



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO
TÍTULO**

**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
UNA RED CON TECNOLOGÍA XGSPON EN ZONA URBANA DEL
CANTÓN VINCES**

AUTORA

Vera Vera, Ginger Yulexy

TRABAJO DE TITULACIÓN

**Previo a la obtención del grado académico en
MAGÍSTER EN TELECOMUNICACIONES**

TUTOR

Altamirano Carrillo, Carlos Daniel

Santa Elena, Ecuador

Año 2026



UPSE

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Ing. Alicia Andrade Vera, Mgtr.

**COORDINADORA DEL
PROGRAMA**

Ing. Carlos Altamirano Carrillo, Ph.D.

TUTOR

Ing. Daniel Jaramillo Chamba, Mgtr.

ESPECIALISTA

Ing. Wilson Chango Sailema, Ph.D.

ESPECIALISTA

Abg. María Rivera González, Mgtr.

SECRETARIA GENERAL

UPSE



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por VERA VERA, GINGER YULEXY, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Telecomunicaciones.

TUTOR

Ing. Carlos Altamirano Carrillo, Ph.D.

Santa Elena, 20 de noviembre de 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, VERA VERA GINGER YULEXY

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, Análisis de factibilidad para la implementación de una red con tecnología XGSPON en zona urbana del cantón Vinces previo a la obtención del título en Magíster en Telecomunicaciones, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, 20 de noviembre de 2025

LA AUTORA

Ginger Yulexy Vera Vera




UPSE

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA

FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED CON TECNOLOGÍA XGSPON EN ZONA URBANA DEL CANTÓN VINCES presentado por la estudiante, VERA VERA, GINGER YULEXY fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 5%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Tesis_final_corregida_final_Vera

5%
Textos sospechosos

5% Similitudes
0% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas
2% Idiomas no reconocidos (ignorado)
15% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Tesis_final_corregida_final_REV_COMPLETA-2[1] (2).docx ID del documento: 350608a78d9c066e392e7f3933ee33c0276a56c2 Tamaño del documento original: 5,26 MB Autor: Ginger Vera	Depositante: CARLOS DANIEL ALTAMIRANO CARRILLO Fecha de depósito: 19/11/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 19/11/2025	Número de palabras: 28.334 Número de caracteres: 186.920
--	---	---

TUTOR

Ing. Carlos Altamirano Carrillo, Ph.D.



UPSE

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO
AUTORIZACIÓN**

Yo, VERA VERA GINGER YULEXY

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, 20 de noviembre de 2025

LA AUTORA

Ginger Yulexy Vera Vera

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme vida y sabiduría para culminar esta etapa, la cual ha requerido de constante dedicación y tiempo.

También agradezco profundamente a mis padres, quienes han sido un pilar fundamental y siempre me han apoyado en cada decisión que he tomado. A mis hermanos y a mi sobrina, cuyo amor ha sido un impulso invaluable para alcanzar esta meta.

Aprovecho también para expresar mi gratitud a mis docentes, compañeros y tutor el Ing. Carlos Altamirano, PhD., quienes han sido guía y apoyo en todo momento.

Y no menos importante, agradezco a mis mejores amigas: Daniela, Andrea, Ruth, Génesis y Marilyn, por incentivar me cada día a seguir adelante; su apoyo fue una pieza clave para lograr este objetivo.

Finalmente, agradezco a mis jefes, Maritza y Ángel, quienes me brindaron el espacio dentro de mi jornada laboral para cumplir con la entrega de tareas y proyectos.

Ginger Yulexy, Vera Vera

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a Dios, porque incluso en los momentos de mayor agotamiento, Su paz, amor y calma han sido un bálsamo constante en mi vida.

Dedico este importante escalón a quien ya no me acompaña físicamente, pero cuyo amor sigue presente en mi familia: mi querida Mamaguilla. Sin lugar a duda, ella sería la persona más feliz y orgullosa de este logro.

A mis padres, Julio y María, por ser mi mayor fuente de motivación y aliento para superarme cada día.

A mi sobrina Emma, cuya dulzura y alegría iluminan a todos los que la rodean.

Extiendo también esta dedicatoria a mis abuelos, tíos y primos, con la esperanza de que este esfuerzo sea un ejemplo del valor de prepararse constantemente, tanto en el ámbito espiritual como en el secular.

Ginger Yulexy, Vera Vera

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	I
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	IV
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO	V
AUTORIZACIÓN	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA	VIII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
1.1. Casos Nacionales y su Relevancia.....	5
1.2. Éxitos y Elemento cruciales en Proyectos Internacionales.....	5
1.3. Usos Específicos y Adaptabilidad	6
1.4. Desafíos Técnicos y Operativos Comunes	7
1.5. Brecha digital en Ecuador.....	7
1.6. Redes de Telecomunicaciones y su importancia en el Desarrollo Social y Económico	7
1.7. Definición de conectividad y banda ancha	8
1.8. Evolución de las Tecnologías de Acceso: Redes Ópticas Pasivas (PON).....	9

1.9.	Estándar XGSPON	10
1.10.	Arquitectura del Estándar XGSPON	11
1.10.1.	Longitudes de onda de operación para XGSPON	14
1.10.2.	Distribución dinámica del ancho de banda en XGSPON	14
1.10.3.	Velocidad y codificación para XGSPON	14
1.11.	Alcance de XGSPON.....	15
1.12.	Características de fibra para XGSPON.....	15
1.12.1.	Requerimientos de servicio para XGSPON.....	15
1.12.2.	Niveles de potencia de XGSPON	15
1.13.	Clases de ODN para XGSPON.....	16
1.13.1.	Relación de división de los splitters para XGSPON.....	17
1.13.2.	Escenarios de coexistencia de XGSPON con tecnologías anteriores	17
1.13.3.	Escenario de coexistencia entre GPON y XGSPON	18
1.13.4.	Escenario de coexistencia entre XGSPON y XGPON	19
1.13.5.	Escenario de coexistencia de las tecnologías PON.....	20
1.14.	Beneficios de XGSPON.....	21
1.14.1.	Componentes de las redes de distribución óptica	22
1.14.2.	Ventajas de XGSPON para Entornos Urbanos Medianos	23
1.15.	Optimización de infraestructura FTTH.....	25
1.16.	Contexto de la Conectividad en Ecuador y el Cantón Vinces	26
1.16.1.	Diagnóstico de las condiciones actuales de conectividad en Vinces.....	26
1.17.	Aspectos de un Análisis de Factibilidad en Telecomunicaciones	27
1.18.	Impacto Socioeconómico y Reducción de la Brecha Digital	28
1.19.	Conclusión del Capítulo.....	28

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	29
2.1. Contexto de la investigación.....	29
2.2. Metodología Design Science Research - Fase de Relevancia	30
2.2.1. Identificación del Problema	30
2.2.2 Población y muestra.....	30
2.2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
2.2.5. Validez del instrumento	34
2.2.6. Confiabilidad del instrumento	34
2.2.7. Necesidades y Solución Propuesta	34
2.2.8 Metodología PRISMA - Fase de Identificación y Diagnóstico	35
2.2.9 Metodología PRISMA - Fase de Cribado y Selección de Información.....	36
2.2.10. Metodología PRISMA - Fase de Evaluación de Viabilidad.....	36
2.2.11. Metodología PRISMA - Fase de Inclusión y Síntesis	36
2.3. Metodología Design Science Research - Fase de Diseño.....	37
2.3.1. Fases Específicas del Diseño	37
2.4. Metodología Design Science Research - Fase de Rigor	38
2.4.1. Base de Conocimiento y Revisión Sistemática.....	38
2.4.2. Evaluación del Artefacto y Validez	39
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
3.1. Resultados – Fase de relevancia	40
3.1.1. Resultado de la fase de identificación y diagnóstico	40
3.2. Resultados – Fase de diseño	48
3.2.1. Análisis de las características técnicas y requisitos de infraestructura para XGSPON	48

3.2.3 Diseño de red planta externa.....	56
3.2.3 Diseño de red planta interna	57
3.3. Propuesta - Fase de rigor	58
3.3.1. Propuesta preliminar, modelo de implementación de red XGSPON.....	58
3.3.2. Fases de implementación	61
3.3.3. Comparación de conectividad antes y esperada después de XGSPON	63
3.4. DISCUSIÓN	67
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS	72
ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Niveles de potencia de XGSPON de bajada.....	16
Tabla 1.2: Niveles de potencia de XGSPON de subida.....	16
Tabla 1.3: Categoría de ODN para XGSPON.	17
Tabla 1.4: Diferencias entre tecnologías PON.....	21
Tabla 1.5: Componentes en las redes de acceso ópticas.....	22
Tabla 3.1 :Alfa de Cronbach.....	41
Tabla 3.2: Resultados de Alfa de Cronbach	44
Tabla 3. 3: Resultados obtenidos	44
Tabla 3.4: Inventario técnico de la infraestructura existente en Vinces	46
Tabla 3.5: Características de diferentes proveedores de OLT.....	50
Tabla 3.6: Características de diferentes modelos de ONT.....	51
Tabla 3.7: Transceptores.....	53
Tabla 3.8: Parámetros fibra G.655 D y G.652 A.	54
Tabla 3.9: Comparativo de fibras para red de dispersión.	54
Tabla 3.10: Comparativo de splitters.....	55
Tabla 3.11: Definición de Indicadores para el diseño XGSPON	59
Tabla 3.12: Costos Calculados CAPEX	59
Tabla 3.13: Costos Operativos.....	60
Tabla 3.14: Estimación de costos – Fase 1	61
Tabla 3.15: Análisis Financiero	61
Tabla 3.16: Beneficios proyectados.....	64
Tabla 3.17: Resultados esperados de Optisystem.....	65
Tabla 3.18: Estudios con simulaciones.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Evolución de las tecnologías PON hacia el XGSPON.....	10
Figura 1.2: XGSPON Progreso de la fórmula estándar.	11
Figura 1.3: Configuración de XGSPON.	11
Figura 1.4: Arquitectura XGSPON.....	12
Figura 1.5: Capacidades GPON.....	12
Figura 1.6: Operación GPON y sus derivaciones	13
Figura 1.7 : Longitudes de onda PON.	14
Figura 1.8: Arquitectura para la coexistencia de las redes PON.	18
Figura 1.9: Coexistencia entre GPON y XGSPON	19
Figura 1.10. Escenario de coexistencia de XGSPON y XGPON.....	19
Figura 1.11: Escenario de coexistencia de XGSPON con XGPON.	20
Figura 1.12: Escenario de coexistencia de las tecnologías PON.	20
Figura 1.13: Consumo Banda Ancha Fija.....	24
Figura 1.14. Cuenta de Internet Fijo por Provincia.	27
Figura 2. 1: Metodología PRISMA.....	35
Figura 2. 2. Zona Urbana Vinces.....	38
Figura 2. 3: Esquema DRS	39
Figura 3. 1: Infraestructura de postes en Vinces.....	47
Figura 3. 2: Comparativa entre G.652 vs G.655.....	54
Figura 3. 3: Diseño QGIS zona de trabajo Vinces.....	56
Figura 3. 4: Diseño elementos activos	58
Figura 3. 5: Diagrama de la red desde la OLT hacia a la ONT	64

RESUMEN

El presente trabajo de investigación analiza la factibilidad técnica- económica y operativa para la implementación de una red basada en la tecnología XGSPON en la zona urbana del cantón Vinces, provincia de Los Ríos, Ecuador. El trabajo de titulación se orienta a determinar si la evolución hacia esta tecnología representa una alternativa factible frente a las limitaciones actuales de conectividad procedentes del uso de redes GPON, coaxiales y sistemas inalámbricos, que presentan restricciones en velocidad, cobertura y capacidad de expansión.

La metodología utilizada combina el enfoque Hipotético-Deductivo y el marco Design Science Research (DSR), integrando herramientas de análisis cuantitativo y cualitativo. Se aplicaron encuestas a 100 hogares urbanos, cuya fiabilidad fue admitida mediante el coeficiente Alfa de Cronbach ($\alpha = 0,736$), complementadas con información en campo e investigación documental. El diseño metodológico se afirmó en la norma internacional ITU-T G.9807.1, referente técnico para la configuración y evaluación de redes XGSPON.

Los resultados evidenciaron que el 89,3 % de los hogares tienen acceso a internet mediante fibra óptica con la tecnología GPON, pero el 74,8 % de los usuarios considera deficiente su velocidad de navegación actual (15–20 Mbps). Se determinó que la red XGSPON es técnicamente compatible con la infraestructura óptica pasiva existente, requiriendo únicamente la renovación de los elementos activos como OLT en el nodo y ONT en el hogar del usuario para lograr velocidades simétricas de 10 Gbps, baja latencia y mayor eficiencia.

En el análisis económico, la inversión inicial (CAPEX) estimada de USD 17.250 para una fase piloto de 100 usuarios proyectó un retorno de inversión (ROI) del 166,95 % y un valor actual neto (VAN) positivo de USD 91.848, reafirmando la rentabilidad del proyecto. Además, se estimó un costo promedio por usuario de USD 172,50, dentro de los márgenes aceptables para la migración de tecnologías en redes FTTH.

Los resultados permiten concluir que la implementación de una red XGSPON en Vinces es factible técnica, económica y operativamente, estableciendo una estrategia factible para mejorar la calidad de la conectividad, reducir la brecha digital y fomentar el

desarrollo socioeconómico local. Asimismo, se recomienda desplegar el proyecto por fases, optimizando el uso de la infraestructura existente y promoviendo la colaboración entre el sector público, privado y académico para fortalecer la transformación digital del cantón.

Palabras claves: XGSPON, Infraestructura FTTH, Análisis Técnico-Económico, Sostenibilidad, Reducción Brecha Digital.

ABSTRACT

This research analyzes the technical, economic, and operational feasibility of implementing a network based on XGSPON technology in the urban area of the Vinces canton, Los Ríos province, Ecuador. The thesis aims to determine whether the evolution toward this technology represents a feasible alternative to overcome current connectivity limitations derived from the use of GPON, coaxial, and wireless networks, which present restrictions in speed, coverage, and scalability.

The methodology combines the Hypothetical-Deductive approach and the Design Science Research (DSR) framework, integrating quantitative and qualitative analysis tools. Surveys were conducted among 100 urban households, whose reliability was confirmed using Cronbach's Alpha coefficient ($\alpha = 0.736$), complemented by field data collection and documentary research. The methodological design was supported by the ITU-T G.9807.1 international standard, which serves as the technical reference for XGSPON network configuration and evaluation.

The results showed that 89.3% of households have Internet access through optical fiber using GPON technology, but 74.8% of users consider their current browsing speed (15–20 Mbps) insufficient. It was determined that the XGSPON network is technically compatible with the existing passive optical infrastructure, requiring only the replacement of active components OLT at the node and ONT at the user's premises to achieve symmetric speeds of 10 Gbps, low latency, and greater efficiency.

From the economic analysis, the estimated initial investment (CAPEX) of USD 17,250 for a pilot phase of 100 users projected a Return on Investment (ROI) of 166.95% and a positive Net Present Value (NPV) of USD 91,848, reaffirming the project's profitability. Furthermore, the average cost per user was estimated at USD 172.50, which falls within acceptable margins for technology migration in FTTH networks.

The results allow concluding that the implementation of an XGSPON network in Vinces is technically, economically, and operationally feasible, establishing a viable strategy to improve connectivity quality, reduce the digital divide, and foster local socio-economic development. It is also recommended that the project be deployed in phases, optimizing

the use of existing infrastructure and promoting collaboration between the public, private, and academic sectors to strengthen the canton's digital transformation.

Keywords: XGSPON, FTTH Infrastructure, Techno-economic Analysis, Sustainability, Digital Divide Reduction.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento exponencial del uso Internet y la constante necesidad mundial de acceso a servicios de banda ancha veloz han fomentado un avance constante en nuevas tecnologías de conexión, haciendo visibles las restricciones de los sistemas heredados, especialmente en áreas donde se presenta un retraso considerable (ITU, 2022). Las redes de telecomunicaciones, como base de la sociedad de la información, han progresado hacia modelos más eficaces, siendo las Redes Ópticas Pasivas (PON) un modelo clave por su capacidad de expansión y coste eficiente; en este proceso, XGSPON (Red Óptica Pasiva Simétrica Capaz de 10 Gigabits) se destaca como un estándar avanzado que proporciona capacidades simétricas de hasta 10 Gbps (ITU-T, 2023), baja latencia, mejor relación costo-beneficio y preparación para la demanda futura esperada (Pahlevanzadeh, 2024).

La relevancia de esta investigación radica en su capacidad para servir como motor de desarrollo socioeconómico y para ayudar a cerrar la brecha digital en la región estudiada, dado que el acceso a una conexión robusta es fundamental para la educación, el trabajo remoto, los servicios de telemedicina y la innovación empresarial (MINTEL, 2022). Esta necesidad sustenta el análisis realizado, que se centra en aspectos tecnológicos que evidencian la obsolescencia de las redes de cobre y coaxial, en lo económico que resalta la rentabilidad y viabilidad a largo plazo de la fibra óptica, y en lo social que pone de manifiesto la urgente necesidad de inclusión digital, posicionando a XGSPON como una alternativa viable y transformadora.

La importancia de investigar la viabilidad de la tecnología simétrica XGSPON se centra en su habilidad para satisfacer las demandas actuales y futuras de servicios residenciales y empresariales, proporcionando mayor capacidad, menos latencia en un contexto nacional donde las políticas públicas se centran en la expansión y mejora de la calidad de la banda ancha, como se evidencia en informes regulatorios y planes de desarrollo de banda ancha a nivel nacional (ARCOTEL, 2023). El enfoque de este estudio radica en generar evidencias técnicas, económicas y comerciales que asistan a los proveedores de internet y a las autoridades locales en la toma de decisiones (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, 2024). Esto se logra mediante el uso óptimo de la red ODN existente, reduciendo costos de implementación y garantizando los estándares de Calidad de Servicio requeridos por usuarios y reguladores. En términos generales, se busca establecer un marco metodológico que disminuya riesgos y maximice la efectividad de las inversiones en FTTH (Municipio de Vinces, 2025).

Estudios, tanto a nivel nacional como internacional, han investigado la planificación, evaluación de rendimiento y adopción de tecnologías de a través de implementaciones prácticas y simulaciones que abordan temas como el presupuesto óptico (Pineda Poveda, 2025) y latencia XGSPON, en configuraciones de triple-play (Nashiruddin, M; Solihah, N, 2020). En particular se han analizado implementaciones de FTTH utilizando XGSPON en cantones como Chambo y han llevado a cabo comparaciones con GPON, XGSPON, brindando referentes metodológicos para este análisis (Pinduisaca Quishpe, 2023).

Desde un punto de vista teórico, la investigación se basa en los principios de las redes ópticas pasivas, que abarcan el modelado de la capa física de transmisión, el cálculo del presupuesto de potencia y tiempo, así como las métricas de calidad de servicio (QoS) (Horvath, Munster, Oujezsky, & Bao, 2020) . También se apoya en conceptos de virtualización y orquestación a través de SDN/SDAN, los cuales permiten una gestión adaptable, la segmentación de recursos y la operación multiservicio en infraestructuras PON modernas. Estos aspectos son fundamentales para analizar la escalabilidad y el funcionamiento eficiente de una red XGSPON (De Pintos, y otros, 2023).

Los antecedentes de investigación, que abarcan ejemplos exitosos a nivel internacional y estudios preliminares nacionales, (Solihah, Nashiruddin, & Nugraha, 2021) evidencian el rendimiento superior de XGSPON en entornos de alta densidad (Pous, Gallego, & García, 2020). Sin embargo, también destacan un vacío en el conocimiento específico sobre los retos de implementación y la viabilidad total en contextos medianos de Ecuador, como el cantón Vinces, donde investigaciones como la de (Peña, Herrera, Carrera, & Sánchez, 2021) han identificado la brecha, pero no han presentado soluciones técnicas concretas.

Este estudio se sustenta en marcos conceptuales que enfatizan el papel de la conectividad como un derecho habilitante para el desarrollo (CEPAL, 2022), en las metodologías establecidas para los estudios de viabilidad técnica, económica y operativa (MINTEL, 2021), y en los estándares tecnológicos internacionales que regulan XGSPON (ITU-T, 2023). El ámbito de aplicación es el cantón Vinces, situado en la provincia de Los Ríos, Ecuador, que es un área urbana con una economía centrada en el comercio y la agricultura, y una población que muestra una creciente necesidad de servicios digitales que la infraestructura actual de telecomunicaciones, caracterizada por tecnologías como ADSL y coaxial, no puede satisfacer debido a sus limitaciones de velocidad, inestabilidad

y falta de escalabilidad. Esto contribuye a acentuar la desigualdad digital y restringe las oportunidades de desarrollo.

Planteamiento de la investigación

El rápido aumento en el uso de Internet y la digitalización de diversas actividades sociales (Agudelo, 2021), educativas y económicas han creado una demanda creciente de servicios de internet de alta velocidad, lo que ha llevado al desarrollo de tecnologías de acceso más eficientes y escalables (Fundación Telefónica, 2023). Las redes ópticas pasivas (PON) han demostrado ser una solución efectiva para la infraestructura de telecomunicaciones en la última milla y XGSPON, (Fowdur, y otros, 2023) tiene la capacidad de proveer servicio a aplicaciones críticas como el teletrabajo, la educación online, la transmisión de video en ultra alta definición y el Internet de las Cosas (Binh, 2023).

En el Ecuador, el crecimiento de la infraestructura de telecomunicaciones ha sido desigual, beneficiando principalmente a las grandes ciudades y dejando en desventaja a cantones medianos como Vinces, en la provincia de Los Ríos. En estos lugares, la conectividad depende de tecnologías como ADSL, cable coaxial y GPON resultando limitada en términos de velocidad, estabilidad y escalabilidad. Estas deficiencias han acentuado la brecha digital, impidiendo un acceso justo a oportunidades para el desarrollo económico y social, especialmente en áreas clave como la educación, el comercio y los servicios públicos (Kumar, Gupta, Wang, Kumari, & Korlam, 2023).

A pesar de que hay ejemplos exitosos de implementación de XGSPON a nivel internacional (Nokia, 2022) y nacional en lugares como Europa, Asia, y recientemente en Ecuador mediante la colaboración entre Puntonet, Claro y Nokia (DPL News, 2023), no se han realizado investigaciones sobre su uso en cantones medianos con condiciones socioeconómicas y geográficas similares a las de Vinces. Este vacío en la información resalta la importancia de un estudio que analice la viabilidad técnica, económica y operativa para establecer una red XGSPON en el área urbana de Vinces, considerando la investigación no solo como un avance tecnológico, sino también como una estrategia para reducir la brecha digital (OECD, 2020) y fomentar el desarrollo sostenible en la región (Nokia, 2023).

Formulación del problema de investigación

¿Es factible desde el punto de vista técnico, económico y operativo la implementación de una red con tecnología XGSPON en el área urbana del cantón Vinces, teniendo en cuenta el estado actual de la infraestructura, la demanda de conectividad y el potencial de desarrollo socioeconómico?

Objetivo General:

Evaluar la factibilidad de implementación de una red XGSPON mediante un análisis técnico, económico y operativo para determinar su viabilidad y beneficios en la mejora de la conectividad del en el cantón Vinces.

Objetivos Específicos:

1. Diagnosticar las condiciones existentes de conectividad en Vinces mediante indicadores técnicos como velocidad, disponibilidad, tipo de tecnología y encuestas de percepción de usuarios.
2. Analizar las características técnicas y requerimientos de infraestructura para la implementación de XGSPON, considerando su compatibilidad con la red actual y condiciones geográficas locales.
3. Proponer un modelo preliminar de implementación de red XGSPON, estimando costos, cobertura en función de la demanda proyectada y capacidad instalada.

Planteamiento hipotético

La afirmación principal de esta investigación indica que desplegar una red utilizando tecnología XGSPON en la zona urbana del cantón Vinces es factible desde una perspectiva técnica, económica y social. La variable independiente se relaciona con tecnología XGSPON, mientras que la variable dependiente se vincula a la mejora en la conectividad y al progreso socioeconómico del cantón Vinces. Desde un enfoque holístico, la hipótesis se desglosa en tres componentes: la factibilidad técnica, que incluye el diseño y la operatividad de la red de fibra óptica, la sostenibilidad económica referida a la inversión y los beneficios anticipados, y la viabilidad social vinculada a los beneficios en cuanto a inclusión digital, productividad y mejora de calidad de vida para los habitantes.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

El capítulo que se presenta a continuación establece las bases conceptuales, técnicas y empíricas necesarias para llevar a cabo un análisis de viabilidad sobre la implementación de una red con tecnología XGSPON en el área urbana del cantón de Vinces. Está compuesto por dos partes fundamentales: el Marco Conceptual, que expone los fundamentos teóricos de las redes de telecomunicaciones, el desarrollo de las tecnologías PON y los parámetros de factibilidad; y el Marco Referencial, que recopila y examina investigaciones recientes y ejemplos de estudio pertinentes. La información está respaldada principalmente por una bibliografía de los últimos cinco años, garantizando la actualidad y la calidad académica del estudio.

1.1. Casos Nacionales y su Relevancia

Los operadores de América Latina han comenzado a aplicar la tecnología XGSPON con el objetivo de ofrecer velocidades simétricas que alcancen los 10 Gbps, en particular para clientes corporativos y residenciales con un elevado requerimiento de datos (Santiana Calderón, 2022). En Ecuador, compañías como Puntonet en asociación con Nokia han puesto en marcha la modernización de su red, ofrecer servicios de hasta 10 Gbps mediante XGSPON, lo que constituye en la innovación de la infraestructura de telecomunicaciones del país. Sus esfuerzos incluyen pilotos con tecnología XGSPON en áreas urbanas densamente pobladas y 25GPON, que son parte de su estrategia para optimizar la infraestructura de telecomunicaciones (Vanguardista, 2025).

Además, empresas privadas como Netlife han comenzado a ofrecer servicios de ultra alta velocidad en ciudades tales como Guayaquil y Quito, empleando infraestructura que es compatible con XGSPON. Esto les posibilita sobresalir en el mercado al brindar un servicio de mejor calidad (Netlife, 2024), sin embargo, la implementación de este sistema se ha centrado mayormente en áreas urbanas, donde la alta densidad de población y la demanda hacen viable la inversión. La falta de proyectos similares en cantones medianos como Vinces pone de manifiesto una carencia de cobertura y desarrollo tecnológico que se podría abordar de manera estratégica.

1.2. Éxitos y Elemento cruciales en Proyectos Internacionales

Países como Corea del Sur, Estados Unidos, Japón, Países Bajos y España han comenzado a implementar esta tecnología de manera masiva.

En España, Telefónica ha llevado a cabo experimentos para brindar 10 Gbps simétricos a través de XGSPON en áreas urbanas con una elevada concentración de población y un fuerte requerimiento tecnológico (Telefónica, 2023). Además, la empresa Orange lanza en España una red de fibra simétrica 10 Gbps sobre XGSPON con la que dará servicio tanto a sus clientes residenciales como de empresa en las ciudades como Madrid, Barcelona, Sevilla, Valencia y Zaragoza (Orange, 2021).

Como parte de su estrategia para migrar hacia redes más fuertes y simétricas, Verizon ha implementado pilotos de XGSPON en Estados Unidos, dirigidos a clientes tanto residenciales como corporativos (Verizon, 2022). Mediacom Communications en Estados Unidos resulta particularmente pertinente para Vines, ya que no se centró en áreas urbanas. La viabilidad de este proyecto se debió a alianzas estratégicas con Nokia y políticas que fomentan la conectividad en zonas rurales (Nokia, 2023) lo que sugiere que replicar esta experiencia en Ecuador requeriría apoyo institucional similar.

DELTA Fiber, una operadora de los Países Bajos tiene la intención de conectar a más de dos millones de hogares a través de XGSPON, lo que demuestra la capacidad de expansión de esta tecnología y su aptitud para futuras necesidades de hasta 25 Gbps (Lightwave Online, 2021).

En República Dominicana Carlos Cueto, el líder de Claro Dominicana, menciona que esta solución sólida y efectiva se presenta como un progreso importante en la evolución de las redes de Fibra Óptica y reiterando el compromiso de apoyar el crecimiento social y económico del país a través de la tecnología y la innovación (Martes Tecnológico, 2025) y Perú Claro con la capacidad de alcanzar hasta 1000 MBPS en velocidad de carga y descarga, XGSPON se presenta como un innovador en el ámbito de la conectividad a Internet (Claro, 2024).

Este avance tecnológico es una respuesta a la demanda creciente de servicios digitales de gran capacidad, como la educación virtual, el teletrabajo, los videojuegos en la nube, el streaming en 4K/8K y los servicios IoT. Todos estos requieren redes más sólidas, estables y escalables.

1.3. Usos Específicos y Adaptabilidad

Implementaciones como la de Spartan Net en residencias estudiantiles (LightSpeed Technologies, 2020) o SINET en Camboya para empresas (Nokia, 2022) demuestran la diversidad de aplicaciones de XGSPON en espacios controlados y económicamente

rentables (Huawei, 2020). Sin embargo, trasladar estos modelos a entornos públicos y mixtos como el de Vinces podría requerir una planificación más detallada, enfocado en estudios reales de demanda.

1.4. Desafíos Técnicos y Operativos Comunes

Las experiencias de compañías como Syringa Networks, que optó por arquitecturas abiertas para reducir gastos y acelerar su implementación (Fauzan et al., 2022), ilustran dificultades técnicas comunes, tales como la interoperabilidad con redes antiguas (GPON) y los elevados costos iniciales de implementación e instalación de equipos (ARCOTEL, 2023). Todos estos elementos deben ser considerados en el análisis de viabilidad para contextos con sensibilidad económica (Castro Ullauri, 2025).

1.5. Brecha digital en Ecuador

A nivel nacional, Ecuador se enfrenta a una notable división digital que restringe el acceso igualitario a servicios tecnológicos y en línea (Albuja Loachamin, Alvear Loor, & Sarango Romero, 2023). Aunque el Índice de Desarrollo del Gobierno Electrónico ha mostrado una mejora continua de 0,378 en 2003 a 0,613 en 2018, este progreso no ha sido uniforme entre las diversas áreas y segmentos de la población, (Barreno Salinas, 2025). Las cifras indican que la proporción de hogares con acceso a Internet creció del 7,04% en 2008 al 37,20% en 2017, señala una brecha digital relacionada con la edad y la habilidad de uso, asociada a la carencia de infraestructura, educación digital y cobertura en áreas rurales (Villavicencio Cedeño, Bowen Anchundia, Jurado Martínez, & Roger Martínez, 2024). A pesar del progreso a nivel mundial en el uso de XGSPON, no se han encontrado casos documentados en cantones medianos de Ecuador que compartan características similares a Vinces: población moderada, infraestructura de telecomunicaciones insuficiente y un elevado potencial agrícola y comercial que podría beneficiarse de una mejor conectividad. Esta falta representa una oportunidad clara para el desarrollo, permitiendo aplicar los conocimientos adquiridos en otras experiencias y adaptarlos a la realidad local.

1.6. Redes de Telecomunicaciones y su importancia en el Desarrollo Social y Económico

Las telecomunicaciones son la base esencial de la sociedad digital, permitiendo la transmisión eficaz de voz, datos y video. El acceso a Internet de alta velocidad ha evolucionado de ser simplemente un servicio para convertirse en un derecho fundamental

que habilita la participación cívica, la innovación y el crecimiento económico (Rincón Becerra, 2025). Su influencia se refleja en la mejora educativa a través de plataformas de aprendizaje en línea, la expansión de la atención médica mediante telemedicina, y el impulso del comercio y el trabajo remoto (León Nazareno, 2024).

La banda ancha, que la (OCDE, 2022) define como una conexión constante de alta capacidad y baja latencia (Herrera & Varillas, 2025), tiene un efecto motivador directo en la expansión económica. Investigaciones de (Shanahan & Bahia, 2023) muestran que un aumento del 10% en la adopción de Internet de alta velocidad en naciones en desarrollo podría resultar en un incremento de hasta el 1.8% en el PIB. Por ende, reducir la brecha digital es un paso esencial para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible y promover una justicia social basada en las oportunidades que ofrece la digitalización.

1.7. Definición de conectividad y banda ancha

Conforme a (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2023) "banda ancha" puede definirse desde una perspectiva técnica como:

- Velocidades de transmisión mínimas.
- Un conjunto de conceptos funcionales que incluyen:
 - Conexiones permanentes: donde el servicio de Internet se actualiza instantáneamente en tiempo real.
 - Alta capacidad: conexiones de baja latencia y alta capacidad que tienen la habilidad de transferir grandes volúmenes de bits de información por segundo, más allá de la velocidad de dichos bits.

Él (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, 2024) ha establecido entre otras, las siguientes políticas para alcanzar los objetivos relacionados con la Banda Ancha:

- Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, orientando su accionar hacia el acceso asequible y equitativo para todos.
- Facilitar el desarrollo de infraestructuras sostenibles y resilientes mediante apoyo financiero, tecnológico y técnico principalmente en los países en desarrollo.
- Apoyar el desarrollo de tecnologías, la investigación y la innovación nacionales en los países en desarrollo, entre otras cosas, garantizando un entorno normativo

favorable para la diversificación industrial y la adición de valor a los productos básicos.

- Aumentar significativamente el acceso a la tecnología de la información y comunicación y aunar esfuerzos para proporcionar acceso universal y servicio de Internet asequible en los países de desarrollo.

La banda ancha proporciona un acceso rápido a Internet, fundamental para servicios que requieren un gran volumen de datos como el streaming, las videoconferencias, la domótica, el internet de las cosas y aplicaciones fundamentales (Jamiu, 2023).

En la actualidad, la fibra óptica (Nokia, 2024) es la alternativa más sólida de conectividad debido a su amplio ancho de banda, baja latencia y mayor seguridad, superando a las redes de cobre y ofreciendo una estabilidad superior a las tecnologías móviles, dado que su medio de transmisión opera a la velocidad de la luz y presenta menos interferencias que otros tipos de conexiones disponibles (FS, 2021).

1.8. Evolución de las Tecnologías de Acceso: Redes Ópticas Pasivas (PON)

El aumento significativo en la demanda de ancho de banda ha llevado a la transición de tecnologías basadas en cobre (ADSL) y coaxial (HFC) hacia la fibra óptica. Las redes ópticas pasivas se han establecido como el estándar principal para las redes de acceso de última milla gracias a su eficiencia, escalabilidad y reducción de costos operativos (OPEX), ya que eliminan componentes activos intermedios y permiten compartir la infraestructura entre varios usuarios (Sánchez Pérez, 2025).

La estructura de PON es punto a multipunto (P2MP), compuesta por un Terminal de línea óptica (OLT) en la central, una red de distribución óptica (ODN) con divisores pasivos y múltiples unidades de red óptica (ONT) en la casa del usuario. Su desarrollo ha seguido un camino estandarizado como se muestra en la Figura 1.1:

- **GPON (Gigabit-capable PON):** Especificación ITU-T G. 984 que se ha implementado de manera amplia, ofreciendo velocidades asimétricas de hasta 2.5 Gbps en descarga y 1.25 Gbps en subida (ITU, 2022).
- **XGPON:** Establecido en ITU-T G. 987, proporciona descargas de 10 Gbps y subidas de 2.5 Gbps, representando un avance asimétrico.
- **XGSPON (10-Gigabit-capable Symmetric Passive Optical Network):** Estándar ITU-T G.9807.1 (2016, rev. 2023) que ofrece capacidades simétricas de 10 Gbps, perfecta para aplicaciones actuales que requieren altos

volúmenes de datos como: computación en la nube, video 4K/8K, enlace de retroceso 5G (ITU-T, 2023).

Una ventaja significativa es la compatibilidad hacia atrás de XGSPON con GPON, lo que permite una transición gradual en la misma infraestructura física (ODN) mediante el uso de acopladores WDM, protegiendo así las inversiones anteriores (Nokia, 2023).

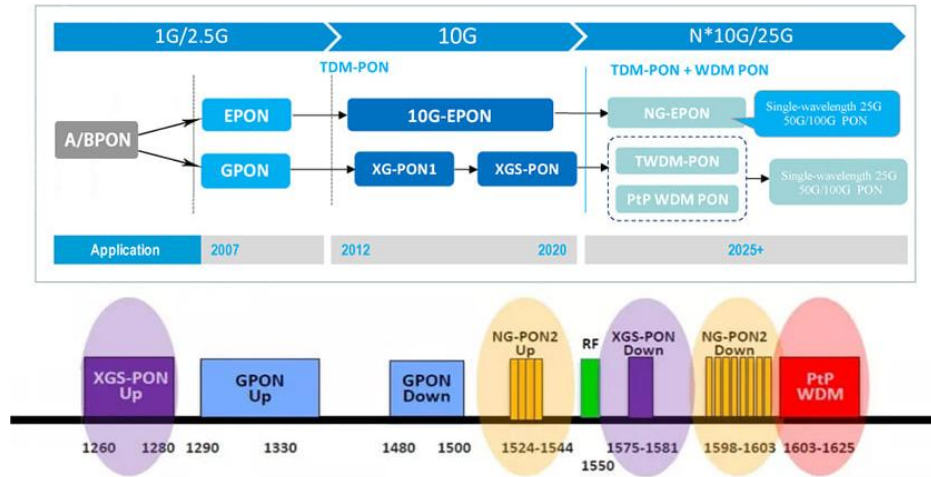


Figura 1.1: Evolución de las tecnologías PON hacia el XGSPON.

Fuente: (ITU-T, 2023).

1.9. Estándar XGSPON

La refiere la recomendación (ITU-T, 2023) y expresa que la tecnología XGSPON es la red de acceso óptico pasiva, que tiene una capacidad simétrica de 10 Gbps (Macas Topón, 2022), ver Figura 1.2. Esta normativa forma parte de un conglomerado de prescripciones, reconocido como ITU- T G.9807.1, que delinean las redes de acceso XGSPON, con el propósito de su implementación en sectores residenciales, corporativos, entre otras. Además, en la documentación se inspecciona el estándar desde la representación de la infraestructura de acceso óptico, punto a multipunto y proporciona definiciones, abreviaturas y requerimientos universales para cada capa de la red. La recomendación G.9807.2 (Chumbimuni Huaranga & Meza Manyari, 2025), otorga parámetros de referencia para la arquitectura e interfaces de la red, posibilitando una ramificación máxima de enlace de 60 km, por medio del beneficio de componentes activos, como regeneradores y amplificadores ópticos (Pineda Poveda, 2025). XGSPON, tiene la capacidad de operar en la misma red de distribución óptica que XGPON, y, es idónea para operar en longitudes de onda equivalentes.



Figura 1.2: XGSPON Progreso de la fórmula estándar.

Fuente: (Huawei, 2020)

1.10. Arquitectura del Estándar XGSPON

La Figura 1.3 representa la estructura de los elementos en una red XGSPON, están compuestos por: la Red de Distribución Óptica (ODN), la Terminal de Línea Óptica (OLT) y la Terminal de Red Óptica (ONT). La red de distribución óptica permite mantener una conexión pasiva única o una red interconectada de unidades activas, realizando la conexión entre la planta externa y planta interna, con el propósito de propagar la cobertura de la red (Soria Chamba, 2023).

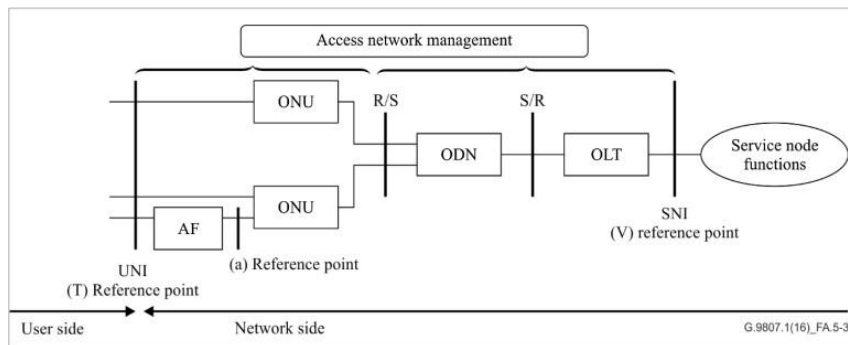


Figura 1.3: Configuración de XGSPON.

Fuente: (Huawei, 2020)

La estructura de red XGSPON es la misma que la de la red de GPON. La red XGSPON cumple con la arquitectura P2MP de la red PON estándar (FOA, 2021), ver Figura 1.4. Define las conexiones entre los elementos activos y pasivos mencionados a continuación:

- La red XGSPON contiene un terminal de línea óptica, unidades de red óptica (ONT) y una red de distribución óptica (ODN).
- El terminal de línea óptica (OLT) es un dispositivo de agregación ubicado en la central (CO) para la terminación del protocolo PON.

- Las unidades de red ópticas (ONT) se ubican en el lado del usuario y proveen diversos tipos de puertos para la conexión con los terminales del usuario. La red de distribución óptica (ODN) está compuesta por componentes ópticos pasivos (POS), tales como fibras ópticas, y uno o más splitters ópticos pasivos. Interconecta la OLT y las ONT.

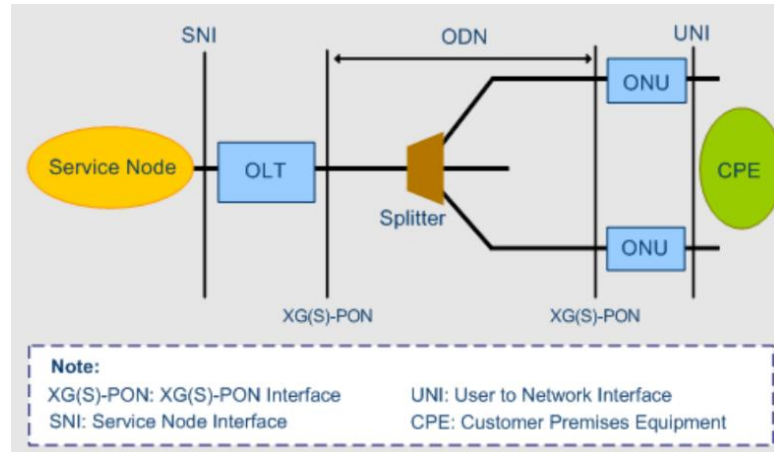


Figura 1.4: Arquitectura XGSPON.

Fuente: (Huawei, 2020)

XGSPON, red óptica pasiva simétrica con capacidad de 10 Gigabits, proporciona una transmisión simétrica de 10 G (Velocidad máxima de línea downstream: 9.953 Gbit/s, Velocidad máxima de línea upstream: 9.953 Gbit/s). Como lo muestra Figura 1.5. muestra las capacidades de la tecnología GPON.

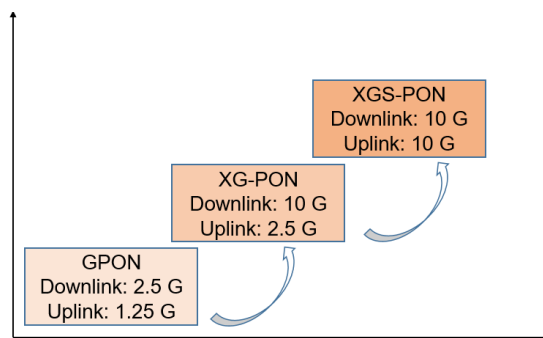


Figura 1.5: Capacidades GPON

Fuente: (Huawei, 2020)

Como el mejor candidato para NGPON1 se seleccionó un sistema denominado XGPON que posteriormente se subdividió en XGPON1 y XGSPON, diferenciándose en las tasas de transferencia soportadas (Liu, 2022).

El estándar XGPON1 ofrece una velocidad de 10 Gbps en el enlace descendente y 2,5 Gbps en el ascendente, mientras que la variante XGSPON es simétrica, proporcionando 10 Gbps en ambas direcciones, lo que enfatiza su naturaleza avanzada para soportar servicios de próxima generación (Khant & Patel, 2024). La división entre XGPON1 y XGSPON respondió principalmente a factores económicos, ya que la variante simétrica implicaba mayores costos y una baja demanda inicial, lo que limitó temporalmente su adopción (Zhang, Liu, Wu, & Nettet, 2020).

Para su operación, se definieron longitudes de onda en el rango de 1575–1580 nm descendente y 1260–1280 nm ascendente, permitiendo la coexistencia con GPON mediante una relación mínima de división 1:64, que se puede extender hasta 1:256, garantizando transmisiones de al menos 20 km y un máximo de 60 km (Xing, y otros, 2024). Durante la estandarización, se evaluaron rangos alternativos para la dirección ascendente, como 1595–1615 nm, 1540–1560 nm, 1530–1540 nm y 1340–1360 nm, los cuales fueron descartados por limitaciones técnicas relacionadas con la especificación de fibras, incompatibilidad con señales de video, costos elevados de ONTs o incremento de la atenuación debido al uso de filtros adicionales (Kumari, 2023).

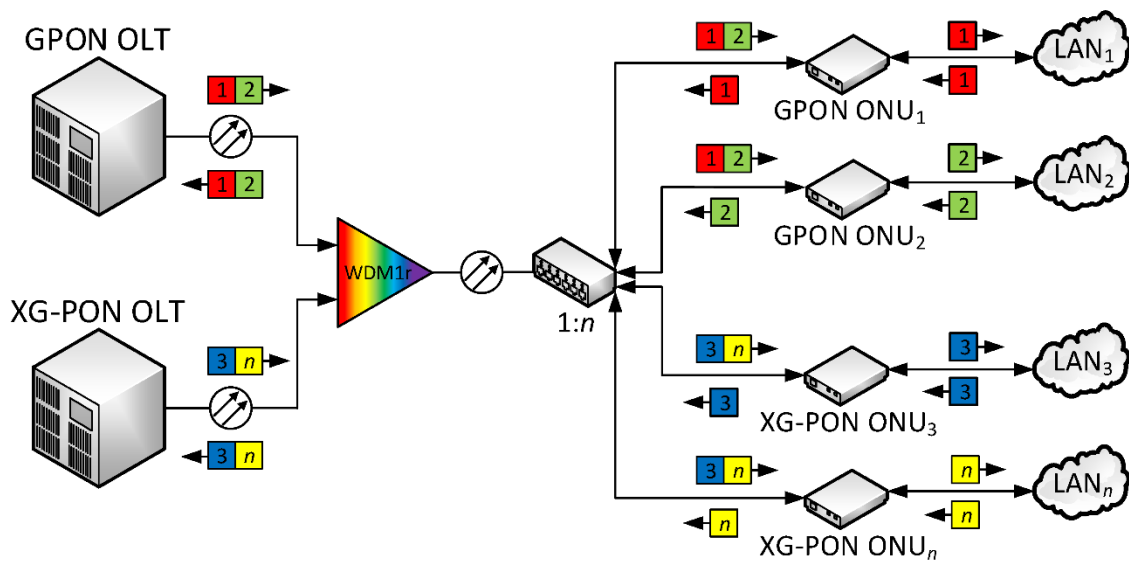


Figura 1.6: Operación GPON y sus derivaciones

Fuente: (ITU-T, 2023)

1.10.1. Longitudes de onda de operación para XGSPON

En XGSPON, la información se envía en ambas direcciones, tanto en transmisión (Tx) como la recepción (Rx), a lo largo de toda la fibra, utilizando la técnica WDM para permitir la comunicación en dos sentidos (Alanguia Ramos, 2024)

Los estándares de XGSPON presentan dos alternativas de longitudes de onda para su operación, como se detalla en la Figura 1.7:

- Conjunto principal: análogos a la red XGPON. El canal descendente incluye el rango de 1575-1580 nm, con 1577 nm como longitud de onda central. El canal ascendente abarca el intervalo de 1260-1280 nm, teniendo 1270 nm como longitud de onda central (Pineda Pasquel, 2023).
- Conjunto opcional: similar a la red GPON. El canal descendente abarca el espectro de 1480-1500 nm, teniendo 1490 nm como longitud de onda central. El canal ascendente comprende el rango de 1300-1320 nm, con 1310 nm de longitud de onda central (Misarayme Medrano, 2023).

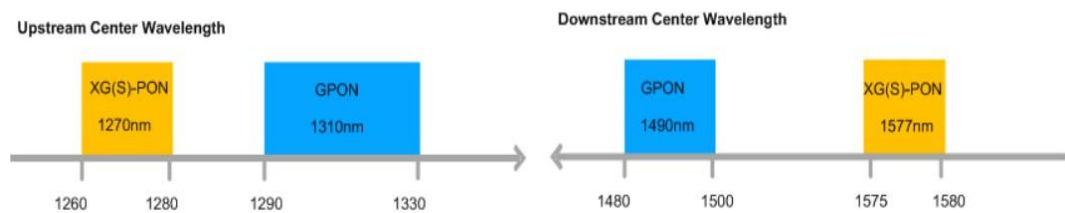


Figura 1.7: Longitudes de onda PON.

Fuente: (Huawei, 2019).

1.10.2. Distribución dinámica del ancho de banda en XGSPON

XGSPON en su OLT permite la DBA, lo que favorece una repartición eficiente de la capacidad de transmisión hacia arriba entre las ONT conectadas, fundamentándose en la señalización dinámica de su actividad (Torres Guerrero S. , 2024).

1.10.3. Velocidad y codificación para XGSPON

La tasa de transmisión, tanto de subida como de bajada, es de 9.95328 Gbit/s. Para XGSPON, la codificación de línea empleada en los enlaces de subida y de bajada es NRZ (Achig Morales, 2021).

1.11. Alcance de XGSPON

La distancia mínima que admite el sistema XGSPON es de 20 km, mientras que el alcance máximo puede llegar a 60 km si se utilizan extensores de cobertura, entre los puntos T y V, como se muestra en la Figura 1.3. Además, la máxima distancia diferencial permitida para la fibra es de 40 kilómetros, parecida a la de XGPON (Pinduisaca Quishpe, 2023).

1.12. Características de fibra para XGSPON

La implementación de los sistemas XGSPON se realiza utilizando fibra monomodo estándar, descrita en la norma ITU-T G. 652 categoría D. Esta fibra se utiliza principalmente en las redes de tipo Feeder y de distribución. En contraste, para la red de dispersión se suele aplicar fibra que no es sensible a pérdidas por flexión, como se menciona en la norma ITU-T G. 657 categoría (ITU-T, 2023).

1.12.1. Requerimientos de servicio para XGSPON

XGSPON necesita ser capaz de ofrecer varios servicios, que incluyen telefonía (VoIP, POTs), televisión en directo (IPTV, video RF), líneas dedicadas (E1, T1), internet de alta velocidad, servicios de red troncal móvil, servicios VPN y servicios IP, abarcando incluso los que estaban disponibles previamente en GPON (Soria Chamba, 2023).

1.12.2. Niveles de potencia de XGSPON

Los niveles de potencia de XGSPON para una velocidad de 9.95328 Gbit/s y una distancia diferencial de 20 kilómetros, los niveles de potencia de XGSPON para 9.95328 Gbit/s en modo de bajada y subida ver

Tabla 1.1 y Tabla 1.2. La potencia óptica está directamente relacionada con la cantidad de tráfico (Kherici, Kandouci, Bechikh, & Benhamidi, 2024). Para señales de control que contienen pocos datos, la sensibilidad es de -22 dB. En contraste, las señales con un alto volumen de tráfico, que manejan más datos, tienen una sensibilidad de -18 dB. A medida que se incrementa la distancia lógica, también se incrementa la latencia, lo que puede llevar a problemas de pérdida de datos en las ONT en niveles de -30 dB (Torres Guerrero J. , 2022).

Tabla 1.1: Niveles de potencia de XGSPON de bajada.

Parámetros	Unidades	Valores		
Tx OLT (O_{ld})				
Tasa nominal de transmisión	Gbits/s	9.95328		
ORL mínimo para la ODN en O_{lu} y O_{ld}	dB	32		
Categoría de la ODN		N1	N2	E1
Potencia media mínima de emisión en R/S	dB	+2.0	+4.0	+6.0
Potencia media máxima de emisión en R/S	dB	+9.0	+9.0	+9.0
Potencia óptica reflejada máxima	dB	-15		
Rx ONT (O_{rd})				
Categoría de la ODN		N1	N2	E1
Sensibilidad	dB	-28	-28	-28
Sobrecarga	dB	-9	-9	-9

Fuente: (Pinduisaca Quishpe, 2023)

Tabla 1.2: Niveles de potencia de XGSPON de subida.

Parámetros	Unidades	Valores		
Tx ONT (O_{ru})				
Tasa nominal de transmisión	Gbits/s	9.95328		
ORL mínimo para la ODN en O_{ru} y O_{rd}	dB	32		
Categoría de la ODN		N1	N2	E1
Potencia media mínima de emisión en R/S	dB	+4.0	+4.0	+4.0
Potencia media máxima de emisión en R/S	dB	+9.0	+9.0	+9.0
Rx OLT (O_{lu})				
Categoría de la ODN		N1	N2	E1
Sensibilidad	dB	-26	-28	-30
Sobrecarga	dB	-5	-7	-9

Fuente: (Pinduisaca Quishpe, 2023)

1.13. Clases de ODN para XGSPON

Las categorías de ODN sugeridas para XGSPON se muestran en la Tabla 1.3. Se establecen cuatro categorías para el grupo básico de longitudes de onda, y tres

categorías para el grupo opcional de longitudes de onda, las cuales son útiles en situaciones de coexistencia de XGSPON con versiones anteriores (Condori Caparo, 2024).

Tabla 1.3: Categoría de ODN para XGSPON.

Elemento	Unidades	Conjunto principal de longitudes de onda			Conjunto opcional de longitudes de onda			
		Clase B+	Clase C+	Clase C++	Clase N1	Clase N2	Clase E1	Clase E2
Clase OPL (Pérdida de Trayecto Óptico)								
Potencia óptica del módulo	dB	1.5 - 5	3 - 7	6 - 10	2 - 9	4 - 9	6 - 9	9
Pérdida mínima en ODN	dB	-13	-17	-20	-14	-16	-18	-20
Pérdida máxima en la ODN	dB	-28	-32	-35	-29	-37	-33	-35

Fuente: (Anvimur, 2020)

1.13.1. Relación de división de los splitters para XGSPON

XGSPON permite la coexistencia con una infraestructura ODN que puede dividirse hasta 1:128, de manera parecida a las redes GPON. Su relación máxima de división alcanza 1:256. En algunos casos, puede ser necesario utilizar un extensor de alcance (Soria Chamba, 2023).

Cuando la OLT proporciona acceso (TDMA), una ONT/ONT que da servicio a 64 usuarios tiene un 1.56% del tiempo dedicado a la transmisión. En configuraciones que cuentan con 128 usuarios, este porcentaje se reduce al 0.78% del tiempo. Todas las ONT son del tipo B+, ya que manejan un bajo volumen de tráfico en tecnologías que utilizan un conjunto básico de longitudes de onda (Alvarado Hernández, 2023).

1.13.2. Escenarios de coexistencia de XGSPON con tecnologías anteriores

En XGSPON hay varias clases de arquitecturas ODN, que permiten la coexistencia con versiones anteriores y servicios complementarios como la transmisión de video RF. La disposición de convivencia de XGSPON, XGPON, GPON y servicios de video RF se puede ver en la Figura 1.8 (Macas Topón, 2022).

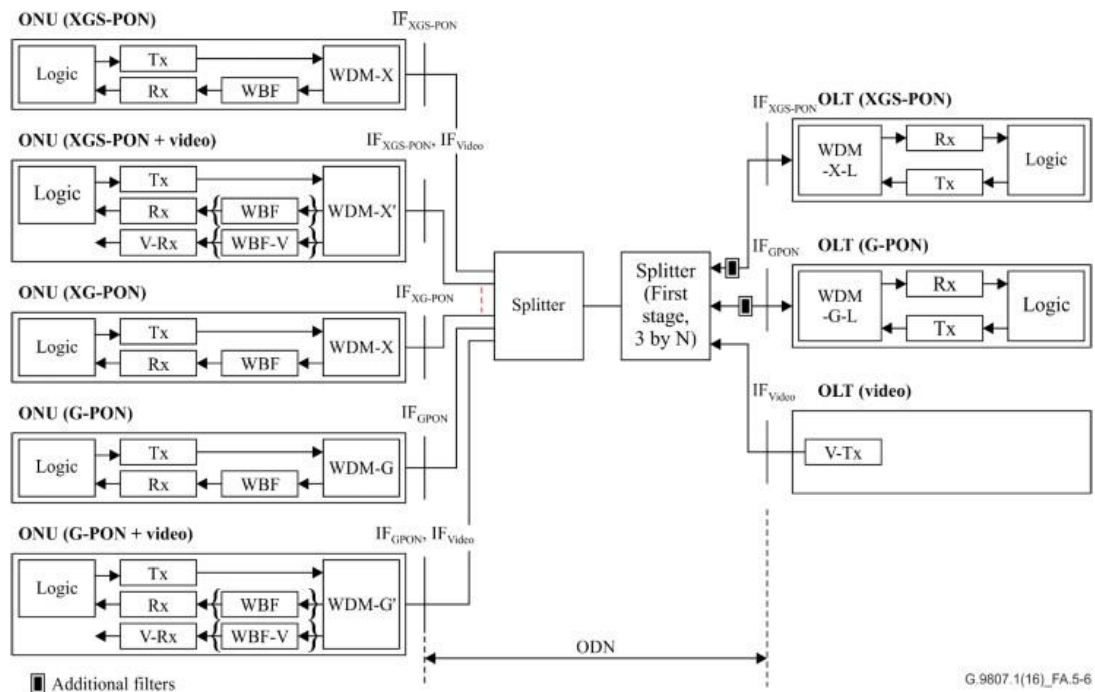


Figura 1.8: Arquitectura para la coexistencia de las redes PON.

Fuente: (Macas Topón, 2022)

1.13.3. Escenario de coexistencia entre GPON y XGSPON

La migración de las redes tradicionales GPON a XGSPON representa un elemento clave en el avance de las infraestructuras de fibra óptica, ya que asegura una transición eficiente sin afectar los servicios actuales. Para conseguir esto, se debe establecer un modelo de superposición que utilice tecnología WDM, conforme a la distribución de longitudes de onda indicada en la recomendación ITU-T G. 984. 5, que debe ser integrada en todas las ONT's (Sarmiento López, 2021).

En la Figura 1.9 se observa que el operador puede elegir entre dos enfoques: aprovechar la capacidad de coexistencia o llevar a cabo un reemplazo total de los dispositivos activos de la PON al comienzo del proceso de actualización. Durante la etapa de transición, se asegura la coexistencia simultánea de GPON y XGSPON mediante la instalación de un divisor/combinador WDM1r, lo que permite que ambas tecnologías operen a la par en distintas configuraciones de red (ITU-T, 2023).

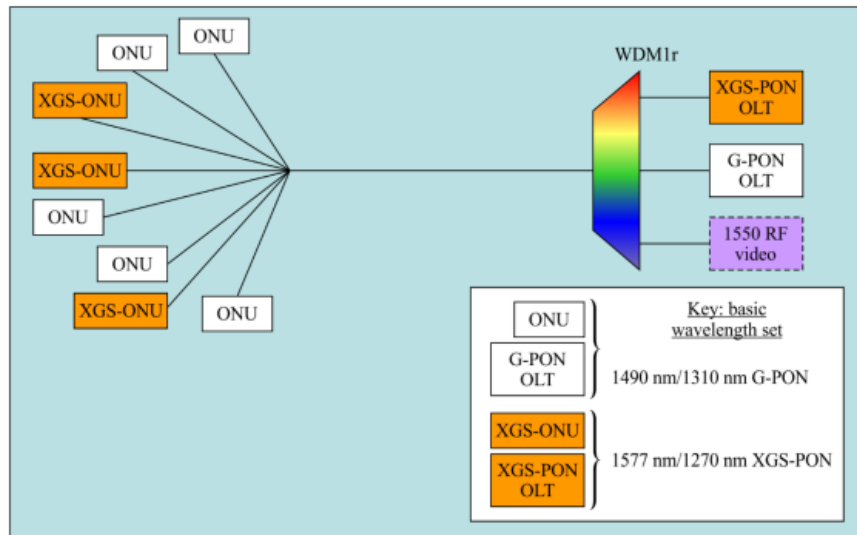


Figura 1.9: Coexistencia entre GPON y XGSPON

Fuente: (ITU-T, 2023)

1.13.4. Escenario de coexistencia entre XGSPON y XGPON

Para que XGSPON, XGPON puedan coexistir, se emplea un componente WDM1r. No obstante, en este caso, se aplica el conjunto opcional de longitudes de onda de XGSPON, ver Figura 1.10 (Rábano Alarcón, 2022).

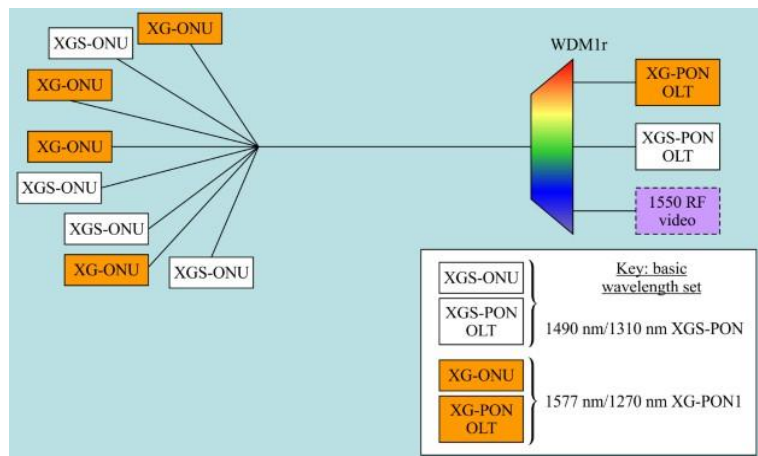


Figura 1.10. Escenario de coexistencia de XGSPON y XGPON.

Fuente: (ITU-T, 2023).

Otra opción que XGSPON y XGPON puedan funcionar juntos es utilizar un sistema TDM/TDMA, sin incluir el componente WDM1r. Se establecen intervalos de tiempo para cada ONT, permitiendo que envíen sus datos mediante el mismo cable de fibra. En la dirección ascendente, la OLT tiene la capacidad de identificar y separa las

transmisiones de datos de cualquier tipo de ONT, mientras que, en la dirección descendente, las ONT pueden despreciar las transmisiones asociadas a una tecnología que no es compatible (Celis Cuevas, 2022).

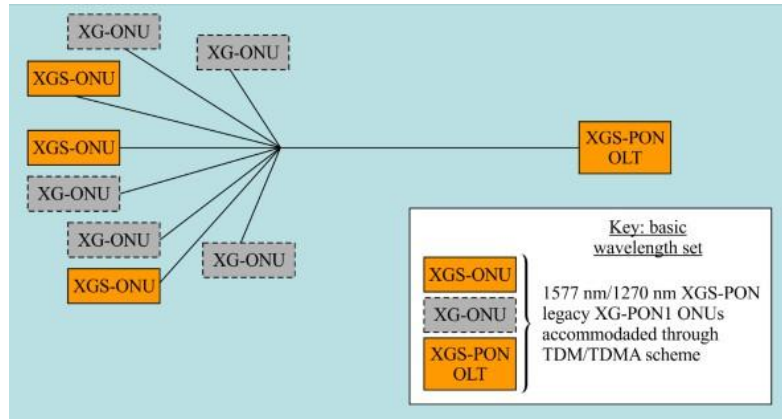


Figura 1.11: Escenario de coexistencia de XGSPON con XGPON.

Fuente: (Macas Topón, 2022)

1.13.5. Escenario de coexistencia de las tecnologías PON

Esta situación se consigue mediante el empleo del componente WDM1r, que permite unir o dividir las señales de XGSPON y GPON (López Alban, 2023). En la Figura 1.12, se muestra la distribución de las bandas de longitud de onda en las tecnologías mencionadas.

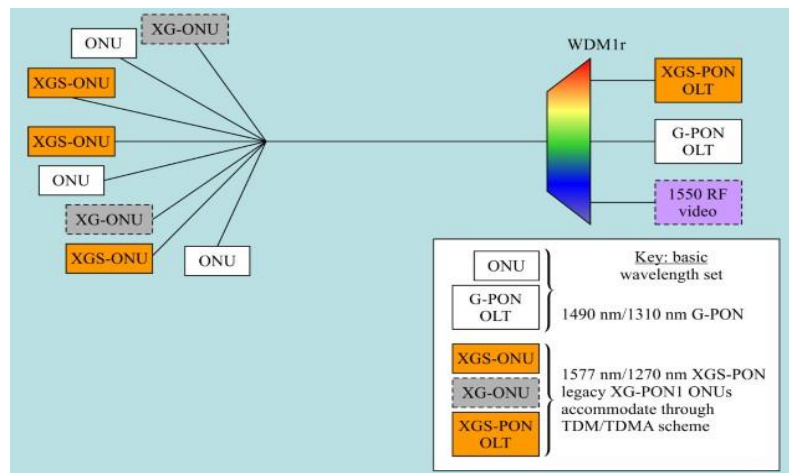


Figura 1.12: Escenario de coexistencia de las tecnologías PON.

Fuente: (ITU-T, 2023)

Tabla 1.4: Diferencias entre tecnologías PON

Parámetro	GPON		XGPON		XGSPON	
Estándar ITU-T	G.984		G.987		G.9807.1	
Velocidad de descarga	2.5 Gbps		10 Gbps		10 Gbps	
Velocidad de subida	1.25 Gbps		2.5 Gbps		10 Gbps	
Long. de Onda de descarga y carga	1480-1500	nm	1575-1580	nm	1575-1580	nm
	1290-1330 nm		1260-1280 nm		1260-1280 nm	
Relación de División	1:64 - 1:128		1:64 - 1:128		1:64 - 1:128	
Compatibilidad con GPON (WDM1d)	-		No		Sí	

Fuente: (ITU-T, 2023) y (Huawei, 2020).

1.14. Beneficios de XGSPON

Según (Chumbimuni Huaranga & Meza Manyari, 2025) la tecnología XGSPON proporciona las ventajas, las cuales se mencionan continuación:


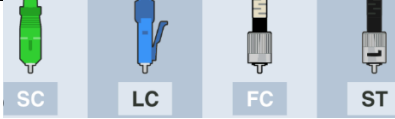



- **Rendimiento mejorado:** los proveedores de servicios pueden alcanzar velocidades de 10 Gbits/s en ambos tipos de enlaces, tanto de descarga como de carga. Al elevar la capacidad a 10 Gbits/s, es posible aumentar las velocidades de conexión de los actuales 300 Mbits/s a 500 Mbits/s, 1 Gbits/s y 2 Gbits/s para los suscriptores más importantes.
- **Mayor alcance:** XGSPON presenta un mayor rango que las tecnologías PON anteriores. Mientras que el máximo alcance para tecnologías anteriores como GPON es de 20 km, XGSPON puede llegar hasta 40 km sin necesidad de extensores y hasta 60 km con ellos. Este alcance es comparable al de XGPON.
- **Mayor capacidad de usuarios:** XGSPON tiene la habilidad de admitir más usuarios en comparación con tecnologías PON anteriores, ya que presenta una relación de división máxima de 1:256, que supera a la relación máxima de 1:128 de las redes GPON. Esta capacidad de acomodar usuarios es igual a la de XGPON.
- **Mayor productividad empresarial:** XGSPON proporciona un acceso mejorado a los servicios en la nube, lo que supone un ahorro considerable y una eficiencia mayor, así como opciones para el teletrabajo.

- **Futuro y coexistencia:** X GSPON es un estándar que se anticipa al futuro y puede convivir con tecnologías PON anteriores. Un proveedor de red tiene la opción de actualizar selectivamente a los usuarios que requieren velocidades superiores, manteniendo a los demás usuarios en su estado actual.

1.14.1. Componentes de las redes de distribución óptica

Los componentes de las redes de distribución óptica son observables en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5: Componentes en las redes de acceso ópticas.

Elemento	Descripción	Gráfico
Empalme por fusión	Es un método que integra de manera permanente dos fibras ópticas usando una fuente de calor que provoca su unión.	
Conectores	Existen diversos tipos, como LC, SC, FC y ST.	
Pigtail	Es un segmento de fibra óptica que tiene un conector en un extremo y el otro extremo está pelado. Se utilizan para enlazar la fibra principal del cable, permitiendo una instalación más rápida que la que se logra con un empalme directo.	
Patchcords	Se trata de cables que poseen conectores en ambas puntas, facilitando la conexión entre equipos de comunicación y paneles de distribución de fibra óptica	
Atenuadores Ópticos	Son aparatos que bajan la intensidad de la señal que se transmite a niveles adecuados para un procesamiento eficiente, evitando que los receptores sean sobrecargados	

Caja de empalme	Es un equipo diseñado para resguardar los empalmes de fibra óptica de factores externos como la humedad y las condiciones climáticas.	
Mangas	Son componentes de las redes de fibra óptica externa que contienen empalmes por fusión. Permiten establecer conexiones directas, internas y derivadas.	
NAP / CTO	Permiten la conexión de los usuarios finales mediante cables de fibra óptica tipo drop.	
Cable Drop	Se utiliza en instalaciones, ya sean internas o externas, y es fundamental para conectar a los usuarios finales desde la NAP hacia la ONT.	

Fuente: (Garzón, Jaimes, Padilla, & Vergel, 2022)

1.14.2. Ventajas de XGSPON para Entornos Urbanos Medianos

La implementación de XGSPON en un lugar como Vines presenta beneficios significativos en comparación con las tecnologías actuales como: GPON o enlaces de radio.

1. **Simetría de Banda Ancha:** Capacidad tanto de descarga y carga de 10 Gbps, trascendente para almacenamiento en la nube, videollamadas en alta definición, trabajo remoto y transmisión de contenido (Martínez Henao, 2022).
2. **Baja Latencia y Jitter:** Menor a 1ms en la ODN, para aplicaciones en tiempo real como juegos en línea, telemedicina interactiva y clases virtuales sincronizadas. Estos elementos son vitales en usos que demandan rapidez como plataformas de videojuegos, llamadas VoIP y videoconferencias (Anzola & Herrera, 2024).
3. **Escalabilidad y Futuro:** Permite incrementar la relación de división o avanzar hacia estándares como 50GPON sin necesidad de alterar la infraestructura existente, asegurando la duración de la inversión (Luo & Effenberger, 2024).

4. **Eficiencia Operativa e Inmunidad:** Red pasiva que requiere menos servicio y es resistente a interferencias electromagnéticas, lo que disminuye los costos operativos a medio plazo (Pereira, Carreño Franco, López Lezama, & Muñoz Galeano, 2024).

Los elementos esenciales para valorar una red son:

1. **Velocidad de descarga/carga:** Impacta la satisfacción del usuario. En términos globales, la banda ancha fija promedia 82,56 Mbps en descarga y 36,8 Mbps en carga, con una latencia de 9 ms y un jitter de 3 ms, superiores a las cifras de las redes móviles 42,35 Mbps en descarga / 10,04 Mbps en carga; 28 ms de latencia (Speedtest, 2025). Ecuador se encuentra en la posición 46 en cuanto a velocidades promedio, actualmente actualizadas a 131.79 Mbps en descarga y 104.23 Mbps en carga, ver Figura 1.13.

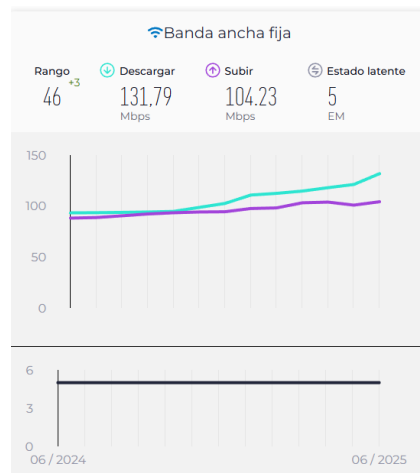


Figura 1.13: Consumo Banda Ancha Fija

Fuente: (Speedtest, 2025)

2. **Disponibilidad:** Es la relación entre el tiempo que un sistema está en funcionamiento y el tiempo total; una disponibilidad del 99,999 % significa que hay menos de 0,864 segundos de inactividad diaria (Ríos Monar, López Quezada, & Vargas López, 2025).
3. **Tipos de red:** Existen tecnologías como DSL, cable coaxial, fibra óptica y comunicación inalámbrica (4G/5G, satelital). La fibra FTTH puede alcanzar velocidades de hasta 100 Gbps simétricos, comparado con los 20

Gbps que se teoriza para 5G, además de presentar menos variación y pérdida de paquetes (Philpott, Fellenbaum, & McBride, 2023).

1.15. Optimización de infraestructura FTTH

Los autores examinan la optimización del rendimiento en redes XGPON mediante un algoritmo de distribución dinámica de ancho de banda (DBA) modificado. Su propuesta mejora la eficacia del medio compartido, un desafío significativo en arquitecturas P2MP. A través de simulaciones en NS-3, demuestran un incremento del 3% en el rendimiento en comparación con algoritmos anteriores como GIANT y Proportional DBA, a pesar de que la latencia para el tráfico no garantizado (TCONT-4) presenta un leve aumento (Patel & Mandloi, 2024).

Esta investigación es relevante para la viabilidad técnica en Vinces. Un DBA competente es esencial para optimizar la capacidad de la red y garantizar la Calidad de Servicio (QoS) ante un número creciente de usuarios. Este análisis ofrece una solución factible para maximizar el recurso más crítico, aunque su aplicación práctica debería considerar el equilibrio entre la capacidad general y la experiencia del usuario en servicios que demandan baja latencia.

En el artículo realiza un estudio exhaustivo sobre la eficacia de las ONTs XGSPON enfocadas en el sector empresarial. Su metodología abarca pruebas estrictas de las interfaces ópticas (potencia, sensibilidad y cumplimiento con clasificaciones N1/N2 ODN) y eléctricas, además de las funciones de red garantizando que se cumplan las normativas ITU-T G. 9807 e IEEE (Nashiruddin & Solihah, 2020).

Este antecedente es muy significativo para el análisis económico del proyecto. La metodología descrita se puede aplicar directamente al diseño de la red en el área urbana de Vinces con el propósito de optimizar la ruta de la fibra, reducir el gasto de capital inicial y, en consecuencia, mejorar el retorno de la inversión. Esto ilustra cómo la investigación avanzada en optimización influye de manera directa en la viabilidad económica de proyectos de conectividad en entornos reales similares a Vinces.

Se afrontó el problema de los altos costos de instalación en áreas de densidad media, donde los autores plantean una estrategia para la planificación óptima de redes PON que emplea operadores genéticos adaptados a algoritmos evolutivos. Su objetivo es minimizar tanto la longitud total de la fibra instalada como los costos asociados, encontrando así la

topología más eficiente (Pereira, Carreño Franco, López Lezama, & Muñoz Galeano, 2024).

Esta propuesta es relevante para el análisis económico del proyecto. La metodología presentada puede aplicarse directamente al diseño de la red en el área urbana de Vinces con el fin de optimizar la ruta de la fibra, disminuir el gasto de capital inicial y, como resultado, mejorar el retorno de inversión. Esto muestra cómo la investigación avanzada en optimización afecta directamente la viabilidad económica de proyectos de conectividad en entornos reales similares a Vinces.

1.16. Contexto de la Conectividad en Ecuador y el Cantón Vinces

Ecuador muestra una considerable desigualdad en la calidad y acceso a los servicios de internet de banda ancha fija (Moncayo Roldán, 2022). Mientras que las principales ciudades superan el 60% de cobertura, cantones medianos como Vinces, en la provincia de Los Ríos, se distinguen por una oferta fragmentada, a menudo sustentada en tecnologías anticuadas o sistemas inalámbricos con problemas evidentes de conexión (ARCOTEL, 2023). De acuerdo con el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos en el año 2022 solo el 37.5% de los hogares en áreas rurales tiene acceso a internet fijo, porcentaje que es considerablemente más bajo en zonas urbanas medianas en comparación con las grandes ciudades (INEC, 2022).

La crisis de COVID-19 agravó esta desigualdad digital, subrayando la urgente necesidad de una infraestructura sólida que soporte la educación, la economía y los servicios públicos (CEPAL, 2022). Vinces, cuya economía se fundamenta en el comercio y la agricultura, podría beneficiarse enormemente de una mejora en la conectividad que facilite el acceso a mercados digitales y la modernización de pequeñas y medianas empresas. La implementación de XGSPON se presenta como un proyecto con repercusiones sociales y económicas para todo el cantón.

1.16.1. Diagnóstico de las condiciones actuales de conectividad en Vinces

El análisis de la conectividad en una región es el paso inicial clave para evaluar la viabilidad de una red óptica avanzada. Este estudio facilita la identificación de las limitaciones tecnológicas existentes junto con las necesidades actuales de los usuarios. En localidades como el cantón Vinces, la conectividad se compone de una mezcla de tecnologías, que abarca conexiones de cobre (ADSL), coaxiales (HFC) y, en menor medida, fibra óptica (FTTH), esta última todavía con una expansión limitada. Según el

informe estadístico NO. 2023-01 de la ARCOTEL, se presenta la cantidad de suscripciones de internet fijo en cada provincia, situando a Los Ríos en el octavo lugar según la información de la SIETEL (ARCOTEL, 2023).

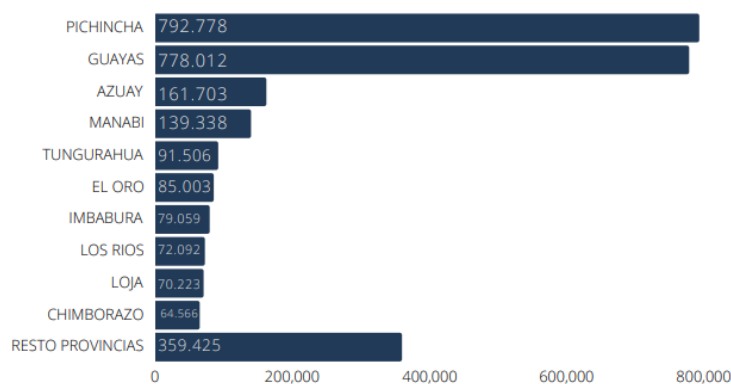


Figura 1.14: Cuenta de Internet Fijo por Provincia.

Fuente: Estadísticas SIETEL (ARCOTEL, 2023)

1.17. Aspectos de un Análisis de Factibilidad en Telecomunicaciones

Un estudio de viabilidad según (Torres Guerrero J. , 2022) es un análisis que considera múltiples factores para determinar la viabilidad real de un proyecto. En este contexto, se consideran tres elementos fundamentales:

- **Factibilidad Técnica:** Evalúa la disponibilidad de la infraestructura básica (derechos de vía, tuberías, suministro eléctrico), la disponibilidad de los equipos OLT/ONT, así como la capacidad para diseñar (cálculo de presupuesto óptico, atenuación) y manejar la red. También implica modelar la capa física para asegurar que se cumplan las normas establecidas (Guamán Guamán, 2023).
- **Factibilidad Económica:** Analiza la inversión inicial (CAPEX: equipos, construcción, instalación) y los costos recurrentes (OPEX: mantenimiento, energía). Se revisan las métricas del retorno de la inversión (ROI) y el tiempo de recuperación, comparándolas con las proyecciones de ingresos provenientes de las suscripciones (Cadena Sánchez, 2022).
- **Factibilidad Operativa y de Mercado:** Considera la capacidad de la organización para administrar y mantener la red, así como la aceptación anticipada de la población y el marco regulatorio en vigor (ARCOTEL, 2023).

1.18. Impacto Socioeconómico y Reducción de la Brecha Digital

La mejora en la conectividad en áreas con servicios limitados fomenta directamente el desarrollo socioeconómico. Una red XGSPON en Vinces podría actuar como un catalizador para:

- **Educación:** Proveer acceso a plataformas de aprendizaje en línea y recursos educativos de alta calidad.
- **Salud:** Permitir el funcionamiento de servicios sólidos de telemedicina y el almacenamiento de historiales clínicos en la nube.
- **Economía Local:** Actualización de pequeñas y medianas empresas, impulso al turismo digital y acceso a mercados internacionales para productos agrícolas.

Este tipo de iniciativas son cruciales para lograr los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo Ecuador 2021-2025 y para cerrar la brecha digital que se ha evidenciado. ARCOTEL, (2023a).

1.19. Conclusión del Capítulo

El marco teórico y referencial establecido proporciona la base para el posterior diseño de red y análisis técnico-económico se evidencia que la tecnología XGSPON, con sus características de simetría, baja latencia y capacidad de escalabilidad, es una solución efectiva para abordar las limitaciones de conectividad en el cantón Vinces. Los estudios revisados ofrecen información clara de su implementación exitosa y proporcionan aprendizajes valiosos sobre la optimización de recursos y evaluación de equipos. La fusión de este marco conceptual con el análisis del contexto ecuatoriano respalda la continuidad de un estudio detallado de viabilidad técnica, económica y operativa, posicionando a XGSPON como un potencial catalizador para el desarrollo socioeconómico del cantón.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

La presente investigación se sustenta principalmente en la metodología Design Science Research (DSR), ya que se caracteriza por tener un enfoque estructurado, orientado al diseño y validación de soluciones prácticas para problemas reales. En la presente investigación esta metodología se adapta al ámbito de las telecomunicaciones, permitiendo desarrollar un artefacto que responda de manera efectiva a las necesidades identificadas. (Vom Brocke, Hevner, & Maedche, 2020)

Se incorporará la metodología PRISMA con el objetivo de optimizar la gestión del proceso investigativo, para con ello promover un control continuo, ordenado y cíclico, asegurando la mejora constante del artefacto diseñado. La combinación de ambos enfoques ofrece un marco metodológico sólido, en el que la precisión y el rigor científico del DSR se equilibran con la flexibilidad y el carácter operativo del PRISMA. (Morales, 2022)

2.1. Contexto de la investigación

El Cantón Vinces es uno de los trece que componen la provincia de Los Ríos, en Ecuador. Es uno de los cantones más antiguos en esta provincia de los Ríos. Es famoso como "París Chiquito" porque en tiempos pasados, los terratenientes solían enviar a sus hijos a Francia para su educación, y estos regresaban con nuevas modas y costumbres (Municipio de Vinces, 2025). Vinces fue creado en 1845 por el Gobierno Provisorio de la época y su fundación fue ratificada por la Convención Nacional que se celebró en Cuenca ese mismo año. Al convertirse en cantón, Vinces fue parte de la antigua Provincia del Guayas, hasta que, en 1860, con la creación de la Provincia de Los Ríos, se integró a ella.

El cantón Vinces ocupa un área de 603 km². Según el censo de (INEC, 2022) tiene una población de 80.909 habitantes. El 61% de esta población vive en áreas rurales, siendo predominantemente joven, ya que aproximadamente el 44% de los residentes tienen menos de 20 años. Su capital cantonal es la ciudad de Vinces, donde reside gran parte de la población total.

2.2. Metodología Design Science Research - Fase de Relevancia

En el presente trabajo investigativo se realizará dentro de la fase de relevancia la identificación del problema, así también el análisis del impacto técnico-económico y social, para con ello obtener una justificación de la necesidad de intervención.

2.2.1. Identificación del Problema

El crecimiento constante de la digitalización en ámbitos productivos, educativos, comerciales y de servicios ha incrementado la necesidad de contar con conexiones estables y de alta velocidad, tanto a nivel mundial como en el Ecuador, bajo este contexto, el cantón Vinces enfrenta un marcado atraso en su infraestructura de telecomunicaciones, ya que aún depende de tecnologías tradicionales como el cobre, el cable coaxial y las redes GPON. Estas limitaciones reducen significativamente la capacidad de respuesta ante la creciente demanda de conectividad, generando una brecha digital que repercute de forma directa en la productividad local, en la calidad de la educación virtual, en el comercio electrónico y en el acceso a servicios públicos en línea (Shirvani Moghaddam, 2024).

La disponibilidad de Internet de alta velocidad se ha convertido en un elemento estratégico para impulsar el desarrollo económico y social, al influir en la competitividad nacional y en la reducción de desigualdades digitales (Uzunidis, Logothetis, Stavdas, Hillerkuss, & Tomkos, 2022; Balanici, y otros, 2023). Esta brecha no solo se refleja en la carencia de infraestructura, sino también en la desigualdad de oportunidades en el acceso a mercados, servicios médicos, educación de calidad y canales digitales (Jembre, Jung, Attique, Paul, & Kim, 2022).

En lo que respecta a Vinces, el Plan de Ordenamiento Territorial y el Plan Nacional de Desarrollo subrayan la urgencia de mejorar la infraestructura digital como un requisito para diversificar la economía y disminuir las desigualdades sociales (Gobierno Autónomo Descentralizado de Vinces, 2025).

2.2.2 Población y muestra

2.2.2.1 Población

La población objeto de este estudio incluye a los residentes, entidades educativas, comerciantes, funcionarios públicos y proveedores de servicios de telecomunicaciones en el cantón Vinces, situado en la provincia de Los Ríos. Se consideran tanto a usuarios

residenciales como a corporativos que podrían beneficiarse de la implementación de una red XGSPON. Vinces es un cantón de la provincia de Los Ríos con una población urbana de 35064 personas. Según los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022), en el último censo nacional de Población y Vivienda, el cantón Vinces tiene 12993 viviendas, donde 12976 son viviendas individuales y 17 son colectivas. Además, existen 10890 hogares en el área urbana del cantón. El tamaño promedio de las familias es de 3,22 personas, con un 55,0% de mujeres como jefas de familia y un 45,0% de hombres. La distribución familiar se presenta de la siguiente forma: viviendas unipersonales (18,5%), de dos miembros (19,7%), de tres personas (21,0%), de cuatro personas (19,9%) y de cinco o más personas (21,0%) (Municipio de Vinces, 2025)

2.2.2.2 Muestra

Dado que no es factible realizar encuestas a toda la población, se optará por un muestreo no probabilístico a conveniencia, que permitirá elegir a los participantes en función de su accesibilidad, disponibilidad y pertinencia para el estudio.

Se considerará una muestra representativa de:

- Usuarios residenciales (hogares)
- Representantes de instituciones educativas
- Comerciantes locales
- Técnicos de proveedores de servicios de Internet (ISPs)

Se prevé que un proveedor de Internet pueda captar y mantener un 30% del mercado, lo que equivale a 3. 267 hogares. A partir de este total, se determina el tamaño de la muestra necesaria utilizando la fórmula para poblaciones finitas, con un nivel de confianza del 95% y ajustando el margen de error para que el tamaño de la muestra ascienda a aproximadamente 100 hogares.

La Ecuación 1 calcula la muestra en base a la población.

La fórmula es para calcular la muestra:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha/2}^2 * p * q}{e^2 (N-1) + Z_{\alpha/2}^2 * p * q} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- N (*tamaño de la población*) = 3267 hogares
- p (*proporción esperada de éxito*) = 0.5
- q (*proporción esperada de fracaso*) = 0.5
- Z (*Nivel de confianza*) = 1.96 \cong 95% de confiabilidad
- e (*Error de estimación*) = (Se ajusta a 100)

La Ecuación 1 permite establecer el nivel de confianza que se usa en la Ecuación 2 para obtener el error definiendo el número de encuestas a aplicarse

Cálculo:

A : representa el producto entre:

- *el nivel de confianza Z*
- *la variabilidad máxima esperada ($p * q$)*

$$A = Z^2 * p * q \quad \text{Ecuación 2}$$

$$A = 3,8416 \times 0.25 = 0,9604$$

$$e^2 = \frac{A(N-n)}{n(N-1)} = \quad \text{Ecuación 3}$$

$$e^2 = \frac{0,9604 \times (3267 - 100)}{100 \times (3267 - 1)} \approx 0,00931$$

$$e = \sqrt{0,00931} \approx 0,0965$$

$$n = 100 \text{ hogares}$$

Los resultados de los cálculos establecen un nivel de confianza del 95%, considerando una proporción de éxito esperada de 0,5 y un margen de error del 9,65%, contemplando una muestra de 100 hogares en un sector del cantón Vinces, provincia de Los Ríos.

2.2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para recolectar la información, se utilizarán métodos mixtos que combinan tanto fuentes primarias como secundarias. En cuanto al aspecto técnico, se llevará a cabo la observación directa de la infraestructura de telecomunicaciones en la zona urbana de Vinces, complementada con fotografía y georreferenciación a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se emplearán fichas de inspección y herramientas como QGIS para documentar la ubicación de postes, ductos y puntos de distribución. Desde el punto de vista económico, se realizará un análisis de documentos, recolectando datos de los planes de desarrollo del GAD Municipal de Vinces, informes de ARCOTEL, y precios de proveedores de equipos ópticos; se usarán matrices comparativas de costos y hojas de cálculo para organizar la información (IMV, 2025; Huawei, 2025; Huawei, 2025). Para esto se ha desarrollado un cuestionario que se encuentra detallado en el **Anexo 1**, donde se incluyen todas las preguntas formuladas, su estructura y criterios de aplicación.

2.2.3.1 Técnicas Cuantitativa

En el sector social, se llevará a cabo encuestas estructuradas enfocadas en hogares y negocios en la zona urbana de Vinces, con la meta de identificar hábitos de consumo digital, percepción sobre la calidad del servicio y disposición a pagar por conexiones de alta velocidad; el instrumento será un cuestionario en formato digital.

2.2.3.2 Técnicas Cualitativa

Con el propósito de complementar la información cuantitativa obtenida, se aplicarán entrevistas semiestructuradas con informantes claves como representantes de proveedores de servicios de internet locales y especialistas en redes PON, usando guías de entrevista diseñadas para profundizar en las necesidades de conectividad, políticas de expansión y la viabilidad de implementar XGSPON. La combinación de estos enfoques permitirá obtener datos válidos y relevantes para analizar la viabilidad técnica, económica y social de la propuesta. El guion de las entrevistas aplicadas a expertos se presenta en el **Anexo 2**.

2.2.4 Procesamiento de la evaluación: Validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados para el levantamiento de información.

Esta investigación únicamente empleará el método cuantitativo de encuesta estructurada para recolectar datos. A continuación, se describen los procedimientos utilizados para garantizar su validez y fiabilidad.

2.2.5. Validez del instrumento

Se llevará a cabo una validación de contenido para asegurar que cada pregunta del cuestionario esté alineada con los objetivos del estudio y evalúe correctamente las variables conexas a la viabilidad técnica, económica y operativa de la red XGSPON en el cantón Vinces.

El cuestionario será revisado por al menos tres profesionales en telecomunicaciones, tecnología e investigación, quienes analizarán:

- La claridad y comprensión de las preguntas.
- La pertinencia de los ítems respecto al problema de investigación.
- La ausencia de ambigüedades o sesgos.

2.2.6. Confiabilidad del instrumento

Para evaluar la fiabilidad estadística del cuestionario, se aplicará el coeficiente Alfa de Cronbach, el cual permite examinar la consistencia interna de los ítems, o sea, cuán coherentes son las preguntas entre sí al medir una misma dimensión.

Un $\alpha \geq 0.7$ se considerará adecuado para determinar que el instrumento es fiable y que los datos obtenidos son consistentes (Castañeda Rodríguez, López Domínguez, Collazo Frías, & Moirón Vallar, 2024). Este cálculo se llevará a cabo después de la implementación de un estudio piloto o una recolección inicial de datos.

Para la obtener la información primaria se aplicó una encuesta estructurada dirigida a los hogares seleccionados de la muestra, con el objetivo de recopilar datos relacionado a tres secciones: técnica, económica y social.

2.2.7. Necesidades y Solución Propuesta

Esta investigación se fundamentará en atender tres ejes fundamentales:

- **Aspecto técnico:** Se propone una red escalable, simétrica, con una amplia cobertura y compatibilidad con la infraestructura ya instalada
- **Aspecto económico:** Se pretende demostrar la viabilidad de inversión mediante el análisis de costos de capital CAPEX, gastos operativos OPEX, retorno de inversión (ROI) y sostenibilidad financiera a largo plazo.
- **Dimensionamiento Social:** Lograr la reducción de la brecha digital, también mejorar acceso equitativo a los servicios tecnológicos y fortalecer los procesos inclusivos educativos y productivos.

La implementación de una red XGSPON se plantea como la alternativa viable, ya que ofrece 10 Gbps simétricos, baja latencia y la posibilidad de coexistir con la infraestructura GPON existente. Estas características no solo corrigen las limitaciones actuales, sino que preparan al cantón para futuras expansiones urbanas y para la adopción de tecnologías de nueva generación (Bonk, 2021; Kim, 2024).

Dentro de la fase de relevancia se implementará la metodología PRISMA orientada para garantizar un análisis integral de factibilidad técnica, económica y social de la implementación de una red XGSPON en el cantón Vinces.

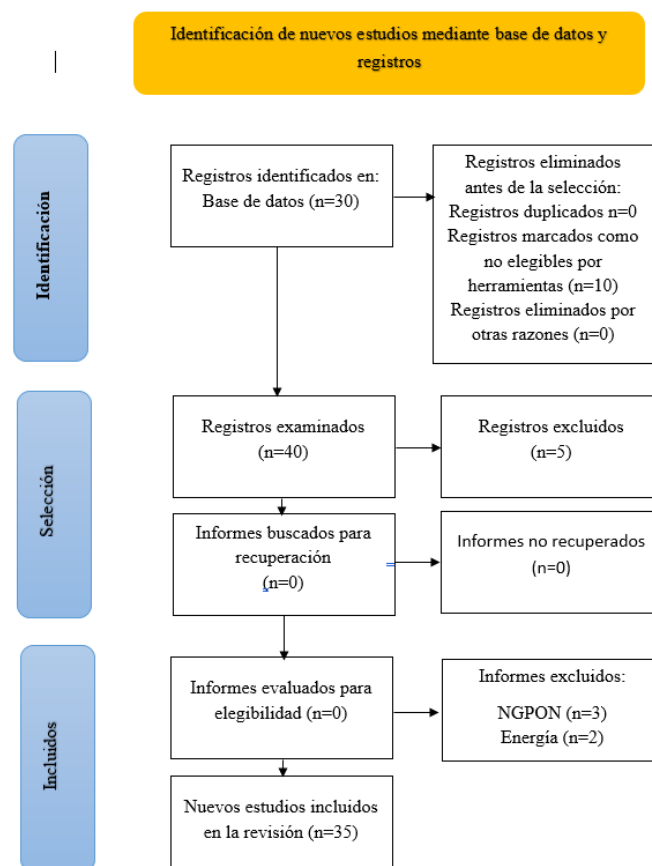


Figura 2. 1: Metodología PRISMA

Fuente: Elaboración propia

2.2.8 Metodología PRISMA - Fase de Identificación y Diagnóstico

En esta etapa se realizará la recolección de datos técnicos, normativos y socioeconómicos relevantes, siendo estas:

- **Fuentes secundarias:** documentos de ARCOTEL, MINTEL, información del INEC, estudios académicos y reportes internacionales relevantes.

- **Fuentes primarias:** observación en campo sobre la infraestructura presente en la zona urbana del cantón Vinces, evidencia fotográfica y georreferenciación de componentes de la red (postes, cajas de distribución, conductos).

2.2.9 Metodología PRISMA - Fase de Cribado y Selección de Información

Se llevará a cabo la organización y el filtrado de la información obtenida, para el análisis de viabilidad de XGSPON.

- Se eliminarán datos desactualizados, servicios que no mantienen tenían una conexión directa con la tecnología o el contexto urbano de Vinces.
- Se agruparán e identificaron indicadores clave sobre conectividad, costos, densidad poblacional y hábitos de consumo digital.

2.2.10. Metodología PRISMA - Fase de Evaluación de Viabilidad

Dentro de la fase de evaluación y viabilidad se realizará una examinación a la información seleccionada, bajo tres aspectos claves:

- **Técnica:** Se realizará el cálculo del presupuesto óptico, potencial de cobertura, adecuación con la infraestructura disponible, necesidades de equipo y requisitos de calidad.
- **Económica:** Se realizará el cálculo de la inversión inicial (CAPEX), gastos operativos (OPEX), previsión de ingresos, determinación de ROI, VAN y tiempo de retorno de la inversión.
- **Social y operativa:** Recolección de datos sobre la apreciación de los usuarios sobre la calidad del servicio vigente, disposición a pagar por servicios de alta velocidad y evaluación del impacto en áreas críticas (educación, comercio, instituciones públicas).

2.2.11. Metodología PRISMA - Fase de Inclusión y Síntesis

Dentro de la fase de inclusión y síntesis, los resultados obtenidos serán combinados en un modelo integral de viabilidad. Esta fase permitirá verificar la hipótesis de investigación, confirmar la consistencia entre los datos recolectados y elaborar recomendaciones técnicas, económicas y sociales para la implementación de XGSPON en el cantón Vinces.

2.3. Metodología Design Science Research - Fase de Diseño

El artefacto desarrollado corresponde a un modelo de red XGSPON diseñado específicamente para ajustarse a las condiciones urbanas y demográficas del cantón Vinces como se muestra en la Figura 2. 2: Zona Urbana Vinces En donde también se consideró el crecimiento población y se tomó en cuenta una proyección de la demanda del servicio a corto, mediano y largo plazo definiendo rutas ópticas, puntos de distribución y posibles áreas de expansión. Con el diseño realizado se ejecutó una simulación de cobertura y capacidad, que permite evaluar el desempeño técnico del diseño propuesto. Para garantizar que las pérdidas se mantengan dentro de los rangos permitidos por los estándares internacionales, se elaboró una estimación de costos, considerando los valores de inversión inicial y operación, asegurando que el modelo planteado resulte viable tanto desde el punto de vista técnico como económico, (Dias, y otros, 2022; Rayhan, Natali, & Apriono, 2024).

2.3.1. Fases Específicas del Diseño

Dentro de la fase de diseño, se emplearán los siguientes pasos:

1. **Recolección de información sobre la infraestructura actual:** Se realizará la recolección y obtención de datos de los postes de redes, conductos, fuentes en donde existiera fibra instalada, también se llevará a cabo una inspección de campo en donde se realizará la observación de los accesos de energía eléctrica, estos puntos se obtendrán mediante la observación física y con la ayuda de sistemas de información geográfica.
2. **Análisis de demanda y proyección de usuarios:** Se elaborarán proyecciones a cinco años, basadas en el aumento poblacional (INEC, 2022) y la penetración actual de servicios de conectividad.
3. **Diseño de la red XGSPON:** Dentro de proceso de diseño se empleará la configuración de OLT, de los divisores ópticos, ONT y la ODN, considerando una estructura de punto-multipunto y de tal manera que se garantice proporciones de división óptimas. (Abdellaoui, Dieudonne, & Aleya, 2021).
4. **Análisis económico:** Para la fase de análisis económico se analizará una comparación de inversiones iniciales y gastos operativos, así como también el cálculo del retorno sobre la inversión y estimación de costos por individuo,

incluyendo posibles escenarios de crecimiento en el futuro, de tal manera que garantice la vialidad del proyecto (Philpott, Fellenbaum, & McBride, 2023).

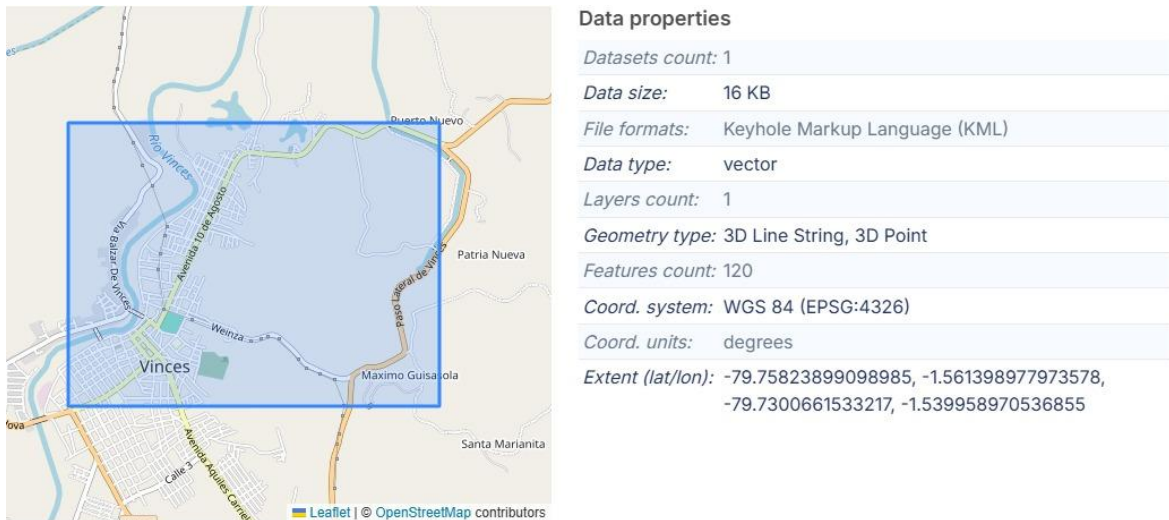


Figura 2. 2: Zona Urbana Vinces

Fuente: Elaboración propia

2.4. Metodología Design Science Research - Fase de Rigor

Para la presente investigación, se recomienda en futuras investigaciones implementar una fase de rigor, ya que con la misma se podrá tener validez científica del estudio, asegurando que las decisiones metodológicas y los resultados obtenidos se sustenten en fundamentos teóricos sólidos y en evidencia comprobada y así poder tener una el alto porcentaje de validez del proyecto. (Cancio Velloso & Soares Tizzoni, 2020)

2.4.1. Base de Conocimiento y Revisión Sistemática

Dentro de la propuesta se plantea efectuar una revisión sistemática de literatura enfocada en identificar los avances más recientes en tecnologías de acceso óptico y su aplicabilidad en entornos urbanos similares al cantón Vinces. El proceso de búsqueda incluirá artículos publicados entre los años 2019 y 2025, seleccionados en bases de datos académicas de alta indexación como IEEE Xplore, Scopus y ScienceDirect, la cual permitirá depurar y clasificar los estudios según su relevancia, contribución técnica y nivel de evidencia. Esta metodología posibilitara construir una base de conocimiento sólida que servirá de soporte para la definición de los parámetros técnicos del modelo, se tomara como referencia la norma ITU-T G.9807.1 (2023), que establece las especificaciones internacionales para

redes XGSPON, la cual fue utilizada como marco técnico principal para orientar el diseño, la simulación y la evaluación del sistema. Este enfoque metodológico asegura que el modelo desarrollado no solo cumpla con los requerimientos normativos, sino que también mantenga su viabilidad y coherencia frente a los avances tecnológicos contemporáneos (Nashiruddin, M; Solihah, N, 2020).

2.4.2. Evaluación del Artefacto y Validez

La validación del modelo propuesto se podrá desarrollar a partir de:

- Un análisis comparativo con tecnologías anteriores (GPON) en aspectos de capacidad, costo y capacidad de escalabilidad.
- Valoración de indicadores clave de rendimiento (KPI), que incluyen: ancho de banda disponible, cantidad de usuarios atendidos, latencia, rendimiento y costo por usuario.
- Opiniones de expertos en telecomunicaciones y conformidad con las regulaciones de ARCOTEL y MINTEL.

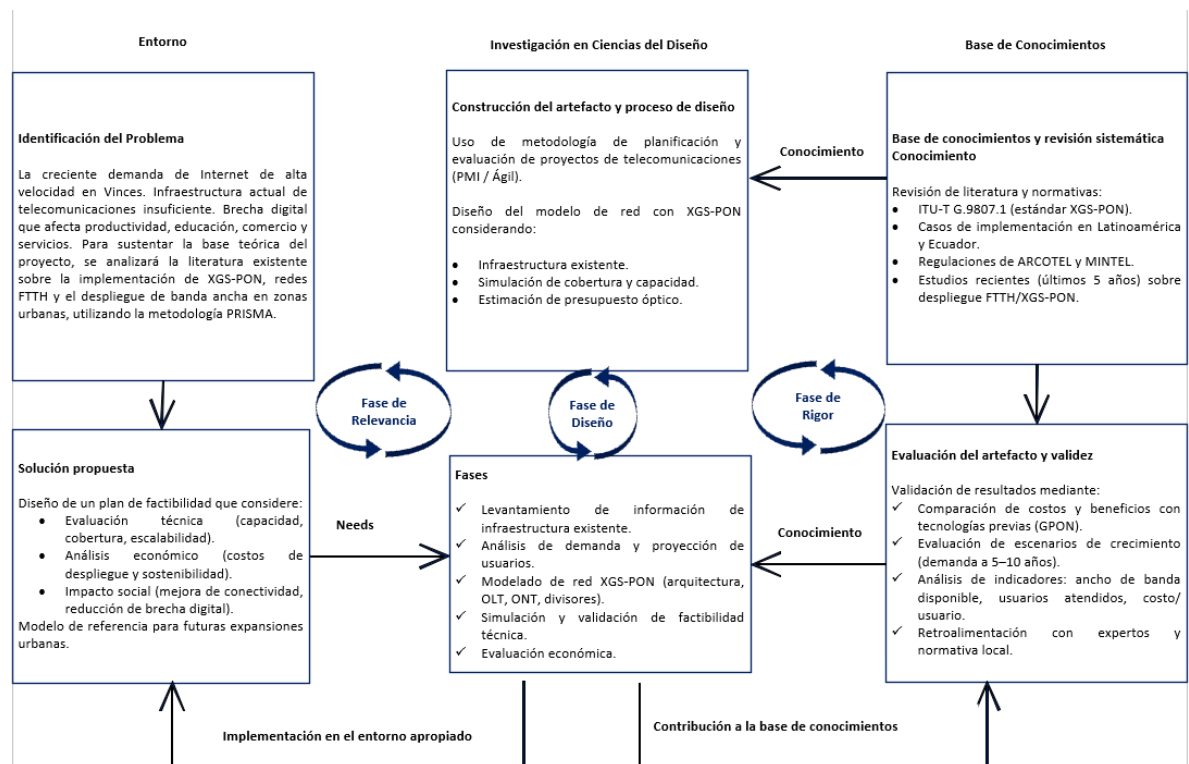


Figura 2. 3: Esquema DRS

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de la presente investigación, se muestra en este capítulo los resultados alcanzados durante el proceso investigativo, para el mismo se muestra un análisis y se sigue la metodología DSR incorporando la metodología PRISMA para que tenga mayor rigor la investigación

3.1. Resultados – Fase de relevancia

3.1.1. Resultado de la fase de identificación y diagnóstico

Dentro de la fase de relevancia se tomaron diversas consideraciones para poder obtener información confiable y en base a las necesidades de la zona de estudio.

Con el fin de validar la confiabilidad del instrumento de recolección de datos (Pérez-León, 2022), se aplicó el coeficiente Alfa de Cronbach a los 12 ítems de la escala utilizada para confirmar que las preguntas de la encuesta (ver **Anexo 1**) son estadísticamente confiables y permiten sustentar el análisis realizado considerando la Ecuación 4.

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right] \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

α = *Coeficiente de confiabilidad*

K = *Número de ítems del instrumento*

$\sum S_i^2$ = *Sumatoria de las varianzas de los ítems*

S_T^2 = *Varianza total del instrumento*

En la Tabla 3.1 se detalla los datos utilizados para calcular el Alfa de Cronbach, donde se encuestaron a 103 usuarios con 12 ítems de la encuesta. Definiendo a través de las respuestas obtenidas la varianza individual de cada ítem y varianza total del instrumento. La sumatoria de la varianza fue de 12,047 y la varianza total alcanzó 33,979. Los valores fueron estudiados en Ecuación 4 determinando la confiabilidad del instrumento.

Tabla 3.1 :Alfa de Cronbach

Alfa de Cronbach	ITEMS												SUM A
ENCUESTADOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SUM A
E1	2	3	3	4	1	2	1	2	2	3	1	4	28
E2	3	2	3	2	1	2	1	2	2	3	1	3	25
E3	2	2	5	5	3	1	2	1	1	2	1	5	30
E4	2	4	3	5	1	2	1	1	1	2	1	5	28
E5	2	4	4	4	3	1	1	1	2	2	1	4	29
E6	2	3	5	4	1	2	1	1	1	2	1	5	28
E7	2	2	3	2	1	5	2	2	1	2	3	4	29
E8	2	2	5	3	1	4	1	1	2	3	1	5	30
E9	2	1	3	4	1	2	1	1	1	2	1	5	24
E10	2	3	5	5	3	2	1	1	1	4	2	5	34
E11	2	4	3	4	1	5	1	2	2	3	3	2	32
E12	2	2	4	4	1	2	1	1	1	3	3	5	29
E13	4	5	2	4	1	3	1	2	4	2	3	4	35
E14	2	3	4	3	1	3	1	1	2	2	3	4	29
E15	2	2	3	1	1	2	1	1	1	3	1	4	22
E16	2	5	4	4	3	5	1	2	2	3	3	4	38
E17	2	1	3	4	1	1	1	1	3	2	1	3	23
E18	2	3	2	4	3	3	1	2	2	3	3	3	31
E19	2	3	3	2	1	5	1	2	2	2	3	4	30
E20	2	5	4	4	1	2	2	1	1	3	1	5	31
E21	2	2	5	5	3	5	2	2	1	3	3	3	36
E22	2	2	3	4	3	5	2	1	4	3	3	5	37
E23	2	3	3	4	1	1	1	1	1	2	1	5	25
E24	2	4	5	4	3	5	1	1	1	2	3	3	34
E25	2	3	3	2	1	5	2	1	2	2	1	4	28
E26	2	4	4	4	1	4	1	2	1	2	1	5	31
E27	2	4	4	4	3	5	2	1	1	3	3	5	37
E28	2	2	4	4	1	1	1	1	1	2	1	5	25
E29	2	4	5	5	1	1	1	2	1	2	1	5	30
E30	2	3	3	3	2	4	2	2	2	1	2	3	29
E31	2	2	3	4	3	3	1	2	1	3	3	4	31
E32	2	2	3	3	1	4	1	1	1	2	1	5	26
E33	2	2	4	4	1	3	1	1	1	3	2	1	25
E34	2	4	2	4	3	3	2	2	2	2	3	5	34
E35	3	1	3	2	1	4	1	1	1	3	1	5	26

E36	3	5	3	4	1	3	1	1	1	2	3	5	32
E37	2	4	5	5	3	3	1	1	1	3	3	5	36
E38	2	4	5	4	1	1	1	1	1	2	1	3	26
E39	2	4	4	4	3	5	1	2	2	3	3	4	37
E40	2	4	5	4	2	5	2	2	4	2	3	4	39
E41	2	4	4	4	1	1	2	1	1	2	1	4	27
E42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
E43	2	4	4	4	3	2	2	1	4	2	1	3	32
E44	2	4	4	4	1	2	1	2	1	2	1	5	29
E45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
E46	2	3	4	4	3	5	2	1	1	3	3	5	36
E47	2	4	5	4	2	5	2	1	1	3	3	4	36
E48	5	2	3	3	3	1	1	2	1	2	1	5	29
E49	2	3	3	4	1	5	1	1	1	3	3	5	32
E50	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2	1	5	23
E51	2	2	3	2	1	2	1	1	1	2	1	4	22
E52	2	5	4	4	3	5	1	1	2	3	3	5	38
E53	2	3	4	4	3	2	1	2	1	2	1	2	27
E54	2	4	4	1	1	2	1	1	1	3	1	5	26
E55	3	1	4	5	3	5	2	2	4	3	3	3	38
E56	2	2	3	3	1	2	1	2	2	2	1	5	26
E57	2	2	3	4	3	2	1	2	2	3	3	3	30
E58	2	2	4	2	1	1	1	1	1	2	1	5	23
E59	2	3	3	4	3	5	2	2	2	2	3	5	36
E60	2	4	5	3	1	2	1	1	1	3	1	5	29
E61	2	3	4	4	1	1	1	1	1	2	1	2	23
E62	2	5	5	4	3	2	2	1	4	3	3	5	39
E63	4	5	4	5	3	5	2	1	1	2	3	5	40
E64	2	2	4	4	1	2	1	1	1	3	1	5	27
E65	2	3	5	5	2	1	2	2	2	3	1	4	32
E66	3	2	4	4	3	5	2	2	2	2	3	5	37
E67	2	2	4	4	1	1	1	1	1	3	1	1	22
E68	2	3	4	1	3	5	2	1	2	3	2	5	33
E69	3	2	3	2	3	2	1	2	2	3	3	3	29
E70	2	2	5	5	1	1	1	1	1	2	1	5	27
E71	2	5	4	4	3	5	1	2	1	2	3	5	37
E72	2	2	4	4	2	1	2	2	2	2	2	4	29
E73	3	5	5	5	3	2	2	2	2	2	3	1	35
E74	2	4	5	1	1	4	1	2	1	3	1	2	27
E75	2	4	4	4	3	5	1	1	1	3	3	4	35
E76	2	4	3	4	1	2	1	1	1	2	3	4	28
E77	2	3	4	4	3	5	2	3	1	2	3	5	37
E78	2	1	4	4	1	1	1	1	1	2	1	2	21
E79	3	2	5	4	1	5	1	1	3	2	3	5	35
E80	2	3	4	5	1	5	2	1	1	3	3	4	34

E81	2	1	5	5	2	3	1	4	2	2	3	5	35
E82	2	2	3	4	1	5	2	1	1	3	3	3	30
E83	2	1	3	4	1	2	1	1	1	3	3	2	24
E84	2	1	2	1	3	5	2	3	4	2	3	2	30
E85	2	1	1	1	3	2	1	1	4	3	3	1	23
E86	3	2	3	3	3	2	1	2	2	2	3	3	29
E87	3	2	3	1	3	5	2	2	2	3	3	3	32
E88	2	2	3	3	1	4	1	2	1	2	1	5	27
E89	2	2	5	4	2	5	2	1	2	2	3	5	35
E90	2	2	2	2	1	3	1	2	1	2	3	1	22
E91	2	2	4	3	1	3	1	2	1	2	1	5	27
E92	2	2	4	4	1	1	1	2	3	2	1	5	28
E93	2	2	3	3	1	1	1	1	1	3	1	2	21
E94	2	2	3	4	3	3	1	2	1	3	3	4	31
E95	3	3	4	4	3	5	2	1	1	3	3	5	37
E96	2	4	1	1	1	4	1	1	1	2	1	1	20
E97	2	2	5	4	3	5	2	1	2	3	3	5	37
E98	2	5	4	4	3	3	1	2	1	3	3	5	36
E99	3	4	1	3	1	3	1	1	1	3	1	2	24
E100	2	4	5	5	3	5	2	2	1	3	1	5	38
E101	3	3	4	4	3	4	2	1	1	2	1	4	32
E102	2	5	3	4	3	5	1	1	2	3	3	4	36
E103	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	14
VARIANZA	0,	1,47	1,14	1,35	0,92	2,48	0,22	0,34	0,77	0,34	0,95	1,74	
	2	2	4	0	3	7	0	8	7	5	0	3	
	8												
	9												
SUMATORIA DE	12,047												
VARIANZAS													
VARIANZA DE LA	33,979												
SUMA DE LOS													
ÍTEMS													

Fuente: Elaboración propia

Los resultados finales del Alfa de Cronbach reflejados en la Tabla 3.2 resume los cálculos finales, donde el coeficiente de confiabilidad del cuestionario es de 0,736372193, teniendo 12 números de ítems del instrumento. Con base en los criterios de evaluación del instrumento refleja un valor superior a 0,70 considerando aceptable con una confiabilidad buena y consistente para medir las variables diseñadas.

Tabla 3.2: Resultados de Alfa de Cronbach

Coefficiente de confiabilidad del cuestionario	0,736372193
Número de ítems del instrumento	12
Sumatoria de las varianzas de los ítems.	12,047
Varianza total del instrumento.	33,979

Fuente: Elaboración propia

Un resumen de los resultados de la encuesta se tabula en la Tabla 3.3, donde se observan cuatro indicadores evaluados. La velocidad promedio de conexión a internet en los encuestados de la localidad de Vinces se encuentra entre 15-20 Mbps, mostrando una conexión básica para la navegación a Internet. Estas velocidades afectan a las actividades diarias con un 74.8% limitando a los usuarios. Como tecnología predominante en el cantón Vinces es la fibra óptica, indicando un avance en la infraestructura de telecomunicaciones. Tan solo el 7.8% de las viviendas cuenta con una capacidad de 1 Gbps, determinando que existe un bajo acceso a ancho de banda con grandes velocidades.

Tabla 3. 3: Resultados obtenidos

Indicador evaluado	Resultado obtenido
Velocidad promedio	15–20 Mbps
Afectación de actividades	74.8 %
Tecnología predominante	Fibra Óptica
Hogares con capacidad 1Gbps	7.8%

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.1. Estado Actual de la red

En las encuestas aplicadas a una muestra representativa de 103 hogares de la zona urbana de Vinces, equivalente a los 3.267 hogares proyectados como mercado objetivo, se obtuvo la siguiente información:

- El 67,9% de los usuarios manifestaron insatisfacción con la velocidad actual de Internet, cuyo promedio en planes residenciales es inferior a 100 Mbps.
- El 74,8% de los hogares encuestados reportaron que las limitaciones de capacidad han afectado negativamente sus actividades de educación, trabajo o emprendimiento, evidenciando el impacto social y productivo de la deficiente conectividad.

- La fibra óptica constituye la tecnología predominante en la zona urbana, dado que el 89,3% de los encuestados dispone de este servicio. Sin embargo, apenas el 7,8% de usuarios accede a planes residenciales con velocidades de 1 Gbps, lo que demuestra la necesidad de mejorar la oferta de capacidad.

Las entrevistas realizadas con los especialistas en redes PON proporcionó pruebas cualitativas adicionales que respaldan estos hallazgos. Los profesionales mencionaron que en Vinces se han encontrado problemas con la saturación de puertos GPON, restricciones en la capacidad de carga en áreas de alta demanda y dificultades para expandir la red sin perjudicar a los usuarios actuales.

Estas observaciones se alinean perfectamente con las percepciones recogidas en la encuesta y demuestran que la infraestructura actual es insuficiente para manejar el aumento constante del tráfico ni las necesidades tecnológicas emergentes del cantón. La recopilación de estos datos fue esencial no solo para confirmar la necesidad de mejorar la conectividad en Vinces, sino también para guiar de manera precisa la fase de diseño. Los resultados impactaron directamente en:

- la elección del tipo de OLT que soporte nativamente XGSPON,
- la estimación del número óptimo de usuarios por puerto,
- la determinación de la relación máxima de división por sector,
- la capacidad mínima necesaria por usuario según la demanda existente,
- y la definición de áreas priorizadas para la migración gradual.

En conjunto, esta evidencia empírica permitió asegurar que el diseño de la red XGSPON se ajuste de manera adecuada a la realidad técnica y a las necesidades de los residentes de Vinces, reforzando la coherencia entre las fases metodológicas del estudio y garantizando la validez de la solución propuesta.

3.1.1.2. Cobertura actual contra Demanda

Vinces es un cantón mediano de la provincia de Los Ríos con alta demanda de consumo del servicio de Internet. Para obtención de los resultados se aplicó una encuesta donde se proporcionó como resultado que un 89,3 % de las viviendas utilizan fibra, lo que indica que existe la infraestructura de red FTTH desarrollada en la zona para la implementación de la tecnología XGSPON. Adicionalmente los expertos entrevistados señalan que la actualización de GPON a XGSPON podría realizarse reemplazando solo los componentes activos, como OLT y ONT, sin necesidad de modificar la estructura de la red existente.

Esto muestra que la infraestructura actual es adecuada para la instalación de XGSPON, validando así la factibilidad técnica de la propuesta como se muestra en la Tabla 3.4. Los datos muestran que solo un pequeño porcentaje, el 7,8 %, tiene contratados planes de 1 Gbps, mientras que la mayoría cuenta con velocidades de entre 20 y 50 Mbps, o hasta 300 Mbps como se muestra en el análisis de resultados de la encuesta presentados en el **Anexo 3**.

Tabla 3.4: Inventario técnico de la infraestructura existente en Vinces

Elemento	Cantidad estimada	Tipo / modelo predominante	Estado físico	Observaciones relevantes
Postes de soporte	600	Hormigón 9 m / 12 m	85% en buen estado	Reutilizables para red aérea XGSPON
Cajas NAP	96	1:16	Buen estado (70%)	Algunas saturadas en zona central
Mangas de distribución	15	1:8	Buen estado	Se ubican en puntos estratégicos
Metros de fibra instalada	23.000 m	ADSS 12F / 24F	Operativa	Necesaria ampliación para barrios periféricos
ODF	1	144 hilos	Bueno	Espacio para expansión limitada
OLT instaladas	1	Huawei MA5800-GPON	Operativa	Requiere módulos XGSPON para expansión
Splitters ópticos	14	1:8	En uso	Distribución primaria 1:8
ONT activas	987	Huawei	80% activas	Soporta red GPON
Enlaces troncales	3	Fibra 24h	Bueno	Capacidad limitada a 2,5 Gbps (GPON)
Total, hogares cubiertos	1,536	N/A	N/A	Equivale a 47% del total urbano

Fuente: Elaboración propia



Figura 3. 1: Infraestructura de postes en Vinces

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.3. Brecha digital en Vinces

Debido a la alta demanda del consumo de servicio de internet en la localidad de Vinces se realizaron encuestas y entrevistas donde se obtuvieron los siguientes resultados. Los especialistas aseguran que XGSPON, al ofrecer 10 Gbps simétricos, permitiría ofrecer planes de alta velocidad sin saturar la red. Esto abre una gran oportunidad para satisfacer la creciente demanda de conexiones rápidas, sobre todo para la educación, la salud, el teletrabajo y el entretenimiento en alta calidad mencionada en la pregunta N^o7 del **Anexo 3**. Según el 41,7 % de los participantes, utilizan internet principalmente para estudiar en línea, y un 24,3 % para trabajar a distancia, además, el 74,8 % opina que la falta de un buen servicio de internet afecta negativamente a su formación, empleo o negocios (**Anexo 3**). Los expertos coinciden en que aumentar el ancho de banda tiene un efecto positivo en la productividad, la educación y el comercio local. Por lo tanto, instalar XGSPON no solo es viable técnicamente, sino que también tiene un impacto social importante.

3.1.1.3.1. Actor Institucional Local: GAD Municipio de Vinces

Se estudio la documentación oficial, la cual revela que la entidad tiene en sus propósitos la ‘tecnología innovadora’ y para su visión institucional de 2027 la creación de un modelo de gestión que conecte los distintos niveles gubernamentales a través de innovación tecnológica y compromiso social (GAD Municipal del Cantón Vinces, 2024).

Igualmente, el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) 2021-2027 reafirma la capacidad del gobierno local para organizar el crecimiento del cantón y regular el uso del suelo tanto urbano como rural. Este documento es un marco de referencia para la ejecución de infraestructura tecnológica, al impulsar la modernización y digitalización de los servicios tanto públicos como privados en el área (GAD Municipal del Cantón Vinces, 2021).

En este contexto, la iniciativa de establecer una red XGSPON en el cantón Vinces se ajusta a los objetivos del gobierno local: la modernización tecnológica, el perfeccionamiento de los servicios y el desarrollo territorial ordenado. Esto refuerza la viabilidad institucional del proyecto y su acomodo en las políticas públicas locales. La misión del GAD resalta de manera explícita la ‘tecnología innovadora’ como un componente clave del desarrollo, indicando así la consistencia de la iniciativa con las estrategias del municipio.

3.1.1.4. Inventario técnico de la infraestructura existente en Vinces

Para complementar el estudio de viabilidad para la creación de una red XGSPON en la zona urbana del cantón Vinces, se llevaron a cabo entrevistas con expertos en redes PON. El objetivo de estas entrevistas fue recoger información cualitativa y compartir experiencias prácticas que validaran los datos obtenidos durante la revisión de la infraestructura existente y el análisis de documentos. Los expertos ofrecieron su conocimiento sobre el diseño, funcionamiento, mantenimiento y retos vinculados a las redes de fibra óptica, brindando un enfoque técnico detallado que permite identificar oportunidades, limitaciones y buenas prácticas para la futura implementación de la tecnología XGSPON en el cantón.

3.2. Resultados – Fase de diseño

3.2.1. Análisis de las características técnicas y requisitos de infraestructura para XGSPON

Para realizar un diseño adecuado con la migración de GPON a XGSPON los especialistas indicaron que lo primordial es revisar y mantener documentada la red actual donde se pueda corroborar la calidad de los materiales de planta externa, considerando que los procesos de instalación correctos, teniendo así un presupuesto óptico adecuado. Adicional también se recomendó usar elementos activos interoperables, es decir que soporten ambas tecnologías PON para gestionar una migración paulatina de la red. El especialista # 2

indico en la entrevista que se detalla en el **Anexo 4** que los elementos primordiales para gestionar una migración exitosa son adquirir OLT y ONT de calidad usando como referencia las marcas Huawei y ZTE que actualmente en el mercado cuentan con equipos que soportan estas tecnologías.

3.2.1.1. Elementos Activos

Se consideran componentes activos a aquellos que mantienen una conexión eléctrica; en este caso, esto incluye la OLT y la ONT, las cuales están ubicadas solo en los extremos de la red, es decir, en el cuarto de datos y en el usuario final.

3.2.1.1.1. OLT

Este componente juega un papel central debido a las funciones que realiza en la red, se analizó con detenimiento para identificar el modelo apropiado, de acuerdo con los parámetros establecidos en la (ITU-T, 2023), y los siguientes requisitos:

- OLT con un diseño modular que soporte diversas tecnologías, permitiendo que, mediante un simple intercambio de tarjetas de línea, el dispositivo funcione con diferentes estándares PON, tales como GPON, XGPON o XGSPON, sin tener que sustituir toda la OLT, y que cuente con ventilación adecuada y sistemas de alimentación redundantes.
- Los niveles de potencia de transmisión y sensibilidad de recepción deben ser acordes a la clase B+, C+, C++ y/o clase N1.
- Un número adecuado de puertos que se ajuste a la demanda existente y la proyección de expansión de la red, XGSPON brinda velocidades simétricas de hasta 10 Gbps por puerto OLT y puede dividir 1:128 usuarios por puerto.
- Debe incluir interfaces para gestión y control, además de las interfaces de uplink.

Con estas especificaciones, se identificaron cinco equipos en el mercado que se comparan en la Tabla 3.5. Se opta por el módulo OLT Huawei MA5800 X7 / X15, ya que este modelo permite una operación completa entre los sistemas GPON y XGSPON, con una capacidad de escalabilidad proyectada. Esto facilita la migración gradual para cada usuario de acuerdo con un cronograma escalonado. Además, la mayoría de los proveedores de servicios de Internet utiliza tecnología Huawei.

Tabla 3.5: Características de diferentes proveedores de OLT.

Características					
Marca	Lumia	Lumia	ZTE	Huawei	Huawei
Modelo	OLT Iskratel	OLT SI3000	OLT ZTE	OLT Huawei	OLT
	Lumia C16	Lumia XG8	ZXA10 C620	MA5800 X7 /	H901CSHF
	Combo PON	XGSPON		X15	board is a 16-
	OLT	OLT			port XGSPON
Tasa de transmisión	Downstream: 9.953 Gbps	Downstream: 9.953 Gbps	Downstream: 9.953 Gbps	Downstream: 9.953 Gbps	Downstream: 9.953 Gbps
	Upstream: 9.953 Gbps	Upstream: 9.953 Gbps	Upstream: 9.953 Gbps	Upstream: 9.953 Gbps	Upstream: 9.953 Gbps
Longitud de onda	Downstream: 1577 nm	Downstream: 1577 nm	Downstream: 1577 nm	Downstream: 1577 nm	Downstream: 1577 nm
	Upstream: 1269 nm	Upstream: 1270 nm	Upstream: 1270 nm	Upstream: 1270 nm	Upstream: 1270 nm
Velocidad de Blackplane	150 Gbps	120 Gbps	1.8 Tbit/s	3.6 Tbit/s	200 Gbit/s
Clase	B+ ó C+	B+ ó C+	B+ ó C+	B+ ó C+	B+ ó C+
	GPON/N1- N2 XGSPON	GPON/N1- N2 XGSPON	GPON/N1- N2 XGSPON	GPON/N1- N2 XGSPON	GPON/N1- N2 XGSPON
Total, de abonados	4,096	2,048	4,096	16,352	16,352
Relación de división	GPON 1:512	GPON 1:256	GPON: 1:128	GPON: 1:128 XGSPON: 1:256	GPON: 1:128 XGSPON: 1:257
N. puertos GPON/XGSPON por tarjeta	16× Combo PON interface (GPON		16× Combo PON interface (GPON	GPON Ports/ XGSPON	16× Combo PON interface (GPON
	2.5/1.25 Gbps and XGSPON 10/10 Gbps	8× XGSPON (10/10) Gbps	2.5/1.25 Gbps and XGSPON 10/10	Ports (272)	2.5/1.25 Gbps and XGSPON 10/10
Precio en dólares	\$9000 - \$15000	\$6000 - \$12000	\$3000 - \$8000	\$2500 - \$6000	\$18000

Imágenes



Fuente:	(Kroton, 2025)	(Kroton, 2025)	(ZTE, 2025)	(Huawei, 2025)	(Huawei, 2025)
----------------	----------------	----------------	-------------	----------------	----------------

Fuente: (Kroton, 2025; ZTE, 2025; Huawei, 2025)


3.2.1.1.2. ONT

Es el equipo receptor de la señal del cliente (Abdellaoui, Dieudonne, & Aleya, 2021). Para determinar la mejor opción, se comparan las principales características de 7 equipos en la Tabla 3.6, descritas a continuación:

- Compatibilidad con Clase B+, C+ y C++ de GPON, así como Clase N1/N2 y E1 de XGSPON.
- Compatibilidad con puertos PON y Ethernet.
- Capacidad para ofrecer servicios de voz, video y datos.
- Relación costo-beneficio.

Tabla 3.6: Características de diferentes modelos de ONT

Características							
Marca	Lumia-Imbox	Huawei	Huawei	Huawei	Huawei	ZTE	ZTE
Modelo	XGS-PON FTTH Home Gateways	ONU EchoLife HN8250Ts	ONU Huawei OptiXstar P812E	ONU Huawei OptiXstar P813E	ONU Huawei EN8010 Ts-20	ZXHN F2801S - XGSPON	ZXHN F2866S - XGSPON
Tasas de transmisión	Descarga: 9.953 Gbps Carga: 9.953 Gbps	Descarga: 9.953 Gbps Carga: 9.953 Gbps	Descarga: 9.953 Gbps Carga: 9.953 Gbps	Descarga: 9.953 Gbps Carga: 9.953 Gbps	Descarga: 9.953 Gbps Carga: 9.953 Gbps	Descarga: 9.953 Gbps Carga: 9.953 Gbps	Descarga: 9.953 Gbps Carga: 9.953 Gbps



Longitud de onda	Descarga: 1577 nm	Descarga: 1577 nm	Descarga: 1577 nm	Descarga: 1577 nm	Descarga: 1577 nm	Descarga: 1577 nm	Descarga: 1577 nm
	Carga: 1270 nm	Carga: 1270 nm	Carga: 1270 nm	Carga: 1270 nm	Carga: 1270 nm	Carga: 1270 nm	Carga: 1270 nm
Puertos	1 Puerto multi-gigabit Ethernet (RJ-45), 10GBase-T (10 Gbps), 5GBase-T (5 Gbps), 2.5GBase-T (2.5 Gbps)	4 puertos Ethernet (RJ-45)	4 puertos Ethernet (RJ-45)	6 puertos Ethernet (RJ-45)	puente	1 puerto 10 GE LAN	4 puertos RJ45
Ethernet	1 puerto Gigabit Ethernet 10/100/1000Base-TX (RJ-45)	2 puertos Rj-11	1 puerto PoE to Access Point	2 puertos PoE to Access Point	N/A	N/A	2 puertos Rj-11
Clase	N1/N2/E1	N1/N2	N1/N2	N1/N2	N/A	N/A	N/A
Precio	150	312.5	447.00	756.5	100	90	95
Imágenes							
Fuente	(Kroton, 2025)	(Huawei, 2025)	(Huawei, 2025)	(Huawei, 2025)	(Huawei, 2025)	(ZTE, 2025)	(Astra Communication Services, 2023)

Fuente: (Kroton, 2025; Huawei, 2025; ZTE, 2025)

3.2.1.1.3. Transceptor

El transceptor de fibra óptica es un dispositivo importante, que puede realizar la conversión de señal fotoeléctrica, con las funciones de recepción y transmisión (FiberMall, 2024). La elección de un SFP es importante para dar soporte a la cantidad de clientes configurados en el puerto, así como permitir la distribución del ancho de banda para cada usuario. Las características se pueden ver en la Tabla 3.7

Tabla 3.7: Transceptores.

CARACTERÍSTICAS			
Marca		Fibermall - ONU	Fibermall - OLT
		XGSPON-ONU-C	XGSPON-OLT-SN1
Relación 1:8	División de	1270nm TX/1570nm RX	TX 1577nm / RX 1270nm
	Potencia		
	Protocolos	UIT-T G.9807, SFP + MSA	UIT-T G.987.2, G.9807.1
	Conectorización	Simétrico	Simétrico
Precio		\$45	\$184
Imágenes			
Fuente		(FiberMall, 2024)	(FiberMall, 2024)

Fuente: (FiberMall, 2024)

3.2.2.1 Elementos Pasivos

Componentes que no requieren de energía para operar.

3.2.2.1.1 Fibra Óptica

Se analiza la normativa ITU-T G.65X para su uso en cada etapa del sistema. La fibra UIT-T G.652 fue diseñada para funcionar óptimamente en la región de longitud de onda de 1310 nm, pero puede asimismo utilizarse en la región de 1550 nm (Sani Domínguez, 2022). Mientras la fibra se describen las características geométricas, mecánicas y de transmisión de una fibra óptica monomodo cuyo coeficiente de dispersión cromática es, en valor absoluto, mayor que cero en la gama de longitudes de onda de 1530 nm a 1565 nm. Esta dispersión reduce la aparición de efectos no lineales, que son especialmente perjudiciales para los sistemas que utilizan multiplexión por división en longitud de onda densa.

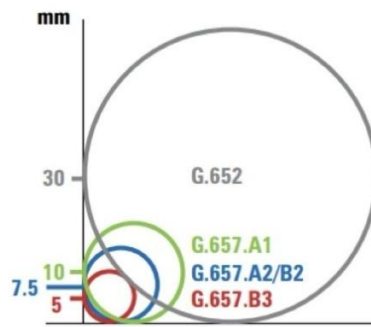


Figura 3. 2: Comparativa entre G.652 vs G.655

Fuente: (Tuolima, 2022)

3.2.2.2.2 Red de distribución

En esta etapa se utiliza la fibra basada en la UIT-T G.652 y la UIT-T G.655. En la Tabla 3.8. presenta una comparativa (ITU, 2024).

Tabla 3.8: Parámetros fibra G.655 D y G.652 A.

Características	G.655	G.652
Coefficiente de dispersión	8	17
Longitud	20	20
Ancho espectral de la fuente	0.2	0.2
Dispersión cromática	32 (ps)	0.068 (ns)
Ancho de banda	15.625×10^9	7.352×10^9

Fuente: (Sani Domínguez, 2022)

La elección recae en la fibra G.652.D, ya que tiene mejores características de dispersión.

3.2.2.2.3 Red de Dispersión

Las especificaciones para este tipo se encuentran en la recomendación UIT-T G.657.A. La fibra G.657.A posee las características indispensables para su despliegue en espacios minúsculos y para soportar cuantiosas manipulaciones. Además, se destaca por su flexibilidad como medio de transmisión, lo que facilita su instalación tanto en ambientes interiores como exteriores. Estas características se detallan en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9: Comparativo de fibras para red de dispersión.

Estándar	Marca	Numero de hilos
G.652D	Corning Plus	48 hilos
	Furukawa Fibra	

	SIEMON FO Ducto	
	Corning Plus	24 hilos
	Furukawa Fibra	
	Corning Plus	12 hilos
	Furukawa Fibra	
	Corning Plus	6 hilos
	Furukawa Fibra	
	SIEMON FO Ducto	
G.657 A	Corning Plus	2 hilos
	Furukawa Fibra	

Fuente: (Andino, y otros, 2025)

3.2.2.2.4 Splitters

Al seleccionar estos dispositivos, es fundamental considerar diversos aspectos clave, que incluyen (Shen & Huang, 2022):

- Garantizar que cumplan con la normativa de Clase N1.
- Escoger splitters que aseguren una distribución eficiente en las áreas designadas.
- Dar preferencia a aquellos que eviten pérdidas adicionales por conectores, limitando dichas pérdidas únicamente a las fusiones.
- Optar por splitters simétricos con el fin de mantener la estabilidad en las pérdidas generadas.



Las comparativa de marcas se detalla en la Tabla 3.10, sin embargo, se prefiere por la primera opción debido a su precio más económico y su mayor disponibilidad.

Tabla 3.10: Comparativo de splitters.

CARÁCTERÍSTICAS			
	Marca	Corning Plus	Furukawa
Relación 1:4	Descripción	1x4 PLC, operation wavelength 1260-1650nm)	35500119 splitter óptico PLC 2X4 G.657A NC/NC 2M/2M
	División de potencia	Simétrico	Simétrico
	Marca	Corning Plus	Furukawa
Relación 1:8	Descripción	1x4 PLC, operation wavelength 1260-1650nm)	35500119 splitter óptico PLC 2X4G.657A NC/NC 2M/2M
	División de potencia	Simétrico	Simétrico

Fuente: (Shen & Huang, 2022)

El tipo de contenido que presenta el mapa urbano con superposición de datos geoespaciales son:

- **Etiquetas/lineamientos:**
 - Las etiquetas definen la estructura de construcción de la red tipo “MT01-MD04-HD...”, donde:
 - MT0x: Manga troncal
 - MD0x: Manga de distribución.
 - HD0x: Hilo de alimentación
 - N0x: Red de dispersión
 - Una ruta principal marcada en color naranja y líneas complementarias en color amarillo que parecen representar calles o itinerarios.
- **Símbolos:**
 -  : Los triángulos definen las cajas NAP, mangas lo largo de la ruta principal. Podrían indicar dirección, flujo de tráfico, o puntos de control.
 -  : Las líneas rectas que conectan nodos representan el recorrido de la fibra troncal y de distribución.

3.2.3 Diseño de red planta interna

Se plantea el diseño de la planta interna ver Figura 3. 4: Diseño elementos activos Figura 3. 4, con las siguientes descripciones:

- **Capa de Internet y Carrier:** Router Principal Proveedor → Firewall.
- **Núcleo de agregación/peering:** Router ISP → Switch ISP → OLT (Optical Line Terminal) y ODF (Oficina de Distribución de Fibra).
- **Red de acceso basada en XGSPON:**
 - **OLT** que conecta a múltiples ONTs mediante splitters para distribuir la fibra óptica hacia la zona urbana, realizando su conexión al ODN para proporcionar la potencia a nivel óptico.
 - **Distribución Troncal y Ramal:** manga troncal que alimenta a varios ramales de la ciudad.
 - **ONTs:** instaladas en la casa del cliente sean estas edificaciones, casas y domótica conectadas a la red de acceso.

- **Armario de Energía:**
 - **Inversor:** Convierte la corriente continua en corriente alterna.
 - **Batería:** Respaldo energético en caso de falta de energía eléctrica.
 - **UPS:** Respalda y estabiliza la energía para proteger los equipos por falta de electricidad.
 - **Refrigeración:** Mantener la temperatura y humedad constante y óptimas para los equipos activos.
- **Servicios finales:**
 - Edificio corporativo o residencial con ONT EN8101 u otro modelo.
 - Casos de uso: Internet de alta capacidad, domótica, y servicios de nube para hogares, e-learning.

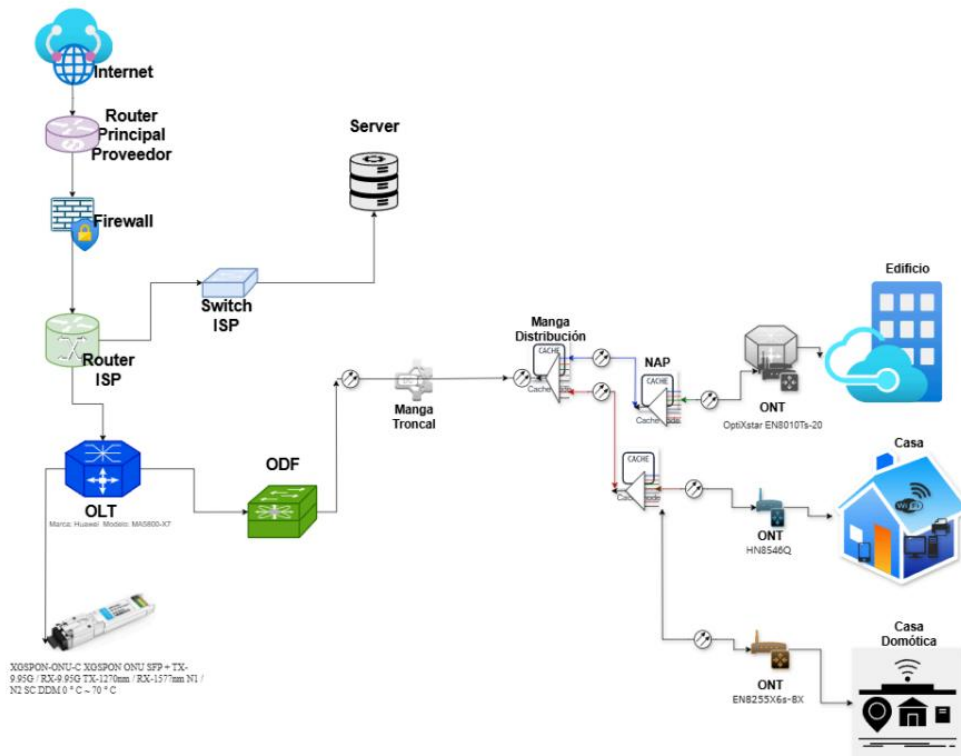


Figura 3. 4: Diseño elementos activos

Fuente: Elaboración propia

3.3. Propuesta - Fase de rigor

3.3.1. Propuesta preliminar, modelo de implementación de red XGSPON

En la Tabla 3.11, se muestra cada uno de los indicadores propuestos para el modelo con su respectiva etapa de implementación.

Tabla 3.11: Definición de Indicadores para el diseño XGSPON

Indicador	Descripción	Qué representa
CAPEX (Capital Expenditure)	Gasto de inversión inicial.	Todo lo que se invierte en la construcción e implementación de la red (equipos, fibra, mano de obra, materiales).
OPEX (Operational Expenditure)	Gastos operativos anuales.	Costos de mantenimiento, energía, soporte técnico, licencias y alquiler de infraestructura.
ROI (Return on Investment)	Retorno sobre la inversión.	Mide el beneficio obtenido respecto al dinero invertido.
VAN (Valor Actual Neto)	Indicador financiero de rentabilidad.	Determinar si el proyecto es rentable al traer a valor presente los flujos futuros de caja.
Costo por usuario	Inversión promedio por abonado.	Costo por conectar a un usuario final.
Comparación con GPON	Evaluación costo-beneficio entre tecnologías.	Analizar porcentaje mejora la red XGSPON frente a GPON en capacidad y costo relativo.

Fuente: Elaboración propia

Para determinar los costos se realizaron los cálculos, que se muestra en la Tabla 3.12:

Tabla 3.12: Costos Calculados CAPEX

Equipos	Cantidad	Precio	Total
Planta externa			
CTO	96	14,64	1405,44
Manga tipo domo	15	28	420
Fibra ADSS 24 hilos	8000	1,91	15280
Fibra ASU 12 hilos	15000	0,25	3750
Splitters ópticos 1:8	20	6	120
Ganchos de dispersión	680	0,22	149,6
Herrajes Tipo A	210	1,4	294
Herraje Tipo B	50	0,65	32,5
Preformados 9.6-10.6 mm	880	1,7	1496
Preformados 10.6-11.6 mm	200	1,8	360
Hebilla 3/4	500	0,16	80
Hebilla 1/2	288	0,15	43,2
Cinta ranurada	288	0,75	216
Cinta fleje	40	15	600

Planta Interna			
ODF 144H	1	60	60
CCR Router	1	1339,22	1339,22
OLT Huawei MA5800-X7 + Tarjeta XGSPON	1	5000	5000
ONT	50	100	5000
Inversor	1	435	435
Batería	4	180	720
Multitoma	1	19,35	19,35
Aire Acondicionado	1	350	350
UPS	1	70	70
Mano de obra			
Instalación planta externa e interna	30	1000	30000
Mano de obra	45	100	4500
Permisos			
Transporte, permisos y herramientas			35000
		Subtotal	106740,33
		IVA	15%
		Total	122751,38

Fuente: Elaboración propia

Como parte del modelo se determinaron también los costos OPEX, en donde se tendrán diferentes consideraciones y parámetros determinantes para el costo estimado como se muestra en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13: Costos Operativos

Concepto	Costo anual
Energía eléctrica	5.000
Mantenimiento preventivo y correctivo	10.000
Licencias y soporte técnico	5.000
Personal operativo	7.200
Alquiler	1.800
Total, OPEX anual	29.000

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Fases de implementación

Se propone una implementación por fases para cubrir con la población, en donde dentro de la fase 1, se realizará la instalación en el núcleo urbano, abarcando 100 hogares, para la fase 2, una ampliación a áreas periféricas hasta llegar a 500 hogares, finalmente dentro de la fase 3 se creará una cobertura parcial del 50% de los 3.267 hogares estimados del mercado objetivo.

Con este modelo se tienen planteado obtener un Incremento en las velocidades promedio de 15 Mbps a 500 Mbps simétricos en planes básicos, con opción de ofrecer 1 Gbps o más en planes de alta gama, mejora notable en la estabilidad (reducción de cortes reportados en un 80%), así también una obtener un posicionamiento competitivo del proveedor de servicios de internet en el mercado local, con un potencial de captación del 30% de los hogares, en la Tabla 3.14, se muestran los costos estimados para el modelo de diseño.

Tabla 3.14: Estimación de costos – Fase 1

Concepto	Costo estimado (USD)
OLT (equipo central)	5.000
ONT (50 USD × 100 hogares)	5.000
Mano de obra e instalación	5.000
Subtotal	15.000
IVA	15%
Total, inversión inicial	17.250

Fuente: Elaboración propia

Para la Fase 1, se plantea llegar a 100 hogares de muestra (margen de error 9,65%), con un mercado objetivo total de 3.267 hogares, teniendo como inversión estimada inicial \$172,50, siendo este escalable a toda la zona urbana según la proyección como se muestra en la Tabla 3.15, a partir de eso, proyectas los valores para el análisis financiero:

Tabla 3.15: Análisis Financiero

Concepto	Supuesto base
Inversión total estimada (CAPEX)	\$17.250 para 100 usuarios (proyección lineal)
OPEX anual estimado	\$1.200

Precio promedio mensual por cliente	\$25
Clientes captados	100 (3% del mercado urbano)
Tasa de descuento	10% anual
Horizonte de evaluación	5 años

Fuente: Elaboración propia

La primera etapa del proyecto requiere una inversión preliminar que ronda los \$17.250. Este capital se utilizará para poner en marcha el servicio de red XGSPON en una prueba inicial con 100 casas ubicadas en el área urbana del cantón Vinces. Dicha inversión abarca los gastos relacionados con los materiales, los equipos, la instalación y la mano de obra especializada requerida para el despliegue inicial de la red (ver Ecuación 5).

Cálculo del ROI

$$ROI = \frac{\text{Beneficio neto anual}}{\text{Inversión total}} \times 100 \quad \text{Ecuación 5}$$

Datos:

Ingresos anuales: \$30.000

Usuarios: 100

Mensualidad: \$25

Tiempo: 12 meses

Beneficio neto anual: \$28.800

Ingreso anual: \$30.000

OPEX anual: \$1.200

Inversión total (CAPEX): \$17.250

$$ROI = \frac{28.800}{17.250} \times 100$$

$$ROI = 166,95\%$$

La inversión será recuperada en menos de un año en la primera fase, evidenciando alta rentabilidad en la implementación de la tecnología XGSPON en el cantón de Vinces,

mejorando la navegación de los usuarios en la fase piloto, con este dato se realizó el Cálculo de Valor Actual Neto (VAN), como muestra la Ecuación 6.

$$VAN = \sum_{t=1}^5 \frac{F_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

- $F_t = 28.800$ (*flujo neto actual*)
- $r = 10\%$ (*tasa de descuento*)
- $n = 5$ años
- $I_0 = 17.250$ (*Inversión Inicial*)

$$VAN = \left(\frac{28.800}{1.1} + \frac{28.800}{1.1^2} + \frac{28.800}{1.1^3} + \frac{28.800}{1.1^4} + \frac{28.800}{1.1^5} \right) - 17.250$$

$$VAN = 109.098 - 17.250$$

$$VAN = 91.848 \$$$

El proyecto generará valor y es financieramente sostenible en el tiempo, con un costo por usuario de (ver Ecuación 7).

$$\text{Costo por usuario} = \frac{CAPEX \text{ total}}{N^{\circ} \text{ de usuarios}} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$\text{Costo por usuario} = \frac{17250}{100}$$

$$\text{Costo por usuario} = 172.50 \$$$

El valor de inversión por cliente es de \$172.50, cifra acorde y alineada con estándares de redes FTTH de pequeña escala, afirmando que es factible el proyecto.

3.3.3. Comparación de conectividad antes y esperada después de XGSPON

Se plantea comparar la conectividad existente antes y después de implementar el sistema XGSPON. Al realizar la migración se prevé una mejora notable en la velocidad de transmisión, alcanzando 8.5 Gbps tanto de subida como de bajada, con una inversión por hogar migrar el servicio aproximado de \$172,50, el costo mensual dependerá del plan que

decida contratar, en la Tabla 3.16 se muestra una comparación de mejora esperada entre los dos sistemas.

Tabla 3.16: Beneficios proyectados

Indicador	Situación actual	Con XGSPON
Velocidad promedio de planes	15–20 Mbps	500 Mbps simétricos (básico)
Máxima velocidad ofrecida	300 Mbps	Hasta 10 Gbps
Estabilidad (cortes reportados)	85 % usuarios	< 20 % usuarios
Satisfacción proyectada	28 %	> 80 %

Fuente: Elaboración propia

Se busca en que en futuras investigaciones implementar pruebas de velocidad en la ciudad de Vinces como, como lo señala (Saavedra Cañar, 2024), en donde se llevaron a cabo pruebas de velocidad en la ciudad de Loja utilizando el aplicativo Optisystem con el propósito de determinar el estándar apropiado para introducir los ISP y pasar de la red GPON a la red XGSPON, obteniendo resultados sobre la capacidad de carga y descarga, el ancho de banda, el presupuesto óptico y otros aspectos que solucionan la problemática.

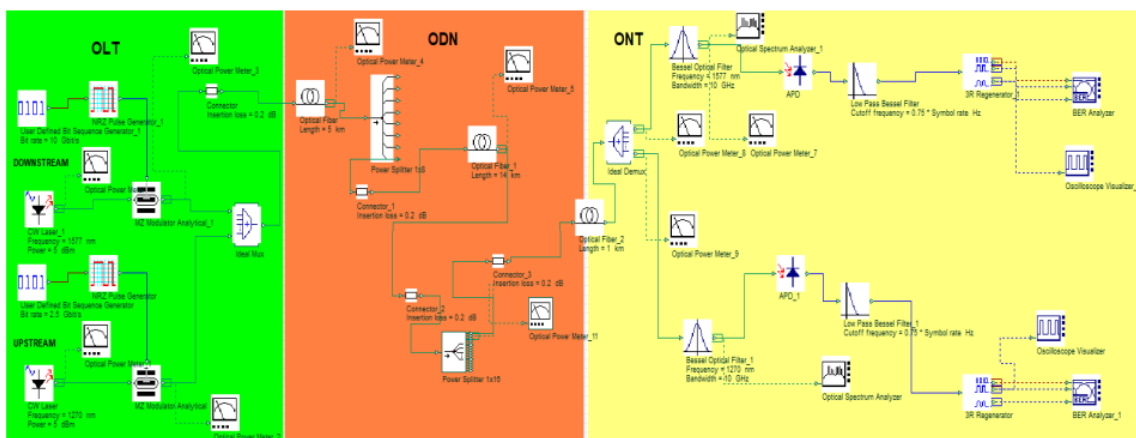


Figura 3. 5: Diagrama de la red desde la OLT hacia a la ONT

Fuente: (Saavedra Cañar, 2024)

De acuerdo con los hallazgos que se visualizan en la Tabla 3.17, a 5 km de distancia, XGSPON presenta un rendimiento mejor que XGPON, con velocidades de subida y bajada más altas, latencia más baja y atenuación más baja. A 20 km, XGPON muestra una disminución notable en su eficiencia y capacidad; por el contrario, XGSPON

conserva velocidades elevadas y una transmisión estable. Esto demuestra que XGSPON supera a XGPON en eficiencia y fiabilidad, sobre todo cuando se trata de distancias largas, lo cual la hace más apropiada para redes que necesitan anchos de banda elevados y que se expandirán con el tiempo.

Tabla 3.17: Resultados esperados de Optisystem

Parámetro	Enlace	Longitud de onda (nm)	Distancia (km)	Descendente (1577 nm)	Ascendente (1270 nm)
Potencia (dBm)	Calculada		5	-21,05	-21,50
			20	-26,30	-28,10
Potencia (dBm)	Simulación		5	-18,989	-18,989
			20	-25,988	-25,990
Factor Q	—		5	9,690	9,580
			20	7,327	7,610
BER	—		5	$1,49 \times 10^{-22}$	$4,14 \times 10^{-22}$
			20	$1,14 \times 10^{-13}$	$1,23 \times 10^{-14}$

Fuente: (Saavedra Cañar, 2024)

Se examinaron investigaciones académicas y tesis de posgrado que tratan sobre el diseño, la simulación y el análisis de tecnologías xPON (XGS-PON, XG-PON y NG-PON2) en el ámbito latinoamericano. Dichos estudios, realizados en repositorios de instituciones y centros de investigación, utilizan herramientas de simulación (principalmente OptiSystem) y llevan a cabo análisis comparativos con GPON, demostrando de manera constante mejoras en capacidad, simetría de ancho de banda y rendimiento por usuario al hacer la transición a tecnologías de 10 Gbps (Saavedra Cañar, 2024).

En términos generales, los resultados más significativos son:

- Incremento de capacidad y simetría: los análisis comparativos indican que XGS-PON ofrece un notable aumento de capacidad (10 Gbps de descarga y 10 Gbps de subida en condiciones estándar) y una mejor simetría en comparación con GPON, lo cual es esencial para servicios actuales (telemedicina, educación en línea, video 4K/8K y servicios empresariales).

- Posibilidad de migración y coexistencia: estudios tanto experimentales como de laboratorio demuestran que GPON y XGS-PON pueden coexistir en la misma infraestructura pasiva (ODN) mediante técnicas de multiplexación por longitud de onda o utilizando OLTs que sean compatibles, lo cual facilita migraciones paulatinas.

Los análisis realizados coinciden en que la tecnología XGSPON supone un avance considerable comparado con GPON, tanto en aspectos técnicos como en su viabilidad operativa y económica como muestra la Tabla 3.18.

Se realizó una simulación utilizando OptiSystem para contrastar GPON y XGSPON en áreas urbanas. Los hallazgos revelan un aumento del 85% en la velocidad media y una mejora significativa en la estabilidad de la conexión. Señalan que XGSPON tiene la capacidad de atender una mayor concentración de usuarios y ofrecer servicios de banda ancha avanzada (Andrade & Jaramillo, 2023).

Realizaron un estudio experimental para analizar la eficiencia energética de los dispositivos OLT que soportan XGSPON. Concluyen que, a pesar del incremento en el volumen de datos, esta tecnología mejora el uso de la energía, logrando una utilización más efectiva por bit transmitido, gracias a optimizaciones en la modulación y la gestión de los puertos (Martínez, Gómez, & Herrera, 2022).

En su trabajo de maestría, examinó la viabilidad económica de pasar de GPON a XGSPON. Estableció que la transición es factible en contextos donde la demanda de servicios de alta velocidad está en aumento; la inversión inicial se ve justificada por una mayor longevidad de la red y mejores ingresos esperados por usuario (Paredes, 2021).

A través de modelado en OptiSystem, evidenció que XGSPON proporciona un aumento significativo en el rendimiento de datos y una disminución de la latencia de cerca del 40% en comparación con GPON. Resalta que estas mejoras hacen que XGSPON sea más adecuado para aplicaciones críticas como IoT masivo, videovigilancia y telemedicina (Vargas, 2020)

Tabla 3.18: Estudios con simulaciones

Autor / Fuente	Año País	Tipo de estudio	Resultados relevantes
Andrade & Jaramillo, U. Técnica Particular de Loja	2023 Ecuador	Simulación XGSPON (OptiSystem)	Mejora del 85% en velocidad promedio frente a GPON
Martínez et al., Univ. de Antioquia	2022 Colombia	Evaluación experimental	Optimización del consumo de energía en OLTs XGSPON
Paredes, EPN	2021 Ecuador	Tesis de maestría	Factibilidad económica de migración GPON → XGSPON
Vargas, UNMSM	2020 Perú	Modelado en OptiSystem	Incremento del throughput y reducción de latencia en 40%

Fuente: Elaboración propia

3.4. DISCUSIÓN

La investigación realizada respalda la hipótesis principal al evidenciar que la adopción de una red FTTH basada en tecnología XGSPON es técnica, social y económicamente factible en el contexto urbano del cantón Vinces. Los hallazgos derivados de encuestas y entrevistas con especialistas facilitan establecer una conexión directa entre la hipótesis y la evidencia obtenida para el entorno urbano de Vinces. El análisis y comparación con estudios previos indican que XGSPON, conforme al estándar ITU-T G.9807.1, proporciona una velocidad de 10 Gbps en ambas direcciones, señal clave para cubrir las necesidades de conexión y reducir la diferencia digital en la región. Si bien la inversión inicial es mayor que la de sistemas como GPON, su viabilidad a futuro se basa en los beneficios sociales y económicos que se esperan, sobre todo en educación, comercio y servicios digitales, justificando así su elección a nivel local.

Dentro de los parámetros que confirman la hipótesis de la presente investigación tenemos:

- Disposición a migrar. - Más de la mitad de los encuestados, un 56,3 %, se mostró dispuesto a cambiarse a una red XGSPON, mientras que un 38,8 % respondió "tal vez" como se muestra en el **Anexo 3**. Los expertos aconsejan una implementación gradual y la coexistencia con GPON para facilitar la transición de los usuarios sin interrumpir el servicio. Esto indica una buena acogida por parte de los usuarios, lo que apoya la viabilidad social de la implementación mismo que se muestra en el **Anexo 4**.
- Factibilidad económica. - El 68,9 % de los suscriptores invierte hoy en día entre \$15 y \$25 en su servicio, y un 44,7 % estaría abierto a pagar más por una mayor rapidez, mientras que un 50,5 % evaluaría el coste adicional como muestra el **Anexo 3**. Los expertos señalan que, si bien la inversión inicial en equipos para XGSPON es mayor, esta se justifica por la fidelidad de los usuarios y la sostenibilidad a largo plazo (**Anexo 4** - Entrevista 2). Esto muestra que, pese a que la inversión es importante, existe un margen económico que facilita la adopción de esta tecnología sin afectar la popularidad del servicio.
- Importancia de la inversión. - Una gran parte de los participantes en la encuesta (46,6 %) ve como esencial invertir en tecnología de telecomunicaciones **Anexo 3**. Los expertos aconsejan realizar estudios de mercado y análisis del costo total de propiedad (TCO) para asegurar que la implementación sea efectiva y sostenible. Esto reafirma que tanto la opinión pública como la planificación técnica y financiera respaldan la inversión en XGSPON.

Al comparar este diseño con proyectos similares a nivel mundial y local, se observa una clara coincidencia en la viabilidad técnica de XGSPON como una evolución lógica de GPON. Diversos estudios muestran mejoras notables en la capacidad de transmisión, la capacidad para gestionar mayores ratios de división y la integración de múltiples servicios en una única infraestructura, lo que concuerda con las expectativas de cobertura y capacidad establecidas para Vinces (Nashiruddin & Solihah, 2020).

Estos hallazgos son relevantes para la creación de redes de telecomunicaciones en ciudades de Ecuador con infraestructura limitada. El hecho de que se haya comprobado la viabilidad técnica y económica de XGSPON en Vinces refuerza su importancia como un modelo replicable para aumentar el acceso a internet de alta velocidad en ciudades de tamaño mediano. Esto es especialmente relevante donde existe una creciente demanda,

pero la inversión por parte de los grandes operadores suele ser menor. El modelo presentado demuestra que un diseño basado en normativas internacionales y adaptado a las condiciones locales puede fomentar la modernización digital en la región, servir como base para futuras expansiones hacia soluciones de ciudades inteligentes y buscar con esto reducir la brecha digital (Chumbimuni Huaranga & Meza Manyari, 2025).

Considerando lo expuesto, estudios venideros podrían orientarse a evaluar en la práctica un programa inicial en Vinces. Esto posibilitaría contrastar las suposiciones económicas y técnicas con información operativa veraz. Se examinarían factores como la aceptación por parte de los usuarios, los gastos de sostenimiento y la rentabilidad. Adicionalmente, sería útil investigar opciones tecnológicas emergentes, como la 50GPON, y valorar virtualización y administración mediante redes controladas por software. Tales alternativas podrían optimizar la adaptabilidad, la expansión y la eficacia de la infraestructura en el ámbito ecuatoriano (Telefónica, 2016; Nokia, 2022b). Estas investigaciones ayudarían a reforzar las pruebas sobre la factibilidad de XGSPON y a enfocar las estrategias nacionales de conectividad a corto y mediano plazo.

CONCLUSIONES

El presente trabajo presenta una evaluación integral de la factibilidad de implementar una red XGSPON en el cantón Vinces, considerando los aspectos técnicos, económicos y operativos.

En cuanto al diagnóstico de conectividad, el cantón Vinces presenta limitaciones en cobertura y calidad del servicio, debido a que predominan tecnologías como las redes GPON, coaxiales y sistemas inalámbricos, las cuales ya no satisfacen las actuales demandas de ancho de banda de los usuarios.

Los resultados de las encuestas evidencian una alta demanda insatisfecha y la necesidad urgente de modernizar la infraestructura para garantizar estabilidad, velocidad y calidad en el servicio de internet. La propuesta contribuye a los objetivos de desarrollo local, fortaleciendo la infraestructura digital y promoviendo el acceso a servicios de conectividad de alta velocidad.

En el análisis técnico y de infraestructura se comprobó que la tecnología XGSPON es compatible con la red óptica existente en la planta externa, lo que posibilita una migración progresiva sin requerir el reemplazo total del cableado. Para su implementación será necesario sustituir únicamente los elementos activos, como las OLT en la planta interna y las ONT en los usuarios finales.

Las condiciones geográficas y urbanas del cantón resultan favorables para el despliegue, y la tecnología propuesta ofrece una capacidad de transmisión de 10 Gbps, baja latencia y alta eficiencia espectral, factores que garantizan la sostenibilidad y escalabilidad del sistema a futuro.

El estudio financiero demostró que el proyecto es viable en términos de rentabilidad. Con una inversión inicial (CAPEX) de \$17.250 para una fase piloto de 100 usuarios, se obtuvo un retorno sobre la inversión (ROI) del 166,95% y un valor actual neto (VAN) positivo de \$91.848, lo cual refleja una recuperación rápida del capital y una rentabilidad sostenida. El costo promedio por usuario, de \$172,50, se mantiene dentro de los rangos aceptables en comparación con modelos similares de despliegue FTTH.

Los resultados confirman que la implementación de una red XGSPON en Vinces es técnica, económica y operativamente factible, constituyendo una alternativa sólida para mejorar la conectividad y fortalecer el desarrollo tecnológico del cantón.

RECOMENDACIONES

Ejecutar el proyecto por fases de manera progresiva, procurando dar prioridad a las áreas urbanas con mayor número de usuarios y demanda de servicios, con el objetivo de utilizar recursos de manera eficiente y asegurar una recuperación adecuada de la inversión.

Utilizar la infraestructura la fibra óptica en planta externa y los soportes físicos existentes, reforzando solo los puntos clave de ser necesario como son las cajas de distribución y nodos ópticos, para facilitar una transición eficiente hacia XGSPON con la menor intervención física posible. También realizar a futuro la implementación de respaldo eléctrico a través del uso de paneles solares o baterías de litio para garantizar la entrega efectiva del servicio en caso de fallos energéticos.

Impulsar la colaboración entre instituciones, formando alianzas con el gobierno local, operadores privados y entidades públicas para conseguir permisos, apoyo logístico y financiamiento compartido en las diferentes fases del proyecto. se recomienda fomentar programas de educación digital orientados al uso eficiente de los nuevos servicios, de modo que la comunidad aproveche al máximo la capacidad y los beneficios que ofrece la red XGSPON. De esta manera, se impulsa una cultura tecnológica que acompañe el crecimiento sostenible y la innovación en el cantón Vinces.

Es fundamental impulsar la formación técnica y profesional en el área de redes ópticas en la zona, para que los técnicos puedan operar, administrar y mejorar la red sin inconvenientes. Esto no solo asegurará la continuidad del proyecto, sino que también impulsará el desarrollo socioeconómico de Vinces, al promover la innovación, la educación y la productividad en un entorno digital robusto y competitivo.

Efectuar iniciativas de formación y asesoramiento digital orientadas a los usuarios, con el propósito de promover un uso óptimo del servicio de internet de alta velocidad. Este asesoramiento debe centrarse en mejorar las habilidades digitales, fomentar la seguridad en la web y proporcionar al cliente información sobre los beneficios y las mejores costumbres en el uso de redes de alta capacidad, asegurando así un mejor aprovechamiento de la infraestructura disponible.

Implementar sistemas de monitoreo y control del rendimiento, utilizando indicadores de calidad del servicio (KPI) y opiniones de los usuarios después de la migración a la tecnología XGSPON, con el propósito de asegurar la sostenibilidad operativa y planificar expansiones futuras hacia áreas rurales del cantón.

REFERENCIAS

- Abdellaoui, Z., Dieudonne, Y., & Aleya, A. (2021). Design, implementation and evaluation of a Fiber to the Home (FTTH) access network based on a Giga Passive Optical Network GPON. *Array*, 10. doi:<https://doi.org/10.1016/J.ARRAY.2021.100058>
- Achig Morales, L. (2021). Diseño y simulación de una red de acceso con tecnología ITU G987. X para la parroquia de Zámbriza en la ciudad de Quito. Obtenido de <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/ead3b9cc-2520-4a03-833c-1b99a5752fac/content>
- Agudelo, M. (2021). La economía y las industrias digitales basadas en el conocimiento. Obtenido de <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1766>
- Alanguia Ramos, R. (2024). Diseño de una red de FTTH preconectorizado basado en el estándar GPON para dar servicio de internet al distrito de Pomata. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3859>
- Albuja Loachamin, L. F., Alvear Loor, J. G., & Sarango Romero, V. J. (2023). Desigualdades Tecnológicas en la Educación en Ecuador: Abordando la Brecha Educativa. *Código Científico Revista De Investigación*, 4(2), 238-251.
- Alvarado Hernández, G. (2023). Diseño e implementación de un sistema de notificación de servicio e información para la ubicación de las unidades y estaciones de un sistema de transporte público . *Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala*.
- Andino, V., Insuasti, D., Pérez, F., Insuasti, J., Insuasti, F., & Insuasti, J. J. (2025). Comparativa de tecnologías de fibra óptica con Modulación NRZ. *SICAP JOURNAL-EIVINI: Revista Académica y Profesional*.
- Andrade, J., & Jaramillo, P. (2023). Evaluación del desempeño de una red XGSPON mediante simulación en OptiSystem. *Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador*.
- Anvimur. (2020). *Tarjeta de servicio con 16 SFPs Combo XGS-PON & GPON C*. Obtenido de <https://www.anvimur.com/es/material-fibra-optica/2231-tarjeta-combo-xgs-pon-gpon-de-servicio-con-16-sfps-c.html>

- Anzola, J., & Herrera, F. (2024). Impacto del Jitter en un control de formación multiagente. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 21(1), 17-28.
- ARCOTEL. (2023). *Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*. Obtenido de Regulación de las Telecomunicaciones en Ecuador, retos y desafíos: <https://www.arcotel.gob.ec/potencia-espe-regulacion-de-las-telecomunicaciones-en-ecuador-retos-y-desafios/>
- ARCOTEL. (2023). Informe de gestión Periodo: Enero a diciembre 2023 . *Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones*. Obtenido de https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/informe_de_gestión_año_2023_con-formato-final-signed.
- Astra Communication Services. (2023). Obtenido de <https://www.astra.co.th/products/detail/zxhn-f2866s---xgspon/>
- Balanici, M., Shariati, B., Safari, P., Chojecki, P., Chemnitz, M., Przewozny, D., . . . Freund, R. (2023). F5G OpenLab: Enabling Twin Transition through Ubiquitous Fiber Connectivity. *International Conference on Transparent Optical Networks*. doi:<https://doi.org/10.1109/ICTON59386.2023.10207224>
- Barreno Salinas, M. (2025). Relación del Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico y la brecha digital por edad del uso de internet en Ecuador. *I8(47)*, 130-139. doi:<https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol18iss47.2025pp130-139p>
- Binh, L. N. (2023). *Transmission, Processing, and All-Optical Routing for Ultra-High Capacity Data Center Networking (Second Edition)* . doi:<https://iopscience.iop.org/book/mono/978-0-7503-5849-1>
- Bonk, R. (2021). The Future of Passive Optical Networks. *5th International Conference on Optical Network Design and Modelling*. doi:<https://doi.org/10.23919/ONDM51796.2021.9492398>
- Cadena Sánchez, M. (2022). Análisis de factibilidad técnico y económico para la expansión de la red óptica en el sector urbano del cantón Montalvo, provincia de Los Ríos para la empresa SkyLife. *Universidad Estatal del sur de Manabí*.

- Cancio Velloso, I. S., & Soares Tizzoni, J. (2020). Criterios y estrategias de calidad y rigor en la investigación cualitativa. *Ciencia y Enfermería*, 10. doi:DOI: 10.29393/CE26-22CEIS20022
- Castañeda Rodríguez, T., López Domínguez, A., Collazo Frías, V., & Moirón Vallar, O. (2024). Fiabilidad instrumental para medir la aplicación de técnicas estadísticas en cultura física: Alpha de Cronbach. *Transformación*, 20(1), 128-144. doi:ISSN 2077-2955
- Castro Ullauri, E. S. (2025). Implementación de técnicas de adaptación y ajuste en infraestructuras IoT para la optimización del rendimiento en redes GPON. (U. E. La Libertad, Ed.) Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/13066>
- Celis Cuevas, J. (2022). Fiber to the home technology. *Repositorio Abierto de la Universidad de Catambria*. Obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/25907>
- CEPAL. (2022). La OEA y la CEPAL acuerdan impulsar políticamente acciones para reducir la brecha digital en América Latina. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*, (pág. 10). Obtenido de <https://www.cepal.org>
- Chumbimuni Huaranga, J., & Meza Manyari, E. (2025). Diseñar e implementar una red XGSPON basada en la normativa ITU-T G.9807.1 que permita ampliar la capacidad y mejorar la escalabilidad de la red de acceso FTTH GPON actual en lima metropolitana para un proveedor de servicios de internet. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/685826>
- Claro. (2024). *XGSPON: La nueva tecnología de fibra óptica*. Claro, Innovación, Perú. Obtenido de <https://www.claro.com.pe/hablando-claro/innovacion/telecom-trends/xgspn-la-nueva-tecnologia-de-fibra-optica-claro-peru/>
- Condori Caparo, B. (2024). Análisis comparativo del rendimiento de una red GPON implementada en el centro histórico de la ciudad del Cusco con redes XGS-PON y NGPON2.
- De Pintos, D., Merayo, N., Sangrador, C., Aguado, J., De Miguel, I., & Durán Barroso, R. (2023). Software defined networking agent demonstration to enable

- configuration and management of XGS-PON architectures. *Journal of Optical Communications and Networking*, 15(9), 620–637. doi:<https://doi.org/10.1364/JOCN.494694>
- Dias, L., Dos Santos, A., Pereira, H., Andrade Almeida, R., Giozza, W., Sousa, R., & Sousa, K. (2022). Evolutionary Strategy for Practical Design of Passive Optical Networks. *Photonics*, 9(5). doi:<https://doi.org/10.3390/photonics9050278>
- DPL News. (2023). *Puntonet brindará banda ancha de 10 Gbps con Nokia*. . Obtenido de <https://dplnews.com/puntonet-brindara-banda-ancha-de-10-gbps-con-nokia>
- FiberMall. (2024). *Transceptores ópticos XGSPON ONU SFP+ N1/N2* . Obtenido de <https://www.fibermall.com/es/sale-433358-xgspn-ONU-sfp-n1-n2.htm>
- FiberMall. (2024). *XGSPON SFP+: Revolucionando los transceptores ópticos para redes modernas*. Obtenido de <https://www.fibermall.com/es/blog/xgspn-sfp-plus.htm?srsltid=AfmBOoqU5lYDHy78yJm8jtOWURu-JZw1OBkssT-DkhthRKW2kipmUmVb>
- FOA. (2021). The FOA Reference For Fiber Optics Fiber to the home PON Types Migration from GPON to XGSPON. Obtenido de <https://www.thefoa.org/tech/ref/appln/FTTH-PON-Upgrade-to-10G.html>
- Fowdur, T., Babooram, L., Indoonundon, M., Murdan, A., Bojkovic, Z., & Milovanovic, D. (2023). Enabling technologies and applications of 5G/6G-Powered Intelligent Connectivity. Taylorfrancis.Com. 355–402. doi:<https://doi.org/10.1201/9781003205494-13>
- FS, V. (2021). The Advantages and Disadvantages of Optical Fiber. *FS*. Obtenido de <https://www.fs.com/blog/the-advantages-and-disadvantages-of-optical-fiber-2721.html>
- Fundación Telefónica. (2023). Sociedad Digital en América Latina 2023. Obtenido de <https://publicaciones.fundaciontelefonica.com/api/view/publication/sociedad-digital-en-america-latina-2023/1484?country=M%C3%A9xico>
- GAD Municipal del Cantón Vinces. (2021). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2021-2027. Obtenido de <https://vinces.gob.ec/pdot/>
- GAD Municipal del Cantón Vinces. (2024). Misión, visión y objetivos institucionales. Obtenido de <https://vinces.gob.ec/>

- Garzón, J., Jaimes, R., Padilla, L., & Vergel, G. (2022). anco de pruebas didáctico para implementación y testeo de una red óptica pasiva para acceso banda ancha hasta el hogar. *I+ D Revista de Investigaciones*, 17(1), 143-154.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Vines. (2025). *Ordenanza reformativa del plan de ordenamiento territorial y plan de uso y gestión del suelo del cantón Vines alineado a los objetivos estratégicos y metas del plan nacional de desarrollo 2021-2025*.
- Guamán Guamán, J. (2023). Diseño e implementación de un sistema que permita determinar la factibilidad técnica de una red de acceso óptico mediante las técnicas de balance de potencias y balance de tiempos. Obtenido de <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/20962>
- Herrera, A., & Varillas, B. (2025). La brecha de conectividad ante los avances de la política pública de infraestructura de telecomunicaciones para banda ancha. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/31754>
- Horvath, T., Munster, P., Oujezsky, V., & Bao, N. (2020). Passive Optical Networks Progress: A Tutorial. *Electronics*, 9(7), 1081. doi:<https://doi.org/10.3390/ELECTRONICS9071081>
- Huawei. (2020). All-Optical Network. Obtenido de <https://forum.huawei.com/enterprise/intl/en/thread/XGS-PON-Network-Structure-Enabling-Next-Generation-Broadband-Access/724470877380296704?blogId=724470877380296704>
- Huawei. (2020). XGSPON Clasificación del conocimiento. Huawei Technologies. Obtenido de <https://forum.huawei.com/enterprise/intl/es/thread/aprende-todo-sobre-los-fundamentos-de-las-ont-con-huawei/667220922756644864?blogId=667220922756644864>
- Huawei. (2025). *EchoLife HN8250Ts*. Obtenido de <https://support.huawei.com/enterprise/en/optical-access/echolife-hn8250ts-pid-23489137>
- Huawei. (2025). *Huawei OptiXstar P812E Campus ONU*. Obtenido de <https://e.huawei.com/es/products/optical-terminal/optixstar-p812e>

- Huawei. (2025). *Huawei OptiXstar P813E-E*. Obtenido de <https://e.huawei.com/es/products/optical-terminal/optixstar-p813e-e>
- Huawei. (2025). *MA5800 Access OLT FTTH Huawei Enterprise*. Obtenido de <https://e.huawei.com/es/products/optical-access/ma5800?from=search>
- Huawei. (2025). *OptiXstar EN8010Ts-20*. Obtenido de <https://e.huawei.com/mx/products/optical-terminal/en8010ts-20>
- Huawei. (2025). *Terminal óptico*. Obtenido de Huawei Empresas: <https://e.huawei.com/es/products/optical-terminal>
- IMV. (2025). *OLT MA5800-X15 -XGSPON*. Obtenido de <https://imv.com.ec/producto/huawei-ma5800-x15-potencia-y-flexibilidad-para-redes-convergentes/>
- INEC. (2022). *Censo*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Obtenido de <https://cubos.inec.gob.ec/AppCensoEcuador/>
- ITU. (2022). *Measuring digital development: Facts and figures*. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Obtenido de <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/facts/default.aspx>
- ITU. (2022). *Redes ópticas pasivas con capacidad de GPON - G.984.5*. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Obtenido de <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>
- ITU. (2024). *ITU-T Recommendation database*. Obtenido de <https://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=16060&lang=es>
- ITU-T. (2023). *0-Gigabit-capable symmetric passive optical network (XGS-PON)*. ITU-T G.9807.1. *ITU Publications International Telecommunication Union*. Obtenido de <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11>
- Jamiu, M. (2023). *Difference Between Wired and Wireless Networks with Examples*. Obtenido de https://tooabstractive.com/networking/difference-between-wired-and-wireless-network-with-examples/?ez_ssl=1
- Jembre, Y., Jung, W., Attique, M., Paul, R., & Kim, B. (2022). *Mobile Broadband Performance Evaluation: Analysis of National Reports*. *Electronics*, *11*(3). doi:<https://doi.org/10.3390/electronics11030485>

- Khant, S., & Patel, A. (2024). Optimization of WDM-PON and TDM-PON Optical Networks for High Rate Information Communication. *11th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization* (pág. IEEE). IEEE.
- Kherici, C., Kandouci, M., Bechikh, A., & Benhamidi, A. (2024). Impact of PON network range and laser power on GPON and XGSPON coexistence system. *Proceedings. 8th IEEE International Conference on Image and Signal Processing and Their Applications*. IEEE. doi:<https://doi.org/10.1109/ISPA59904.2024.10536700>
- Kim, J. (2024). XGSPON: Fiber Optic Technology Delivering 10 Gbps.
- Kroton. (2025). *Compact Iskratel Lumia OLTs*. Obtenido de <https://kontron-slovenia.com/products/compact-olt/>
- Kroton. (2025). *Iskratel launches compact SI3000 Lumia XG8 for smaller fibre-access deployments*. Obtenido de <https://kontron-slovenia.com/iskratel-launches-compact-si3000-lumia-xg8-for-smaller-fibre-access-deployments/>
- Kroton. (2025). *XGSPON FTTH Home Gateways*. Obtenido de <https://kontron-slovenia.com/products/xgs-pon-ftth-home-gateways/>
- Kumar, R., Gupta, S., Wang, H., Kumari, C., & Korlam, S. (2023). From Efficiency to Sustainability: Exploring the Potential of 6G for a Greener Future. *Sustainability*. *15*(23). doi:<https://doi.org/10.3390/SU152316387>
- Kumari, M. (2023). Modeling of Energy Efficient Next Generation Passive Optical Network (NGPON). *2nd International Conference on Sustainable Computing and Data Communication Systems*. Obtenido de <https://doi.org/10.1109/ICSCDS56580.2023.10104786>
- León Nazareno, D. (noviembre de 2024). Brecha educativa en tecnología y su influencia en la transformación digital en Ecuador. *Serie Científica*, *17*, 163-186. doi:ISSN 2306-2495
- LightSpeed Technologies. (2020). Industry's First XGS-PON Deployment in Student Housing Receives Gold Innovation Award. LightSpeed. *LightSpeed Technologies*. Obtenido de <https://www.lightspeedt.com/industrys-first-xgs-pon-deployment-in-student-housing-receives-gold-innovation-award>

- Lightwave Online. (2021). *Éxitos y Factores Clave en Proyectos Internacionales. DELTA Fiber Plans XGS-PON Deployment in the Netherlands*. Obtenido de <https://www.lightwaveonline.com/fttx/ftth-b/article/14207846/delta-fiber-plans-xgs-pon-deployment-in-the-netherlands>
- Liu, X. (2022). Enabling Optical Network Technologies for 5G and Beyond. *Journal of Lightwave Technology*, 40(2), 358-367. Obtenido de <https://opg.optica.org/abstract.cfm?uri=jlt-40-2-358>
- López Alban, R. (2023). Estudio, Diseño y Simulación de una red NG-PON2 para analizar su rendimiento en el Barrio Juan de Velasco . *Universidad Nacional de Chimborazo*.
- Luo, Y., & Effenberger, F. (2024). What is beyond 50G: future standards of optical access networks. *Journal of Optical Communications and Networking*, 16(7), C106–C112. doi:<https://doi.org/10.1364/JOCN.514076>
- Macas Topón, M. (2022). Análisis técnico comparativo entre las tecnologías de redes de acceso ópticas GPON y XGSPON. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22232>
- Martes Tecnológico. (2025). *Claro lanza su nueva Fibra Óptica de 4.ª generación XGSPON, primera en el país y cuarta en Latinoamérica*.
- Martínez Henao, A. (2022). Desarrollo de un sistema de streaming de alta definición sobre la red de EMCALI basado en la nube pública de AWS. *Universidad Autónoma de Occidente*.
- Martínez, L., Gómez, R., & Herrera, J. (2022). Análisis experimental del consumo energético en OLTs con tecnología XGSPON. *Universidad de Antioquia, Colombia*.
- Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. (2024). *Plan Nacional de Telecomunicaciones 2024-2025*. Obtenido de https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2024/09/elecomunicaciones_2024_2025_vf-signed-signed-signed-signed01551280017220057900459811001722369479.pdf
- MINTEL. (2021). Informe de Rendición de Cuentas. *Ministerio de Telecomunicaciones y de La Sociedad de La Información*, 70. Obtenido de

<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/03/RENDICION-DE-CUENTAS-MINTEL-2021-VF.pdf>

MINTEL. (2022). Informe Ejecutivo de Logros. 82. Obtenido de https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2023/05/INFORME_Rendicion_Cuentas_MINTEL_2022_preliminar.pdf

Misarayme Medrano, R. (2023). Red óptica pasiva con capacidad de gigabit sobre fibra óptica energizada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho. *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*. Obtenido de <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/6ccf7ab1-3022-4d66-839e-1c3748ffb1e9>

Moncayo Roldán, K. (2022). *El acceso a internet como derecho y su garantía en Ecuador*. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, Master's thesis, Quito.

Morales, W. B. (2022). Análisis de prisma como metodología para revisión sistemática: Una aproximación general. *Saúde em Redes*, 8, 339-360. doi:<https://doi.org/10.18310/2446-4813.2022v8nsup1p339-360>

Municipio de Vinces. (2025). Plan de uso y gestión de suelo PUGS. *Gobierno Autónomo Descentralizado de Vinces*. Obtenido de <https://vinces.gob.ec/plan-de-uso-y-gestion-de-suelo-pugs/>

Nashiruddin, M., & Solihah, N. (2020). Performance Evaluation of XGS-PON Optical Network Termination for Enterprise.

Nashiruddin, M., & Solihah, N. (2020). Performance Evaluation of XGS-PON Optical Network Termination for Enterprise Customer. *rd International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems*, 251–256. doi:<https://doi.org/10.1109/ISRITI51436.2020.9315450>

Nashiruddin, M; Solihah, N. (2020). Performance Evaluation of XGS-PON Optical Network Termination for Enterprise. doi:<https://doi.org/10.1109/ISRITI51436.2020.9315450>

Netlife. (2024). *Netlife amplía su oferta de velocidades con infraestructura de última generación*. . Obtenido de <https://www.netlife.ec/blog/velocidades-xgpon>

- Nokia. (2022). *Nokia and SINET deploy Cambodia's first XGS-PON-enabled high-speed network for enterprises*. Obtenido de <https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2022/07/28/nokia-and-sinet-deploy-cambodias-first-xgs-pon-enabled-high-speed-network-for-enterpris>
- Nokia. (2023). NBN Co, Nokia field trial 'feasible' to support multi-gigabit services.
- Nokia. (2023). *XGSPON deployment to provide multi-gigabit broadband service. Mediacom Communications Partners with Nokia*. Obtenido de <https://www.nokia.com/customer-success/mediacom-communications-partners-with-nokia-for-xgs-pon-deployment-to-provide-multi-gigabit-broadband-service>
- Nokia. (2023). *XGS-PON deployment to provide multi-gigabit broadband service. Mediacom Communications Partners with Nokia*. . Obtenido de <https://www.nokia.com/customer-success/mediacom-communications-partners-with-nokia-for-xgs-pon-deployment-to-provide-multi-gigabit-broadband-servic>
- Nokia. (2024). Fibra para todo. Obtenido de <https://www.nokia.com/fixed-networks/fiber-for-everything/>
- OCDE. (2022). Estadísticas de banda ancha | OCDE. Obtenido de <https://www.oecd.org/en/topics/broadband-statistics.html>
- OECD. (2020). Broadband Policies for Latin America and the Caribbean. doi:<https://doi.org/10.1787/9789264251823>
- Orange, P. (28 de 09 de 2021). Orange lanza la mayor red comercial de Fibra 10 Gbps sobre XGSPON de España. Obtenido de <https://www.redestelecom.es/operadoras/orange-lanza-una-red-de-fibra-de-10-gbps-sobre-xgspon/>
- Pahlevanzadeh, P. (2024). Innovative solutions for coherent transmission in optical access networks. *Universidad Politécnica de Turín*, 101. Obtenido de <http://webthesis.biblio.polito.it/id/eprint/34100>
- Paredes, C. (2021). Estudio de factibilidad económica para la migración de redes GPON a XGSPON. . *Escuela Politécnica Nacional, Ecuador*.
- Patel, M., & Mandloi, A. (2024). A modified bandwidth allocation algorithm for XGPON network. *Journal of Optical Communications*. doi:<https://doi.org/10.1515/joc-2023-0379>

- Peña, A., Herrera, L., Carrera, S., & Sánchez, D. (2021). Indicadores de tecnología de la información y comunicación. *Instituto de Estadísticas y Censos*. Obtenido de www.ecuadorencifras.gob.ec
- Pereira, O., Carreño Franco, E., López Lezama, J., & Muñoz Galeano, N. (2024). Specialized Genetic Operators for the Planning of Passive Optical Networks. *Computers*, 13(10). doi:<https://doi.org/10.3390/computers13100259>
- Pérez-León, G. (2022). Coeficiente Alfa de Cronbach: ¿Qué es y para qué sirve el Alfa de Cronbach. *GPL Research Consultores*, 20123(4).
- Philpott, M., Fellenbaum, A., & McBride, S. (2023). Fiber Development Index Analysis. *Omdia*. Obtenido de <https://omdia.tech.informa.com/-/media/tech/omdia/marketing/commissioned-research/pdfs/fiber-development-index-analysis-2023.pdf?rev=0ec487802cde443da62f20bcc2708c4>
- Pinduisaca Quishpe, J. C. (2023). Diseño de una red de acceso FTTH con tecnología XGS-PON para el ISP SKYLINK SYSTEM del cantón Chambo de la provincia de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/12074>
- Pineda Pasquel, C. P. (2023). Comparación del costo de implementación de las redes GPON, NGPON2 Y 50GPON en distintos escenarios de demanda de ancho de banda. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. Obtenido de <https://repositorio.puce.edu.ec/items/c13583dd-781c-4169-bcc4-1497691613ea>
- Pineda Poveda, C. A. (2025). Evaluación de la performance de sistemas ópticos basada en enlaces PON de modulación y detección directa IM/DD mediante modulación. *Universidad Estatal Península de Santa Elena*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/13>
- Pous, H., Gallego, R., & García, V. (2020). Contexto actual y evolución hacia las redes de nueva generación. *Fundación para la Universitat Oberta de Catalunya*. Obtenido de <https://openaccess.uoc.edu/server/api/core/bitstreams/69f6c63f-4f2b-42b4-b2d2-c3a6640aa8c6/content>
- Rábano Alarcón, C. (2022). Estudio tecno-económico del despliegue del estándar 50GPON sobre infraestructura óptica heredada. *Universitat Oberta de Catalunya*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10609/145907>

- Rayhan, B., Natali, Y., & Apriono, C. (2024). Design of Bidirectional TWDM-PON Network for High-Speed Internet Access in Industrial Zones. *ICSINTESA 2024 - 2024 4th International Conference of Science and Information Technology in Smart Administration: The Collaboration of Smart Technology and Good Governance for Sustainable Development Goals*, 534–539. doi:<https://doi.org/10.1109/ICSINTESA62455.2024.10747926>
- Rincón Becerra, C. Y. (05 de mayo de 2025). El acceso a internet como un derecho humano y fundamental en Colombia.
- Ríos Monar, S., López Quezada, S., & Vargas López, G. (2025). herramientas virtualizadas para evaluación y gestión de redes ópticas pasivas. *Doctoral dissertation, ESPOL. FIEC*.
- Saavedra Cañar, C. (2024). Análisis comparativo de los estándares, XGPON, XGSPON, como alternativa a las tecnologías actuales utilizadas en redes de acceso FTTH en la ciudad de Loja, Ecuador mediante el simulador Optisystem. *Universitat Politècnica de València*, 41. Obtenido de <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/aa1bbd5c-f046-41a1-a7ae-bcf162c5304d/content>
- Sánchez Pérez, D. O. (2025). Implementación y evaluación de redes ópticas pasivas de alta velocidad utilizando formatos de modulación avanzados. (L. A. Llerena Guevara, Ed.) *Universidad Estatal Península de Santa Elena*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/13069>
- Sani Domínguez, J. (2022). Diseño, evaluación de una red FTTH utilizando Optisystem y estrategia para la obtención de concesión que permita brindar servicios triple play. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. doi:<https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15713>
- Santiana Calderón, P. F. (2022). Estudio del impacto del uso de las redes GPON en Ecuador frente a otras tecnologías año 2022 y sus perspectivas de crecimiento. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23888>
- Sarmiento López, J. (2021). Evaluación de parámetros técnicos y calidad de servicio de una red de acceso utilizando el estándar ITU-T G984. X para brindar servicio triple play a 500 usuarios. Obtenido de <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/20752>

- Shanahan, M., & Bahia, K. (2023). Estado de la conectividad de internet móvil. Obtenido de <https://www.gsma.com/r/wp-content/uploads/2023/11/Estado-de-la-conectividad-de-internet-movil-Conclusiones-principales-2023.pdf>
- Shen, Z., & Huang, D. (2022). A Review on Metasurface Beam Splitters. *Nanomanufacturing*, 2(4), 194-228. doi:<https://doi.org/10.3390/NANOMANUFACTURING2040014>
- Shirvani Moghaddam, S. (2024). The Past, Present, and Future of the Internet: A Statistical, Technical, and Functional Comparison of Wired/Wireless Fixed/Mobile Internet. *Electronics*, 10(13). doi:<https://doi.org/10.3390/electronics13101986>
- Solihah, N., Nashiruddin, M., & Nugraha, M. (2021). Performance Evaluation of XGS-PON Optical Network Termination for Mobile Backhaul. Proceedings. *IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile*. doi:<https://doi.org/10.1109/APWIMOB51111.2021.9435230>
- Soria Chamba, J. S. (2023). Análisis técnico comparativo de las redes de acceso NGPON1 versus NGPON2. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25050>
- Speedtest. (2025). Índice global de Speedtest Ecuador. Obtenido de <https://www.speedtest.net/global-index/ecuador#fixed>
- Telefónica. (2023). Telefónica prueba XGS-PON para ofrecer 10 Gbps simétricos en España. Obtenido de <https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/telefonica-xgspon-espana>
- Torres Guerrero, J. (2022). Análisis técnico comparativo de las redes de acceso ópticas pasivas de nueva generación: estudio de factibilidad para la migración de redes de acceso GPON a XGSPON en la ciudad de Quito.
- Torres Guerrero, S. (2024). Diseño de una red FTTx para la evaluación de la transición de la Red GPON a NGPON2 para la mejora del ancho de banda en el distrito de Los Olivos. *Repositorio Institucional - UTP*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/10158>
- Tuolima. (2022). G.652 vs G.655 Single-Mode Fiber Classification and Comparison. *Hangzhou Tuolima Network Technologies Co., Ltd*. Obtenido de

<https://cntuolima.com/g.652-vs-g.655-single-mode-fiber-classification-and-comparison.html>

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2023). Manual sobre la implantación de redes y sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital. Obtenido de https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-63-2021-PDF-S.pdf

Uzunidis, D., Logothetis, M., Stavdas, A., Hillerkuss, D., & Tomkos, I. (2022). Fifty Years of Fixed Optical Networks Evolution: A Survey of Architectural and Technological Developments in a Layered Approach. *Telecom*, 3(4), 619-674. doi:<https://doi.org/10.3390/TELECOM3040035>

Vanguardista. (01 de 2025). Puntonet introduce la tecnología 25GPON en Ecuador habilitada por Nokia, marcando un nuevo estándar en velocidad de conectividad. Obtenido de <https://elvanguardistaonline.com/puntonet-introduce-la-tecnologia-25gpon-en-ecuador-habilitada-por-nokia-marcando-un-nuevo-estandar-en-velocidad-de-conectividad/>

Vargas, M. (2020). Modelado y análisis de desempeño de redes XGSPON mediante OptiSystem. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú*.

Verizon. (2022). Verizon launches 10 Gbps XGS-PON pilot for residential and business customers. Obtenido de <https://www.verizon.com/about/news/verizon-launches-xgspn>

Villavicencio Cedeño, M. M., Bowen Anchundia, M. M., Jurado Martínez, M., & Roger Martínez, I. (2024). La brecha digital en la educación de los estudiantes: Factores determinantes, consecuencias educativas y propuestas para su mitigación. *MQRInvestigar*, 8(4). doi: <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.6641-6673>

Vom Brocke, J., Hevner, A., & Maedche, A. (2020). Introduction to design science research. In Design science research. *Springer International Publishing.*, 1-13. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-46781-4_

Xing, S., Zhang, J., Shen, W., Yan, A., Li, G., Shen, C., & Chi, N. (2024). Low-cost, large-coverage, and high-flexibility coherent PON for next-generation access networks: advances, challenges, and prospects. doi:<https://doi.org/10.3788/COL202422.040604>

Zhang, D., Liu, D., Wu, X., & Nettet, D. (2020). Progress of ITU-T higher speed passive optical network (GPON) standardization. *ournal of Optical Communications and Networking*, 12(10), 99–108. doi:<https://doi.org/10.1364/JOCN.391830>

ZTE. (2025). *ZXA10 C620*. Obtenido de https://www.zte.com.cn/global/product_index/optical_access_en/pon-olt/zxa10/zxa10-c620.html

ZTE. (2025). *ZXHN F2801S*. Obtenido de https://www.zte.com.cn/global/product_index/smart_home_en/ont/zxhn-f2801s/zxhn-f2801s.html

ANEXOS

Anexo 1: Cuestionario de Encuesta

URL: <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfr-8a3bfYnannzaBhs8j1dQ4nRIMtvF1O1m3ai9igm1WpEQ/viewform>

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED CON TECNOLOGÍA XGSPON EN ZONA URBANA DEL CANTÓN VINCES

La tecnología XGSPON permitirá tener una navegación con velocidad de 10 Gpbs de manera simétrica, para tener una conectividad rápida y eficiente.

1. Correo *

BLOQUE I: Aspectos Tecnológicos

Objetivo: Diagnosticar el nivel actual de conectividad, identificar deficiencias y la disposición a adoptar XGSPON.

2. ¿Qué tipo de conexión a Internet utiliza actualmente en su hogar o negocio?

Selecciona todos los que correspondan.

- ADSL
- Fibra Óptica
- Radio Enlace (Antena)
- Internet Móvil
- Otro

3. ¿Qué velocidad promedio de descarga recibe según pruebas realizadas?

Marca solo un óvalo.

- Menor a 20 Megas
- Entre 20 y 50 Mbps
- 100 Mbps
- 300 Mbps
- 1 Giga

4. ¿Qué tan satisfecho está con la calidad de su servicio de Internet actual?

Escala de 1 (muy insatisfecho) a 5 (muy satisfecho)

Marca solo un óvalo.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. ¿Con qué frecuencia experimenta interrupciones en el servicio?

Marca solo un óvalo.

- A diario
- Semanal
- Mensual
- Ocasionalmente
- Nunca

6. ¿Estaría dispuesto a cambiar a una red con mayor velocidad simétrica (hasta 10 Gbps) como XGSPON?

Selecciona todos los que correspondan.

- Sí
- No
- Tal vez

Salta a la pregunta 7

BLOQUE II: Aspectos Sociales

Objetivo: Evaluar la percepción sobre el impacto social que tendría una red XGSPON en la comunidad.

7. ¿Para qué fines utiliza principalmente Internet?

Marca solo un óvalo.

- Educación virtual
- Trabajo remoto
- Emprendimiento
- Videollamadas
- Servicios bancarios y trámites en línea

8. ¿Considera que la falta de buen Internet ha afectado negativamente su educación, trabajo o emprendimiento?

Selecciona todos los que correspondan.

- Si
- No
- Otro: _____

9. ¿Qué impacto cree que tendría una mejor red de Internet en su calidad de vida?

Marca solo un óvalo.

- Alto
- Moderado
- Bajo
- Ninguno

10. ¿Estaría de acuerdo con que el municipio o ISP (Proveedor de Internet) incentive el desarrollo de infraestructura tecnológica como la fibra óptica XGSPON?

Marca solo un óvalo.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- En desacuerdo
- Prefiero no opinar

Salta a la pregunta 11

BLOQUE III: Aspectos Económicos

Objetivo: Determinar disposición a pagar y percepción del beneficio económico.

11. ¿Cuánto paga actualmente por su servicio de Internet mensual?

Selecciona todas los que correspondan.

- Menos de \$15
- Entre \$15 y \$25
- Entre \$26 y \$40
- Más de \$40

12. ¿Estaría dispuesto a pagar un poco más por un servicio que le brinde mayor estabilidad y velocidad?

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No
- Depende del costo adicional

13. ¿Qué tan prioritario considera que es invertir en tecnología de telecomunicaciones en el cantón Vinces?

Escala de 1 (nada prioritario) a 5 (muy prioritario)

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Anexo 2: Guion de entrevistas a expertos

Entrevista #1

1. ¿Cuáles son las principales diferencias entre una red GPON y una red XGSPON?
2. ¿Cuántos usuarios podría soportar esta tecnología por puerto PON?
3. ¿Cuál es la cantidad recomendable de usuarios por PON para no degradar la capacidad?
4. ¿Qué ventajas tendría ofrecer esta tecnología en la zona urbana de Vinces?
5. ¿Podemos aprovechar esta capacidad también en áreas educativas y médicas?
6. ¿Qué requisitos técnicos necesitamos para implementar XGSPON en una red ya existente?
7. ¿Qué cambios se deberían realizar dentro de la planta interna?
8. ¿Cómo funcionaría la capacidad contratada hacia internet?
9. ¿Cómo se realiza la segmentación de los paquetes en la capacidad del usuario final?
10. ¿Cómo podría beneficiarse económicamente la compañía al implementar XGSPON?
11. ¿Cuál sería el tiempo de vida útil de la infraestructura con esta tecnología?
12. ¿La calidad de los equipos influye en la vida útil de la red?
13. ¿Ha evaluado empresas en Ecuador o Latinoamérica que tengan implementada esta tecnología?
14. ¿Qué desafíos técnicos y lógicos se podrían presentar al adaptar la infraestructura existente?
15. ¿Qué recomendaciones daría para la escalabilidad y sostenibilidad a mediano y largo plazo?
16. ¿Qué características deberían tener los equipos y marcas a nivel de OLT y fibra?
17. ¿Es posible adaptar un chasis existente solo cambiando la tarjeta para soportar la nueva tecnología?

Entrevista #2

1. ¿Qué diferencias considera usted entre la red GPON y la red XGSPON?
2. ¿Cuáles son las ventajas que ofrecería esta tecnología a la zona urbana, en este caso el cantón Vinces?
3. ¿Cuál es la diferencia entre GPON y XGSPON a nivel de infraestructura, tanto en OLT como en ONT?
4. ¿La planta externa se mantendría igual o debe implementarse un cambio?
5. ¿Qué factores económicos influirían en la implementación de la tecnología XGSPON?
6. Si mantengo un chasis de OLT, ¿la inversión sería igual solo cambiando las tarjetas e interfaces SFP?
7. ¿Cuál sería la vida útil promedio de esta infraestructura de planta externa?
8. ¿En qué medida la tecnología y la inversión afectan la durabilidad de la red?
9. ¿Quién se beneficia más en el ámbito social con esta tecnología XGSPON?
10. ¿Qué desafíos técnicos o logísticos podrían presentarse al migrar a XGSPON de 10 Gbps simétricos?
11. ¿Cómo diseñaría un plan para reemplazar ONT de usuarios finales y garantizar que se beneficien de la nueva tecnología?
12. ¿Qué normativas internacionales existen para la implementación de XGSPON, por ejemplo, ITU?
13. ¿Cómo se maneja la regulación de ARCOTEL y MINTEL en Ecuador respecto a fibra óptica y redes XGSPON?
14. ¿Cuáles serían las políticas de planificación para una nueva topología si se implementa desde cero esta tecnología?
15. ¿Qué lineamientos permitirían la coexistencia entre GPON y XGSPON en la misma infraestructura?
16. ¿Cómo recomendaría gestionar la inversión y fidelización de clientes al ofrecer planes de mayor capacidad?
17. Si el presupuesto óptico está elevado, ¿sería mejor un rediseño completo o trabajar sobre la estructura existente?
18. ¿Cómo se realiza un análisis del estado de la red antes de implementar XGSPON?

Anexo 3: Análisis de la encuesta

BLOQUE # 1: ASPECTOS TECNOLOGICOS

1. ¿Qué tipo de conexión a Internet utiliza actualmente en su hogar o negocio?

Tabla. Pregunta N^o 1

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
ADSL	0	0%
Fibra óptica	92	89.3%
Radio Enlace	6	5.8%
Internet Móvil	8	7.8%
Otro	4	3.9%

Fuente: Encuestas realizados a hogares del cantón

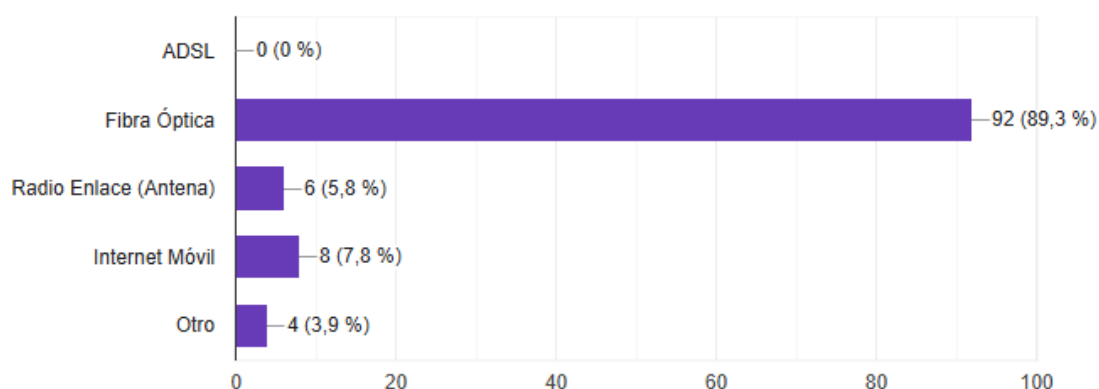


Figura: Pregunta N^o 1

Fuente: Encuestas realizados a hogares del cantón

ANÁLISIS: La gráfica indica que el 89,3 % de las personas encuestadas tiene acceso a internet a través de fibra óptica, mientras que el resto se conecta utilizando otras tecnologías como internet móvil (7,8 %), radio enlace (5,8 %), y en menor medida, otros métodos (3,9 %). Ninguno de los participantes mencionó el uso de ADSL.

INTERPRETACIÓN: Los datos muestran que la fibra óptica se ha convertido en la opción dominante en el cantón, lo que pone de manifiesto un movimiento hacia soluciones más eficientes y con mayor estabilidad. No obstante, una pequeña parte todavía depende de servicios como internet móvil o radio enlace, lo cual puede estar influenciado por aspectos como la ubicación geográfica o la falta de infraestructura en algunas áreas. Esta situación indica que la gran mayoría de los residentes tiene acceso a

internet, lo que favorece la comunicación, el teletrabajo, el acceso a información y entretenimiento, aunque persisten desafíos en cuanto a la cobertura en zonas menos favorecidas.

2. ¿Qué velocidad promedio de descarga recibe según pruebas realizadas?

Tabla. Pregunta Nª 2

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Menor a 20 megas	9	8.7%
Entre 20 y 50 megas	40	38.8%
100 megas	21	20.4%
300 megas	25	24.3%
1 giga	8	7.8%

Fuente: Encuestas realizados a hogares del cantón

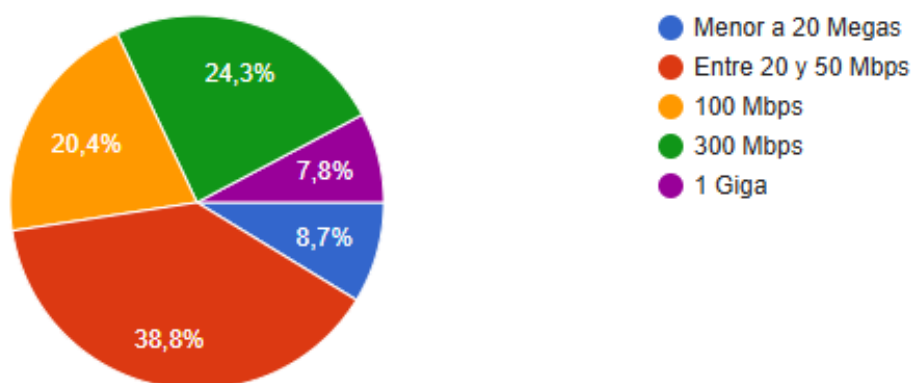


Figura: Pregunta Nª 2

Fuente: Encuestas realizados a hogares del cantón

ANÁLISIS: La figura revela que la mayoría de los encuestados (38,8 %) tiene planes de internet en el rango de 20 a 50 Mbps, seguidos por un 24,3 % que cuenta con 300 Mbps y un 20,4 % con planes de 100 Mbps. En menor medida, el 8,7 % tiene velocidades menores a 20 Mbps, mientras que solo el 7,8 % dispone de un servicio de 1 Gbps.

INTERPRETACIÓN: Los datos indican que la mayoría de los hogares y usuarios en el cantón Vinces todavía utilizan planes de capacidad media (entre 20 y 50 Mbps), evidenciando una inclinación hacia conexiones estables, aunque no necesariamente rápidas. Sin embargo, el aumento en el número de usuarios con planes de 300 Mbps (24,3

%) sugiere una creciente demanda por anchos de banda mayores, posiblemente impulsada por actividades como el teletrabajo, la educación en línea y el consumo de contenido en streaming. El bajo porcentaje de conexiones de 1 Gbps (7,8 %) muestra que la aceptación de planes de ultra alta velocidad aún es temprana, pero supone una oportunidad para la implementación de tecnologías avanzadas como XGSPON en áreas urbanas.

3. ¿Qué tan satisfecho está con la calidad de su servicio de Internet actual? Considerando la Escala de 1 (muy insatisfecho) a 5 (muy satisfecho)

Tabla. Pregunta N^a 3

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
1	2	1.9%
2	6	5.8%
3	35	34%
4	37	35.9%
5	23	22.3%

Fuente: Encuestas realizados a hogares del cantón

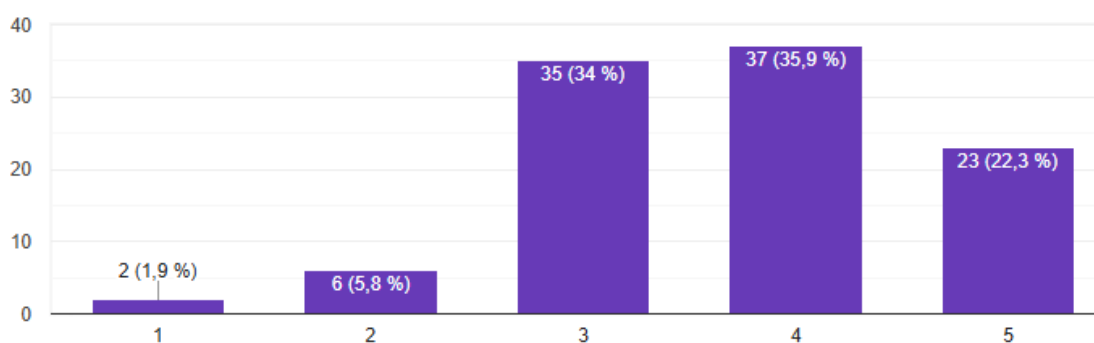


Figura: Pregunta N^o 3

Fuente: Encuestas realizados a hogares del cantón

ANÁLISIS: La señala que el 35,9 % de los encuestados asignó un puntaje de 4 al servicio, mientras que el 34 % lo evaluó con un 3. Por otro lado, el 22,3 % otorgó la mejor calificación (5), mientras que las calificaciones más bajas, como 2 y 1, representaron solo el 5,8 % y el 1,9 % respectivamente.

INTERPRETACIÓN: Los resultados indican que la opinión general de los usuarios sobre el servicio de internet es predominantemente positiva, con una concentración en calificaciones medias y altas (niveles 3, 4 y 5), las cuales en conjunto superan el 90 % de

las respuestas. Esto sugiere que, aunque hay elementos que requieren mejoras, la gran mayoría de los usuarios considera que la calidad del servicio es aceptable o satisfactoria. Las calificaciones más bajas son poco frecuentes, lo que implica que los problemas mencionados son casos aislados y no una tendencia generalizada.

4. ¿Con qué frecuencia experimenta interrupciones en el servicio?

Tabla. Pregunta N° 4

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Diario	2	1.9%
Semanal	6	5.8%
Mensual	35	34%
Ocasionalmente	37	35.9%
Nunca	23	22.3%

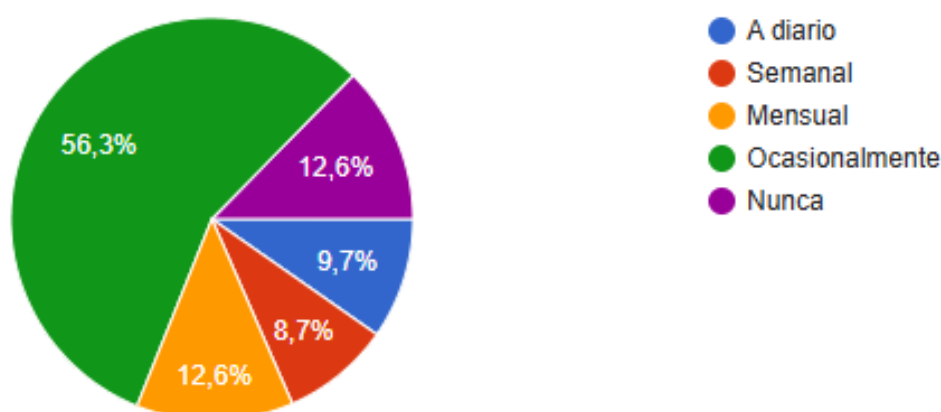


Figura: Pregunta N° 4

Fuente: Encuestas realizados a hogares del cantón

ANÁLISIS: El gráfico indica que la mayoría de los participantes en la encuesta (56,3 %) hacen uso del servicio de manera ocasional. Un 12,6 % reveló que lo emplea con frecuencia mensual y otro 12,6 % comentó que nunca lo utiliza. Asimismo, un 9,7 % declaró que lo utiliza diariamente, mientras que un 8,7 % lo usa cada semana.

INTERPRETACIÓN: Los hallazgos sugieren que el uso del servicio de internet es mayormente ocasional, lo que podría significar que los usuarios no lo consideran esencial y lo ven más como un recurso adicional. La cifra de quienes lo utilizan todos los días o semanalmente es baja (18,4 % en total), lo que indica que este servicio no es clave en su

día a día. En contraste, la cantidad de personas que lo utilizan mensualmente o que nunca lo hacen (25,2 %) muestra que hay un grupo considerable que interactúa poco con el servicio, lo cual puede deberse a factores como su disponibilidad, facilidad de acceso o una percepción de necesidad limitada de conexión.

5. ¿Estaría dispuesto a cambiar a una red con mayor velocidad simétrica (hasta 10 Gbps) como XGSPON?

Tabla. Pregunta N° 5

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Si	58	56.3%
No	9	8.7%
Tal vez	40	38.8%

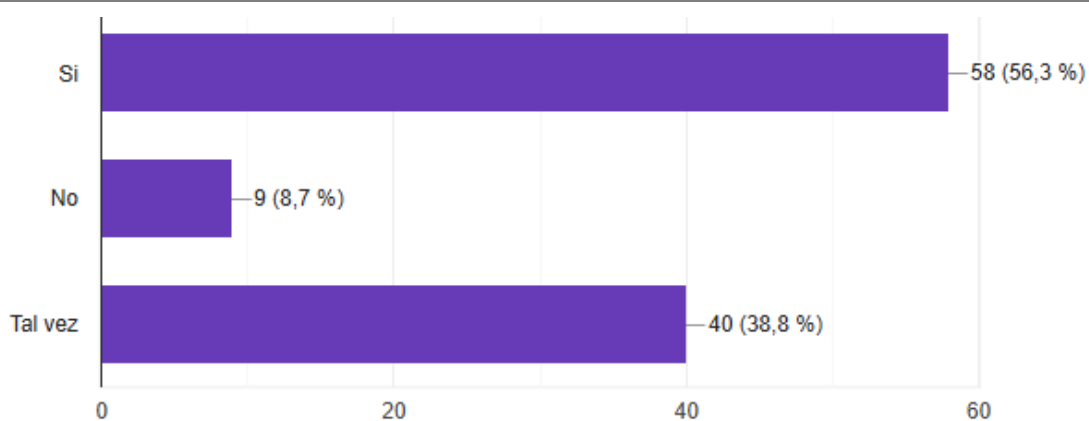


Figura: Pregunta N° 5

Fuente: Encuestas realizados a hogares del cantón

ANÁLISIS: La figura revela que más de la mitad de quienes respondieron a la encuesta (56,3 %) contestaron afirmativamente, lo que sugiere una actitud positiva hacia la pregunta formulada. Un 38,8 % optó por la respuesta tal vez, lo que muestra una postura intermedia de duda. Por otro lado, solo un 8,7 % contestó negativamente, siendo este el porcentaje más bajo observado.

INTERPRETACIÓN: Los resultados indican que hay una inclinación favorable hacia la aceptación del servicio o la propuesta analizada, dado que la mayoría de los consultados se mostraron positivos. El hecho de que casi el 40 % de la gente eligiera la opción tal vez sugiere que hay un grupo considerable que sigue en la duda, lo que presenta una oportunidad para mejorar la confianza y explicar mejor los beneficios. Por último, el bajo

porcentaje de respuestas negativas (8,7 %) indica que la resistencia al cambio es mínima, y no representa un obstáculo significativo.

BLOQUE # 2: ASPECTOS SOCIALES

6. ¿Para qué fines utiliza principalmente Internet?

Tabla. Pregunta Nª 6

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Educación Virtual	43	41.7%
Trabajo remoto	25	24.3%
Emprendimiento	14	13.6%
Videollamadas	11	10.7%
Servicios bancarios y tramites en línea	10	9.7%

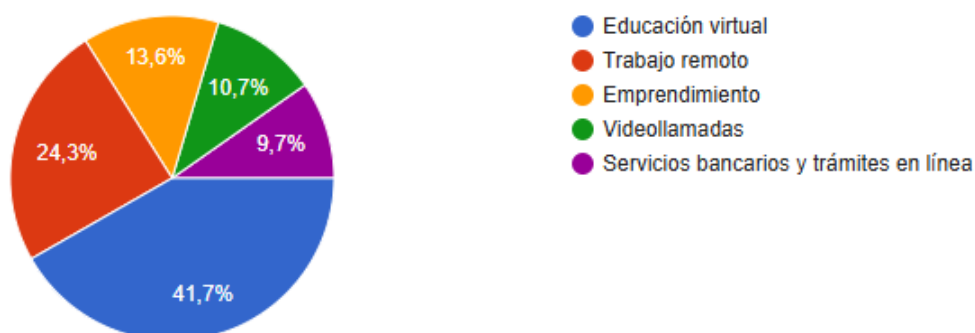


Figura: Pregunta Nª 6

Fuente: Encuestas realizados a hogares del cantón

ANÁLISIS: La figura refleja que la principal razón por la que los encuestados utilizan internet es para la educación en línea (41,7 %), seguido del trabajo remoto (24,3 %). En menor proporción, un 13,6 % mencionó que lo usa para emprendimientos, mientras que un 10,7 % lo utiliza principalmente para videoconferencias. Por último, un 9,7 % comentó que emplea internet para realizar operaciones bancarias y trámites digitales.

INTERPRETACIÓN: Los resultados muestran que la red se ha transformado en una herramienta crucial para la educación y el trabajo, dado que más del 66 % de las personas encuestadas la utilizan principalmente para la enseñanza en línea y el teletrabajo. Esto señala que la conectividad tiene un papel fundamental en la continuidad de la formación y en la adaptación a las modalidades de trabajo desde casa. El emprendimiento tiene una

posición intermedia, lo que plantea que hay un grupo de usuarios que utilizan la red como una vía para obtener ingresos o llevar a cabo sus proyectos personales. Por otro lado, actividades como las videoconferencias y los trámites en línea tienen un impacto menor, aunque siguen siendo significativas en el día a día digital, ya que representan en conjunto el 20,4 %. En términos generales, se observa que la población encuestada ve el internet como un pilar esencial para su desarrollo en educación, empleo y productividad.

7. ¿Considera que la falta de buen Internet ha afectado negativamente su educación, trabajo o emprendimiento?

Tabla. Pregunta N^a 7

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Si	77	74.8%
No	24	23.3%
Otro	2	2%

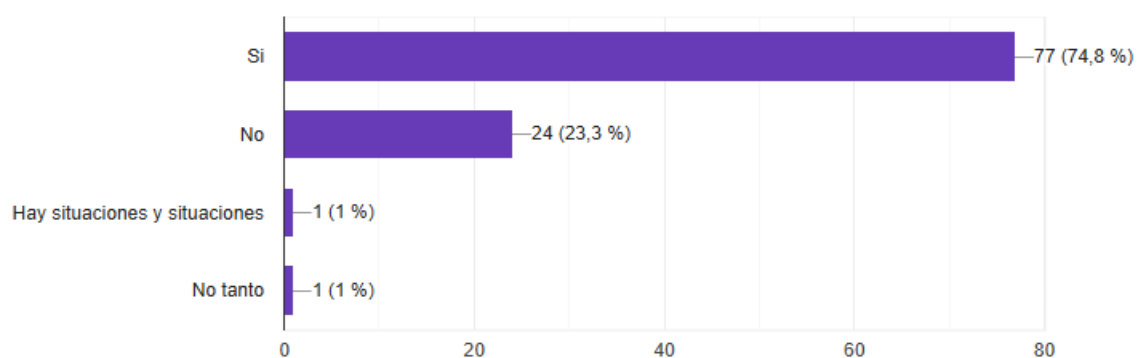


Figura: Pregunta N^o 7

Fuente: Encuesta realizados a hogares del cantón

ANÁLISIS: La figura muestra que gran parte de los participantes en la encuesta respondió de forma positiva (74,8 %), mientras que algo menos de una cuarta parte (23,3 %) dio una respuesta negativa. Solo un 2 % adicional proporcionó respuestas intermedias en la sección Otra, como “Hay situaciones y situaciones” y “No tanto”.

INTERPRETACIÓN: Los resultados muestran una clara inclinación hacia una respuesta positiva a la afirmación planteada, puesto que tres de cada cuatro encuestados expresaron su acuerdo. Esto revela que la percepción general entre los participantes es principalmente favorable. La pequeña minoría que contestó “No” representa un número considerable (casi una cuarta parte), lo que insinúa que aún hay una variedad de opiniones o experiencias distintas. Por último, las respuestas marginales (“Hay situaciones y

situaciones” y “No tanto”) indican que, para una pequeña porción de los encuestados, la respuesta puede variar según el contexto o no ser tan definitiva.

8. ¿Considera que la falta de buen Internet ha afectado negativamente su educación, trabajo o emprendimiento?

Tabla. Pregunta N° 8

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Alto	61	59.2%
Moderado	41	39.8%
Bajo	0	0%
Ninguno	1	1%

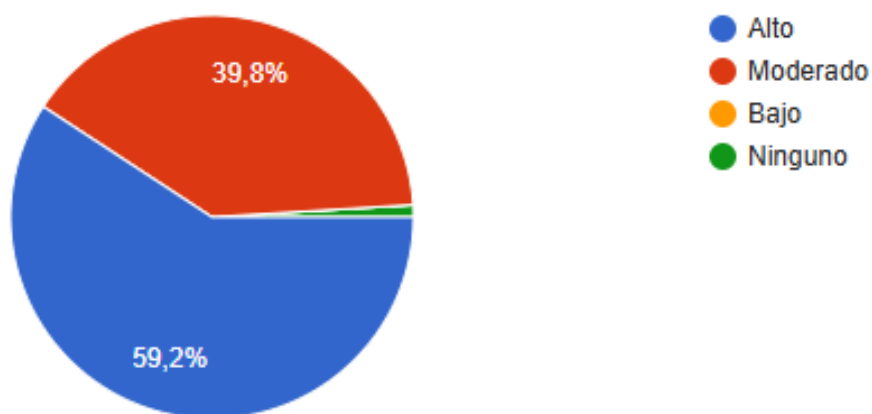


Figura: Pregunta N° 8

Fuente: Encuestas realizados a hogares del cantón

ANÁLISIS: La mayoría de los encuestados mostró un nivel Alto (59,2 %), seguido por aquellos que reportaron un nivel Moderado (39,8 %). Por otro lado, una fracción muy reducida indicó no tener ninguno (1 %) y no hubo respuestas en la categoría Bajo.

INTERPRETACIÓN: Los resultados ilustran una clara inclinación hacia niveles altos y moderados, que en conjunto abarcan casi todos los encuestados (99 %). Esto sugiere que la percepción o experiencia sobre el tema evaluado se localiza en rangos positivos o satisfactorios. La ausencia de respuestas en la categoría “Bajo” y el escaso porcentaje en “Ninguno” refuerzan la idea de que la mayoría de los participantes reconoce una presencia notable del fenómeno en cuestión.

9. ¿Estaría de acuerdo con que el municipio o ISP (Proveedor de Internet) incentive el desarrollo de infraestructura tecnológica como la fibra óptica XGSPON?

Tabla. Pregunta N° 9

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	66	64.1%
De acuerdo	28	27.2%
En desacuerdo	1	1%
Prefiero no opinar	8	7.8%

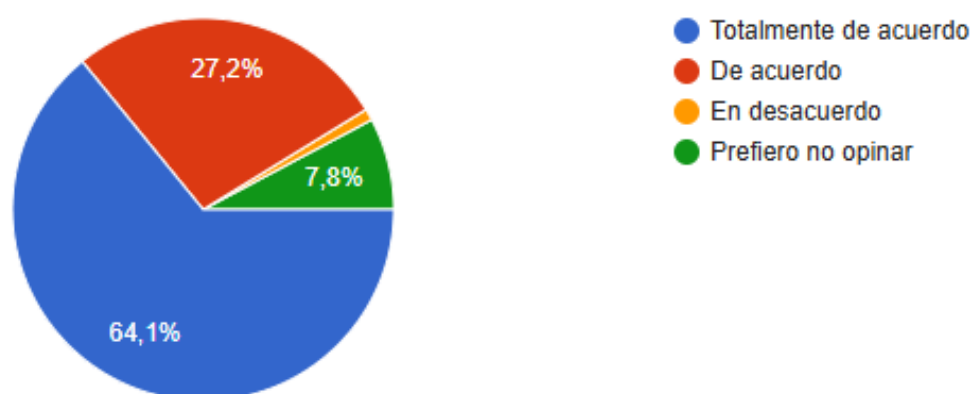


Figura: Pregunta N° 9

Fuente: Encuestas realizados a hogares del cantón

ANÁLISIS: La mayoría de los encuestados se mostró completamente de acuerdo (64,1 %), seguido por un 27,2 % que expresó estar de acuerdo. En menor medida, el 7,8 % eligió no opinar, mientras que solamente el 1 % manifestó estar en desacuerdo.

INTERPRETACIÓN: Los resultados reflejan una gran aceptación, ya que más de nueve de cada diez participantes (91,3 %) coincidieron en estar de acuerdo o completamente de acuerdo con la afirmación planteada. Esto demuestra un amplio consenso positivo dentro del grupo encuestado. La baja proporción de respuestas en desacuerdo y el porcentaje moderado que prefirió no pronunciarse insinúan que existe un bajo nivel de vacilaciones o de opiniones contrarias, sin que esto afecte la tendencia general hacia la aprobación.

BLOQUE # 3: ASPECTOS ECONÓMICO

10. ¿Cuánto paga actualmente por su servicio de Internet mensual?

Tabla. Pregunta N° 10

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Menos de \$15	2	1.9%
Entre \$15 y \$25	71	68.9%
Entre \$26 y \$40	31	30.1%
Más de \$40	1	1%

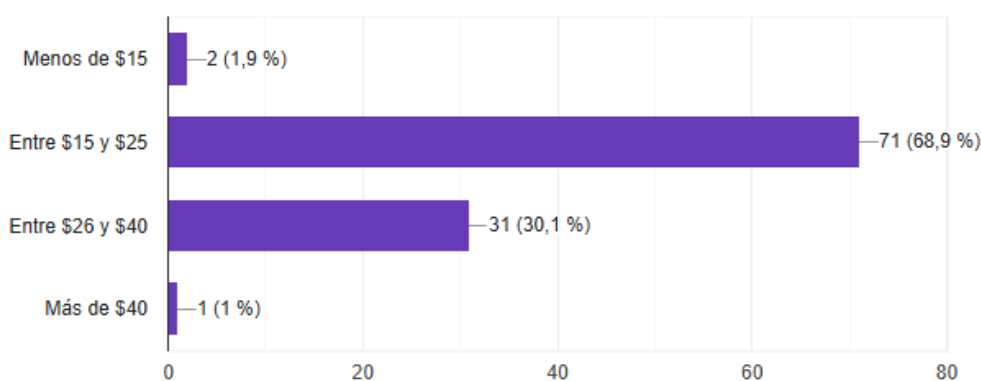


Figura: Pregunta N° 10

Fuente: Encuestas realizados a hogares del cantón

ANÁLISIS: La mayor parte de los encuestados indicó que su gasto mensual en internet se sitúa entre \$15 y \$25 (68,9 %), seguido por un 30,1 % que destina entre \$26 y \$40. En menor cantidad, un 1,9 % gasta menos de \$15, y apenas un 1 % señaló que gasta más de \$40.

INTERPRETACIÓN: Los resultados indican que la mayoría de los gastos se sitúan entre \$15 y \$25, sugiriendo que estos precios son razonables para la mayoría de las personas. Un segundo grupo significativo (30,1 %) corresponde a aquellos que realizan un gasto superior, lo que podría relacionarse con opciones que ofrecen mayor velocidad o estabilidad. Los porcentajes más bajos en los extremos indican que los gastos muy bajos o excesivamente altos son inusuales.

11. ¿Estaría dispuesto a pagar un poco más por un servicio que le brinde mayor estabilidad y velocidad?

Tabla. Pregunta N° 11

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Si	46	44.7%
No	5	4.9%
Depende del costo adicional	52	50.5%

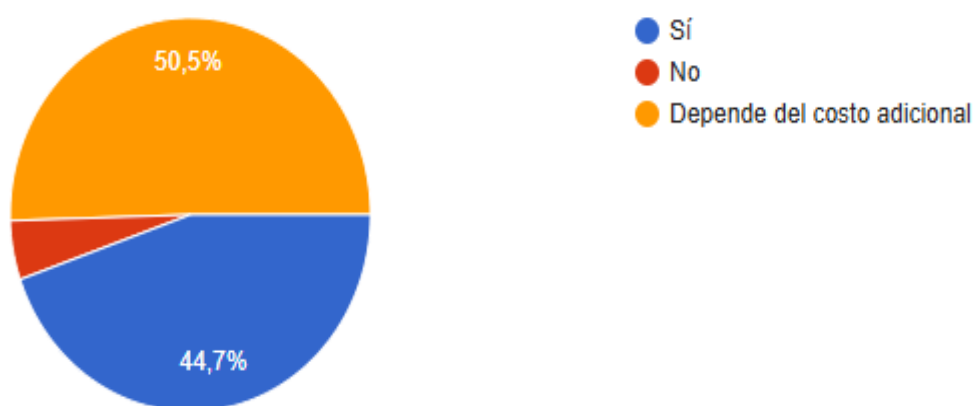


Figura: Pregunta N° 11

Fuente: Encuestas realizados a hogares del cantón

ANÁLISIS: Cerca de la mitad de los participantes en la encuesta (50,5 %) expresó que su decisión dependería del costo adicional. El 44,7 % mostró disposición a asumir ese costo, mientras que solo un 4,9 % manifestó que no lo haría.

INTERPRETACIÓN: Los resultados demuestran que la voluntad de pagar está considerablemente afectada por el monto del costo extra, evidenciando una sensibilidad económica ante aumentos. El alto número de respuestas positivas también sugiere una receptividad hacia los beneficios ofrecidos, mientras que las respuestas negativas son escasas. Esto implica que un cambio razonable en el precio podría ser bien recibido.

12. ¿Qué tan prioritario considera que es invertir en tecnología de telecomunicaciones en el cantón Vinces?

Considerando la *Escala de 1 (nada prioritario) a 5 (muy prioritario)*

Tabla. Pregunta N° 13

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
1	6	5.8%
2	3	2.9%
3	16	15.5%
4	30	29.1%
5	48	46.6%

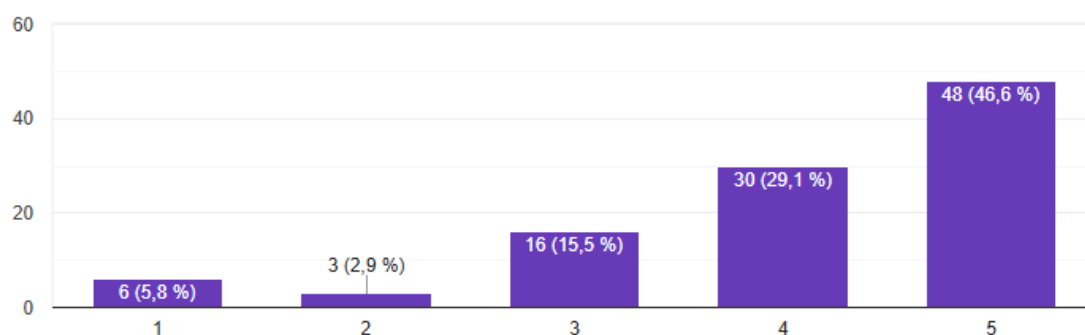


Figura: Pregunta N° 13

Fuente: Encuestas realizados a hogares del cantón

ANÁLISIS: La mayor parte de los encuestados (46,6 %) otorgó la puntuación más alta (5) en cuanto a su satisfacción, seguida de un 29,1 % que calificó con un 4. En total, más de tres cuartas partes de los encuestados se encuentran dentro de los niveles altos de satisfacción (4 y 5). En contraste, un 15,5 % eligió la calificación de 3, mientras que los puntajes bajos (1 y 2) representan solo un 8,7 %.

INTERPRETACIÓN: Los resultados muestran que hay un alto nivel de satisfacción general, ya que la mayoría otorgó calificaciones positivas (4 o 5). Esto sugiere que, en términos generales, los encuestados consideran que el servicio o la experiencia evaluada cumplen con sus expectativas. La pequeña cantidad de puntuaciones negativas refuerza una percepción positiva, aunque el 15,5 % en la escala media (3) indica que todavía hay oportunidades para mejorar.

Anexo 4: Entrevista y enlace a Expertos en redes FTTH y tecnologías XGSPON

Entrevista #1: <https://youtu.be/MirM6nOMOIQ>

Entrevista #2: <https://youtu.be/QkRFw58sb3E>

Tipo de instrumento: Entrevista semiestructurada

Objetivo: Analizar la factibilidad técnica y ventajas de implementar una red XGSPON en la zona urbana de Vinces.

Entrevistado #1: Lcdo. Iván Sánchez Monar

Duración: 13 minutos ver **Anexo 4**

Es profesional en el área de Networking y Telecomunicaciones con más de 20 años de experiencia en el campo laboral. Desempeñando funciones como jefe de planta externa, jefe de Networking, Asesor de Redes entre otros cargos. Actualmente es presidente de la empresa RIMTEL S.A.S. dedicada al área de las telecomunicaciones en Ecuador, brindando Soluciones de Conectividad, Internet, Ventas de dominio y hosting, Cableado estructurado, centrales telefónicas IP, venta de computadores portátiles, entre otros servicios, proporciona adicionales servicios a diferentes empresas en despliegue IPv6, redes FTTH, entre otras funciones.

El entrevistado explico que la principal diferencia entre las redes GPON y XGSPON es el ancho de banda. Mientras GPON maneja velocidades de 1.25 Gbps, la tecnología XGSPON puede alcanzar hasta 10 Gbps de manera simétrica, esta característica de XGSPON permite ofrecer mayor capacidad y estabilidad en servicios de altas demandas. También reitero sobre la capacidad y dimensionamiento por puerto PON donde la recomendación es usar el mínimo entre 200 a 225 usuarios, para evitar la degradación del servicio.

El especialista resalto que la adopción de XGSPIN representa una venta técnica y comercial significativa, tanto para proveedores por mejorar la eficiencia y capacidad de la red, sino también para los usuarios finales donde evaluaran el incremento de velocidad y calidad del servicio beneficiando a sectores como educación, salud y entretenimiento.

Dentro de los requisitos para realizar una migración de tecnología sugiere como punto inicial evaluar el estado de la red planta externa y en planta interna realizar actualizaciones de componentes como OLT que soporten la tecnología con sus respectivas

tarjetas y módulos SFP. Adicional también la capacidad contratada al Carrier sea coherente para ofertar nuevos planes de internet, evitando así cuellos de botella en la red.

El beneficio económico se percibe a mediano y largo plazo, dada que la inversión es alta, pero compensa con mayor durabilidad y menor mantenimiento, según el entrevistado la vida útil de los componentes activos es de aproximadamente 5 años y la red pasiva dependiendo de la calidad del material puede tener una duración de hasta 25 años.

En Ecuador, actualmente son pocas empresas que han implementado redes con tecnología XGSPON, a nivel internacional en ciudades avanzadas como China, Japón, Estados Unidos registran implementaciones más avanzadas a nivel de la tecnología PON.

En conclusión, la entrevista confirma que la tecnología XGSPON es técnica y económicamente factible para la zona urbana de Vinces, debido a que su implementación permitirá mayores velocidades, mejor aprovechamiento del ancho de banda y escalabilidad futura, siempre garantizando la calidad de los componentes, una correcta planificación del tráfico y una adecuada capacidad contratada hacia Internet.



Entrevista con Especialista redes PON y Networking

Fuente: Elaboración propia

Entrevistado #2: Ing. José Nunes Gonzales

Objetivo: Obtener una visión técnica y profesional sobre la factibilidad, beneficios, limitaciones y requerimientos para la implementación de la tecnología XGSPON en la zona urbana del cantón Vinces, considerando estándares internacionales y normativa nacional vigente.

Duración: 19 minutos ver **Anexo 4**

Ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, se dedica al área de implementación de redes FTTH, tengo aproximadamente ya unos 10 años de experiencia en este segmento del mercado, en las telecomunicaciones. Actualmente es propietario de la empresa FiberLab que se encarga de proporcionar asesorías sobre redes FTTx e implementación de sistema digitales de TV. Adicional brinda soporte técnico de empalmadoras de fibra, equipos de reflectometría y medidores de potencia óptica.

Dentro de los temas abordados el entrevistado indico que Ecuador ha avanzado en la implementación de redes ópticas, sin embargo, aún existen limitaciones en cobertura, capacidad y actualización de tecnología en zonas rurales. Destacando la importancia de implementar la tecnología XGSPON, donde se garantizará una mayor eficiencia y capacidad simétrica para servicios de alta demanda. Con respecto a la infraestructura es importante contar con una red troncal robusta y documentada, con un presupuesto óptico que soporte la capacidad a implementar, así como la necesidad de nodos con OLT y ONT compatibles con el estándar ITU-T G.9807.1.

El experto hizo referencia a las recomendaciones de la ITU, que establece parámetros técnicos, de seguridad y calidad del servicio, mientras que la regulación nacional del MINTEL y ARCOTEL, que establece las normativas del uso de infraestructura y bienestar del abonado.

Según el entrevistado, aunque inicialmente la inversión puede ser mayor, el costo del usuario disminuye a mediano plazo debido a la densidad de abonados y la durabilidad de la infraestructura, resalto también que la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto dependerá del estudio de demanda, la planificación de cobertura y la correcta elección de materiales. Adicional también recomendó realizar una evaluación de la red existente, y asegurar la capacitación técnica del personal, también implementar un plan de mantenimiento preventivo para optimizar la vida útil de los componentes.

Como conclusión la entrevista permitió validar la pertinencia técnica y económica de la implementación de la red con tecnología XGSPON, confirmando que representa una solución de alta capacidad y escalabilidad, alineado con los estándares internacionales y las necesidades actuales de la conectividad en la zona urbana de Vinces.



Entrevista con Especialista redes PON y Networking

Fuente: Elaboración propia