**Universidad de Las Américas**

**Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas**

**Ingeniería en Telecomunicaciones**

***Implementación de un simulador de redes ópticas basado en software libre y desarrollo de guías para el laboratorio de Telecomunicaciones UDLA.***

**Carlos Andrés Proaño Altamirano**

***2024***

**Quito, Ecuador**

Contenido

[Resumen 1](#_Toc122600817)

[Abstract 2](#_Toc122600818)

[1. Introducción 3](#_Toc122600819)

[**1.1.** **Identificación y descripción del problema o necesidad** 3](#_Toc122600820)

[**1.2.** **Descripción de la organización** 3](#_Toc122600821)

[**1.3.** **Impacto del proyecto en la sociedad** 3](#_Toc122600822)

[2. Análisis de posibles soluciones 3](#_Toc122600823)

[3. Objetivos 3](#_Toc122600824)

[**3.1.** **Objetivo General** 3](#_Toc122600825)

[**3.2.** **Objetivos Específicos** 3](#_Toc122600826)

[4. Alcance 3](#_Toc122600827)

[4.1. Alcance de la solución seleccionada 4](#_Toc122600828)

[4.2. Limitaciones y restricciones del proyecto 4](#_Toc122600829)

[5. Planificación y costos del proyecto 4](#_Toc122600830)

[6. Descripción de estudios realizados 4](#_Toc122600831)

[7. Desarrollo del proyecto 4](#_Toc122600832)

[**7.1.** **Diseño de la solución** 4](#_Toc122600833)

[**7.2.** **Desarrollo de la solución** 5](#_Toc122600834)

[**7.3.** **Pruebas y evaluación de la solución** 5](#_Toc122600835)

[**7.4.** **Resultados y Discusión.** 5](#_Toc122600836)

[**7.5.** **Implicaciones éticas** 5](#_Toc122600837)

[8. Conclusiones y Recomendaciones 5](#_Toc122600838)

[9. Trabajo futuro 5](#_Toc122600839)

[10. Referencias bibliográficas 5](#_Toc122600840)

[11. Anexos 6](#_Toc122600841)

Resumen

[Esta sección incluye una síntesis del trabajo, su extensión no deberá ser mayor a 350 palabras. Deberá dar una idea completa del trabajo, resaltando solo lo esencial: objetivos, métodos, resultados y conclusiones. También se debe colocar al final las palabras clave.]

Abstract

[Esta sección incluye el resumen en idioma inglés.]

# Introducción

## **Identificación y descripción del problema o necesidad**

Una alternativa para la comprobación de los conceptos teóricos, desarrollo e implementación de sistemas y subsistemas ópticos son los simuladores después de los dispositivos e implementos físicos, mismos que por su alto costo de despliegue pueden resultar prohibitivos en una fase inicial. Así pues, una primera alternativa inclusiva y de relación costo-beneficio adecuado es el empleo de simuladores en donde se pueden configurar, diseñar, estudiar e implementar los sistemas ópticos a través de software.

La falta de herramientas adecuadas limita la capacidad de los estudiantes para realizar simulaciones de redes ópticas. Esto afecta negativamente el aprendizaje en el campo de las telecomunicaciones. Los simuladores de redes ópticas pueden ayudar a la optimización del rendimiento de la red mediante el ajuste de parámetros como la potencia de transmisión, la dispersión y la atenuación de la señal. A través de los simuladores también es posible el diseño y planificación de redes, lo cual permite la optimización de la disposición de los nodos y las rutas de transmisión para maximizar la eficiencia y minimizar los costos, entre otras funciones de dichos simuladores.

Algunas de las tecnologías que pueden hacer lo antes mencionado son: OPNET, el cual es un simulador de pago que se utiliza principalmente para modelar y simular sistemas de comunicación.” Permite crear y simular diferentes topologías de red. El conjunto de protocolos/dispositivos es fijo: no se pueden crear nuevos protocolos ni modificar el comportamiento de los existentes” (2023). Otra alternativa es. -OptSim, el cual es un software de pago que se utiliza para simulación de sistemas complejos, diseño de redes, análisis de desempeño, entre otras funcionalidades.

Sin embargo, estos programas anteriormente mencionados son de pagos y sus versiones gratuitas son muy limitadas, reduciendo así el alcance de las simulaciones y experimentaciones que los estudiantes pueden ejecutar en dichas plataformas. Adicionalmente, la instalación y configuración de las herramientas existentes son complejas, lo que desmotiva su uso si no se cuenta con conocimientos previos. Asimismo, la necesidad de medios educativos actualizados y prácticos, con los materiales educativos actuales pueden no estar totalmente alineados con las últimas tecnologías y prácticas del tema.

Los efectos que puede ocasionar lo antes indicado es la limitación en la formación práctica de los estudiantes, al no tener acceso a herramientas experimentales, los estudiantes no pueden emplear los conocimientos teóricos adquiridos. Otro efecto de no contar con herramientas de simulación adecuadas es la dificultad para llevar a cabo investigaciones en el campo de las redes ópticas que contribuyan a solventar las problemáticas actuales y a los avances científicos.

Con lo mencionado anteriormente surge la necesidad de implementar un simulador óptico basado en software libre para fines educativos, donde los estudiantes puedan desarrollar sus conocimientos de manera práctica y no solo de manera teórica. Según Freire (2024):

*“En términos generales, la teoría proporciona el marco conceptual y la base de conocimiento necesaria para entender un tema en profundidad, mientras que la práctica permite poner en acción esos conceptos teóricos y comprobar su validez en la realidad. Ambas dimensiones son complementarias y se retroalimentan mutuamente”.*

[Esta sección contiene el análisis detallado del problema identificado, considerando sus causas y efectos. Si el proyecto se orienta a resolver una necesidad del cliente se debe incluir sus requerimientos de manera general]. Índices estadísticos, descripción de las tecnologías, referencias bibliográficas. ¿Cuál es el problema?.

## **Descripción de la organización**

El presente proyecto se lo llevará a cabo en colaboración con el grupo de investigación de la carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones de la Universidad de las Américas, en los laboratorios de Radiofrecuencia y en los de redes ópticas.

El laboratorio se encuentra equipado con distintos instrumentos como: localizador de fallas local (VFL), microscopio óptico, osciloscopio óptico, fusionadoras, power meter, cables de fibra óptica con distintos conectores, tester de fibra óptica, entre otros implementos.

La Universidad de Las Américas es una entidad destacada por su compromiso con el desarrollo de proyectos que tienen un alto impacto en la formación académica y en el crecimiento institucional. El grupo tiene la responsabilidad de realizar investigaciones innovadoras y relevantes que no solo contribuyen al avance del conocimiento, sino que también refuerzan la calidad educativa de la universidad.

La experiencia y el conocimiento acumulados por este grupo de investigación son fundamentales para el éxito del proyecto. Su extenso historial de investigaciones previas y su continuo desarrollo en el ámbito profesional los posicionan como un aliado estratégico.

Esto no solo asegura que el proyecto se beneficiará de una supervisión técnica altamente especializada, sino que también permitirá que, en caso de surgir cualquier inconveniente, las soluciones se implementen de manera ágil y efectiva. Además, su enfoque en la resolución de problemas garantizará que el proyecto avance de manera eficiente, manteniendo altos estándares de calidad y optimización en todos sus procesos.

[Esta sección incluye una descripción general de la organización, incluir únicamente datos relevantes para el desarrollo del proyecto.]

## **Impacto del proyecto en la sociedad**

El desarrollo del proyecto pretende cubrir diversos medios como:

Al ser un software libre, estaría disponible para todos los estudiantes y profesores sin costo alguno. Esto facilitaría el acceso a herramientas avanzadas de simulación y planificación de redes ópticas, promoviendo una educación más inclusiva y equitativa. Sin olvidar que, al ser un proyecto de código abierto, permitiría la colaboración en conjunto entre diferentes universidades y centros de investigación. Los estudiantes y profesores podrían contribuir al desarrollo del software, compartiendo mejoras y nuevas funcionalidades.

En otro aspecto se puede reducir costos debido a utilizar un software libre, la universidad puede ahorrar en licencias en simuladores de redes ópticas, y en su lugar los recursos económicos pueden ser destinados para otros fines relacionados a la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías.

Al optimizar el diseño y la planificación de redes ópticas, se puede reducir la necesidad de hardware adicional, lo que disminuye la generación de residuos, sin olvidar que al ser un software libre fomenta la optimización y reutilización de código, lo que puede reducir la necesidad de desarrollarlo desde cero, lo que contribuye a disminuir la huella de carbono. LA NACION (2021) afirma *“Para ejecutar un programa, una aplicación o una app se requiere energía eléctrica. Por lo tanto, la forma en la que se escribe el código puede impactar en el cambio climático. Los desarrolladores enrolados en esta tendencia tratan de utilizar la menor cantidad de líneas de código (más sobre esto enseguida), aunque sin alterar la experiencia del usuario”.*

El empleo de simuladores en la educación conlleva varias consideraciones éticas. Primero, es importante informar a los usuarios para que comprendan los objetivos y posibles riesgos asociados. Además, el diseño del simulador debe enfocarse en maximizar los beneficios educativos y minimizar errores. Es fundamental asegurar que todos los usuarios tengan las mismas oportunidades de aprendizaje y que los escenarios de simulación sean justos y estandarizados.

Estos principios son esenciales para crear un entorno de aprendizaje seguro y efectivo, fomentando el desarrollo de habilidades críticas sin comprometer la ética. Además, el uso de simuladores puede promover la reflexión sobre las decisiones éticas en el diseño e implementación de redes ópticas, preparando a los estudiantes para enfrentar dilemas éticos en su futura carrera profesional.

[Esta sección incluye los beneficios esperados como resultado del desarrollo del proyecto. En el ámbito social, económico, ambiental, ético, entre otros.]

# Análisis de posibles soluciones

**2.1. Identificación y selección de la mejor solución**

En términos generales, la implementación de simuladores de redes ópticas es importante para la educación y la investigación en telecomunicaciones. Estos simuladores permiten a los estudiantes diseñar, analizar y optimizar redes ópticas sin incurrir en los altos costos de los equipos físicos. Para satisfacer la necesidad de un simulador de redes ópticas en la universidad, se han considerado tres posibles soluciones: la implementación de un simulador basado en GNPy (Python), el uso de simuladores comerciales con licencias educativas, y el desarrollo de un simulador propio desde cero.

**Implementación de un simulador basado en GNPy (Python)**

Esta opción consiste en un simulador de redes ópticas basado en GNPy, es una herramienta de código abierto en Python desarrollada por la comunidad, su función es la planificación y optimización de rutas de redes ópticas, el cual está basado en el modelo de ruido gaussiano. GNPy menciona:

*“Este programa funciona en una topología de red (formato JSON o Excel), procesando la lista de solicitudes de servicio (JSON o XLS nuevamente). Las solicitudes de servicio y los formatos de respuesta se basan en el draft-ietf-teas-yang-path-computation-01 con extensiones personalizadas.”*

**Implementación de simuladores comerciales con licencias educativas**

 Esta opción consiste en adquirir licencias educativas para simuladores comerciales como OptSim o OPNET. Estos simuladores están diseñados para proporcionar una experiencia completa y profesional en la simulación de redes ópticas, con interfaces gráficas intuitivas y una amplia opción de herramientas y capacidades. Las licencias educativas suelen ofrecer descuentos significativos en comparación con las licencias comerciales estándar, pero aún pueden representar un costo considerable.

**Implementación y desarrollo de un simulador propio desde cero**

 Esta solución implica desarrollar un simulador de redes ópticas completamente nuevo, adaptado a las necesidades requeridas de la universidad. El desarrollo de un simulador propio requiere la formación de un equipo de desarrollo con experiencia en simulación de redes ópticas y programación, así como la inversión de tiempo y recursos significativos. El simulador sería diseñado y construido internamente, lo que permitiría un control total sobre el diseño y las funcionalidades.

**Análisis FODA**

**Selección de Solución**

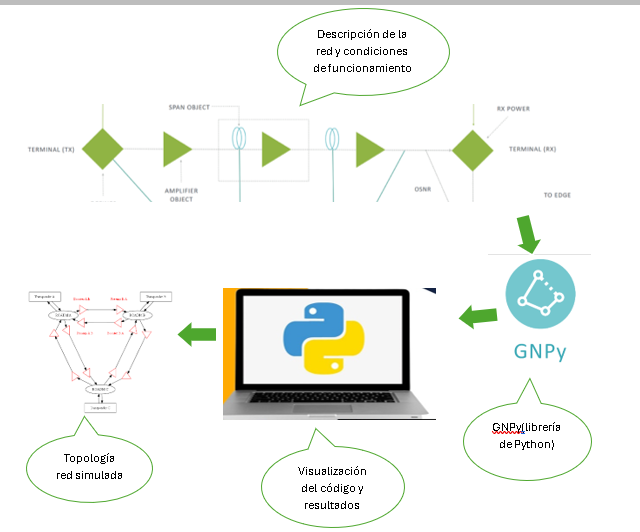
Después del análisis FODA, la solución más viable es la implementación de un simulador basado en GNPy (Python), ya que ofrece un equilibrio entre costo, flexibilidad y capacidad de personalización, además de fomentar la colaboración y el desarrollo en habilidades de programación.

**Justificación de porque no se eligió las otras soluciones**

El uso de simuladores comerciales con licencias educativas, aunque ofrecen funcionalidades avanzadas, los costos elevados y la dependencia de proveedores externos son desventajas significativas. Además, la flexibilidad y personalización son limitadas en comparación con una solución de código abierto.

Mientras que desarrollo de un simulador propio desde cero, no se escogió por el alto costo y tiempo de desarrollo, junto con la necesidad de un equipo especializado, hacen que esta opción sea menos viable en comparación con la implementación de un simulador basado en GNPy. Además, los riesgos asociados con retrasos y sobrecostos son considerables.

**Diagrama de Bloques**



[Esta sección incluye el planteamiento y análisis de las posibles soluciones, esto con base en el problema y las restricciones. Se debe sustentar técnicamente la solución seleccionada, como diagramas de bloque para identificar la arquitectura (hardware y software), diagramas de flujo, interacción de componentes, almacenamiento de datos, etc.]. Indicar el por qué no se fueron por las soluciones propuestas.

Aclarar: Por favor sugerir 3 posibles soluciones. Seleccionar una de ellas para esto se sugiere realizar un análisis FODA o una matriz comparativa. Con la solución seleccionada describir un diagrama de bloques de la solución para identificar la arquitectura (hardware, software), los elementos de almacenamiento, un diagrama de flujos entre otros. Finalmente, indicar el por qué no se consideraron las otras soluciones.

# Objetivos

## **Objetivo General**

* Implementar un simulador de redes ópticas basado en software libre y desarrollar guías prácticas para el laboratorio de Telecomunicaciones UDLA.

[Esta sección incluye lo que se quiere desarrollar en el proyecto, el objetivo debe ser medible y realizable.]

## **Objetivos Específicos**

* Implementar un simulador óptico que permita la configuración, diseño, estudio y ejecución de sistemas de transmisión ópticos a través de software libre.
* Estudiar los escenarios de redes ópticas relevantes para el proceso de enseñanza-aprendizaje y que puedan ser implementados en un simulador de redes ópticas basado en software libre.
* Conocer la programación e interacción con las diversas estructuras de datos de los escenarios de red tipo que se deseen simular en la herramienta de software libre.
* Desarrollar guías prácticas de laboratorio que sean didácticas y apoyen el proceso de enseñanza-aprendizaje de la materia de Comunicaciones Ópticas de la carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones de la UDLA.
* Evaluar la efectividad del simulador en el análisis y optimización de redes ópticas mediante pruebas y simulaciones detalladas.
* Optimizar el rendimiento de las redes ópticas mediante el ajuste de parámetros como la potencia de transmisión, la dispersión y la atenuación de la señal.

Apoyar la investigación en redes ópticas encaminada a la optimización y mejora del desempeño a través de la simulación usando herramientas de software libre.[Esta sección incluye lo que se quiere desarrollar en cada etapa del proyecto, los objetivos deben ser medibles y realizables; y apuntar al cumplimiento del objetivo general]

# Alcance

# Alcance de la solución seleccionada

[Esta sección incluye los límites del desarrollo del proyecto. Incluir diagrama que especifique la problemática que se quiere resolver, incluir diagrama de contexto del sistema] Indicar cuál es la metodología (pasos: inicio, desarrollo, finalización).

# 4.2. Limitaciones y restricciones del proyecto

[Esta sección incluye las restricciones que se deben considerar para el proyecto. Por ejemplo: accesibilidad, estética, códigos, fabricación, mantenimiento, utilidad, sostenibilidad, costos, comercialización, ergonomía, extensibilidad, funcionalidad, interoperabilidad, consideraciones legales, normativa, tiempo, etc.

Ejemplo:

*Limitación:*

* *No se va a desarrollar una app móvil Android para la empresa. Pero la aplicación web si podrá ser accedida desde el móvil.*
* *No se implementará el módulo de pagos y/o facturación.*
* *Para un radioenlace no se utilizarán antenas diseñadas sino las existentes en el mercado.*
* *Para la generación de energía del prototipo de automatización para el uso de motores controlados inalámbricamente, se utilizarán baterías de carbón por ser menos costosas que las de litio.*

*Restricción:*

* *Se utilizarán sensores BLE, etiquetas RFID y etiquetas magnéticas para identificar los productos de ingreso a un carrito de compras mediante un lector de barras.*
* *Para el desarrollo de la app con RA se utilizarán archivos de imágenes con la extensión .apk.*

A continuación, se tiene la matriz de riesgo del proyecto Capstone:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| VHI |  |  |  | 1 |  |
| HI |  |  |  |  |  |
| MED |  |  | 2 |  |  |
| LO |  | 3 |  |  |  |
| VLO |  |  |  |  |  |
|  | VLO | LO | MED | HI | VHI |

# Planificación y costos del proyecto

[ Esta sección incluye: planificación del proyecto (ordenar sistemáticamente las tareas para lograr los objetivos x fases: recopilación de información, diseño, programación, implementación, pruebas y discusión de resultados. Se puede usar un diagrama de flujo), identificación de tareas, tiempo: diagrama de Gantt y el análisis de costos de la solución]

# Descripción de estudios realizados

[Esta sección incluye investigación documental sobre los avances más importantes relacionados con el tema propuesto.] Referencias bibliográficas.

# Desarrollo del proyecto

## **Diseño de la solución**

[Esta sección incluye el planteamiento de la solución, la metodología (INDICTIVA/DEDUCTIVA, EXPLORATORIA, EXPERIMENTAL) que se utilizará, la solución debe ser creativa e innovadora, se puede usar modelos arquitectónicos. Estudio del arte.]

## **Desarrollo de la solución**

[Esta sección incluye la aplicación del diseño de ingeniería para el desarrollo del prototipo, aplicación, producto, etc. Incluir aplicación de buenas prácticas, estándares, protocolos, códigos de ingeniería, restricciones de diseño, entre otros.]

## **Pruebas y evaluación de la solución**

[Esta sección incluye las pruebas a las que se sometió la solución, los resultados obtenidos y las mejoras en cada iteración. Debe ser un proceso iterativo y de mejora continua.]

## **Resultados y Discusión**

[En esta sección incluir un análisis de los resultados alcanzados con el aplicativo y validado con los diferentes actores del proyecto capstone]

## **Implicaciones éticas**

[Esta sección incluye los temas éticos que se consideran en la solución y las implicaciones a las que se puede enfrentar el desarrollo y ejecución del proyecto.]

# Conclusiones y Recomendaciones

[Esta sección incluye las conclusiones que se derivan de los objetivos planteados, además, las recomendaciones que se pueden desprender al final de la ejecución del proyecto.]

# Trabajo futuro

[Esta sección incluye los posibles proyectos que se pueden generar a partir de los resultados de este.]

# Referencias bibliográficas

[En esta sección se listan todos los libros, artículos, revistas, fuentes de la Internet, etc. Que han sido utilizados y citados dentro del trabajo. El formato único de citación y listado de las referencias del estilo APA (3.ª edición en español de la 6.ª en inglés). Este estilo deberá ser utilizado de manera consistente a lo largo de todo el texto.]

- Cadella. (2024, 8 julio). *Qué es la teoría y la práctica*. Cadella - Escuela de Educación Viva y Activa. https://cadella.es/que-es-la-teoria-y-la-practica/#:~:text=En%20t%C3%A9rminos%20generales%2C%20la%20teor%C3%ADa%20proporciona%20el%20marco,te%C3%B3ricos%20y%20comprobar%20su%20validez%20en%20la%20realidad.

-*OPNET Network Simulator - OpNet Projects*. (2023, 26 octubre). Opnet Projects. https://opnetprojects.com/opnet-network-simulator/

- Slotnisky, D. (2021b, febrero 24). Programación verde: software para reducir el impacto ambiental. *LA NACION*. https://www.lanacion.com.ar/tecnologia/programacion-verde-software-para-reducir-el-impacto-ambiental-nid30012021/#:~:text=Para%20ejecutar%20un%20programa%2C%20una%20aplicaci%C3%B3n%20o%20una,movimiento%20que%20busca%20disminuir%20esa%20huella%20de%20carbono.

- *GNPy: Optical Route Planning Library — gnpy  documentation*. (s. f.). https://gnpy.readthedocs.io/en/master/

# Anexos

[En esta sección se incluye el detalle de lo que estime no indispensable para la comprensión del tema central, pero que lo complementa. También se debe incluir todos los documentos generados por la metodología usada en el desarrollo de la solución del problema. Ejemplos: Diagramas, Detalles de desarrollos de fórmulas, de experimentos realizados, tablas de estadísticas, gráficos, copia de documentos, leyes o reglamentos que no pueden ser parafraseados, etc. Los anexos se designarán en forma secuencial numérica (Anexo 1, Anexo 2, etc.).]