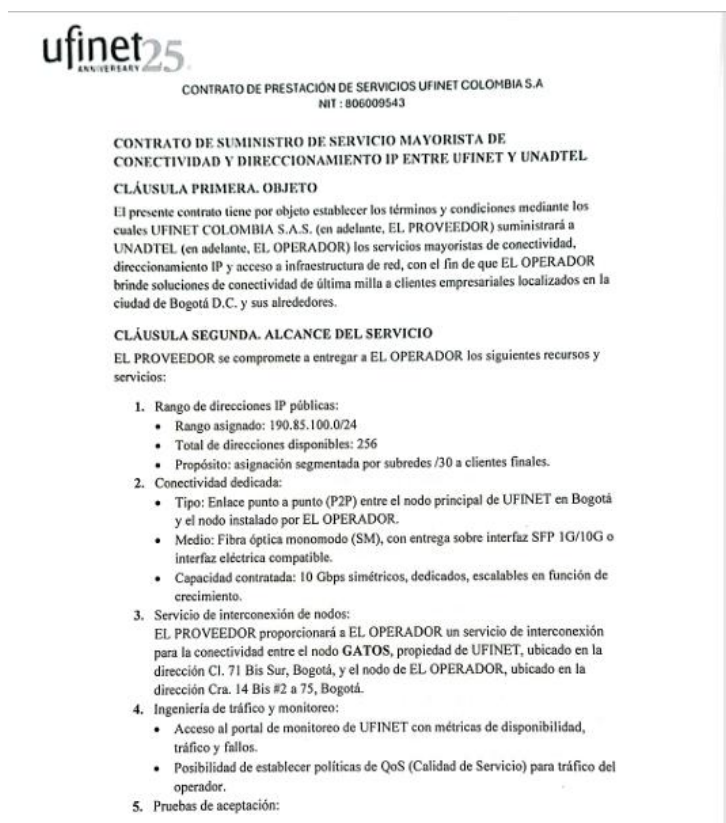
UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto



Nota: La figura presenta una visualización geoespacial de la proyección de clientes, generada a partir de un archivo KMZ. En el mapa, los marcadores rojos indican una viabilidad positiva para la implementación del servicio, mientras que los marcadores blancos señalan una viabilidad negativa. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Apéndice C

UFINET COLOMBIA S.A.S. (2025). Contrato Ufinet UFINET – UNADTEL. Bogotá D.C., Colombia. [Archivo PDF] Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto



Nota. El contrato en formato PDF establece el suministro de servicios mayoristas de conectividad y acceso a infraestructura por parte de UFINET a UNADTEL, con una capacidad dedicada de 10 Gbps. Incluye cláusulas técnicas, responsabilidades operativas, acuerdos de nivel de servicio (SLA) y condiciones comerciales para brindar conectividad corporativa en Usme.

Fuente. Elaboración propia (2025).

Apéndice D

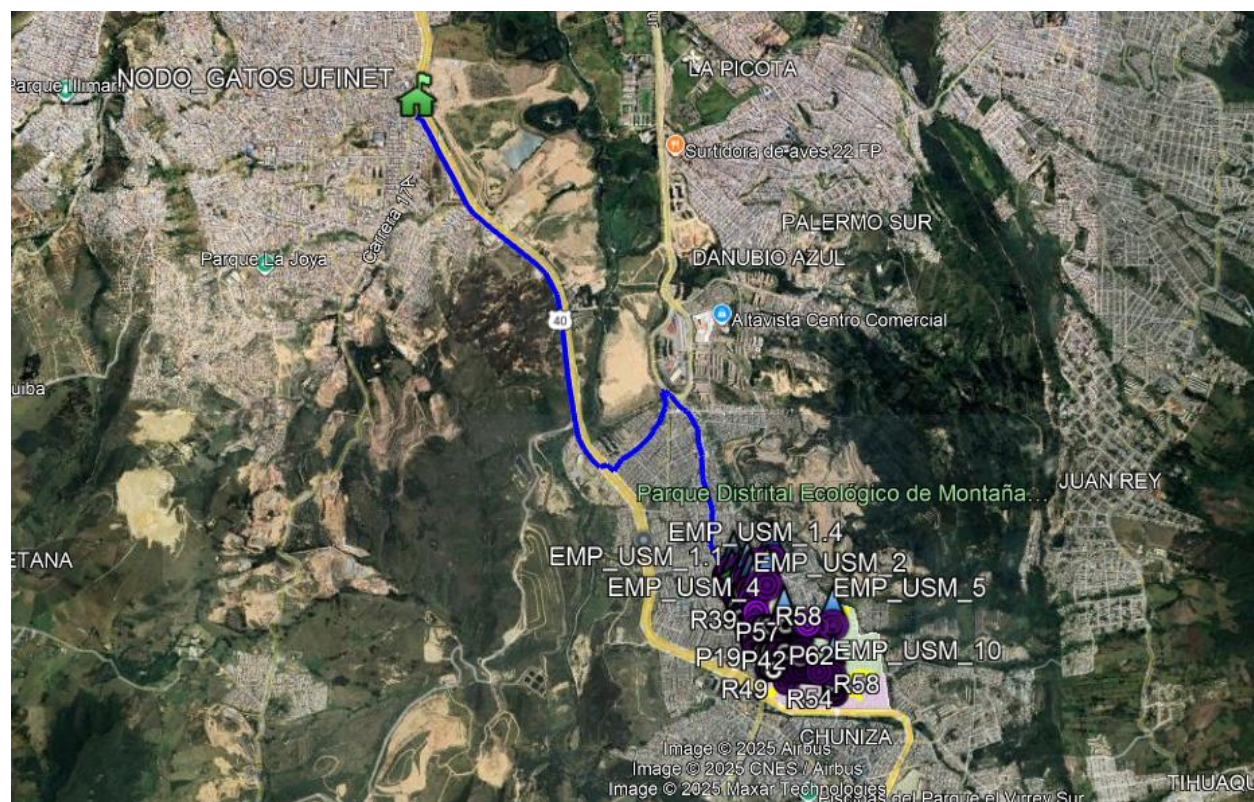
UNADTEL. (2025). *Subnetting Red Ufinet. [Archivo Microsoft Excel]. Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto*

	A	B	C	D	E	F	G
1	CLIENTE	RED	Mascara de red	IP 1er HOST	IP 2do HOST	Difusión	Capacidad (I)
2	1	190.85.100.0	255.255.255.252	190.85.100.1	190.85.100.2	190.85.100.3	160
3	2	190.85.100.4	255.255.255.252	190.85.100.5	190.85.100.6	190.85.100.7	220
4	6	190.85.100.8	255.255.255.252	190.85.100.9	190.85.100.10	190.85.100.11	160
5	7	190.85.100.12	255.255.255.252	190.85.100.13	190.85.100.14	190.85.100.15	220
6	8	190.85.100.16	255.255.255.252	190.85.100.17	190.85.100.18	190.85.100.19	220
7	10	190.85.100.20	255.255.255.252	190.85.100.21	190.85.100.22	190.85.100.23	120
8	12	190.85.100.24	255.255.255.252	190.85.100.25	190.85.100.26	190.85.100.27	160
9	14	190.85.100.28	255.255.255.252	190.85.100.29	190.85.100.30	190.85.100.31	160
10	16	190.85.100.32	255.255.255.252	190.85.100.33	190.85.100.34	190.85.100.35	100
11	19	190.85.100.36	255.255.255.252	190.85.100.37	190.85.100.38	190.85.100.39	160
12	20	190.85.100.40	255.255.255.252	190.85.100.41	190.85.100.42	190.85.100.43	300
13	21	190.85.100.44	255.255.255.252	190.85.100.45	190.85.100.46	190.85.100.47	110
14	22	190.85.100.48	255.255.255.252	190.85.100.49	190.85.100.50	190.85.100.51	160
15	24	190.85.100.52	255.255.255.252	190.85.100.53	190.85.100.54	190.85.100.55	120
16	25	190.85.100.56	255.255.255.252	190.85.100.57	190.85.100.58	190.85.100.59	110
17	26	190.85.100.60	255.255.255.252	190.85.100.61	190.85.100.62	190.85.100.63	160
18	27	190.85.100.64	255.255.255.252	190.85.100.65	190.85.100.66	190.85.100.67	160
19	28	190.85.100.68	255.255.255.252	190.85.100.69	190.85.100.70	190.85.100.71	120
20	32	190.85.100.72	255.255.255.252	190.85.100.73	190.85.100.74	190.85.100.75	160
21	33	190.85.100.76	255.255.255.252	190.85.100.77	190.85.100.78	190.85.100.79	160
22	38	190.85.100.80	255.255.255.252	190.85.100.81	190.85.100.82	190.85.100.83	160
23	39	190.85.100.84	255.255.255.252	190.85.100.85	190.85.100.86	190.85.100.87	110
24	40	190.85.100.88	255.255.255.252	190.85.100.89	190.85.100.90	190.85.100.91	110
25	41	190.85.100.92	255.255.255.252	190.85.100.93	190.85.100.94	190.85.100.95	220
26	42	190.85.100.96	255.255.255.252	190.85.100.97	190.85.100.98	190.85.100.99	220
27	43	190.85.100.100	255.255.255.252	190.85.100.101	190.85.100.102	190.85.100.103	100

Nota: La figura presenta una hoja de cálculo en Microsoft Excel que detalla el proceso de subneteo de la red. La tabla muestra la asignación de direcciones de red a cada cliente, incluyendo la red, la máscara de subred, las direcciones IP de los *hosts* y la capacidad de cada subred, con el objetivo de optimizar la distribución de recursos y la gestión de la red. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Apéndice E

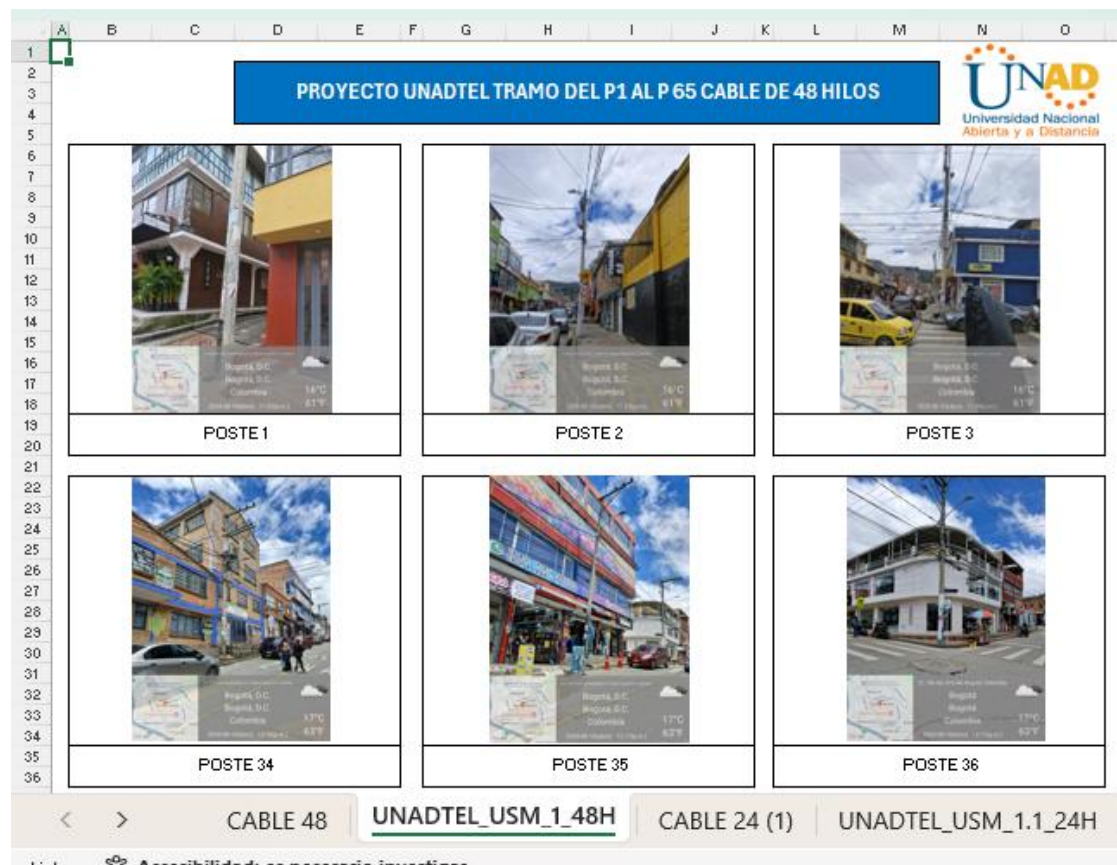
UNADTEL. (2025). Proyecto UNADTEL Final. [Archivo KMZ]. Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto



Nota. El documento es en un formato KMZ que traza ruta de la alimentación de la fibra a los barrios, sus nodos, infraestructura, divisiones, clientes, empalmes, la división de los barrios y delimitación de la zona. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Apéndice F

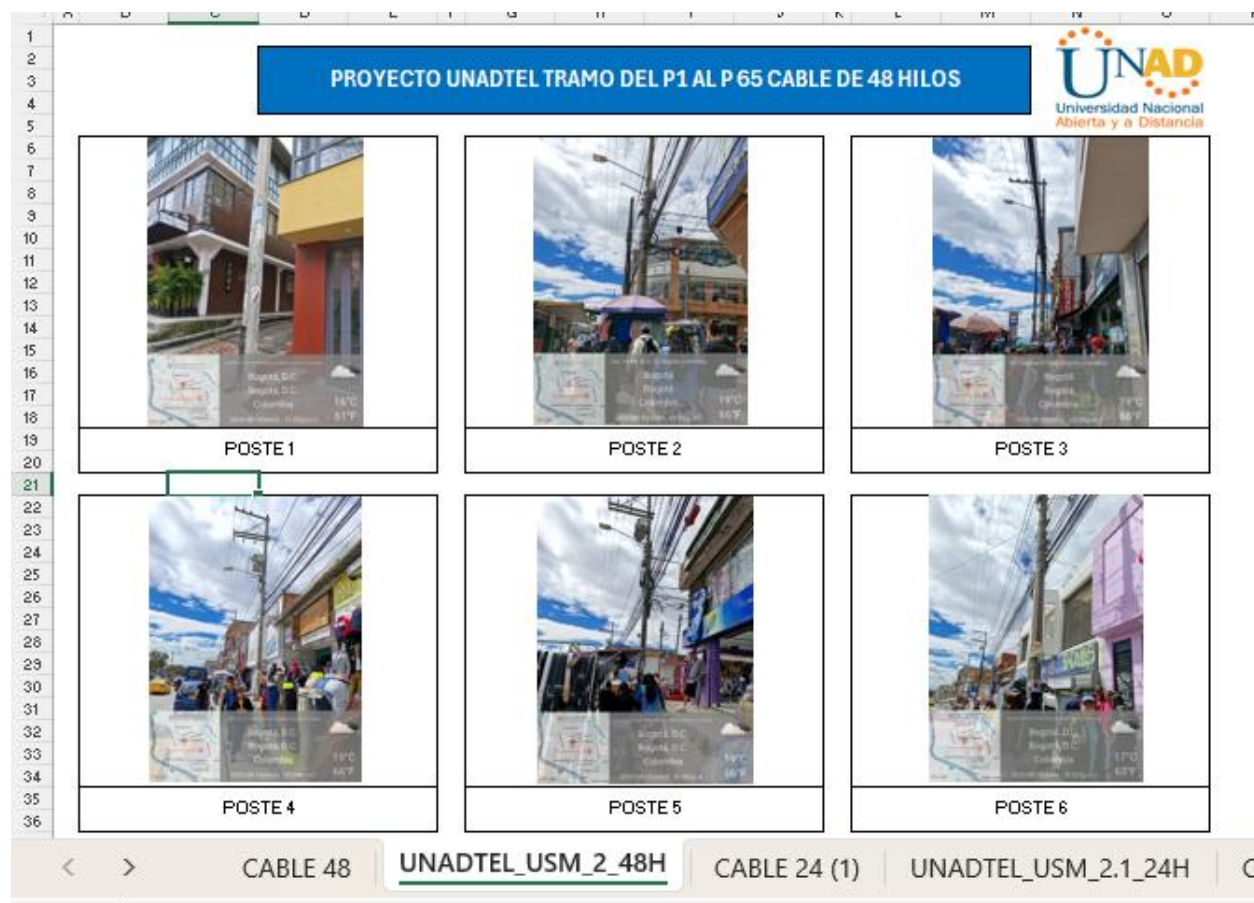
UNADTEL. (2025). *Cartera de Infraestructura Brazo 1. [Archivo Microsoft Excel]. Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto*



Nota. El documento en Excel del brazo 1 tiene un registro fotográfico de los postes utilizados como soporte para la instalación de fibra óptica, organizados por las rutas del proyecto y también un apartado de datos de los cables indicando por donde pasa con su barrio y direcciones. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Apéndice G

UNADTEL. (2025). *Cartera de Infraestructura Brazo 2*. [Archivo Microsoft Excel]. Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto



Nota. El documento en Excel del brazo 2 tiene un registro fotográfico de los postes utilizados como soporte para la instalación de fibra óptica, organizados por las rutas del proyecto y también un apartado de datos de los cables indicando por donde pasa con su barrio y direcciones. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Apéndice H

UNADTEL. (2025). Enrutamiento de Hilos Final. [Archivo Microsoft Excel]. Documento

Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto

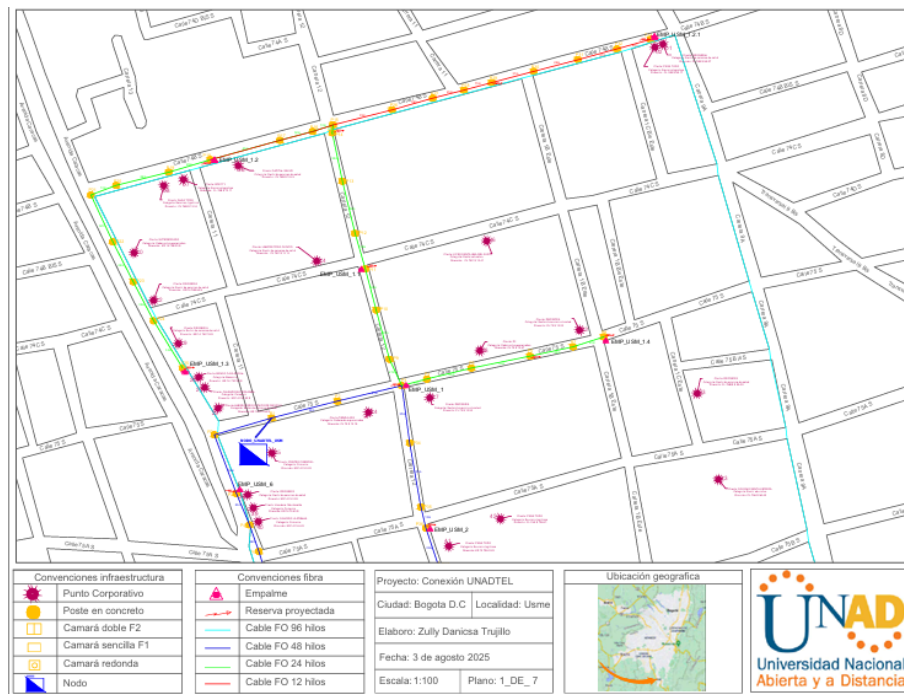
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
	Cliente	Cable	Hilos	Caja de empalme	Cable	Hilos	Caja de empalme	Cable	Hilo	Caja de empalme	Cable	Hilo	BUFFER	
1	14	CABLE 12 HILOS	1				EMP_USM_1.1		1			1	AZUL	
2	16	CABLE 12 HILOS	1						2			2		
3	6	CABLE 12 HILOS	1						3			3		
4	7	CABLE 12 HILOS	1						4			4		
5	8	CABLE 12 HILOS	1						5			5		
6	10	CABLE 12 HILOS	1						6			6		
7	1	CABLE 12 HILOS	1	EMP_USM_1.2.1	UNADTEL_USM_1.1.1_12H	1		UNADTEL_USM_1.1_24H	7			7		
8	2	CABLE 12 HILOS	1			2			8			8		
9	12	CABLE 12 HILOS	1						9			9		
10	19	CABLE 12 HILOS	1						10		EMP_USM_1	10		
11	20	CABLE 12 HILOS	1						11			11		
12	21	CABLE 12 HILOS	1						12			12		
13	28	CABLE 12 HILOS	1						13			13		
14	32	CABLE 12 HILOS	1						14			14		
15	33	CABLE 12 HILOS	1						15			15		
16	43	CABLE 12 HILOS	1						16			16		
17	22	CABLE 12 HILOS	1								UNADTEL_USM_1_48H	17		
18	24	CABLE 12 HILOS	1									18		
19	25	CABLE 12 HILOS	1									19	NARANJA	
20	27	CABLE 12 HILOS	1									20		
21	41	CABLE 12 HILOS	1									21		
22	42	CABLE 12 HILOS	1								EMP_USM_2	22		
23	46	CABLE 12 HILOS	1									23		
24	49	CABLE 12 HILOS	1									24		
25	51	CABLE 12 HILOS	1								EMP_USM_3	25		
26	52	CABLE 12 HILOS	1									26		

Nota: La figura presenta un diagrama de enrutamiento de hilos de fibra óptica, elaborado en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Este esquema detalla las conexiones individuales de cada cliente, especificando la secuencia de hilos, los puntos de empalme y la distribución del cableado desde la caja de empalme hasta el punto final, lo que permite una planificación precisa de la red.

Fuente. Elaboración propia (2025).

Apéndice I

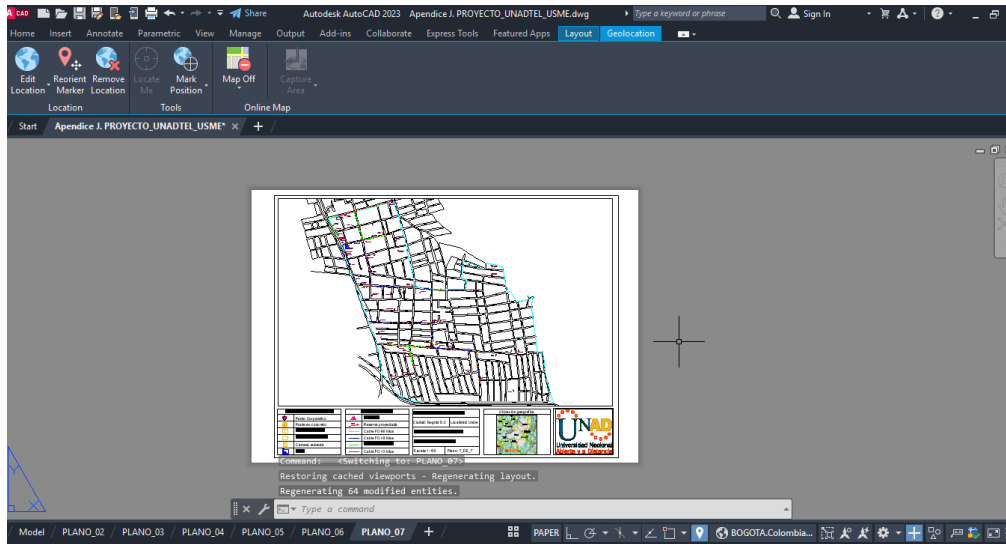
UNADTEL. (2025). PROYECTO_UNADTEL_USME. [Archivo PDF] Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto



Nota: El documento es en un formato PDF documento con imágenes desarrolladas en AutoCAD de la alimentación de la fibra a los barrios, sus nodos, infraestructura, divisiones, clientes, empalmes, la división de los barrios y delimitación de la zona de una manera más clara. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Apéndice J

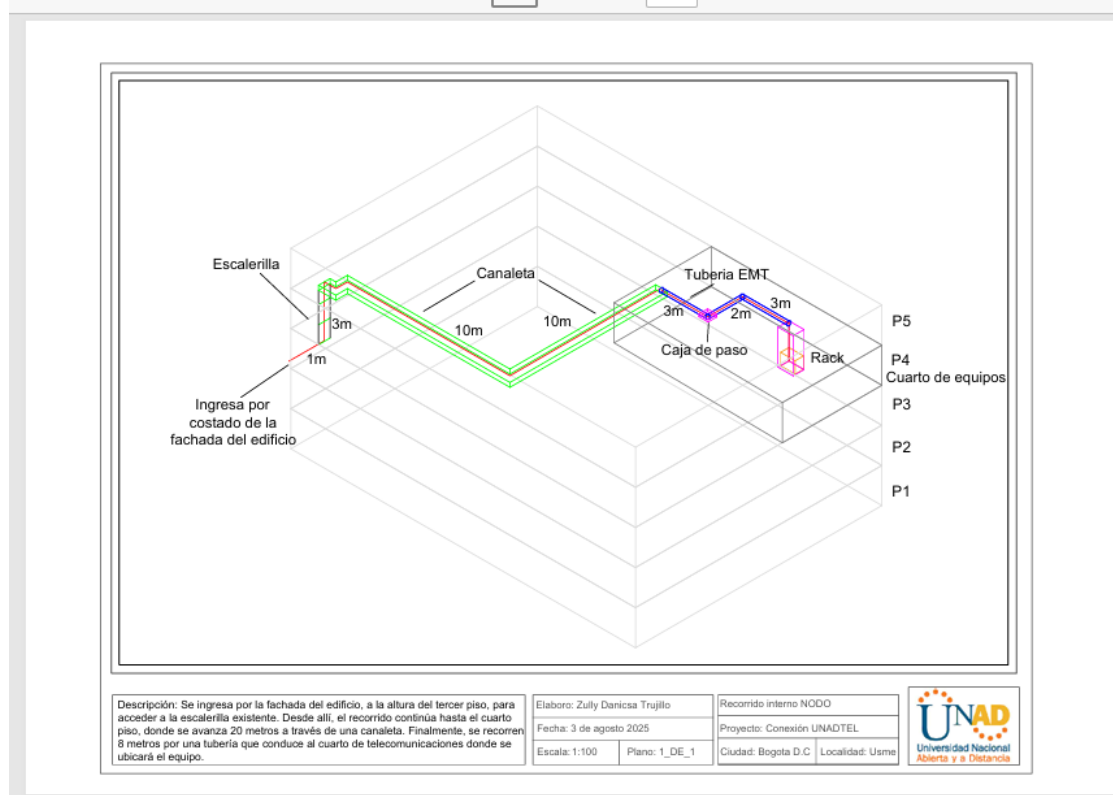
UNADTEL. (2025). PROYECTO_UNADTEL_USME. [Archivo DWG] Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto



Nota: La figura presenta los planos de ingeniería de la red de fibra óptica, elaborados en el software AutoCAD (formato de archivo DWG). Estos planos detallan la distribución de la infraestructura de red, incluyendo el trazado del cableado, la ubicación de los nodos y los puntos de conexión, sirviendo como guía técnica para la implementación física del proyecto. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Apéndice K

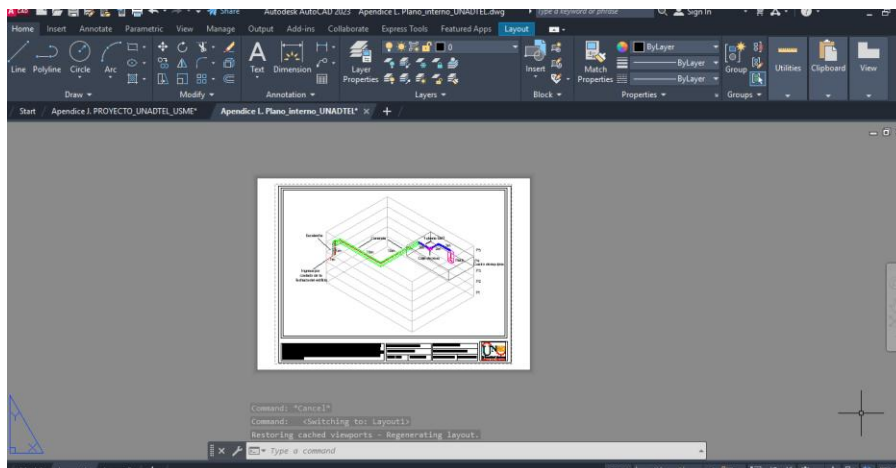
UNADTEL. (2025). *Plano_Interno_UNADTEL. [Archivo PDF] Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto*



Nota: La figura presenta un plano de ingeniería en formato PDF que detalla el enrutamiento interno del NODO. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Apéndice L

UNADTEL. (2025). Plano_Interno_UNADTEL. [Archivo DWG] Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto



Nota: La figura presenta un plano de ingeniería elaborado en el software AutoCAD (formato de archivo DWG) que detalla el enrutamiento interno del NODO. *Fuente.* Elaboración propia (2025).

Apéndice M

UNADTEL. (2025). Cotización del Proyecto. [Archivo Microsoft Excel]. Documento Generado por UNADTEL, Elaborado Específicamente para el Análisis del Proyecto

Material	Brazo 1	Brazo 2	Cantidad redondeada	Sumatoria		Enlace de producto
	Cantidad redondeada	Cantidad redondeada		Costo por unidad	Costo total	
Fibra de ADSS 48 hilos vano de 200 (Carrete 3K)	1100m	1900m	3000 m	\$ 10.650.000,00	\$ 10.650.000,00	https://fibroptico
Fibra de ADSS 24 hilos vano de 200 (Carrete 3K)	700m	600m	1300 m	\$ 3.667.580,00	\$ 3.667.580,00	https://fibroptico
Fibra de ADSS 12 hilos vano de 200 (Carrete 1K)	300m	N/A	300 m	\$ 798.450,00	\$ 798.450,00	https://fibroptico
Caja de 48 hilos	5un	6un	11 un	\$ 94.000,00	\$ 1.034.000,00	https://satstore.com
Caja de 24 hilos	4un	2un	6 un	\$ 78.000,00	\$ 468.000,00	https://satstore.com
Caja de 12 hilos	1un	N/A	1 un	\$ 78.000,00	\$ 78.000,00	https://satstore.com
Kit deherrajería de retención	130 un	130 un	260 un	\$ 52.000,00	\$ 13.520.000,00	https://fibroptico
Marquillas	100un	100un	200 un	\$ 2.050,00	\$ 410.000,00	https://www.vicartec
raquetas para reserva	32un	26un	58 un	\$ 23.200,00	\$ 1.345.600,00	https://www.macroti
Costo TOTAL				\$ 31.971.630,00		
Costo total del proyecto				\$ 104.726.630,00		

Nota: La figura presenta una hoja de cálculo en Microsoft Excel que detalla la cotización del proyecto. En la tabla se especifican los materiales y equipos necesarios para la implementación de la red, junto con sus respectivas cantidades, costos unitarios y costos totales, lo que permite visualizar el presupuesto estimado del proyecto. *Fuente.* Elaboración propia (2025).