

# **Plataforma de gestión de red para pequeños ISP**

Alexis Jaramillo Martínez

Felipe Velasco Sánchez

Universidad ICESI

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Telemática

Cali

2025

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	2
RESUMEN .....	3
ABSTRACT.....	4
LISTA DE ACRÓNIMOS .....	5
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	6
MOTIVACIÓN Y ANTECEDENTES .....	7
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	9
RESTRICCIONES.....	11
OBJETIVOS.....	12
MARCO TEÓRICO.....	14
ESTADO DEL ARTE.....	16
METODOLOGÍA.....	22
ANÁLISIS DE RIESGOS Y LIMITACIONES .....	26
CRONOGRAMA DEL ANTEPROYECTO.....	27
PRESUPUESTO .....	34
CONTRIBUCIÓN Y RESULTADOS DEL PROYECTO DE GRADO .....	35
RESULTADOS Y ENTREGABLES.....	37
ANEXOS.....	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40

## **RESUMEN**

El presente proyecto aborda la problemática de la gestión de red en Pequeños Proveedores de Servicios de Internet (ISP) en el Valle del Cauca, quienes, a pesar de su rol crucial en la expansión de la conectividad, a menudo carecen de herramientas adecuadas para monitorear y administrar eficientemente su infraestructura. Partiendo del adagio "Lo que no se mide, no se controla", se evidencia la necesidad de plataformas de gestión accesibles y adaptadas a la escala de estos operadores. El objetivo general es diseñar e implementar una plataforma de gestión de red basada en herramientas de código abierto, que permita optimizar la operación y mejorar la calidad del servicio de estos pequeños ISP. La metodología comprende la caracterización de la infraestructura tecnológica y prácticas de gestión actuales en ISP locales, el análisis comparativo de soluciones de monitoreo open-source (como Zabbix, Nagios, LibreNMS, OpenNMS), la definición de requerimientos específicos, y el diseño y desarrollo de un prototipo funcional. Se espera que este proyecto entregue una solución validada que contribuya a mejorar la eficiencia operativa, la capacidad de diagnóstico y la calidad del servicio ofrecido por los pequeños ISP de la región, fortaleciendo así su competitividad y sostenibilidad.

## **ABSTRACT**

This project addresses the network management challenges faced by Small Internet Service Providers (ISPs) in Valle del Cauca, who, despite their crucial role in expanding connectivity, often lack adequate tools to efficiently monitor and manage their infrastructure. Based on the adage "What is not measured, cannot be controlled," the need for accessible management platforms tailored to the scale of these operators is evident. The general objective is to design and implement an open-source-based network management platform to optimize operations and improve service quality for these small ISPs. The methodology includes characterizing the current technological infrastructure and management practices of local ISPs, comparative analysis of open-source monitoring solutions (such as Zabbix, Nagios, LibreNMS, OpenNMS), defining specific requirements, and designing and developing a functional prototype. This project is expected to deliver a validated solution that helps enhance operational efficiency, diagnostic capabilities, and the quality of service offered by small ISPs in the region, thereby strengthening their competitiveness and sustainability.

## **LISTA DE ACRÓNIMOS**

**EPON:** Red Óptica Pasiva Ethernet (Ethernet Passive Optical Network)

**GPON:** Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (Gigabit Passive Optical Network)

**HTTP:** Protocolo de Transferencia de Hipertexto (Hypertext Transfer Protocol)

**ICMP:** Protocolo de Mensajes de Control de Internet (Internet Control Message Protocol)

**ISP:** Proveedor de Servicios de Internet (Internet Service Provider)

**ISO:** Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization)

**LAN:** Red de Área Local (Local Area Network)

**OLT:** Terminal de Línea Óptica (Optical Line Terminal)

**ONT:** Terminal de Red Óptica (Optical Network Terminal)

**ONU:** Unidad de Red Óptica (Optical Network Unit)

**SMTP:** Protocolo Simple de Transferencia de Correo (Simple Mail Transfer Protocol)

**SNMP:** Protocolo Simple de Administración de Red (Simple Network Management Protocol)

**WISP:** Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico (Wireless Internet Service Provider)

**XPON:** Red Óptica Pasiva (Término genérico para GPON/EPON)

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**Ancho de banda:** Capacidad máxima de transferencia de datos de una conexión de red en un período determinado.

**Fibra Óptica:** Medio de transmisión que utiliza hilos delgados de vidrio o plástico para enviar datos mediante pulsos de luz.

**GPON/EPON:** Tecnologías de Red Óptica Pasiva utilizadas para llevar fibra óptica hasta el hogar (FTTH), difieren en los protocolos que utilizan (ATM/GEM para GPON, Ethernet para EPON).

**OLT (Terminal de Línea Óptica):** Equipo ubicado en la central del proveedor que termina las señales de fibra óptica de los usuarios en una red PON.

**ONT/ONU (Terminal/Unidad de Red Óptica):** Equipo ubicado en las instalaciones del cliente que convierte la señal óptica de la fibra en señales eléctricas para los dispositivos del usuario.

**Router:** Dispositivo que dirige el tráfico de paquetes de datos entre diferentes redes o segmentos de red.

**Switch:** Dispositivo que conecta múltiples dispositivos en una red local (LAN) y reenvía datos solo al puerto del destinatario previsto.

## **MOTIVACIÓN Y ANTECEDENTES**

### **Contexto**

El acceso a Internet hoy en día es una necesidad fundamental en la sociedad. En la región del Valle del Cauca, y específicamente en Cali, los Pequeños Proveedores de Servicios de Internet (ISP) desempeñan un papel crucial en la conectividad, principalmente de comunidades marginadas, ofreciendo alternativas a las grandes corporaciones de telecomunicaciones. Estos ISP, que pueden atender desde 200 hasta más de 1.000 usuarios dependiendo de la densidad poblacional y cobertura geográfica, enfrentan el desafío constante de garantizar un servicio de calidad en un entorno competitivo y tecnológicamente dinámico. La viabilidad y crecimiento de estos pequeños operadores dependen en gran medida de su capacidad para gestionar eficientemente su infraestructura de red.

### **Antecedentes del problema**

El principio fundamental "Lo que no se mide, no se controla" es especialmente pertinente en el ámbito de la gestión de redes de telecomunicaciones. Antiguamente, las herramientas de gestión de red robustas han estado asociadas a grandes inversiones, fuera del alcance de muchos pequeños ISP que operan con recursos limitados, ya sean económicos o de personal para la gestión de red. Si bien existen prácticas de gestión como la documentación manual, el monitoreo básico y la planificación reactiva, estas resultan insuficientes para abordar la complejidad creciente de las redes y las expectativas de los usuarios en cuanto a disponibilidad y rendimiento. Si bien existen alternativas de bajo costo, el problema radica en la dificultad de instalación y gestión de estas plataformas.

### **Justificación**

La implementación de una plataforma de gestión de red adecuada es vital para la sostenibilidad y el crecimiento de los pequeños ISP en el Valle del Cauca. Contar con herramientas que permitan medir, monitorear y controlar la red en tiempo real no solo mejora la calidad del servicio ofrecido, sino que también optimiza la utilización de recursos, reduce los tiempos de inactividad y facilita la toma de decisiones estratégicas para la expansión de la cobertura y la adopción de nuevas tecnologías. Este proyecto es pertinente porque aborda una necesidad concreta de un sector clave para la conectividad regional, proponiendo una solución basada en herramientas de código abierto, lo cual la hace potencialmente más accesible y adaptable a las restricciones económicas de los pequeños operadores. La relevancia del proyecto radica en su potencial para fortalecer la capacidad operativa de estos ISP, permitiéndoles competir de manera más efectiva y contribuir significativamente a cerrar la brecha digital en la región, alineándose con las políticas nacionales de expansión de TICs (MinTIC). Además, el desarrollo de este proyecto aporta a la formación de los ingenieros en áreas críticas como la gestión de redes, el análisis de sistemas y la implementación de soluciones tecnológicas costo-efectivas.

## **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

### **Identificación del problema**

En Colombia, una empresa proveedora de servicios de internet (ISP) se considera pequeña cuando cuenta con menos de 30.000 usuarios fijos. Para el tercer trimestre de 2024, se encontraban registrados 1.148 ISP con menos de 10.000 accesos fijos a internet (ColombiaTIC, 2025). Esto indica que el 97 % de los ISP en el país son considerados pequeños, y desempeñan un papel clave en el desarrollo tecnológico, al brindar conectividad a comunidades rurales y zonas remotas. Su presencia permite reducir la brecha digital, facilitar procesos educativos y productivos en regiones apartadas, y contribuir a la inclusión digital.

Los pequeños Proveedores de Servicios de Internet (ISP) en Cali y el Valle del Cauca enfrentan múltiples desafíos operativos derivados de la ausencia de plataformas de gestión de red integradas y asequibles. Las causas principales de esta situación incluyen: el alto costo de las soluciones de gestión de red comerciales, que exceden los presupuestos de muchos pequeños operadores; la complejidad inherente a la configuración y mantenimiento de algunas herramientas de gestión, incluso las de código abierto, requiriendo personal especializado del que normalmente carecen; la diversidad de los equipos de red utilizados (diferentes fabricantes y modelos como MikroTik, Cisco, Huawei, Ubiquiti), lo que dificulta la monitorización unificada; y la falta de metodologías estandarizadas y proactivas para la gestión dentro de estas organizaciones.

Los efectos de esta carencia son: dificultad para detectar problemas de red de forma proactiva, resultando en tiempos de respuesta lentos ante fallos y degradación del servicio; ineficiencia en la utilización de los recursos de red (ancho de banda, capacidad de equipos); obstáculos para

planificar adecuadamente el crecimiento y la actualización de la infraestructura; mayor carga de trabajo manual para el personal técnico en tareas de diagnóstico y resolución de problemas; y una percepción de menor calidad de servicio por parte de los usuarios finales, afectando la retención de clientes y la competitividad frente a operadores más grandes.

### **Formulación del problema**

Los pequeños Proveedores de Servicios de Internet (ISP) en la región del Valle del Cauca necesitan acceso a plataformas de gestión de red que sean simultáneamente robustas, asequibles y adaptadas a sus necesidades operativas y a la diversidad de su infraestructura tecnológica. La falta de una herramienta completa que integre estos requerimientos limita severamente su capacidad para monitorear el rendimiento en tiempo real, gestionar configuraciones de manera eficiente, diagnosticar y resolver problemas proactivamente, y planificar el crecimiento de su red, comprometiendo la calidad del servicio ofrecido y su sostenibilidad en el mercado.

## RESTRICCIONES

### Restricciones

- **Acceso a datos reales:** La validación del prototipo puede estar limitada por la disponibilidad y el permiso de pequeños ISP locales para integrar la plataforma en un entorno real, aunque sea de forma controlada o con datos simulados representativos. Para la primera implementación vamos a hacerla en el laboratorio de la universidad.
- **Diversidad de Equipos:** La plataforma deberá ser flexible, pero podría no soportar de forma nativa todos los modelos específicos de hardware encontrados en todos los pequeños ISP sin configuración o desarrollo adicional.
- **Recursos del Proyecto:** El desarrollo estará limitado por el tiempo (aproximadamente 8 meses) y los recursos humanos (dos estudiantes) disponibles para el proyecto de grado.
- **Dependencia Open Source:** La funcionalidad y el soporte a largo plazo dependen de la comunidad de desarrollo de la herramienta de código abierto seleccionada.
- **Escalabilidad:** Aunque se buscará una solución escalable, la plataforma inicial podría tener limitaciones para redes que experimenten un crecimiento exponencial muy rápido sin ajustes posteriores.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Implementar un prototipo funcional de una plataforma de gestión de red unificada, basada en herramientas de código abierto, para optimizar las operaciones de monitoreo y gestión de red de los pequeños Proveedores de Servicios de Internet (ISP) del Valle del Cauca.

### **Objetivos específicos**

1. Identificar y caracterizar la infraestructura tecnológica (equipos de red, topologías) y las prácticas actuales de gestión y monitoreo empleadas por pequeños ISP representativos en Cali y el Valle del Cauca.
2. Evaluar y comparar diferentes plataformas de gestión de red de código abierto (incluyendo Zabbix, Nagios, LibreNMS, OpenNMS, Openwisp, Observium) en función de criterios relevantes para pequeños ISP, como facilidad de uso, escalabilidad, compatibilidad de hardware, comunidad de soporte y costo total de propiedad.
3. Definir los requisitos funcionales, no funcionales y técnicos detallados para la plataforma de gestión de red, considerando las necesidades específicas y las restricciones de los pequeños ISP de la región.
4. Implementar un prototipo funcional utilizando la herramienta de código abierto seleccionada, configurando el monitoreo de dispositivos y servicios clave representativos de un pequeño ISP.
5. Validar la funcionalidad básica del prototipo de la plataforma de gestión de red en un entorno controlado o simulado, verificando su capacidad para cumplir con los requisitos definidos.



## MARCO TEÓRICO

La gestión de redes es una disciplina fundamental en las telecomunicaciones, cuyo objetivo es asegurar que los recursos de red operen de manera eficiente y cumplan con los niveles de servicio requeridos. El modelo estándar de gestión de redes de ISO, conocido como **FCAPS**, define cinco áreas funcionales clave: Gestión de Fallos (Fault Management), Configuración (Configuration Management), Contabilidad (Accounting Management), Rendimiento (Performance Management) y Seguridad (Security Management). Este proyecto se centrará en las áreas de Fallos y Rendimiento, con aspectos de Configuración.

El **Protocolo Simple de Administración de Red (SNMP)** es el estándar de facto para la gestión de dispositivos en redes IP. Permite a los administradores consultar y configurar dispositivos de red (routers, switches, servidores) a través de un sistema de Agentes (en los dispositivos gestionados) y un Gestor (la plataforma de monitoreo). SNMP utiliza una Base de Información de Gestión (MIB - Management Information Base), que es una estructura jerárquica que define las variables (objetos) que pueden ser gestionadas en un dispositivo. Versiones comunes incluyen SNMPv1, SNMPv2c y SNMPv3. El **Protocolo de Mensajes de Control de Internet (ICMP)**, aunque no es estrictamente un protocolo de gestión, es crucial para verificar la conectividad y medir la latencia básica (e.g., mediante ping).

El **monitoreo de red** implica la recolección continua de datos sobre el estado y rendimiento de la red. Los **Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs)** para un ISP incluyen:

- **Latencia:** Tiempo de ida y vuelta de los paquetes.
- **Jitter:** Variación en la latencia.
- **Pérdida de paquetes:** Porcentaje de paquetes que no llegan a su destino.
- **Ancho de banda utilizado:** Consumo actual frente a la capacidad total.

- **Disponibilidad del servicio:** Tiempo que el servicio está operativo (uptime).
- **Uso de CPU y memoria:** En routers, switches y servidores clave.

La infraestructura típica de un pequeño ISP incluye:

- **Infraestructura Central:** Routers de core (como MikroTik CCR, Cisco), switches de agregación (MikroTik CRS, Cisco Catalyst).
- **Transporte:** Redes de Fibra Óptica utilizando tecnologías **PON (Passive Optical Network)** como **GPON** (ITU-T G.984). Requiere **OLTs** en la central y **ONTs/ONUs** en casa del cliente. Alternativamente, redes inalámbricas con **Puntos de Acceso** (Ubiquiti UniFi, Aruba Instant On) o enlaces punto a punto/multipunto (WISP).
- **Equipos en Cliente:** Routers domésticos (MikroTik hAP, TP-Link, etc.) o la propia ONT si integra funcionalidad de router/WiFi.

Las **plataformas de gestión de red (NMS - Network Management Systems)** integran diversas herramientas para monitorizar y gestionar la infraestructura. Las soluciones de **código abierto (Open Source)**, licenciadas bajo modelos como GPL, ofrecen alternativas flexibles y de bajo costo inicial a las soluciones comerciales. Herramientas como Zabbix, Nagios, LibreNMS y OpenNMS son ejemplos prominentes que utilizan protocolos como SNMP, ICMP, y agentes específicos para recopilar datos.

Finalmente, es relevante considerar las normativas colombianas emitidas por el **MinTIC** y la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) que puedan aplicar a la calidad del servicio y la gestión de redes de los ISP.

## ESTADO DEL ARTE

La gestión de redes para Proveedores de Servicios de Internet (ISP) ha sido abordada tanto por soluciones comerciales como por herramientas de código abierto. Las soluciones comerciales, como SolarWinds Network Performance Monitor, PRTG Network Monitor, o Cisco Prime Infrastructure, ofrecen conjuntos de características muy completos, soporte técnico dedicado e interfaces pulidas. Sin embargo, sus modelos de licenciamiento basados en número de sensores, dispositivos o interfaces, junto con los costos de soporte anual, suelen representar una barrera económica significativa para los pequeños ISP con márgenes operativos ajustados.

Por otro lado, las plataformas de gestión de red de código abierto han ganado popularidad debido al costo cero de su licencia, y su flexibilidad. Identificamos 4 plataformas principales:

1. **Zabbix:** Conocido por su escalabilidad y amplio conjunto de características de monitoreo (servidores, red, aplicaciones) y alertas flexibles. Su configuración inicial puede ser compleja, pero cuenta con una comunidad activa y documentación extensa. Estudios comparativos a menudo lo destacan por su robustez en entornos medianos y grandes.
2. **Nagios:** Una de las herramientas más veteranas y extensibles gracias a un vasto ecosistema de plugins. Monitorea hosts y servicios, con un potente sistema de notificaciones. Su configuración tradicionalmente basada en archivos de texto y una interfaz considerada menos moderna pueden representar una curva de aprendizaje pronunciada. Existen variantes como Nagios XI (comercial) o forks como Icinga que buscan modernizar la experiencia.
3. **LibreNMS:** Un fork de Observium, enfocado en la facilidad de uso y la detección automática de dispositivos vía SNMP. Ofrece una interfaz web moderna, gráficos detallados y soporte para una amplia gama de hardware de red. Su configuración inicial es

relativamente sencilla, haciéndolo atractivo para equipos con menos experiencia o tiempo. Se considera una excelente opción para monitoreo centrado en dispositivos de red, aunque quizás menos flexible para monitoreo de aplicaciones complejas que Zabbix.

4. **OpenNMS:** Diseñado desde el principio para escalabilidad y gestión de eventos en grandes redes. Ofrece una arquitectura robusta y soporte para monitoreo distribuido. Sin embargo, su implementación y personalización suelen requerir un nivel de experticia técnica considerable.

### **Análisis comparativo entre plataformas**

El análisis comparativo resume las fortalezas y debilidades de estas plataformas. La elección entre ellas para un pequeño ISP implica un compromiso entre facilidad de implementación (LibreNMS), extensibilidad (Nagios), conjunto de características y escalabilidad (Zabbix), o capacidad para grandes redes (OpenNMS). Investigaciones previas sobre adopción de NMS en PyMEs o pequeños ISP a menudo señalan la usabilidad y el costo total de propiedad (incluyendo tiempo de configuración y mantenimiento) como factores críticos de decisión. Este proyecto se basa en este estado del arte para seleccionar y adaptar una solución open-source al contexto específico de los pequeños ISP del Valle del Cauca.

<b>Plataforma</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>

<b>Zabbix</b> <b>(Código abierto)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Monitoreo Integral:</b> Supervisa servidores, redes, aplicaciones y servicios en tiempo real.</li> <li>- <b>Alertas Configurables:</b> Notificaciones basadas en umbrales predefinidos.</li> <li>n0 search 0- <b>Escalabilidad:</b> Adecuado para redes de diversos tamaños.</li> <li>n0 search 0- <b>Interfaz Web Intuitiva:</b> Facilita la visualización y análisis de datos.</li> <li>n0 search 0- <b>Comunidad Activa:</b> Soporte y actualizaciones constantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Complejidad en la Configuración Inicial:</b> Requiere tiempo y conocimientos técnicos para su implementación.</li> <li>- <b>Curva de Aprendizaje Pronunciada:</b> Puede ser desafiante para usuarios sin experiencia previa.</li> </ul>
<b>Nagios</b> <b>(Código abierto)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Monitoreo Extensible:</b> A través de plugins, supervisa una amplia gama de dispositivos y servicios.</li> <li>- <b>Notificaciones Personalizables:</b> Alertas por correo electrónico, SMS, entre otros.</li> <li>- <b>Informes Detallados:</b> Análisis exhaustivo del rendimiento y disponibilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Interfaz Menos Intuitiva:</b> Puede resultar menos amigable para usuarios sin experiencia previa.</li> <li>- <b>Curva de Aprendizaje Pronunciada:</b> Requiere capacitación para su manejo óptimo.</li> <li>- <b>Configuración Compleja:</b> Cambios en la configuración requieren edición manual de archivos y reinicio del servicio.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>- Amplia Comunidad:</b> Gran cantidad de plugins desarrollados por terceros.</li> </ul>	
<b>LibreNMS (Código abierto)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>- Detección Automática de Dispositivos:</b> Identifica y configura nuevos dispositivos en la red.</li> <li><b>- Mapas de Red Interactivos:</b> Visualización gráfica de la topología de la red.</li> <li><b>- Alertas y Notificaciones:</b> Configurables según eventos y umbrales.</li> <li><b>- Fácil Implementación:</b> Proceso de instalación y configuración relativamente sencillo.</li> <li><b>- Interfaz Moderna y Amigable:</b> Facilita la gestión y monitoreo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>- Limitaciones en Integraciones:</b> Menor cantidad de plugins y extensiones comparado con otras herramientas.</li> <li><b>- Escalabilidad Limitada:</b> Puede enfrentar desafíos en entornos de gran escala.</li> </ul>

<b>OpenNMS</b> <b>(Código abierto)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Monitoreo de Eventos y Rendimiento:</b> Supervisa y gestiona eventos en la red.</li> <li>- <b>Suporte para Múltiples Protocolos:</b> Incluye SNMP, JMX, WMI, entre otros.</li> <li>- <b>Arquitectura Escalable:</b> Diseñado para crecer junto con la red.</li> <li>- <b>Personalización Avanzada:</b> Adaptable a requerimientos específicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Complejidad en la Implementación:</b> Requiere conocimientos técnicos avanzados para su configuración.</li> <li>- <b>Interfaz Menos Intuitiva:</b> Puede presentar una curva de aprendizaje más pronunciada.</li> <li>- <b>Documentación Técnica Compleja:</b> Puede ser desafiante para usuarios sin experiencia previa.</li> </ul>
<b>Openwisp</b> <b>(Código abierto)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modular y Personalizable: Arquitectura orientada a microservicios.</li> <li>- Integración con redes inalámbricas comunitarias.</li> <li>- Multiusuario y Multitenencia: Ideal para ISPs con varios clientes.</li> <li>- Interfaz Web Simple.</li> <li>- Automatización de Configuración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comunidad más pequeña: Menor soporte y recursos que otras herramientas.</li> <li>- Curva de aprendizaje inicial si se requiere personalización.</li> <li>- Documentación dispersa.</li> </ul>

<b>Observium</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interfaz Gráfica Moderna.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Funcionalidad Limitada en versión gratuita.</li> </ul>
<b>(Tiene una versión de Código abierto y una premium)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descubrimiento Automático de Dispositivos mediante SNMP.</li> <li>- Ideal para monitoreo de infraestructura básica de red.</li> <li>- Visualización detallada del rendimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de alertas avanzadas en la edición comunitaria.</li> <li>- Soporte y plugins solo disponibles en versión paga (Observium Pro).</li> </ul>

## **METODOLOGÍA**

La metodología para desarrollar este proyecto seguirá un enfoque estructurado por fases, combinando investigación, análisis, diseño, desarrollo y validación, adaptado a la naturaleza de un proyecto de ingeniería de sistemas/telemática.

### **Esquema de trabajo**

El proyecto será desarrollado por los dos estudiantes autores Alexis Jaramillo Martinez y Felipe Velasco Sanchez, bajo la supervisión del tutor Andres Navarro Cadavid. Se establecerán reuniones periódicas semanales o quincenales con el tutor para revisar avances, resolver dudas y ajustar la planificación. Las responsabilidades se distribuirán entre los autores según las fases y tareas específicas, fomentando la colaboración.

### **Fases de desarrollo del proyecto**

#### **Fase 1: Investigación y Caracterización (Duración estimada: 1.5 meses)**

- Revisión bibliográfica detallada sobre gestión de redes, NMS, SNMP, y tecnologías usadas por ISP.
- Identificación de pequeños ISP en Cali y Valle del Cauca (utilizando fuentes como NAISP, directorios empresariales).
- Recolección de información (mediante cuestionarios, entrevistas si es posible, o análisis de documentación técnica de equipos comunes) sobre:
  - Topologías de red típicas.
  - Equipos de hardware utilizados (routers, switches, OLTs, ONTs, APs - usando la lista del texto original como base).
  - Prácticas actuales de monitoreo y gestión de problemas.

- Necesidades y desafíos percibidos en la gestión de red.

*Entregable:* Documento de Caracterización de Pequeños ISP y sus prácticas de gestión.

### **Fase 2: Análisis y Selección de Plataforma Open Source (Duración estimada: 1 mes)**

- Profundización en el análisis de las plataformas preseleccionadas (Zabbix, Nagios, LibreNMS, OpenNMS).
- Instalación y prueba básica de las candidatas principales (p.ej., LibreNMS y Zabbix) en un entorno de laboratorio.
- Evaluación comparativa detallada basada en los criterios definidos (facilidad de implementación, soporte para hardware local común, escalabilidad, interfaz, comunidad) y los hallazgos de la Fase 1.
- Selección justificada de la plataforma base para el prototipo.

*Entregable:* Informe de Análisis Comparativo y Justificación de Selección de Plataforma.

### **Fase 3: Definición de Requerimientos y revisión de la arquitectura del operador (Duración estimada: 1.5 meses)**

- Especificación detallada de los requisitos funcionales (monitoreo de dispositivos clave, alertas específicas, dashboards básicos), no funcionales (rendimiento esperado, usabilidad, seguridad básica) y técnicos (SO servidor, BD, dependencias) para el prototipo, basados en la plataforma seleccionada y las necesidades identificadas en un pequeño ISP.

*Entregables:* Documento de Especificación de Requisitos.

### **Fase 4: Implementación del Prototipo (Duración estimada: 2.5 meses)**

- Configuración del servidor (físico o virtual) para alojar la NMS seleccionada.
- Instalación y configuración de la plataforma NMS.
- Configuración del monitoreo para una selección representativa de dispositivos (simulados o reales si hay acceso) utilizando SNMP, ICMP y/o agentes. Se incluirán ejemplos de routers, switches, y potencialmente OLT/ONT si es factible simular o acceder a MIBs.
- Creación de dashboards básicos para visualizar el estado de la red y KPIs clave.
- Configuración de reglas de alerta para eventos críticos (ej. dispositivo caído, uso alto de CPU, pérdida de paquetes elevada).

*Entregable:* Guía detallada y guía rápida de implementación de la plataforma. Manual básico de configuración/operación del prototipo.

#### **Fase 5: Pruebas y Validación (Duración estimada: 1 mes)**

- Diseño de un plan de pruebas para verificar que el prototipo cumple con los requisitos funcionales definidos (¿detecta correctamente un dispositivo caído? ¿muestra el uso de ancho de banda? ¿envía alertas configuradas?).
- Ejecución de las pruebas en el entorno de laboratorio/simulado.
- Recolección y análisis de resultados. Identificación de limitaciones o áreas de mejora.

*Entregable:* Informe de Pruebas y Validación del Prototipo.

#### **Fase 6: Documentación Final y Presentación (Duración estimada: 0.5 meses)**

- Consolidación de toda la documentación del proyecto en el formato de trabajo de grado.
- Preparación de la presentación final.

*Entregable:* Documento final del proyecto de grado. Presentación.



## ANÁLISIS DE RIESGOS Y LIMITACIONES

- **Riesgo:** Dificultad para obtener información detallada de ISP reales. **Mitigación:** Basarse en documentación técnica de equipos comunes, foros de ISP, y simulación.
- **Riesgo:** Complejidad inesperada en la configuración de la NMS seleccionada o en la integración con ciertos equipos. **Mitigación:** Asignar tiempo suficiente en la planificación, buscar apoyo en la comunidad online de la herramienta, enfocar el prototipo en los escenarios más comunes.
- **Riesgo:** Limitaciones inherentes de la herramienta open-source elegida para ciertos requerimientos específicos. **Mitigación:** Documentar claramente estas limitaciones, enfocar el prototipo en las funcionalidades centrales y viables.
- **Riesgo:** Problemas técnicos con el entorno de laboratorio (hardware/software).  
**Mitigación:** Utilizar virtualización, tener planes de respaldo básicos.
- **Limitación:** El prototipo validado en laboratorio no garantiza idéntico rendimiento en un entorno de producción real y a gran escala.
- **Limitación:** El alcance del prototipo se centrará en funcionalidades esenciales de monitoreo y alerta, no cubrirá todas las áreas de FCAPS exhaustivamente.

## CRONOGRAMA DEL ANTEPROYECTO

<b>Fase</b>	<b>Actividad Principal</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>
<b>Fase 1: Investigación y Caracterización</b>			
	1.1 Revisión bibliográfica detallada sobre gestión de redes, NMS, SNMP, y tecnologías usadas por ISP.	3 Feb	14 Feb
	1.2 Identificación de pequeños ISP en Cali y Valle del Cauca (utilizando fuentes como NAISP, directorios empresariales).	10 Feb	17 Feb
	1.3 Recolección de información (mediante	17 Feb	28 Feb

	cuestionarios, entrevistas si es posible, o análisis de documentación técnica de equipos comunes) sobre topologías, equipos, prácticas y necesidades de gestión.		
	1.4 Elaboración del Documento de Caracterización de Pequeños ISP y sus prácticas de gestión.	24 Feb	7 Mar
<b>Fase 2: Análisis y Selección de Plataforma Open Source</b>			
	2.1 Profundización en el análisis de las plataformas	3 Mar	14 Mar

	preseleccionadas (Zabbix, Nagios, LibreNMS, OpenNMS).		
	2.2 Instalación y prueba básica de las candidatas principales (p.ej., LibreNMS y Zabbix) en un entorno de laboratorio.	10 Mar	21 Mar
	2.3 Evaluación comparativa detallada basada en los criterios definidos y los hallazgos de la Fase 1.	17 Mar	28 Mar
	2.4 Selección justificada de la plataforma base para el prototipo. Elaboración del Informe de Análisis	24 Mar	4 Abr

	Comparativo y Justificación de Selección de Plataforma.		
<b>Fase 3: Definición de Requerimientos</b>			
	3.1 Especificación detallada de los requisitos funcionales, no funcionales y técnicos detallados para el prototipo.	31 Mar	11 Abr
	3. Elaboración del Documento de Especificación de Requisitos y Diseño del Prototipo.	14 Abr	25 Abr
<b>Fase 4: Desarrollo e Implementación del Prototipo</b>			

	4.1 Configuración del servidor (físico o virtual) para alojar la NMS seleccionada.	21 Abr	2 May
	4.2 Instalación y configuración de la plataforma NMS.	28 Abr	9 May
	4.3 Configuración del monitoreo para una selección representativa de dispositivos (simulados o reales si hay acceso) utilizando SNMP, ICMP y/o agentes.	5 May	16 May
	4.4 Creación de dashboards básicos para visualizar el estado de la red y KPIs clave.  Configuración de	12 May	23 May

	reglas de alerta para eventos críticos.		
	4.5 Elaboración del Prototipo funcional de la plataforma NMS configurada. Manual básico de configuración/operación del prototipo.	19 May	30 May
<b>Fase 5: Pruebas y Validación</b>			
	5.1 Diseño de un plan de pruebas para verificar que el prototipo cumple con los requisitos funcionales definidos.	26 May	2 Jun
	5.2 Ejecución de las pruebas en el entorno de laboratorio/simulado. Recolección y análisis	2 Jun	9 Jun

	de resultados. Identificación de limitaciones o áreas de mejora.		
	5.3 Elaboración del Informe de Pruebas y Validación del Prototipo.	9 Jun	12 Jun
<b>Fase 6: Documentación Final y Presentación</b>			
	6.1 Consolidación de toda la documentación del proyecto en el formato de trabajo de grado.	9 Jun	13 Jun
	6.2 Preparación de la presentación final.	13 Jun	15 Jun

## PRESUPUESTO

El proyecto se enfocará en el uso de software de código abierto y, preferentemente, hardware de laboratorio ya disponible en la universidad o equipos personales de los estudiantes para la simulación y el prototipado. Los costos principales podrían estar asociados a:

- **Servidor para NMS:** Se buscará utilizar recursos de virtualización existentes. Si se requiere un servidor dedicado básico.
- **Materiales de consulta:** Acceso a bases de datos académicas (provisto por la Universidad).
- **Otros:** Costos menores de impresión o transporte si fueran necesarios para entrevistas (se priorizarán métodos virtuales).

En general, se busca mantener el presupuesto lo más cercano a cero posible, aprovechando recursos gratuitos y existentes.

## **CONTRIBUCIÓN Y RESULTADOS DEL PROYECTO DE GRADO**

Esta sección detalla los aportes e impactos del proyecto en la solución del problema planteado, su contribución al desarrollo de las capacidades del investigador, posibles aportes a otras áreas del conocimiento, a organizaciones y a la sociedad en general. Además, se describen los resultados esperados y sus correspondientes entregables, en coherencia con los objetivos específicos del proyecto.

### **Aportes relacionados con el objeto del proyecto**

Este proyecto busca realizar las siguientes contribuciones principales al objeto de estudio:

- 1. Solución adaptada a las necesidades de los pequeños ISP:** Se desarrollará una plataforma de gestión de red basada en software de código abierto que será más accesible económicamente y adaptable a las realidades operativas de los pequeños ISP en el Valle del Cauca, a diferencia de las costosas soluciones comerciales.
- 2. Mejora de la eficiencia operativa:** Al implementar la plataforma, se espera que los pequeños ISP mejoren su capacidad para monitorear y gestionar sus redes, lo que resultará en una mayor eficiencia operativa, menor tiempo de inactividad y una mejor calidad del servicio al cliente.
- 3. Empoderamiento tecnológico:** Se proporcionará a los pequeños ISP las herramientas y el conocimiento necesarios para gestionar proactivamente sus redes, lo que les permitirá ser más competitivos y sostenibles en el mercado.
- 4. Promoción del uso de software de código abierto:** El proyecto fomentará el uso de soluciones de código abierto, demostrando su viabilidad y efectividad en un contexto práctico y relevante para la comunidad local.

## **Aportes relacionados con el desarrollo de capacidades del investigador**

Este proyecto contribuirá al desarrollo de diversas capacidades en los investigadores, tales como:

- 1. Conocimiento profundo de la gestión de redes:** Se adquirirá un conocimiento exhaustivo de los protocolos y herramientas de gestión de redes, incluyendo SNMP, ICMP y varias plataformas NMS de código abierto.
- 2. Habilidades de diseño e implementación de sistemas:** Se desarrollarán habilidades prácticas en el diseño, configuración e implementación de un sistema de monitoreo y gestión de redes.
- 3. Capacidad de investigación y análisis:** Se fortalecerá la capacidad de investigar y analizar información técnica, evaluar diferentes soluciones tecnológicas y tomar decisiones basadas en datos.
- 4. Habilidades de documentación y comunicación:** Se perfeccionarán las habilidades de documentación técnica y comunicación de resultados a través de informes escritos y presentaciones orales.
- 5. Trabajo en equipo y gestión de proyectos:** Se ganará experiencia valiosa en el trabajo colaborativo y la gestión de un proyecto técnico complejo, incluyendo la planificación, distribución de tareas y seguimiento del progreso.

## RESULTADOS Y ENTREGABLES

Por cada objetivo específico, se espera un resultado con su respectivo entregable. Las conclusiones se derivarán de los resultados obtenidos en cada objetivo.

**1. Objetivo Específico 1:** Identificar y caracterizar la infraestructura tecnológica y las prácticas actuales de gestión y monitoreo empleadas por pequeños ISP.

a. **Resultado:** Comprensión detallada de las topologías, equipos y necesidades de gestión de red de los pequeños ISP en la región.

b. **Entregable:** Documento de Caracterización de Pequeños ISP y sus prácticas de gestión.

**2. Objetivo Específico 2:** Evaluar y comparar diferentes plataformas de gestión de red de código abierto.

a. **Resultado:** Selección justificada de una plataforma NMS de código abierto adecuada para las necesidades de los pequeños ISP.

b. **Entregable:** Informe de Análisis Comparativo y Justificación de Selección de Plataforma.

**3. Objetivo Específico 3:** Definir los requisitos funcionales, no funcionales y técnicos detallados para la plataforma de gestión de red.

a. **Resultado:** Especificación clara y completa de los requisitos del prototipo de la plataforma de gestión de red.

b. **Entregables:** Documento de Especificación de Requisitos. Documento de Diseño del Prototipo.

**4. Objetivo Específico 4:** Diseñar la arquitectura de la plataforma de gestión de red y desarrollar un prototipo funcional.

a. **Resultado:** Prototipo funcional de la plataforma de gestión de red configurada con monitoreo de dispositivos y servicios clave.

b. **Entregable:** Prototipo funcional de la plataforma NMS configurada. Manual básico de configuración/operación del prototipo.

5. **Objetivo Específico 5:** Validar la funcionalidad básica del prototipo de la plataforma de gestión de red en un entorno controlado o simulado.

a. **Resultado:** Evaluación del prototipo y verificación de su capacidad para cumplir con los requisitos definidos.

b. **Entregable:** Informe de Pruebas y Validación del Prototipo.

## **ANEXOS**

En esta sección colocar todos aquellos anexos (tablas, figuras, gráficos, *frameworks*, códigos, etcétera) que el autor considera pueden ayudar a dar claridad a alguna idea o concepto expresado en el documento.

Colocar los anexos correspondientes a: análisis de participación, árbol de problemas, árbol de objetivos.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Hosting control panel by ispmanager. (n.d.). Ispmanager.com. Retrieved May 12, 2025, from  
<https://www.ispmanager.com/>

Nagios - open source powered monitoring | nagios open source. (2024, October 14). Nagios.

Pandora FMS: software de monitorización total. (2021, November 12). Pandora FMS.  
<https://pandorafms.com/es/>

Prometheus. (n.d.). Prometheus - Monitoring system & time series database. Prometheus.io.  
Retrieved May 12, 2025, from <https://prometheus.io/>

UISP overview - ubiquiti. (n.d.). Uisp.com. Retrieved May 12, 2025, from  
<https://www.uisp.com/uisp-overview>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – Colombia TIC. (s. f.).  
Estadísticas del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [Página web]. Recuperado el 14 de junio de 2025, de <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-propertyvalue-754338.html>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – MINTIC. (s. f.).  
Operadores comunitarios Internet ISP [Página web]. Recuperado el 14 de junio de 2025, de  
<https://mintic.gov.co/micrositios/operadores-comunitarios-internet-isp/819/w3-channel.html>