

Diseño e implementación de la red de fibra óptica del cantón Chone-Ecuador

Design and implementation of the fiber optic network of the Chone-Ecuador canton

Irwin Dionicio Rodríguez-Díaz *, ¹ <http://orcid.org/0000-0003-0535-525X>

Rodolfo Valentín García-Bermudez ² <https://orcid.org/0000-0002-0643-4745>

¹Estudiante del Programa de Maestría Académica con Trayectoria Profesional en Gestión de Proyectos, Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

² CENEC Málaga, España. Correo electrónico: rodgarberm@gmail.com

*Correo para correspondencia: dionicio198927@gmail.com

RESUMEN

En la parroquia Chone de la provincia de Manabí, en Ecuador, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones de Ecuador construyó una red de fibra óptica para los servicios de telecomunicaciones, reemplazando las redes de cobre existentes, de muy baja velocidad y confiabilidad. Este trabajo presenta el proyecto de planeación y ejecución de esta red, en el cual se utilizó una metodología cualitativa-cuantitativa, basada en las metodologías de proyectos de telecomunicaciones actuales. Se partió del diagnóstico del problema a través de entrevistas no estructuradas y estudios de campo. En consecuencia, la mejora en el acceso a las redes de datos de entidades y hogares de la zona ha tenido un impacto significativo en la actividad de las pequeñas y medianas empresas, la gestión de servicios a la población y el acceso a la educación a distancia que ofrecen las diferentes instituciones de la provincia y el país.

Palabras clave: gestión por proyectos; infraestructura; telecomunicaciones; redes de fibra óptica.

ABSTRACT

In the Chone parish of the province of Manabí, in Ecuador, the National Telecommunications Corporation of Ecuador built a fiber optic network for telecommunications services, replacing the existing copper networks, with very low speed and reliability. This paper presents the planning and execution project of this network, in which a qualitative-quantitative methodology was used, based on current telecommunications project methodologies. The problem was diagnosed through unstructured interviews and field studies. Consequently, the improvement in access to the data networks of entities and households in the area has had a significant impact on the activity of small and medium-sized companies, the management of services for

the population and access to distance education offered by the different institutions of the province and the country.

Keywords: *project management; infrastructure; telecommunications; fiber optic networks.*

Introducción

El acceso a redes de comunicación rápidas y confiables en el entorno social y económico actual se ha convertido en una condición indispensable para el desarrollo de empresas, pequeños emprendimientos y en general para la sociedad en todos sus aspectos.

La parroquia de Chone, el cantón del mismo nombre, tradicionalmente ha tenido que enfrentar las limitaciones asociadas a los servicios de Internet de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT). Dicha corporación presenta líneas de cobre, que tienen velocidades de comunicación muy bajas y mayores riesgos de interrupción del servicio. Como consecuencia, se han visto afectadas las opciones de haber podido contar con un desarrollo muy superior de las fuerzas productivas del cantón, y de servicios sociales de gran importancia.

Por lo anterior, se decidió realizar un proyecto de cambio de tecnología a fibra óptica en la red de esta parroquia, que permita solucionar los problemas de acceso, calidad y confiabilidad existentes en los servicios de Internet.

En el campo de las telecomunicaciones, según Méndez *et al.* (2021), para dar respuesta a las necesidades tecnológicas y de servicios eficientes que demanda cada vez más la sociedad, las operadoras para poder seguir siendo competitivas, necesitan de servicios de comunicaciones móviles e inalámbricas de última generación, porque estos ofrecen movilidad, flexibilidad y conectividad a los usuarios, así como acceso directo a una gran cantidad de nuevos servicios y aplicaciones de banda ancha con uso eficiente de los recursos [1].

Los modelos de gestión de servicios de Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC) han tenido un desarrollo significativo en los últimos años, en correspondencia con los extraordinarios avances que han experimentado estas tecnologías y su impacto en la sociedad actual. Canasa y Cayo (2020) señalan que uno de los aspectos que cambia en ellos es la gestión de la configuración, pues es lo que permite ofrecer servicios más eficientes y de mayor calidad [2]. En relación con esto, Borrero-Puentes y Alcalá-Zarate (2020) afirman que un modelo de gestión debe ser adaptable a los cambios del entorno y que sus partes funcionen como un todo, de modo que respondan "... a necesidades de tiempo, costos, riesgos y flexibilidad...", y además considerar "... las variables de ambiente de equipo, tiempo, comunicación y redes de conexión virtual..." [3].

La gestión de servicios se considera una de las mayores ventajas competitivas de una empresa para atraer a sus clientes y triunfar en el mercado. Actualmente, las tecnologías de la información son cada vez más utilizadas como herramienta de comunicación para mejorar la gestión de estos y así lograr el desarrollo de las organizaciones [2].

Una herramienta muy utilizada, en los últimos tiempos, en la gestión de servicios es la gestión de proyectos. Según Moyano y Villamil (2021), esta herramienta permite la mejora continua de los procesos de gestión que enfrenta cualquier tipo de proyecto y reducir los riesgos que se pueden generar en la toma de decisiones para lograr una mayor efectividad. La implementación de ambas herramientas es imposible sin el uso de las TIC, por lo que desde hace ya bastante tiempo de una forma u otra están fuertemente vinculadas a los trabajos realizados en este campo [4].

Internet: impacto en la economía y la sociedad

Las primeras redes de telecomunicación según Guevara *et al.* (2013) datan de la revolución francesa y se construyeron con la aparición de la telegrafía óptica en 1792. A partir de este momento se produjeron una serie de hechos que marcaron la evolución de las telecomunicaciones. Dos de ellos constituyen hitos directamente vinculados con este trabajo y con el desarrollo actual de las comunicaciones: la fabricación de las primeras fibras ópticas para mejorar el rendimiento de la red en 1970, y la aparición de Internet en 1989 [5].

En un estudio realizado por Cabezas-Chica y Cabrera-Mejía (2020), que analiza información obtenida de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), se afirma que en 2020 el 51,2 % de la población mundial tenía acceso a Internet, lo que equivale a 3.900 millones de personas, aunque se señala la persistencia de problemas de calidad y equidad en el acceso [6]. En Ecuador, según indicadores emitidos por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2022), en el mes de julio de 2022 el 60,4 % de los hogares ya tenían acceso a internet [7].

Existen diversos tipos de conexión a redes de datos que proveen servicios de Internet. Según Pincay (2021) las principales formas de conectarse son "... a través de cables de fibra coaxial y de fibra óptica, línea telefónica Línea de Abonado Digital Asimétrica (ADSL, por sus siglas en inglés), telefonía móvil: Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM, por sus siglas en inglés), Servicio General de Paquetes de Radio (GPRS, por sus siglas en inglés) y Cuarta generación de tecnología de telefonía móvil (4G), vía satelital. Las redes inalámbricas o *wireless*: Sistema de Distribución Local Multipunto (LMDS, por sus siglas en inglés), controlador lógico programable (PLC, por sus siglas en inglés) y Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas (WIMAX, por sus siglas en inglés)" [8].

En la actualidad la fibra óptica es la más utilizada para conexiones fijas a hogares o instituciones de carácter social o económico. Esto ha conllevado a la realización de múltiples estudios orientados a mejorar la calidad de funcionamiento y fiabilidad de este tipo de soporte de las comunicaciones, y a la reutilización de redes existentes para su escalado a conexiones de fibra óptica.

Tal es el caso de Torres y Peña (2016), que diseñaron una propuesta de comunicación para el reparto Carlos Manuel de Céspedes de Bayamo, en Cuba, utilizando fibra óptica a partir de aprovechar la red existente [9]. En Ecuador, en un estudio similar Plúa *et al.* (2016), desarrollaron un método para ampliar la cobertura de Internet en la empresa Netlife en el cantón Jipijapa utilizando la estructura de la fibra óptica existente [10]. En ambos casos se logró mejorar la calidad del servicio de Internet para brindar servicios de datos, voz y video.

Estudios realizados en el Sistema Educativo Digital (SED) demuestran también la necesidad de contar con infraestructura tecnológica para poder utilizar las TIC. Así se refleja en la investigación realizada por Ruiz *et al.* (2022) que analizó el impacto de las políticas del SED promovido por el Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y Formación del Profesorado del Ministerio de Educación de España (INTEF) en los centros educativos de Ceuta y Melilla [11], así como en el estudio realizado por Puga (2022) con estudiantes del Tecnológico de Monterrey que cursan la Maestría en Educación en línea [12]. En ambos casos se demostró que la efectividad de las políticas educativas de TIC no se puede lograr si no se cuenta con Internet adecuado para que los docentes apliquen las herramientas digitales en el proceso de aprendizaje. De manera que Internet es fundamental para satisfacer las necesidades que demanda la sociedad en todos los ámbitos.

Tecnología de comunicación con fibra óptica

Según el Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica (IEEE, 2006), tradicionalmente se han utilizado redes alambradas de cobre de diferentes tipos para el tráfico de datos. En un primer momento a partir de la adaptación del cableado telefónico existente, para continuar posteriormente con su adaptación a la comunicación digital por medio de conexiones conocidas como ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*).

En el caso de los medios de comunicaciones inalámbricas, los más utilizados son los establecidos por IEEE en la familia de normas 802.11b, 802.11g 802.11b/g y 802.11n y uno que no es muy utilizado debido a su reciente estandarización que es el 802.11ac [13].

Para el cableado local se han utilizado cables de Pares Trenzados sin Blindaje (UTP, por sus siglas en inglés) o con este, de diversas categorías que han evolucionado con el tiempo para ofrecer mayores prestaciones de velocidades de transmisión en dependencia de cada estándar y sus variantes.

En una etapa posterior, las redes de fibra óptica fueron desempeñando un papel cada vez más importante como medio de comunicación para la distribución de contenidos a nivel mundial con requerimientos más exigentes en cuanto a su velocidad y disponibilidad. Tal y como afirman Trujillo y Quishpe (2022) y Chico (2021), ellas brindan redes de alto ancho de banda para el flujo de tráfico que pasa por su infraestructura y se clasifican según su arquitectura, la instalación de la red y sus terminaciones [14;15].

Las redes PON o GPON (red óptica pasiva con capacidad de gigabit), según Chico (2021) son una tecnología de redes de fibra óptica que responden a una arquitectura FTTH (*Fiber To The Home*) y permiten que el usuario se conecte con el proveedor a través de la fibra óptica con costo menor que otras tecnologías. Son reconocidas como una buena tecnología para los hogares porque permiten lograr conexiones de fibra de última milla con costes reducidos [15]. De acuerdo con Cabezas-Chica y Cabrera-Mejía (2020), esta tecnología utiliza elementos pasivos, es sencilla y tiene pocos componentes, lo cual hace que requiera poco mantenimiento y que abarate los costos iniciales de instalación [6].

Sin embargo, estas ventajas podrían verse limitadas cuando no son acompañadas de políticas de gestión adecuadas, causando afectaciones en la calidad del servicio que llega al usuario final. Es muy importante tener en cuenta los aspectos referidos por Cabezas-Chica y Cabrera-Mejía (2020) respecto a la importancia de generar políticas de calidad que permitan optimizar el servicio de Internet [6]. Su funcionamiento se rige por las normativas ITU-T-G.984.2 (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2019), ITU-T G.987.2 (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2016) y ITU-T G.989.2 (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2019), que proporcionan las especificaciones técnicas para la implementación [16;17;18].

Uso de las redes GPON

Según Escallón *et al.* (2020) "GPON es una red de acceso punto a multipunto. Su principal característica es el uso de un divisor (splitter) pasivo en la red de distribución de fibra, lo que permite que una sola fibra de alimentación del proveedor sirva para múltiples hogares y pequeños negocios" [19]. Para Méndez *et al.* (2021) esta tecnología de fibra óptica permite llevar el servicio de transmisión de datos hasta la última milla, o sea, hasta los hogares, negocios y otras instituciones [1].

Las redes GPON son actualmente muy utilizadas tanto en los hogares como en el sistema empresarial por los beneficios que reportan. Hay experiencias de su uso en comunidades, universidades e incluso proyectos de desarrollo de grandes ciudades. Esto ha generado una diversidad de estudios publicados sobre el tema que permite conocer los métodos, modelos o estrategias que han tenido mejores resultados.

Un método desarrollado por Plúa *et al.* (2016), que consistió en el diseño técnico de una red de fibra óptica FTTH con tecnología GPON aplicando técnicas de micro zanjado y su simulación aplicando un software que permitió eliminar las extensiones de la última milla de cobre hasta el domicilio de los usuarios, que provocaban el colapso de la red, garantizando así satisfacer las necesidades de los clientes de la empresa Netlife, ubicada en el cantón Jipijapas, Ecuador [10].

En el cantón Macará, Provincia de Loja, en Ecuador, Cabezas-Chica y Cabrera-Mejía (2020) diseñaron una red de acceso FTTH basada en GPON, que atiende a 1400 usuarios, y permite obtener señales de conectividad de equipos, tráfico para cada elemento, ejecución y análisis de gráficos o escenarios de nodos [6].

En el proyecto técnico desarrollado por Méndez *et al.* (2021) se realizó una simulación para analizar el efecto de la técnica de Modulación de Amplitud en Cuadratura (M-QAM), en el enlace descendente, para una infraestructura de red convergente de Radio sobre Fibra (RoF), implementando la técnica de Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM) y la arquitectura de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gbps (xg-pon), concluyéndose que es posible desarrollar una infraestructura de red convergente de tipo XG-PON fuerte, implementando la técnica M-QAM, que permita utilizar eficientemente el ancho de banda disponible [1].

Calle *et al.* (2020) diseñaron una red GPON como un medio de solución a la situación existente con la facturación electrónica de los mercados municipales de la ciudad de Cuenca, Ecuador; esta red permite emitir comprobantes electrónicos, generando así beneficios económicos, administrativos y ecológicos para los comerciantes y usuarios. Además, se reduce significativamente el uso de papel. Para garantizar el normal funcionamiento de esta se dispuso de un canal troncalizado de fibra óptica con

tecnología GPON hasta la cabecera del rúter en los mercados. Como resultado, se logró que la red de comunicación diseñada para lograr el cumplimiento de disposiciones tributarias del Servicio de Rentas Internas (SRI), permite a los comerciantes de los mercados impulsar su negocio y atraer a clientes que dejaron de comprar, por su informalidad al no emitir comprobantes de venta. También, los usuarios que se puedan beneficiar recibiendo comprobantes electrónicos de sus compras, podrán utilizarlos para deducir de sus gastos personales en las declaraciones del impuesto a la renta [20].

Todos los trabajos citados anteriormente han tenido como finalidad mejorar el servicio de Internet utilizando la red de fibra óptica con tecnología GPON. En ellos se demuestra que con el uso de esta tecnología se optimizan y priorizan los recursos técnicos en el manejo del tráfico multimedia de la red y se mejora el ancho de banda. Además, según Chico (2021), se reduce la latencia, el retraso y la pérdida de paquetes, se limita el número de conexiones en tráfico, se evitan ataques informáticos, se mejora la seguridad de la información, la conectividad y velocidad, y en general se mejora la calidad del servicio entregado a los usuarios. Por lo anterior, aunque el costo de implementación del proyecto de cambio de cobre a fibra óptica sea alto, se recomienda que las empresas proveedoras de telecomunicaciones utilicen este tipo de tecnología, por las garantías y ventajas que genera [15].

Experiencias de la gestión de proyectos en telecomunicación

Junto con los desarrollos ocurridos en las telecomunicaciones, también han ocurrido importantes avances en la gestión de proyectos asociados a esta área. Guevara *et al.* (2013), destacan la necesidad de planificar y gestionar adecuadamente el alcance, el tiempo y el presupuesto planificados para llevar a cabo un trabajo determinado [5]. Con este fin, a nivel mundial se han elaborado guías, métodos y normas que definen pautas de acción en proyectos de infraestructura de comunicaciones. Entre los más conocidos se encuentran la guía PMBOK®, las normas ISO10006® e ISO21500®, el Método de gestión de proyectos V-MODELL. CMMI (*Capability Maturity Model Integration*), para empresas de tecnologías de la información y comunicación. Además, PRINCE2® (*PR*ojects *I*N *C*ontrolled *E*nvironment, por sus siglas en inglés), el IPMA® (*I*ndividual *C*ompetence *B*aseline) y el Marco Lógico, entre otros [5].

Melendez y El Salous (2021) plantean que "... la gestión de proyectos representa en la organización una plataforma accesible para optimizar sus operaciones dentro de los criterios de costos, tiempo y calidad..." [21]. En los últimos tiempos, esta gestión ha venido a constituir una actividad fundamental de cualquier proceso debido a los beneficios que genera en términos de ahorro de recursos materiales, humanos, financieros y de tiempo.

Por otro lado, la posibilidad de ordenar tareas, clasificarlas, asignar funciones y responsabilidades a los miembros del proyecto, hace que se aprovechen mejor las habilidades de las personas que trabajan en ellos, logrando los objetivos propuestos con mayor eficiencia y calidad. Algunas investigaciones realizadas demuestran la importancia de la gestión de proyectos para el sistema empresarial o cualquier organización que gestione servicios de comunicación e información.

En un proyecto desarrollado por Sanmartín (2020) para dotar a un edificio de quince viviendas del municipio La Población de Vallbona, Valencia, España, de una nueva infraestructura común de telecomunicaciones (ICT) para el acceso a los servicios de telecomunicación (señales de radiodifusión sonora y televisión terrestre y telecomunicaciones de banda ancha) se logró su instalación correcta con un precio reducido, ofreciendo una alta calidad de material y bajas pérdidas para la empresa [22].

En el proyecto realizado por Rico-Villegas y Vivas-Cortés (2019) para evaluar los avances del Sistema Nacional de Telecomunicaciones en Emergencias (SNTE) en las ciudades de Bogotá y Medellín en la gestión del riesgo de desastres se demostró la necesidad de establecer la conectividad con otras redes existentes en el país para facilitar la interoperabilidad, de manera que la información generada por el SNTE sirva para definir esquemas de gobernanza para la gestión del riesgo de las ciudades [23]. Finalmente, considerando que la gestión de proyectos es aplicable a cualquier campo del conocimiento o sector, se trazó como objetivo de esta investigación realizar un proyecto de cambio de tecnología a fibra óptica en la red del cantón Chone, que permita solucionar los problemas de acceso, calidad y confiabilidad existentes en los servicios de Internet.

Métodos

Para este trabajo, se tomaron como punto de partida, los conceptos dados por Sampieri (2018) [24]. Se utilizó un enfoque cuantitativo para obtener información, tomar decisiones y proponer el método para dar solución al problema, por otro lado, el enfoque cualitativo permitió observar, describir, interpretar y comprender el objeto de estudio en su entorno.

Un elemento importante que destacar fue el análisis documental realizado para conocer el estado del arte sobre infraestructuras de telecomunicaciones y la gestión de proyectos. Los métodos exploratorios permitieron conocer metodologías para el diseño de infraestructuras de telecomunicaciones con el fin de seleccionar la que más se ajusta para cumplir el objetivo deseado y el uso de la gestión de proyectos en proyectos de telecomunicaciones [24].

La investigación descriptiva permitió describir el procedimiento utilizado para llevar a cabo el proyecto y la investigación de campo sirvió para verificar el estado actual del problema y las características, costumbres y necesidades de la muestra de estudio con relación al uso de internet y acceso a las herramientas tecnológicas en general. El método explicativo para encontrar las condiciones y causas del uso de las herramientas en la infraestructura de telecomunicaciones [24].

Se utilizó la entrevista no estructurada para obtener información del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Chone (GADM) sobre los proyectos de telecomunicación para la zona y la infraestructura de telecomunicación existente [24]. Para el desarrollo de la investigación se realizaron una serie de pasos que ayudaron a cumplir el objetivo propuesto, los cuales se detallan a continuación:

- Caracterización del cantón tomando como referencia la página web del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Chone [25].

- Socialización del proyecto en el ámbito de las autoridades del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) de Chone.
- Coordinación de las actividades a realizar con el área de planificación del GADM de Chone [26].

Se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

1. Obtención de la planimetría con datos geo referenciados de la provincia en escala 1:1.
 2. Levantamiento de la infraestructura existente de telecomunicaciones.
 3. Definición de la demanda y la zona de influencia del proyecto de diseño, localización de los abonados existentes para realizar la migración a la nueva tecnología.
 4. Definición de los nuevos elementos necesarios para el despliegue de la red GPON.
- Coordinación con la empresa Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) para conocer la infraestructura y los proyectos en ejecución de mejoramiento y ampliación de redes eléctricas con el fin de utilizarlos para el tendido de fibra óptica.
 - Diseño de la red:
 1. Se utilizó la Normativa técnica de diseño y construcción de redes de distribución interna GPON FTTH en edificios y urbanizaciones elaborada por CNT (2017) [27]
 2. Cálculo del tráfico real de datos que requiere soportar la infraestructura.
 3. Cálculo del presupuesto de pérdida óptico, pérdidas ópticas en cables y en los *splitters*.

Resultados

Se realiza una caracterización del cantón Chone. Se implementan los elementos en el diseño y se calculan las pérdidas ópticas en cables.

Caracterización del cantón Chone

Chone es un cantón perteneciente a la provincia Manabí, según información emitida por el GADM, cuenta aproximadamente con una población de, 52810 habitantes, existen sitios o comunidades que se consideran rurales por cuanto carecen de servicios básicos de telecomunicaciones. Una de las principales actividades del cantón es el comercio y en la actualidad una gran cantidad de las empresas del cantón utilizan el comercio electrónico [25].

El cantón Chone en el momento de la realización de este proyecto contaba con tecnología muy limitada para los servicios de telecomunicaciones. Estos servicios estaban implementados por medio de conexiones ADSL montadas en las redes existentes de telefonía fija convencional [25].

Esta tecnología de red de cobre provocaba altas tasas de error en altas velocidades, ancho de banda limitado, una baja inmunidad a los ruidos e interferencias, además de las dificultades para ampliar la red por tener un peso mayor al de fibra óptica y su menor alcance.

Levantamiento de infraestructura existente

Para realizar el levantamiento de las redes más críticas existentes se trazó el perímetro donde se iba a diseñar la red de fibra óptica GPON. Se tomó la zona centro del cantón, donde existen centros comerciales, mercado municipal, entidades públicas y privadas, en su mayoría con servicios de internet con conexiones de cable de cobre contratados con la empresa (Figura 1).

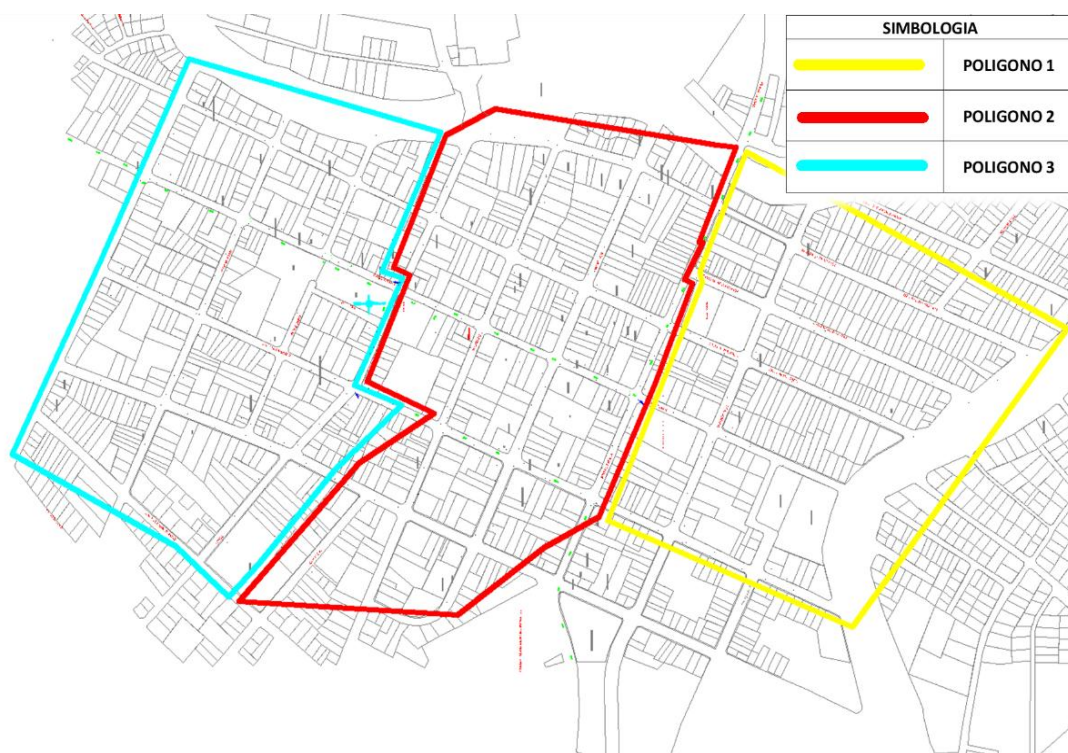


Fig. 1 - Polígono diseño GPON.

Fuente: Catastro de la ciudad de Chone (GADM, 2017).

Una vez realizado el levantamiento en campo, se descargaron todos los puntos censados de los elementos existentes y proyectados en un portátil.

Se localizaron las redes troncales (*feeders*) existentes, para definir cuál está más cercana del polígono trazado, y analizar si era factible realizar una derivación del feeder existente para atender el diseño proyectado o la implementación de una nueva red troncal.

Se identificaron en el campo 3 feeders, denominados FEEDER-01, FEEDER-02 y FEEDER-03, cuyas rutas fueron objeto de análisis para determinar la factibilidad de utilizarlas en el nuevo proyecto. Fue seleccionado el FEEDER-02 (figura 2), como punto de conexión de las mangas troncales de cada polígono.

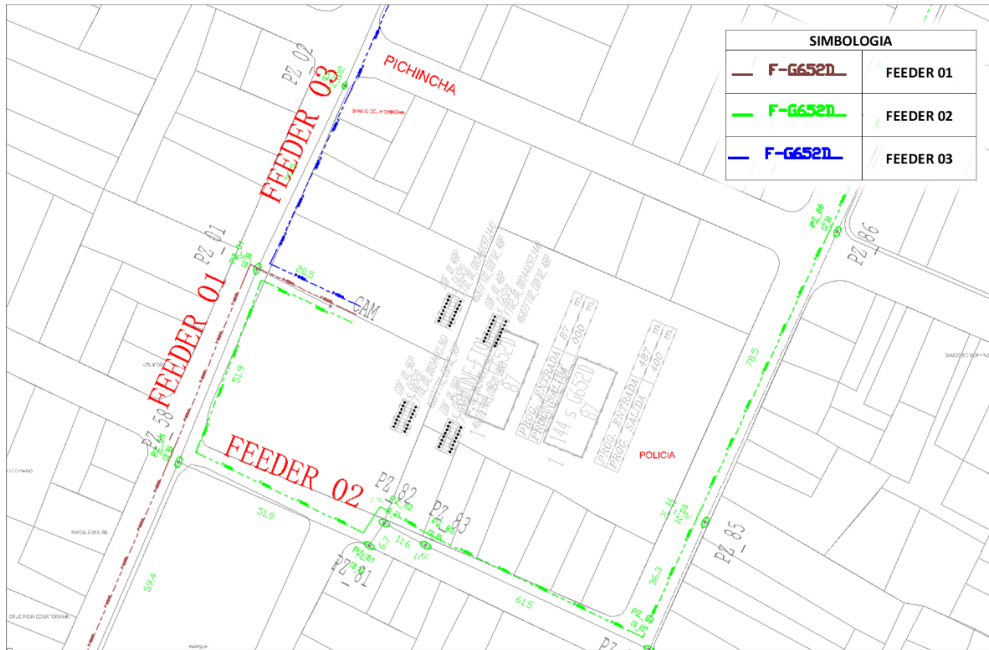


Fig. 2 – Redes FEEDERS existentes del cantón Chone.

Fuente: Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT, 2017).

El levantamiento de los elementos de red existente se realizó mediante el uso de tecnología Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés) portátil. La revisión de las canalizaciones existentes permitió comprobar que no era posible utilizarlas. Con la información suministrada por el GAD de Chone, se determinaron los postes existentes del proyecto de regeneración realizado en esta zona que podían ser utilizados para realizar el cableado de la fibra y las necesidades de instalación de nuevos postes.



Fig. 3 – Levantamiento de postes existentes y proyectados.

Implementación de los elementos en el diseño

Se procedió a colocar en la planimetría las cajas de distribución óptica, también conocidas como NAP (Network Access Point) por su denominación en idioma inglés. Se

utilizaron NAPS de 8 puertos, bajo el criterio de que el abonado más lejano no debería estar a más de 100 metros del dispositivo NAP al cual se ha conectado.

En el primer perímetro se proyectaron 35 NAPS que pueden proveer de servicio a 280 usuarios, en el segundo perímetro se proyectaron 54 NAPS para 432 usuarios y en el tercer perímetro 35 NAPS para 280 usuarios, para un total de 992 usuarios, como se puede observar en la figura 4.

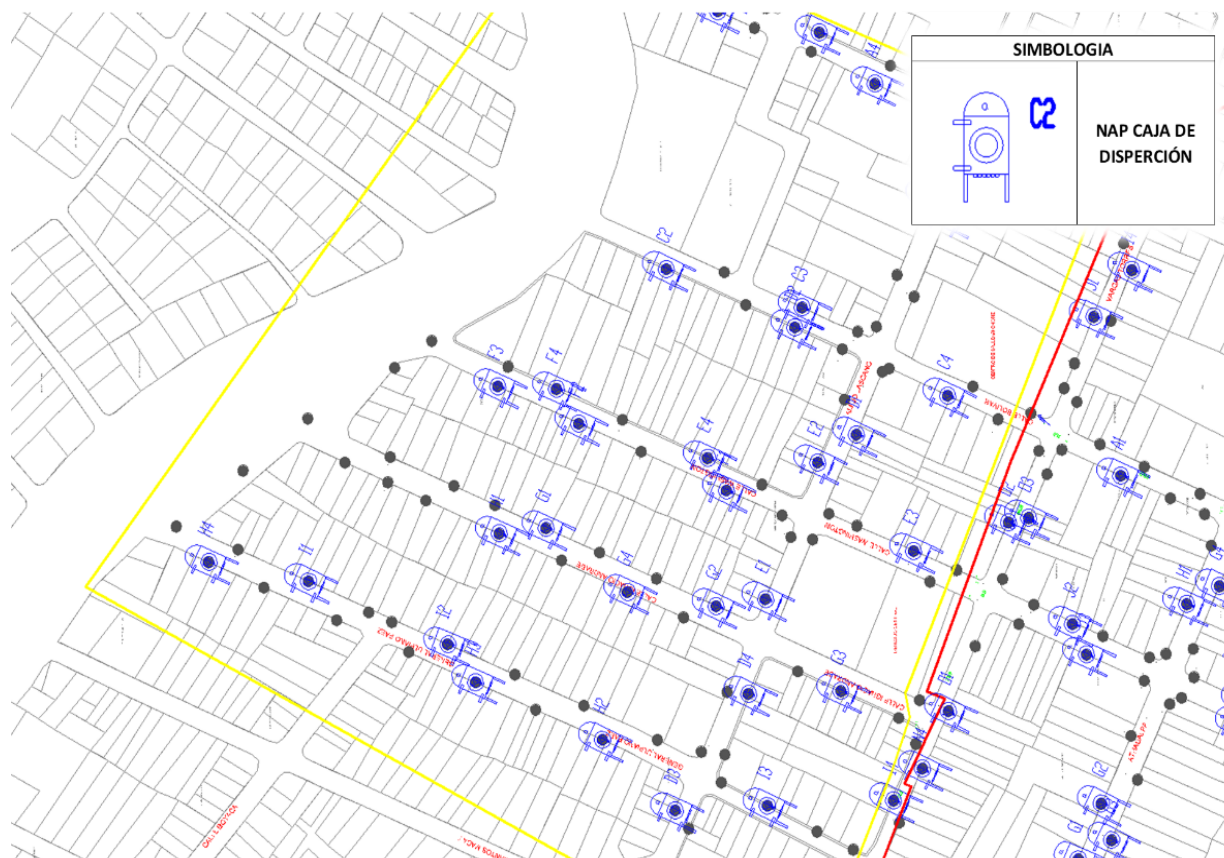


Fig. 4 – Diseño de distribución de NAPS.

En el proyecto fue necesaria la utilización de tres mangas troncales, cuya ubicación fue establecida a partir de los criterios de cumplimiento del presupuesto óptico. A la primera manga se conectaron un total de 5 *splitters* con una configuración de 1:8 que se fusionaron a las 35 NAPS proyectadas en el primer perímetro. La segunda manga troncal contó con 8 *splitters* de 1:8 que se fusionaron a las 54 NAPS del segundo perímetro. Finalmente, a la tercera manga troncal se conectaron 5 *Splitters* de 1:8 que se fusionaron a las 35 NAPS del tercer perímetro (Figura 5).

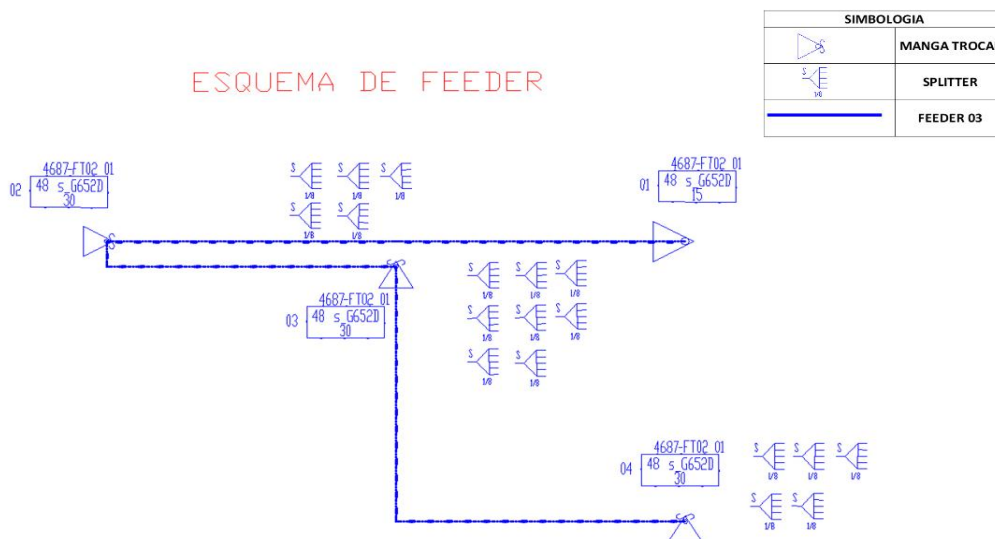


Fig. 5 – Diseño de esquema de feeders.

Para el tendido de la red de distribución, fue utilizada fibra de distribución de 48 hilos, una conexión principal de fibra para la primera manga troncal, dos fibras de distribución principales para la segunda y en caso de la tercera, una fibra de distribución principal área (Figura 6).

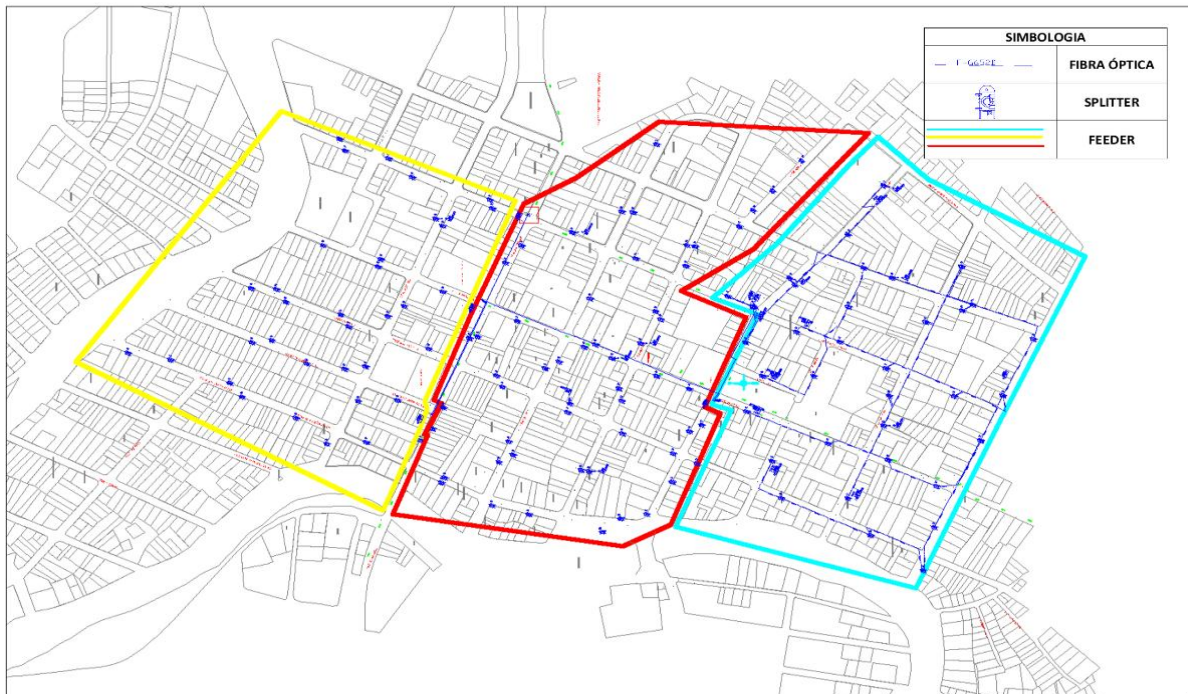


Fig. 6 – Diseño de la red de distribución GPON.

Presupuesto de pérdida óptica

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA DEL CANTÓN CHONE-ECUADOR

El presupuesto de pérdida óptica es la cantidad de pérdida que una red de cables debe tener; se calcula sumando las pérdidas de todos los componentes utilizados en la red de cables para obtener la pérdida punto a punto estimado.

Un enlace de datos funcionará solamente si la pérdida de la red de cables está dentro del presupuesto de potencia óptica del enlace.

Para realizar este cálculo se tuvo en cuenta el trazado de la red GPON, así como la ubicación de cada uno de sus elementos, como se muestra en la figura 7.

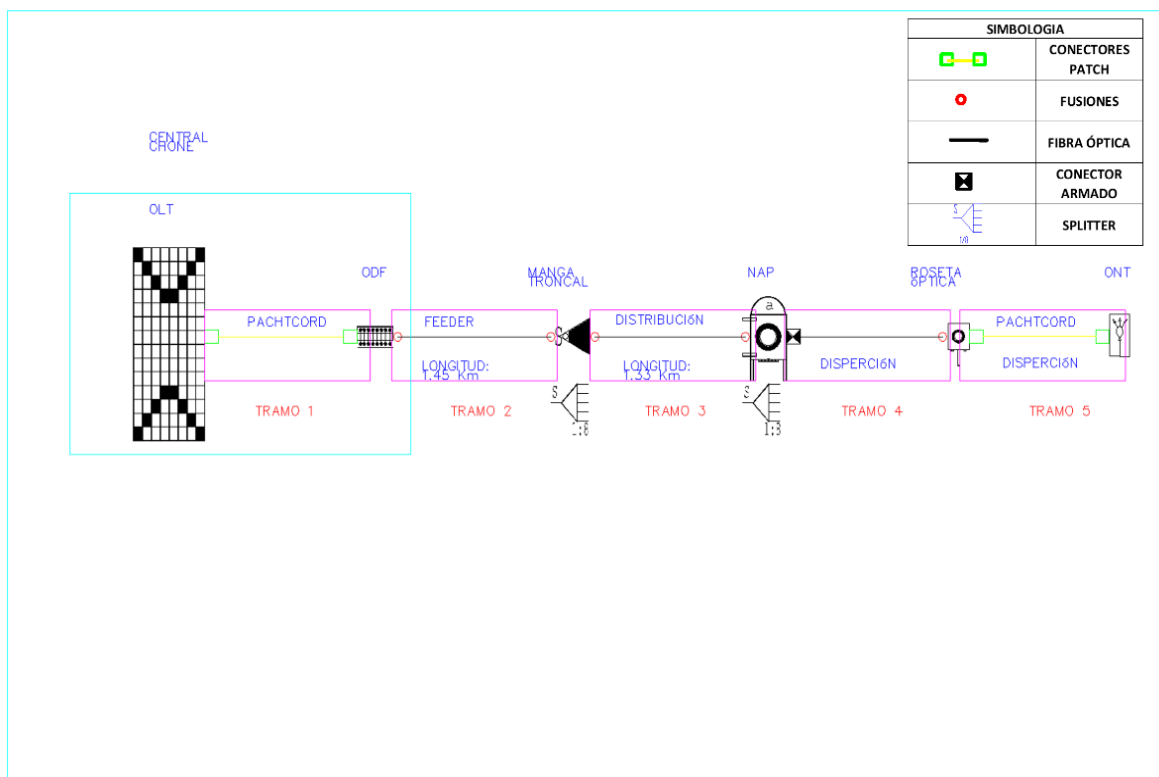


Fig. 7 – Modelo Masivo de división óptica 1/64 OLT Outdoor.

Los puntos verdes son los conectores y los puntos rojos son las fusiones, los conectores mecánicos se encuentran junto a cada NAP.

La tabla 1 muestra las pérdidas por cada uno de los elementos presentes en la red.

Tabla 1 - Pérdida de potencia OPTICA.

ELEMENTO	PÉRDIDA UNITARIA EN DB	FICHA DE DATOS
Patch Cord	0.5	Telcordia GR-326
Fusiones	0.10	ITU671=0.5dB
Acoplador ODF	1.0	NORMA G.984.2
Conector mecánico	0.60	NORMA G.984.2
Cable dB/Km	0.35	NORMA G.984.2
Splitter 1:8	9.75	NORMA G.984.2

Cálculo de las pérdidas ópticas en cables

I. D. RODRÍGUEZ-DÍAZ, R. V. GARCÍA-BERMUDEZ

El tramo 1 comprende la conexión en la central Chone donde se encuentra la OLT (*Optical Line Terminal*) equipo de central que se conectará al ODF (*Optical Distribution Frame*). El conexionado se realiza con conectores del tipo patch cord sc-apc, se calcula la pérdida que tiene cada conector que es de 0,50 (dB) para cada uno de los conectores ubicados en cada extremo del cable.

El tramo 2 incluye dos fusiones de la fibra óptica trocal (*feeder*) de 0,10 (db) y el cableado de fibra óptica de 1,45 km.

El tramo 3 conecta la manga troncal con fibra óptica a la NAP, en este caso también existen 2 fusiones de 0,10(dB).

En el tramo 4 se conecta la NAP con la roseta óptica por medio de un conector mecánico enlazado a la roseta óptica con una fusión. Se tiene entonces una pérdida de 0.60 dB en el conector mecánico y de 0,10 dB en la fusión.

El tramo 5 se corresponde con las conexiones propiamente en la instalación del cliente. Incluye la llamada roseta óptica, que es adonde llega la conexión de fibra desde el exterior. Esta roseta se conecta por medio de un patch cord son conectores del tipo sc-apc al terminal óptico de red ONT (*Optical Network Terminal*) o equipo del cliente.

La tabla 2 muestra un resumen de las pérdidas ópticas de la red:

Tabla 2 - Pérdidas ópticas de la red.

TRAMO	COMPONENTES	SUMATORIA PÉRDIDAS (dB)	TOTAL (dB)
1	Patch cord (2 conectores) / OLT-ODF	$0,5 * 2$	1
2	Fusiones (2), Cable dB/Km (1,45 km) /ODF-MANGA TRONCAL	$(0,10 * 2) + (0,35 * 1,45)$	0.707
3	Splitter 1:8 MT (1), fusiones (2), Cable dB/Km (1,33 km) / MANGA TROCAL-NAP	$(9,75 * 1) + (0,10 * 2) + (0,35 * 1,33)$	10.415
4	Splitter 1:8 NAP (1), Conector mecánico (1), Fusiones (1) /NAP-ROSETA ÓPTICA	$(9,75 * 1) + (0,60 * 1) + (0,10 * 1)$	10.450
5	Patch cord (2 conectores) / ROSETA ÓPTICA-ONT	$0,5 * 2$	1
Total			23.572

Discusión

El proyecto ha significado un paso de avance importante en el acceso de la población y los actores económicos y sociales del cantón Chone a los servicios de internet. En la actualidad la CNT ya está brindando servicios basados en esta tecnología GPON sobre la red de fibra óptica desplegada en este trabajo. Según la información obtenida directamente de esta empresa han sido beneficiados un total de 416 hogares, 7 empresas consideradas de gran importancia para el cantón, además de 18 emprendimientos, que han mejorado sus conexiones a Internet y otros servicios en línea.

Con esta nueva tecnología se redujo significativamente el alto nivel de reclamos a la empresa, a partir de las propias características de la fibra, que es menos afectada por

las afectaciones climáticas, como pueden ser el calor y el agua, y su inmunidad a los ruidos electromagnéticos. Se mejoró notablemente la conectividad, con un mayor ancho de banda y velocidades superiores que permiten flujos de audio y vídeo en alta calidad, y la transferencia de datos en tiempo real, entre otros beneficios.

Sin embargo, es complicado valorar el verdadero impacto del proyecto sobre los diferentes actores del municipio. El incremento de las velocidades de conexión, su estabilidad y en general de la calidad de los enlaces permiten el acceso a servicios de red que solamente son viables si existe este tipo de conexiones soportadas sobre cables de fibra óptica, imposibles de lograr en redes con cableado de cobre.

Por estas razones se puede hablar, aunque sea únicamente como una estimación cualitativa, del efecto multiplicador del proyecto. La competitividad de las pequeñas empresas se ve incrementada, tanto por la percepción del cliente de un mejor acceso a los servicios que se ofertan, como por facilitar en general una mejor experiencia, páginas web más interactivas, con más elementos atractivos, opciones de realizar operaciones remotas, y también de una mejor capacidad de respuesta a las demandas y necesidades de sus clientes.

Cientos de ciudadanos y microempresas pueden utilizar actualmente estas plataformas para publicar sus productos o servicios, llegando a un mercado potencialmente mucho más amplio que cuando se realiza únicamente de manera directa con los clientes. Pueden señalarse restaurantes del cantón que publican sus ofertas y han creado opciones de entrega a domicilio gestionadas por internet, también productores agrícolas para comercializar sus cosechas y ofrecer información de los estándares de calidad y protección al medio ambiente seguidos en los procesos de producción.

De igual manera, se ha potenciado el acceso de la población a servicios obtenidos a través de la web, gestión de trámites, el acceso a plataformas de enseñanza a distancia en todos los niveles educativos y también en modalidades de formación no reglada. Estos efectos han obtenido una mayor importancia incluso a partir de las restricciones de movilidad causadas por la pandemia del Covid-19. Las principales universidades de la provincia de Manabí, y centros educativos de primaria, secundaria e institutos tecnológicos, pasaron a desarrollar sus actividades únicamente en remoto, como una solución para mantenerse funcionando.

Conclusiones

1. La estrategia mixta de reutilización de recursos ya existentes, el uso de los postes de la corporación nacional de electricidad CNEL EP, o la adaptación en otros casos; han permitido una notable mejoría de los costos de la implementación del proyecto.
2. La selección de las redes GPON, se considera que ha sido muy acertada, teniendo en cuenta que es una tecnología altamente escalable y flexible, que permite hacer un uso muy eficiente de los dispositivos activos de red. Esto conduce igualmente a la disminución de los costos de implementación y elevados índices de fiabilidad de la red en servicios de video, *streaming* y datos, con bajos niveles de interferencias y ruido en los flujos de información.
3. La coordinación con las autoridades locales del cantón tanto en la planificación como en la ejecución, el apoyo para el trazado, la solución a los problemas de

inundaciones y de exceso de cableado aéreo tuvo un impacto positivo que incluso ha servido de referencia para proyectos posteriores en otros cantones de la provincia.

4. Se necesita de estudios posteriores para conocer de manera exhaustiva el impacto directo sobre la población y la vida económica del territorio del proyecto. Sin embargo, en el período de 6 meses posteriores a su terminación, los reportes de la empresa CNT EP reflejan índices muy reducidos de reclamaciones y solicitudes de reparación. Esto se ve reflejado también en entrevistas personales desarrolladas con autoridades y criterios de la población. En general, se puede afirmar que el proyecto ha tenido un impacto muy positivo en la economía y las actividades sociales del cantón Chone de la provincia de Manabí.

Referencias

1. MÉNDEZ, C. D. Q.; ZÚÑIGA, E. F. H. & AGREDO, G. A. G. (2021). "Effect of M-QAM Modulation Technique for a Converged Network Infrastructure Radio over Fiber (RoF)". *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, 39(1), 66-85. ISSN 2145-9371
2. CANASA, C. G. D.; CAYO, R. F. O. "Gestión de la Configuración y el Cambio en Universidad La Salle". Universidad La Salle. 2020;1(2). ISSN 0120-6877
3. BORRERO-PUENTES, N.; ALCALÁ-ZARATE, L. F. "Modelo de gestión de equipos virtuales en la ejecución de proyectos académicos colaborativos. Universidad Santo Tomas". *Revista CEA*. 2020;6(12):147-66. ISSN 2390-0725
4. MOYANO, H. F. A., S. D. C. "Análisis del ciclo PHVA en la gestión de proyectos, una revisión documental". *Revista Politécnica*. 2021;17(34):55-69. ISSN 1900-2351
5. GUEVARA, J. D. C. S.; CONTRERAS, W. M. R.; VILLAMIZAR, L. A. E. "Gestión de proyectos en telecomunicaciones". *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*. 2013;13(1):79-90. ISSN 1794-9920
6. CABEZAS-CHICA, P. M.; CABRERA-MEJÍA, J. B. "Diseño de una red pasiva GPON para el mejoramiento de los servicios de telecomunicaciones en el cantón Macará". *Dominio de las Ciencias*. 2020;6(3):219-39. ISSN 2477-8818
7. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS (INEC, 2022). *Indicadores de TIC 2022*. [Consultado el: 11 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion-tic/>
9. PINCAY, R. K. G. "Características de la conectividad a internet en el cantón Pasaje". *Revista Universidad y Sociedad*. 2021;13(3):150-60. ISSN 2218-3620
10. TORRES, M. R.; PEÑA, R. V. "Propuesta de Comunicación con Tecnología Óptica Pasiva en el Reparto Carlos Manuel de Céspedes de Bayamo". *Revista Científica Sinapsis*. 2016;1(8). ISSN 1390 – 7832
11. PLÚA, C. R. C.; CAICEDO, R. W. A.; GONZÁLEZ, A. D. C. R.; VALERIANO, K. P. C. "Modelo de red de comunicación a través de la aplicación de nuevas tecnologías para el fortalecimiento de acceso a Internet". *TIC: cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*. 2016;5(3):44-64. ISSN 2254-6529

12. RUIZ, D. M. Á.; AREA, M. M.; FELICIANO, G. L. A. "La evaluación de las políticas educativas TIC: análisis del impacto del Sistema Educativo Digital". 2022;58(2):461-79. ISSN 2014-8801
13. PUGA, R. U. "Autoaprendizaje mediado por las TIC. Estudio de caso: alumnado de la maestría en educación". Revista Electrónica De Tecnología Educativa. 2022(79):272-86. ISSN 1135-9250
14. INSTITUTO DE INGENIEROS EN ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA. (2006). "*IEEE 802.3 Ethernet Working Group*". [Consultado el: 11 de abril de 2023]. Disponible en:
<https://www.sapalomera.cat/moodlecf/RS/1/course/module3/3.2.3.3/3.2.3.3.html>
15. TRUJILLO, P. E. G.; QUISHPE, L. A. C. "Características y ventajas existentes en la conexión inalámbrica y fibra óptica". E-IDEA Journal of Engineering Science. 2022;4(9):14-25. ISSN 2806-5883.
16. CHICO, A. L. E. (2021). "Gestión y calidad de servicio para una red IPTV con tecnología GPON". Master's thesis. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Maestría en Telecomunicaciones).
17. UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. "*Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de capa dependiente del medio físico*". Berna: UIT.2019.
18. UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. "*ITU-T G.987.2 Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Especificación de capa dependiente del medio físico (Physical media dependent, PMD)*". Berna: UIT.2016
19. UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. "*ITU-T G.989.2. Redes ópticas pasivas con capacidad de 40 Gigabits 2 (NG-PON2): Especificación de capa dependiente del medio físico (PMD)*". Berna: UIT.2019.
20. ESCALLÓN, A. F.; RUÍZ, V. H.; LÓPEZ, J. G. "Evaluación del desempeño físico de un sistema FTTH-GPON para servicios Quad Play después de la incorporación de un módulo RoF". Revista Tecnológicas. 2020;23(47):23-61. ISSN 2256-5337
21. CALLE, D. C.; MEJÍA, J. C. Y ESCANDON, L. G. (2020). "Red de comunicación que coadyuve a la emisión de comprobantes electrónicos de los mercados municipales de la ciudad de Cuenca". *Journal of Science and Research*, 5(3), 11-30. ISSN 2528-8083
22. MELENDEZ, J. R.; EL SALOUS, A. "Factores críticos de éxito y su impacto en la Gestión de Proyectos empresariales: Una revisión integral". Revista de ciencias sociales. 2021;27(4):228-42. ISSN 1315-9518
23. SANMARTÍN, N. S. (2020). "*Proyecto de Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ICT) para un Edificio de 15 Viviendas en el municipio de Poble de Vallbona (Valencia)*" (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). [Consultado el: 11 de abril de 2023]. Disponible en:
<https://riunet.upv.es/handle/10251/152383>
24. RICO-VILLEGAS, G. A.; VIVAS-CORTÉS, O. (2019). "Análise de implementação do Sistema Nacional de Telecomunicações em Emergências como ferramenta para gestão do risco: casos de Bogotá e Medellín". *Revista Logos Ciencia & Tecnologia*, 11(3), 68-81. ISSN 2145-549X

25. SAMPIERI, R. H. "Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta". Mexico: Mcgraw-Hill Interamericana; 2018.ISBN 978-1-4562-6096
26. GADM. "Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio Chone. Chone y su trayectoria"2022 [Consultado 11 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.chone.gob.ec/?qc=18>
27. GADM. "Catastro urbano del municipio Chone". 2017 [Consultado 11 de abril de 2023]. Disponible en: https://www.gob.ec/tramites/buscar?search_api_fulltext=predios%20municipales&page=1.
28. CNT. (2017). *Normativa técnica de diseño y construcción de redes de distribución interna GPON FTTH*

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses

Contribución de cada autor:

Irwin Dionicio Rodríguez Díaz: Propuso y ejecutó la idea de la investigación, realizó un análisis documental y trabajó en la selección de bibliografía sobre Internet, tecnología de comunicación con fibra óptica, uso de redes GPON y gestión de proyectos de telecomunicación, la cual sirvió de antecedente para elaborar el marco teórico del artículo y seleccionar la metodología que se utilizó. Trabajó en la construcción de tablas y figuras, así como en el procesamiento estadístico de la información presentada, en la discusión de los resultados de la investigación y en las conclusiones.

Rodolfo Valentín García Bermúdez: Colaboró en la elaboración del marco teórico y en la discusión de los resultados de la investigación a partir de los datos obtenidos. Hizo la revisión gramatical y realizó correcciones al documento presentado. Trabajó en la clasificación de la bibliografía encontrada, en su citación, y en la elaboración de las conclusiones.