



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA APLICACIÓN WEB PARA EL PERSONAL
TÉCNICO DE *OUTSOURCING* DE UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES QUE
FACILITE LA ORIENTACIÓN DE UN RADIOENLACE EN UNA RED FWA**

Sergio Augusto León Urrutia

Asesorado por el Maestro ing. Carlos Heleodoro Narciso Rey

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA APLICACIÓN WEB PARA EL PERSONAL
TÉCNICO DE *OUTSOURCING* DE UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES QUE
FACILITE LA ORIENTACIÓN DE UN RADIOENLACE EN UNA RED FWA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SERGIO AUGUSTO LEÓN URRUTIA

ASESORADO POR EL MAESTRO ING. CARLOS HELEODORO NARCISO REY

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. José Aníbal Silva de los Ángeles
EXAMINADOR	Ing. Brian Enrique Chicol Morales
EXAMINADOR	Inga. Ana María Navarro Orozco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA APLICACIÓN WEB PARA EL PERSONAL TÉCNICO DE *OUTSOURCING* DE UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES QUE FACILITE LA ORIENTACIÓN DE UN RADIOENLACE EN UNA RED FWA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 28 de noviembre de 2022.

Sergio Augusto León Urrutia



EEPFI-PP-2171-2022

Guatemala, 19 de noviembre de 2022

Director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica
Presente.

Estimado Ing. Rivera

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE UNA APLICACIÓN WEB PARA EL PERSONAL TÉCNICO DE OUTSOURCING DE UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES QUE FACILITE LA CORRECTA ALINEACIÓN DE UN RADIOENLACE EN UNA RED FWA.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Telecomunicaciones - Telecomunicaciones**, presentado por el estudiante **Sergio Augusto León Urrutia** carné número **201700722**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ingeniería Para La Industria Con Especialidad En Telecomunicaciones.

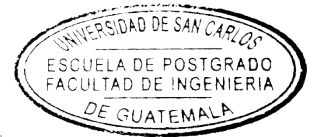
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Carlos Heleodoro Narciso Rey
Asesor(a)

Mtro. Mario Renato Escobedo Martinez
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EPP-EIME-1781-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE UNA APLICACIÓN WEB PARA EL PERSONAL TÉCNICO DE OUTSOURCING DE UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES QUE FACILITE LA CORRECTA ALINEACIÓN DE UN RADIOENLACE EN UNA RED FWA.**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Augusto León Urrutia**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, noviembre de 2022



Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.065.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA APLICACIÓN WEB PARA EL PERSONAL TÉCNICO DE OUTSOURCING DE UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES QUE FACILITE LA ORIENTACIÓN DE UN RADIOENLACE EN UNA RED FWA**, presentado por: **Sergio Augusto León Urrutia**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser la luz en mi camino y acompañarme en cualquier adversidad.
- Mis padres** Cesar León y Angela Urrutia, por brindarme el amor más sincero que me motivaba a levantarme cada mañana, por confiar siempre en mí y enseñarme que la disciplina siempre es más importante que la inteligencia.
- Mis hermanos** Alejandro y Melisa León, por trazarme el camino durante todos estos años, por ser mi barrera más grande para superar y porque siempre estuvieron para mí cuando lo necesitaba.
- Mis primas** Yenifer y Alejandra Natareno, por motivarme en todo momento y por quererme como a un hermano mayor.
- Mis amigos** Jeremy, Renan, Eduardo, Linda y Huitzitzil, por ser mi alegría más grande, el motivo de mis risas y por acompañarme en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme formarme como profesional y pertenecer a esta gloriosa casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por explotar todas mis habilidades y darle sentido y aplicación a la ciencia que tanto me gusta y por la que hoy vivo.
Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos necesarios para ser más competitivo en el mundo laboral.
Mi asesor	MBA Ing. Carlos Narciso, por su dedicación y por compartirme todo su conocimiento sin egoísmo a lo largo de este proceso.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Descripción general.....	9
3.2. Definición del problema	9
3.2.1. Especificación del problema	10
3.2.2. Especificación del problema	11
3.2.3. Pregunta principal de investigación.....	11
3.2.4. Preguntas complementarias de investigación.....	11
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	15
5.1. General.....	15
5.2. Específicos	15
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	17
6.1. Esquema de solución	17

7.	MARCO TEÓRICO	21
7.1.	Evolución del internet de Banda Ancha.....	21
7.1.1.	Línea de Abonado Digital (xDSL)	21
7.1.2.	Módem de cable (CM)	23
7.1.3.	Fibra hasta el hogar (FTTH)	23
7.1.4.	Acceso inalámbrico.....	24
7.1.4.1.	LTE.....	24
7.1.4.2.	5G	25
7.1.4.3.	Redes de Acceso Inalámbrico Fijo (FWA).....	25
7.1.4.3.1.	ODU	28
7.1.4.3.2.	IDU.....	29
7.1.4.4.	Redes WIMAX.....	31
7.2.	Banda Ancha en América Latina.....	31
7.2.1.	Necesidad del internet de Banda Ancha en Guatemala	32
7.3.	Outsourcing.....	32
7.3.1.	Ventajas del <i>outsourcing</i>	33
7.3.2.	Desventajas del <i>outsourcing</i>	33
7.3.3.	<i>Outsourcing</i> en empresas de telecomunicaciones	34
7.4.	Sistemas de información geográfica	34
7.4.1.	Funcionamiento de un SIG	36
7.4.1.1.	Modelo vectorial	37
7.4.1.2.	Modelo <i>raster</i>	38
7.4.2.	Sistemas de coordenadas geográficas.....	39
7.4.3.	Sistemas de gestión de bases de datos espaciales o geográficos	40
7.4.4.	<i>Software</i> SIG	41

8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	43
9.	METODOLOGÍA.....	45
9.1.	Diseño de la investigación	45
9.2.	Enfoque de la investigación.....	46
9.3.	Población.....	46
9.4.	Instrumentos de recolección de datos	46
9.5.	Operativización de variables.....	47
9.6.	Tipo de muestreo.....	47
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	49
10.1.	Técnicas de análisis de datos.....	49
11.	CRONOGRAMA.....	51
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	53
13.	REFERENCIAS.....	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución	19
2.	Comparativa entre el acceso alámbrico de banda ancha y el acceso inalámbrico de banda ancha	27
3.	Modelos de ODU	29
4.	Modelos de IDU.....	30
5.	Capas de un sistema de información geográfica.....	37
6.	Cambio de formato analógico a digital	39
7.	Medición de latitud y longitud de un punto	40
8.	Cronograma de actividades.....	51

TABLAS

I.	Comparativa entre familias xDSL.....	22
II.	Presupuesto	53

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Gbps	Gigabit por segundo
Mbps	Megabit por segundo
m	Metros
%	Porcentaje
S	Segundos

GLOSARIO

Antena	Equipo transductor capaz de transmitir y recibir ondas electromagnéticas.
Antena direccional	Antena cuya potencia transmitida o recibida se encuentra focalizada en un punto específico.
Antena Omnidireccional	Antena cuya potencia transmitida o recibida es la misma en todas las direcciones.
ArcGIS	Plataforma líder para crear y utilizar sistemas de información geográfica.
Banda ancha	Servicio de conexión a internet de alta velocidad.
Cartografía	Ciencia que reúne y analiza datos de regiones de la tierra para representarlas gráficamente de forma bidimensional o tridimensional a una escala reducida.
Celda	Es un sector de la radio base que brinda cobertura en un área determinada.
Coaxial	Cable que transmite datos compuesto por dos conductores separados por un material dieléctrico, utilizado en instalaciones al aire libre y en interiores.

COVID-19	Enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2, proclamada pandemia en enero de 2020.
CPE	Siglas de <i>Customer Provided Equipment</i> o Equipo proporcionado por el cliente, que son los equipos arrendados por el cliente y pueden ser propiedad de la empresa o del cliente.
Fibra óptica	Filamento de material dieléctrico como el vidrio, capaz de transmitir impulsos luminosos de extremo a extremo a tasas de transferencias muy altas.
Google Earth	Sistema de información geográfica que muestra un globo terráqueo virtual y permite visualizar la cartografía mediante imágenes satelitales.
GSM	Sistema Global de Comunicaciones Móviles, corresponde al protocolo utilizado en las redes de Segunda generación.
IDU	Siglas de <i>Indoor unit</i> , es un dispositivo que se instala dentro del domicilio de in cliente y se encarga de realizar la conversión de la señal LTE o 5G recibida por una antena y proveerla en forma de <i>Wifi</i> o <i>ethernet</i> al cliente.
Latencia	Tiempo que tarda en transmitirse un paquete de datos en una red.

Librerías	Conjunto de archivos de código que facilitan la programación, proporcionando funcionalidades comunes y que ya han sido resueltas por otros programadores.
Linux	Sistema operativo de <i>software</i> libre y código abierto.
LOS	Siglas de <i>Line of Sight</i> o línea vista, que hace referencia a cuando una antena tiene una visibilidad directa hacia otra antena, sin que haya obstáculos entre ellas.
MIMO	Tecnología inalámbrica que utiliza varios transmisores y receptores para enviar y recibir más datos al mismo tiempo.
NLOS	Siglas de <i>Non Line Of Sight</i> o Sin Línea Vista, que hace referencia a cuando no existe visibilidad directa entre dos antenas de un radio enlace, debido a obstáculos entre ellas.
Nodo	Punto de intersección de varios elementos de la red.
ODU	Siglas de <i>Outdoor Unit</i> , es un dispositivo que se instala en el exterior del domicilio del cliente y es una antena direccional u omnidireccional que recibe una señal LTE o 5G a través de una tarjeta SIM y la envía hacia un dispositivo de interior conocido como IDU.

QoS	Siglas de <i>Quality of Service</i> o Calidad de servicio, es la capacidad de ofrecer diferentes niveles de prioridad a ciertas aplicaciones, como voz, video o datos.
Query	Es una interacción que se realiza con la información de una base de datos, también es llamada consulta.
SIM	Siglas de <i>Subscriber Identify Module</i> o Modulo de Identificador de Subscriptor y es una pequeña tarjeta con un chip que almacena el número de abonado y las claves de acceso de un usuario concreto a la red de la operadora.
Software	Es un conjunto de programas que cumplen con tareas específicas en una computadora.
TDD	Siglas de <i>Time Division Duplex</i> o Duplexación por división de tiempo, un método utilizado principalmente en redes LTE y 5G, donde la transmisión y recepción de datos se realiza en pequeños lapsos y que optimiza el espectro radioeléctrico utilizado.
UMTS	Siglas de <i>Universal Mobile Telecommunications System</i> o Sistema universal de telecomunicaciones móviles y es la tecnología en la que se basa la tercera generación y sucesora de la tecnología GSM o 2G.
Web	Información que se encuentra en una dirección determinada de <i>internet</i> .

RESUMEN

El diseño de investigación para una aplicación *web* para el personal técnico de *outsourcing* de una empresa de telecomunicaciones que facilite la orientación de un radio enlace en una red FWA, pretende dar una herramienta que mejore el procedimiento de orientación de dos antenas en un radioenlace, que indicará al personal técnico la dirección de instalación de una ODU hacia la radio base que le brinda mejor cobertura.

En el primer capítulo se explica la evolución de las tecnologías de banda ancha y se menciona la importancia de las redes FWA en países como Guatemala, mientras que el segundo capítulo se explica cómo el *outsourcing* forma parte importante de las operaciones de una empresa de telecomunicaciones y cómo esto tiene ventajas y desventajas.

Los capítulos posteriores, serán una recopilación de conceptos necesarios para la elaboración de la aplicación *web* para el personal técnico, en ellos se incluyen los sistemas de información geográfica que serán la base fundamental para la elaboración del trabajo, para efectos de este diseño de investigación, se utilizará la aplicación de *software* libre QGIS.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el *internet* de banda ancha a tomado vital importancia para la vida cotidiana de los seres humanos, convirtiéndose en un servicio básico más, principalmente por la evolución tecnología que se ha vivido en los últimos años debido a la pandemia del COVID-19, donde el teletrabajo, clases en línea y contenido en *streaming* aumentaron la necesidad de conexiones a *internet* de alta velocidad.

Las empresas de telecomunicaciones han optado por diferentes tecnologías para brindar dicho servicio a los consumidores, sin embargo, no todas las tecnologías son viables económica y logísticamente para una empresa. Gracias a la evolución de las redes inalámbricas, se permite brindar un servicio de *internet* de banda ancha mediante redes de Acceso Fijo Inalámbrico, que consiste en instalar una antena en el domicilio del cliente que se conecta mediante un radioenlace a la celda que brinda cobertura en el lugar y que la distribución se haga por medio de un cable *modem* conectado a la antena instalada.

La dificultad que se tiene con estas redes, es que la instalación de la antena del cliente tiene que realizarse con mucho cuidado, orientándola correctamente hacia la radio base, para que obtenga los niveles de señal óptimos, sin embargo, las personas que hacen estas instalaciones forman parte del personal técnico de *outsourcing* de la empresa, por lo que no suelen tener la información de las radio bases que brindan este servicio en determinado lugar.

El personal técnico de *outsourcing* no suele tener acceso a la información de la base de datos de la red, principalmente porque tienen un índice de rotación alto y carecen de lealtad a la empresa por lo que podría caer en fugas de información valiosa de la empresa. El desconocimiento de esta información recae en las instalaciones, ya que al no saber cómo está construida la red, ocurre que las instalaciones de las antenas no están correctamente orientadas, produciendo un porcentaje considerable de cancelaciones de servicios debido a un mal servicio técnico.

Este proyecto pretende responder a la pregunta central: ¿Cómo facilitar el proceso de orientación de un radio enlace de una red FWA, para el personal de *outsourcing* de una empresa de telecomunicaciones, sin la necesidad de compartir información confidencial de la empresa?, por la que el objetivo de la investigación es diseñar una aplicación *web* que facilite el proceso de orientación de un radio enlace de una red FWA para que el personal técnico de *outsourcing*.

Para llevar a cabo el estudio, se ha estructurado en cuatro capítulos: Capítulo I, Evolución del *internet* de banda ancha, se mencionan algunas de las tecnologías más populares para brindar este servicio y de cómo cada una toma un rol importante dentro de la sociedad actual.

En el Capítulo II, Banda ancha en América Latina, se analiza el estado actual de los servicios de banda ancha en países como Guatemala y donde se entiende la importancia de las tecnologías FWA para disminuir la brecha digital.

El Capítulo III, *Outsourcing*, menciona los conceptos básicos de esta forma de operar de las empresas, orientándolo principalmente a empresas de telecomunicaciones y cómo sus ventajas y desventajas hacen posible esta investigación.

En el Capítulo IV, Sistemas de información geográfica, se describe el conjunto de herramientas que hará posible el diseño de la aplicación *web* que facilite la orientación de un radio enlace de una red FWA, ya que, son estas las herramientas que permiten trabajar con mapas, polígonos y cartografía las harán una idea al mundo real.

2. ANTECEDENTES

Un primer trabajo corresponde al de Ocampo (2020) quien realizó un *análisis y mejora del actual proceso de Outsourcing de una empresa de telecomunicaciones*. Se menciona que el mal servicio recibido por los clientes provoca un aumento de reclamos y son debido a una falta de control de las operaciones que realiza el personal de *outsourcing*, en tareas de instalación y de post instalación de servicios.

Este trabajo propone un plan de acción para mejorar la calidad del servicio brindado por los agentes tercerizados de una empresa de telecomunicaciones, mediante un proceso de auditoría, penalización, incentivos y evaluación de desempeño de los agentes.

Como segundo trabajo se tiene el de Maldonado (2016), quien realizó el *Análisis de la rotación del personal técnico de una empresa de servicios masivos de telecomunicaciones*. Menciona que las empresas de telecomunicaciones tienen a su disposición un volumen importante de personal técnico que no siempre tiene condiciones favorables, generando un porcentaje elevado de rotación de personal.

El constante cambio de los colaboradores tiene un impacto negativo para la empresa, algunos inconvenientes de este fenómeno son: Costos elevados por selección de nuevo personal, baja coordinación de los empleados por el cambio y posibles fugas de información confidencial de la empresa.

Como tercer trabajo, se menciona el de Martínez *et al* (2012), que realiza el artículo: *Desarrollo de una herramienta de cálculo de cobertura radioeléctrica vía Web basada en el sistema de información geográfica ArcGIS Server*. Menciona que los sistemas de radiocomunicaciones actuales (GSM, UMTS, LTE, Wimax, entre otros) requieren de herramientas para el cálculo de cobertura que son fundamentales para ahorrar tiempo y costos a una empresa de telecomunicaciones, dichas herramientas se basan en sistemas de información geográfica (SIG).

En este trabajo se muestran las bases para la utilización de la aplicación ArcGIS y el potencial que tiene para la elaboración de aplicaciones relacionadas con telecomunicaciones, aprovechando todas las herramientas que proporciona esta aplicación.

Como cuarto trabajo se tiene el de Yeung (2017), *Implementación de una red de acceso LTE TDD para brindar internet a usuarios residenciales en Lima* muestra cómo se realiza una implementación de un sitio LTE TDD para brindar acceso a internet a una población, explicando las configuraciones de los equipos, el diseño de la topología y el proceso de optimización por medio de *drive test*.

Este trabajo permite ver paso a paso la implementación, desde el análisis matemático, instalaciones, configuraciones de los equipos, mapas de cobertura y resultados de la implementación del sitio LTE TDD.

Como último trabajo se tiene el de Cely (2000), donde habla sobre la importancia que tiene que las empresas de telecomunicaciones conozcan el entorno de sus clientes, los medios donde existen y de cómo las herramientas de información geográfica, permiten crear aplicaciones que haga a la empresa más competitiva y diferencial.

Este trabajo menciona la importancia que tienen los SIG para la industria de telecomunicaciones para mejorar la calidad de servicio, principalmente porque permiten un mejor control de la red a través de mapas y cómo esto brinda beneficios en costos y tiempo para la empresa, cuando se trata de solucionar un inconveniente.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción general

En la actualidad la calidad de servicios brindada por una empresa de telecomunicaciones se ha visto afectada principalmente por la ausencia de políticas de control de las operaciones tercerizadas. (Ocampo, 2020)

Las operadoras que ofrecen servicios de banda ancha se han visto afectadas por las deficiencias existentes en las operaciones técnicas, principalmente en tecnologías como redes FWA (*Fixed Wireless Access*).

Según Ocampo (2020), la mala calidad de servicio prestada por el personal técnico de una empresa de telecomunicaciones produce pérdidas para la compañía, debido a que el 11 % de la cancelación de servicios se deben a una mala instalación o un mal servicio técnico.

3.2. Definición del problema

La falta de herramientas produce una mala instalación, insatisfacción de los clientes y en el peor de los casos una cancelación del contrato, debido a un mal servicio técnico en general.

Aunque una empresa de telecomunicaciones brinda muchos servicios, este proyecto se enfocó en las redes FWA (*Fixed Wireless Access*) que brinda internet residencial de banda ancha en zonas rurales, donde el acceso a *internet* por cable es limitado.

Esta tecnología requiere de una instalación muy cuidadosa, porque es necesario colocar una antena direccional en el domicilio del cliente y orientarla correctamente hacia la radio base que le brinda el servicio, el mayor inconveniente es que el personal técnico en muchas ocasiones no conoce cuál es la radio base que brinda cobertura en una zona determinada, porque para ello el operario requiere tener acceso a la base de datos con la infraestructura de la red, siendo esta, información confidencial que no se puede compartir con el personal técnico, por las desventajas del *outsourcing* que son el índice elevado de rotación de personal, la falta de lealtad de los agentes y la fuga de información secreta de la empresa. (Hernández, 2017)

3.2.1. Especificación del problema

Derivado del inconveniente de no poder compartir cierta información de la infraestructura de la red con el personal técnico, se ve la necesidad de buscar una herramienta que permita guiar al instalador al momento de orientar la antena del cliente hacía la radio base que brinda el mejor servicio.

La falta de una herramienta que facilite esta instalación perjudica principalmente en la experiencia del cliente, debido a que una antena mal orientada produce niveles de señal ineficientes, inestabilidad en el servicio de *internet* y aumento de reclamos en los centros de atención telefónica.

Por lo anterior, se espera que la investigación dé una base práctica para realizar una herramienta que cumpla con las características de guiar al personal técnico en una instalación del radioenlace de FWA, sin necesidad de compartir información sensible de la compañía y garantizar una buena calidad de servicio.

3.2.2. Especificación del problema

El estudio se pretende realizar con una red FWA, en el municipio de Palencia, Guatemala, utilizando una simulación de la red que brinde el mapa de calor con las mejores celdas servidoras del municipio.

Durante ocho semanas se investigarán los sistemas de información geográfica que son fundamentales para realizar el procesamiento de los mapas de simulación y utilizarlos en una aplicación *web* que funcionará de manera local en la computadora del investigador sin utilizar *software* de pago.

3.2.3. Pregunta principal de investigación

¿Cómo facilitar el proceso de orientación de un radio enlace de una red FWA, para el personal de *outsourcing* de una empresa de telecomunicaciones, sin la necesidad de compartir información confidencial de la empresa?

3.2.4. Preguntas complementarias de investigación

- ¿Cómo se debe alinear correctamente dos antenas en un radioenlace de una red FWA y que sea funcional?
- ¿Cuál debería ser el procedimiento recomendado para la instalación de un radioenlace de FWA?
- ¿Cómo desarrollar una aplicación *web* que le indique al personal técnico la correcta alineación de un radioenlace de una red FWA y que funcione de forma local?

- ¿Qué lenguaje de programación es el ideal para utilizar un Sistemas de información Geográfica?

4. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad las empresas de telecomunicaciones han optado por la tercerización de muchos de sus procesos, como la atención al cliente, servicio técnico, recursos humanos, entre otros.

Uno de los procesos que se han tercerizado es la instalación de servicios de *internet* residencial, los cuales se brindan por diferentes tecnologías, una de ellas es el *internet* de Acceso Inalámbrico Fijo (FWA), un servicio que el personal técnico suele instalar de manera ineficiente, principalmente porque no conocen cuales son las radio bases de la empresa que brindan el servicio, debido a que es información confidencial de la empresa.

Mejorar el proceso de orientación de un radioenlace de FWA origina una mejor calidad de servicio, aumenta los niveles de señal en los servicios, mejora la experiencia de los clientes, disminuye los reclamos en los centros de atención al cliente y aumenta los ingresos de la empresa al reducir la cancelación de servicios por una mala instalación. (Ocampo, 2020)

El presente proyecto tiene como objetivo brindar al personal técnico de *outsourcing* una aplicación *web* que le indique hacia donde debe orientar la antena que está instalando, según la ubicación del domicilio y la información del mapa de la mejor celda servidora de la red.

La base del proyecto permite que las empresas de telecomunicaciones le den una herramienta al personal tercerizado que les ayude a realizar mejores instalaciones, sin la necesidad de compartir información confidencial de la red,

como las ubicaciones de las radios bases de la empresa, las tecnologías que tienen instaladas, nomenclaturas y zonas de cobertura.

Debido a que no se cuenta con suficientes estudios en Guatemala sobre la realización de alguna aplicación o herramienta que cumpla con las características mencionadas, el presente trabajo brinda una propuesta funcional que se integra al flujo de trabajo de las operaciones técnicas, para dar una solución a los inconvenientes en instalaciones de servicios FWA.

Por otra parte, la investigación contribuye en ampliar el conocimiento de la evolución del *internet* de banda ancha, el proceso de instalación de servicios de FWA, características de los radioenlaces, Sistemas de Información Geográfica y la manipulación de datos de simulación de una red para realizar una aplicación *web* de manera local.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Mejorar el proceso de orientación de un radioenlace de una red FWA a través de una aplicación *web* para el personal técnico de outsourcing de una empresa de telecomunicaciones

5.2. Específicos

- Identificar el proceso actual de instalación de un servicio FWA
- Establecer las bases para la correcta orientación de una ODU hacia la radio base que le brinda un mejor servicio.
- Fortalecer el proceso de instalación de un radioenlace de FWA para el personal técnico de *outsourcing* de una empresa de telecomunicaciones, mediante una herramienta que indique la orientación recomendada de una ODU.
- Desarrollar una aplicación *web* que indique la orientación de una ODU para que obtenga el mejor servicio, según el mapa de calor de la mejor celda servidora de la simulación de la red FWA, utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG).

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

El presente trabajo de investigación pretende mejorar el proceso de orientación de un radioenlace de una red FWA, mediante una aplicación *web* para el personal técnico de *outsourcing*, esto con la intención de mejorar la calidad de servicio de las instalaciones, mejorando la satisfacción de los clientes y aumentando los ingresos de una empresa de telecomunicaciones.

La herramienta *web* permitiría que las empresas compartan la menor cantidad de información de su base de datos de radio bases con los técnicos, evitando la fuga de información y sugiriendo la orientación correcta de instalación para la antena del cliente.

6.1. Esquema de solución

El esquema de solución se realizará en cinco etapas:

La primera etapa consiste en la obtención de la simulación de una red FWA en el municipio de Palencia, Guatemala. En esta simulación se pretende obtener la mayor cantidad de información del funcionamiento de la red, las zonas de cobertura y el mapa de las mejores celdas servidoras de una red.

En la segunda etapa se trabajará con los archivos generados en el proceso de simulación, estos archivos contienen información geográfica de las zonas de cobertura de cada celda, por lo que es importante trabajar dicha información en un sistema de información geográfico, utilizando un *software* o librerías

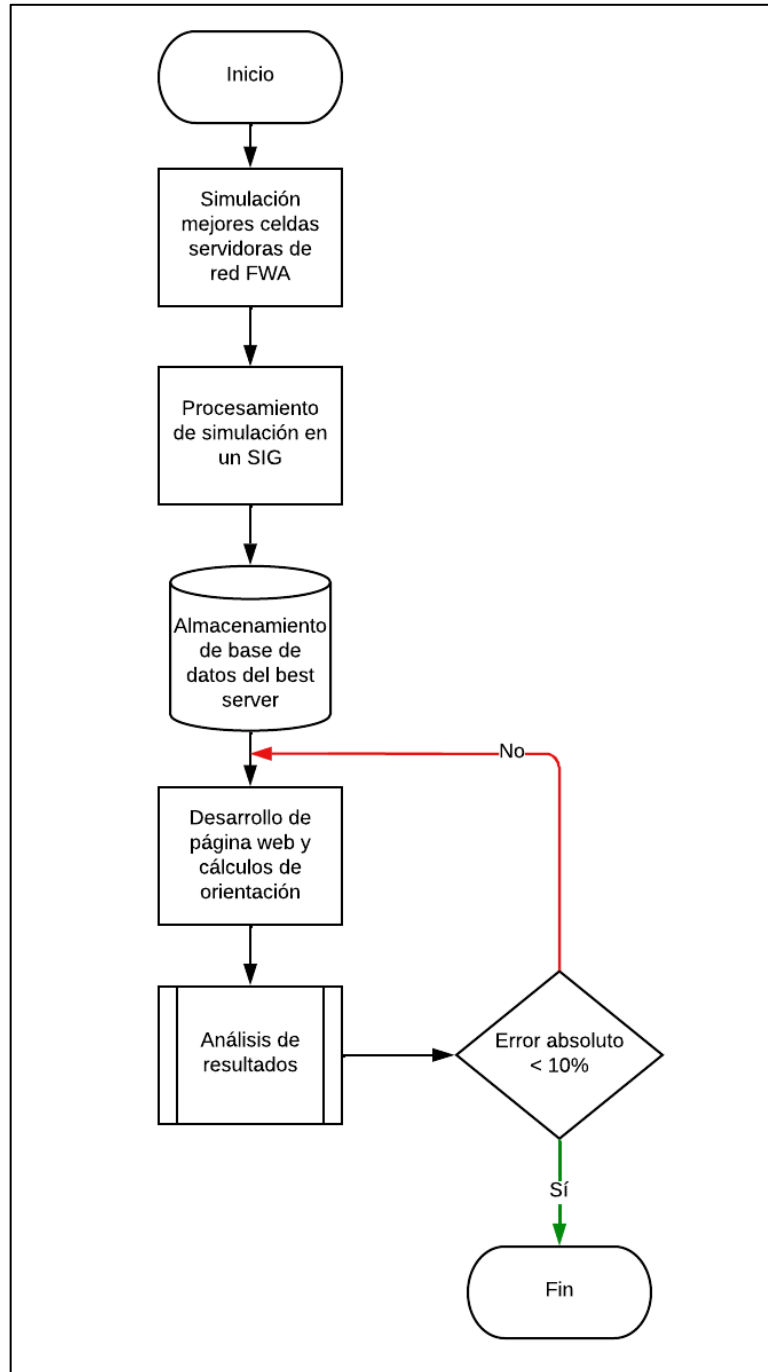
especiales para su utilización, en esta etapa se deben almacenar los datos de una manera adecuada para utilizarlos posteriormente en una página web.

La tercera etapa consiste en el desarrollo de una aplicación *web* optimizada para teléfonos celulares, esta aplicación debe ser sencilla, debido que solo va a recibir las coordenadas de la instalación del cliente y sugerirá al técnico la orientación de la antena.

La cuarta etapa consiste en la integración de la información obtenida en la simulación y el trabajo hecho con el sistema de información geográfico con la aplicación *web*, esto de tal manera que la página *web* realice una consulta a la información de la mejor celda servidora y que mediante cálculos geográficos devuelva los parámetros sugeridos para que el técnico realice una buena instalación.

La quinta etapa será un trabajo estadístico, en el que se calculará el porcentaje de error de esta aplicación, debido a que no se dispondrá de una red FWA real, es necesario realizar esta prueba con una aplicación como *Google Earth*, que permite trazar polígonos, líneas y puntos para determinar si la aplicación está realizando la tarea propuesta de manera adecuada.

Figura 1. Esquema de solución



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 365.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Evolución del internet de Banda Ancha

El concepto de Banda Ancha es utilizado en telecomunicaciones para especificar una conexión a *internet* con altas velocidades de transferencia de datos, nace por una necesidad empresarial de brindar servicios más robustos, que permiten interacciones en tiempo real como voz y video, mediante diferentes tecnologías que proveen del servicio.

En los últimos años la conexión a *internet* ha dejado de ser un capricho y se ha convertido en una necesidad básica, como la energía eléctrica o el agua, debido al crecimiento tecnológico y el incremento de utilización de servicios de *internet* por la pandemia del COVID-19 en 2020.

El servicio de Banda Ancha es brindado por diferentes tecnologías que van desde cable hasta métodos inalámbricos, cada una con sus propias características y que luchan en conjunto para reducir la brecha digital para que mayor cantidad de personas tengan acceso a *internet*.

7.1.1. Línea de Abonado Digital (xDSL)

Es un servicio que proporciona un gran ancho de banda y una conexión estable de *internet*, funciona a través de una línea telefónica y es utilizado principalmente en oficinas pequeñas y en ambientes domésticos, la mayoría de estos servicios son asimétricos (ADSL), es decir, que tienen una velocidad más alta de bajada que de subida.

Este servicio es transmitido por una red de cable de cobre, que conectan al usuario a un nodo de la red, esta infraestructura es muy sencilla, reduciendo el costo y el tiempo de instalación. (Rolón, 2011)

La x dentro del nombre xDSL, es un símbolo genérico que identifica las familias de tecnologías de las redes que utilizan pares trenzados para transportar la información. (Mejía y Yáñez, 2001)

Las familias de xDSL son las siguientes:

- HDSL (*High bitrate Digital Subscriber Line*)
- ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*)
- SDSL (*Symmetric Digital Subscriber Line*)
- VDSL (*Very-High-Rate Digital Subscriber Line*)

A continuación, se muestra una tabla comparativa entre las familias de xDSL:

Tabla I. **Comparativa entre familias xDSL**

TECNOLOGÍA	VELOCIDAD	LIMITACION DE LA DISTANCIA	DE APLICACIONES
ADSL	1.5- 8 Mb/s (bajada), 176-640 kb/s (subida) utiliza 1 par	5800 m (3600 m para las velocidades más rápidas)	Acceso a <i>internet</i> , video, bajo demanda (VoD), Servicios telefónicos tradicionales
HDSL	1.544Mb/s <i>full duplex</i> (T1). 2.048 Mb/s <i>full duplex</i> (E1). Utiliza 2 o 3 pares (con 1 par puede operar en modo <i>simplex</i>)	4500 m	Sustitución de varios canales T1/E1 agregados, interconexión de centrales telefónicas privadas (PBX), agregación de tráfico <i>frame relay</i> , interconexión de redes de jtreá local (LANs)

Continuación de la tabla I.

SDSL	1.544 Mb/s <i>full duplex</i> 2.048 Mb/s <i>full duplex</i> utiliza 1 par	(T1). (E1),	3000 m	Sustitución de varios canales T1/E1, servicios interactivos e interconexión de LANs
VDSL	14.5 - 52 Mb/s (capacidad total que puede dividirse en forma simétrica o asimétrica entre la subida y la bajada) utiliza 1 par		300 - 1500 m (Según la velocidad)	Televisión de alta definición (HDTV)

Fuente: Mejía y Yánes. (2001). *Estudio y diseño de una red de acceso inalámbrico punto – multipunto para un operador de redes de telecomunicaciones de la ciudad de Quito*. Consultado el 10 de agosto de 2022. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5257/1/T1680.pdf>.

7.1.2. **Modem de cable (CM)**

La tecnología de internet de banda ancha por *modem* de cable, utiliza el estándar DOCSIS 3.0 que ofrece velocidades por encima de los 100 Mbps, una de las tecnologías más conocidas son las redes híbridas de fibra óptica – coaxial (HFC), cuya infraestructura es más compleja que una red DSL.

Esta tecnología utiliza las redes CATV, permitiendo transportar por el mismo cable coaxial la señal de *internet*, telefonía y de televisión por cable, haciendo que se comercialice en combos. (Huidobro, 2014)

7.1.3. **Fibra hasta el hogar (FTTH)**

Esta tecnología de banda ancha es la más robusta y cara de todas, las redes de fibra hasta el hogar, consiste en redes que tienen como medio de

transmisión la fibra óptica desde el nodo hasta el domicilio del consumidor (Mejía y Yáñez, 2001).

Una red FTTH tiene la ventaja de ofrecer múltiples servicios como Telefonía, Internet de banda ancha y televisión HD, este servicio permite brindar velocidades de *internet* extremadamente elevadas, que pueden llegar hasta los 100 Mbps.

El mayor inconveniente de este tipo de red es el precio y la poca penetración que se tiene en la actualidad, además que requiere de un especial cuidado y un servicio técnico muy bien capacitado para realizar cualquier tipo de instalación, avería o atender algún reclamo.

7.1.4. Acceso inalámbrico

En los siguientes incisos se describen los diferentes tipos de accesos inalámbricos que existen.

7.1.4.1. LTE

La tecnología LTE conecta a millones de personas alrededor del mundo y es probablemente la tecnología móvil más utilizada a nivel global. El aumento del uso de *internet* hizo que 3GPP trabajara en la tecnología LTE, que se basa en el protocolo IP.

El Protocolo IP permite transmitir datos de todo tipo mediante la encapsulación de paquetes IP, es decir, que todos los datos se envían de la misma manera a través de la red, descomponiendo la información en pequeños paquetes que se caracterizan por tener un encabezado que indica el tipo de dato

contiene ese paquete, este encabezado permite manejar una calidad de servicio (QoS), dándole prioridad a cierto tipo de tráfico como la voz.

Una red LTE soporta velocidades de transmisión de datos muy elevadas, el estándar indica que puede alcanzar tasas de 100 Mbps para usuarios en movimiento y hasta 1Gbps en estado estacionario

7.1.4.2. 5G

La quinta generación de telefonía móvil tiene la capacidad de brindar un tráfico masivo, con velocidades extremadamente altas, gracias al eficiente uso del espectro radioeléctrico es posible alcanzar velocidades teóricas de hasta 10 Gbps

Debido al gran crecimiento de los dispositivos que se conectan a internet se espera la integración total de dispositivos, también llamado Internet de las Cosas (IoT). Una red 5G tiene la capacidad de interconectar millones de dispositivos entre sí y se caracteriza por ser una red con baja latencia, alta disponibilidad y segura. (Barreno, Carrión y Tenecora, 2016)

7.1.4.3. Redes de Acceso Inalámbrico Fijo (FWA)

Una red de acceso inalámbrico fijo se caracteriza por brindar *internet* de banda ancha en zonas donde la infraestructura de una tecnología por cable no es viable, ya sea por las condiciones topográficas del lugar o porque no es rentable para una empresa de telecomunicaciones esa implementación.

Las redes domésticas inalámbricas se han desarrollado rápidamente en los últimos años, en 2017 la cantidad de usuarios nuevos de estas redes aumentó

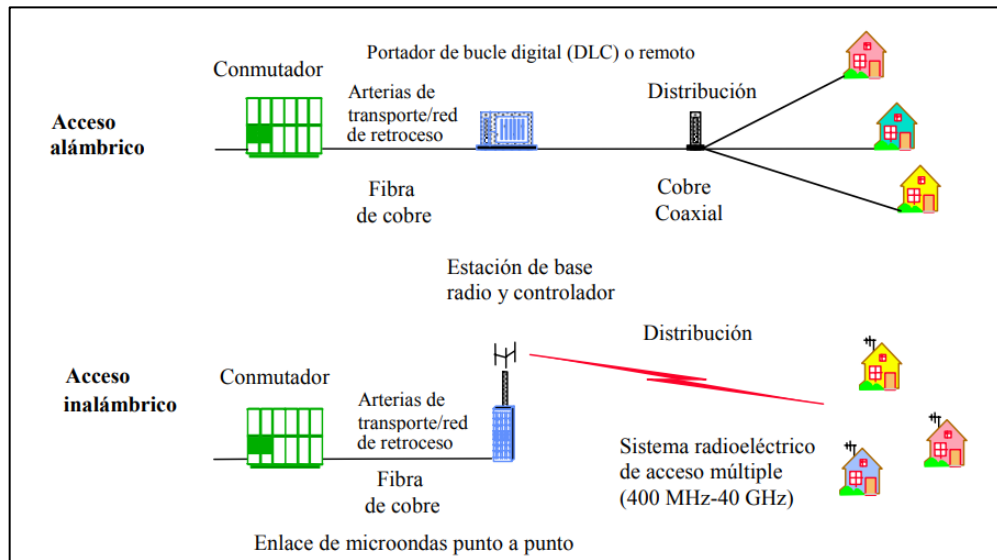
casi un 40 % alrededor del mundo, Casi tantos usuarios como las redes FTTH. Su crecimiento ha tomado gran importancia en las empresas de telecomunicaciones porque representan un mercado muy interesante y de mucho beneficio, especialmente en Guatemala, donde hay muchas comunidades y zonas rurales donde el acceso a banda ancha es limitado, se dice que estas, serán uno de los primeros casos de uso comercial de las redes 5G, actualmente en Guatemala las empresas de telecomunicaciones utilizan redes 4.5G para brindar este servicio, pero en unos años seguramente se verán nuevas implementaciones de redes de acceso inalámbrico fijo con infraestructuras de 5G. (Huawei Technologies Co., Ltd., s.f.)

La estabilidad de estas redes puede ser comparable con otros servicios de banda ancha por cable, mediante un CPE (*Customer Provided Equipment*) que puede llegar a tener el doble de rendimiento de un teléfono móvil, tiene la capacidad de cubrir radios de más de 15km incluso funcionando en frecuencias de 3.5 Ghz, esto en condiciones muy específicas por supuesto y algunos modelos como el Huawei B2368 mediante su configuración de antenas 4x4 MIMO puede alcanzar una tasa máxima de enlace descendente de 600 Mbit/s. (Huawei Technologies Co., Ltd., s.f.)

Una ventaja de estas redes es la reducción del tiempo de implementación y que puede utilizar la infraestructura de redes GSM, UMTS o LTE ya existentes, esto permite acortar el tiempo de retorno de inversión de una empresa, a diferencia de las redes de acceso alámbrico que requiere de la instalación de una infraestructura más compleja y costosa.

A continuación, se muestra una comparativa entre ambas tecnologías.

Figura 2. **Comparativa entre el acceso alámbrico de banda ancha y el acceso inalámbrico de banda ancha**



Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2001). *Manual sobre el servicio móvil terrestre. (incluso acceso inalámbrico)*.

La principal desventaja de esta tecnología es la instalación de los CPEs, porque hay que orientar correctamente los equipos a la radio base, para garantizar que el enlace de radio frecuencia sea estable. Dicha instalación en ocasiones no se hace correctamente, debido a que el personal técnico de outsourcing de las empresas de telecomunicaciones no tiene acceso a la base de datos de celdas servidoras, ocasionando una mala instalación y una degradación en la calidad de servicio.

7.1.4.3.1. ODU

La ODU (*Outdoor Unit*) es el dispositivo que se instala en la parte exterior del domicilio del cliente y es el que se encarga de conectarse mediante un radioenlace a la celda que brinda el servicio de *internet* de banda ancha. Este dispositivo tiene una tarjeta SIM en su interior y tiene un *kit* de instalación, como un mástil, tornillos, arandelas y otras herramientas para asegurarla en la instalación.

La instalación de la ODU debe realizarse con mucho cuidado y depende en gran medida de las características de la red y de las características propias de este dispositivo, para ello se debe tomar en cuenta la ganancia medida en dBi de la ODU, así como la tecnología MIMO (*Multiple-input Multiple-output*) que tiene integrada.

También es importante considerar si estas antenas son direccionales u omnidireccionales, sin embargo, la mayoría de estas antenas requiere tener una orientación correcta hacia la radio base que le brinda cobertura, porque esto mejora los niveles de señal recibida por el dispositivo. Aunque la tecnología de FWA no requiere una visibilidad directa (NLOS) hacia la radio base si es importante, en la medida de lo posible, que se tenga esta visibilidad directa (LOS) porque mejoraría los niveles de intensidad de señal recibidos. (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2001)

En la figura 3. Se muestran dos modelos de ODU muy utilizados por empresas de telecomunicaciones.

Figura 3. **Modelos de ODU**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft PowerPoint 365.

7.1.4.3.2. **IDU**

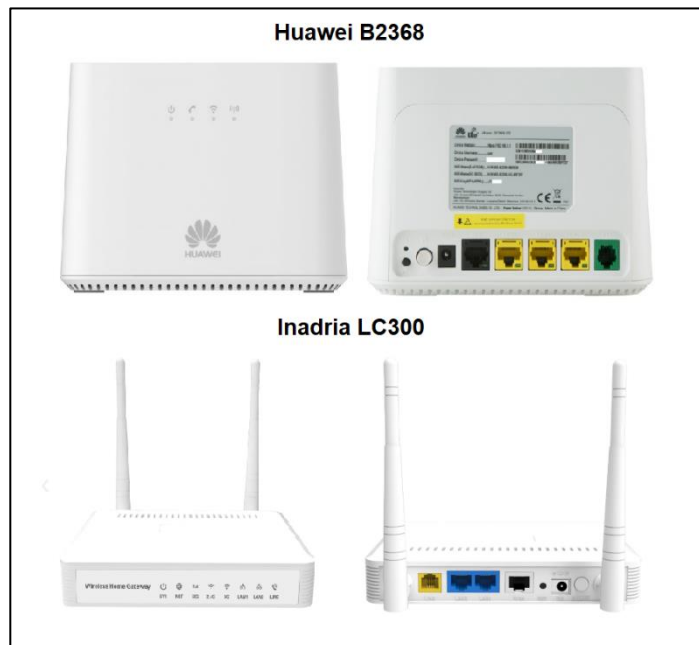
La IDU (*Indoor Unit*) es el dispositivo que se instala dentro del domicilio del cliente y es un *modem* que interconecta la ODU a través de un cable *ethernet* y cumple la función de distribuir la señal a través de *wifi* o por cable de red al usuario. Este dispositivo tiene varias características, por ejemplo:

- Conexión de teléfono RJ-11.
- Botón de WPS para dispositivos compatibles con esta tecnología.

- Puertos LAN (Cantidad depende del modelo).
- Puerto PoE que conecta a la ODU por cable *ethernet* y conectores RJ-45.
- Botón de *reset* (Oculto) para reestablecer el dispositivo a su configuración de fábrica.
- Botón de encendido y apagado.
- Conector de fuente de poder.
- Indicadores LED
- *Wifi* de doble banda 2.4Ghz y 5Ghz

Las características de cada IDU pueden variar según el modelo de CPE que se esté utilizando, en la figura 4. Se muestran las dos IDUs correspondientes al CPE Huawei B2368 e Inadria LC300.

Figura 4. Modelos de IDU



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft PowerPoint 365.

7.1.4.4. Redes WIMAX

Las redes WIMAX que funcionan bajo el estándar IEEE 802.16 son redes inalámbricas que proporcionan velocidades de internet muy elevadas, a diferencia del WIFI, WIMAX tiene la capacidad de brindar un servicio de amplia cobertura. (Hung-Yu, Ganguly, Izmailov y Haas, 2005)

WIMAX es una tecnología que tomó importancia porque permite brindar *internet* de banda ancha en áreas metropolitanas, especialmente en zonas rurales o donde no se puede construir infraestructura de otras tecnologías por diferentes razones. (Delgado y Arnedo, 2008)

7.2. Banda Ancha en América Latina

En los últimos años el acceso a *internet* se ha convertido en parte esencial de la vida humana, al punto de ser considerado para muchos un servicio básico más, tal como el agua, luz, cable y telefonía; *el internet* forma parte de este conjunto de servicios que se convierten en indispensables para una población, debido a su influencia en la comunicación, el acceso a la información, la educación y el entretenimiento.

En el año 2020 la pandemia del COVID-19 tuvo un gran impacto en las telecomunicaciones, porque la cantidad de usuarios recibiendo clases en línea y el teletrabajo hizo que la necesidad de conexiones de banda ancha fuera indispensables para garantizar los requerimientos de los usuarios, y si se menciona que en América latina y el Caribe solo el 9.9 % cuentan con fibra óptica hasta el hogar la situación se vuelve realmente alarmante. (Dress-Gross y Zhang, 2021)

7.2.1. Necesidad del *internet* de Banda Ancha en Guatemala

Actualmente en Guatemala se estima que menos del 70 % de la población tiene acceso a *internet*, debido a que gran porcentaje de la población se encuentra por lo menos dentro de una cobertura 4G, sin embargo, este porcentaje disminuye a menos del 50 % si se habla de conectividad de banda ancha fija, tomando en cuenta el comportamiento que se tiene en América Latina y el caribe. (Dress-Gross y Zhang, 2021)

Derivado de la problemática de no tener acceso de banda ancha fija de *internet* en una población se da la necesidad de buscar alternativas que cumplan con dicha tarea, aunque existen muchas se debe tomar en cuenta que no todas son viables para las empresas, por los recursos humanos, económicos y los materiales que se necesitan, especialmente cuando se trata de zonas rurales de difícil acceso.

Las redes FWA permiten una penetración importante de banda ancha en países como Guatemala, ya que su despliegue es rápido y los precios son competitivos para que más personas obtengan servicios de banda ancha en sus hogares.

7.3. Outsourcing

Conocido también como tercerización, consiste en transferir la gestión de una actividad o un proceso de la empresa a otra que sea especialista en realizar dicha actividad, esta técnica de negocio se ha ido expandiendo con el pasar de los años, principalmente por la complejidad de los sistemas de gestión de recursos humanos y de capacitación de personal. (Méndez, 2009)

7.3.1. Ventajas del *outsourcing*

Cuando una empresa decide tercerizar un proceso, lo hace porque no siempre son expertas en todas las áreas que la componen, por lo que contratar a otra empresa dedicada a ese proceso en específico trae grandes beneficios, porque le permite mejorar sus esfuerzos en su actividad principal de negocio aumentando su competitividad en el mercado.

Al realizar esta tercerización dejan a cargo al contratista de gestionar aspectos como los recursos humanos, capacitaciones y equipo especial para los distintos procesos, eso facilita que las empresas puedan adecuarse a los cambios de la industria fácilmente, sin necesidad de hacer grandes inversiones para ponerse a la vanguardia de la tecnología.

Es importante recalcar que una empresa debe establecer lineamientos para garantizar la calidad de los trabajos realizados por el contratista, si bien se analizan aspectos económicos en la externalización de un proceso, también se debe analizar la calidad del servicio y los objetivos que deben cumplirse para que todo marche correctamente.

7.3.2. Desventajas del *outsourcing*

Se mencionó que la principal ventaja del *outsourcing* es la reducción de costes, sin embargo, esta puede ser a la vez su mayor desventaja, porque si estos costos son reducidos de manera incorrecta, es muy probable que la calidad de servicios se vea afectada, ya sea por contratar a personal poco capacitado, por falta de recursos para las operaciones o por el índice alto de rotación de personal que suelen haber en estos procesos.

Otro inconveniente, es que la información de la empresa se puede ver como una vulnerabilidad, porque los colaboradores no pertenecen a ella, por lo que no tienen un sentido de pertenencia y tampoco se sienten identificados con la misma, por eso es que fácilmente puede existir fuga de información confidencial a empresas de la competencia.

7.3.3. Outsourcing en empresas de telecomunicaciones

Es evidente el crecimiento de la industria de telecomunicaciones en los últimos años, a medida que la tecnología ha ido avanzando las compañías han ido mejorando los servicios brindados a través de distintas técnicas, esta mejora continua que las empresas pretenden para el negocio, hace necesario que diferentes departamentos de la compañía hagan constantes cambios y mejoras en sus procesos, algo que requiere una gran inversión de tiempo y dinero, por esta razón y otras más, las empresas de telecomunicaciones han optado por tercerizar varios de sus procesos con contratistas y mejorar así la calidad de sus servicios.

Una empresa de telecomunicaciones tiene muchos procesos tercerizados, entre los más comunes se encuentran los centros de atención al cliente, personal técnico de instalación de servicios de *internet*, personal técnico de mantenimiento, fuerza de ventas de productos, entre otros. El aumento de procesos tercerizados ha ido creciendo y lo seguirá haciendo.

7.4. Sistemas de información geográfica

Los sistemas de información geográfica (SIG) son un conjunto de procedimientos que recopilan la información geográfica relacionada a cualquier

parte del planeta, que posteriormente se puede utilizar para realizar análisis de muchos fenómenos, ya sean de ciencia, geografía u otros indoles.

La tecnología SIG permite a un usuario utilizar cualquier información espacial como mapas, puntos o líneas para representar cualquier fenómeno de manera gráfica y visual. En telecomunicaciones se suele utilizar en la predicción de zonas de cobertura, porque permite trazar polígonos que indican el área donde dará servicio una radio base, también para indicar zonas donde la calidad de señal será mejor, basándose en la topografía de una zona y muchas aplicaciones más.

Los SIG tienen cuatro componentes principales:

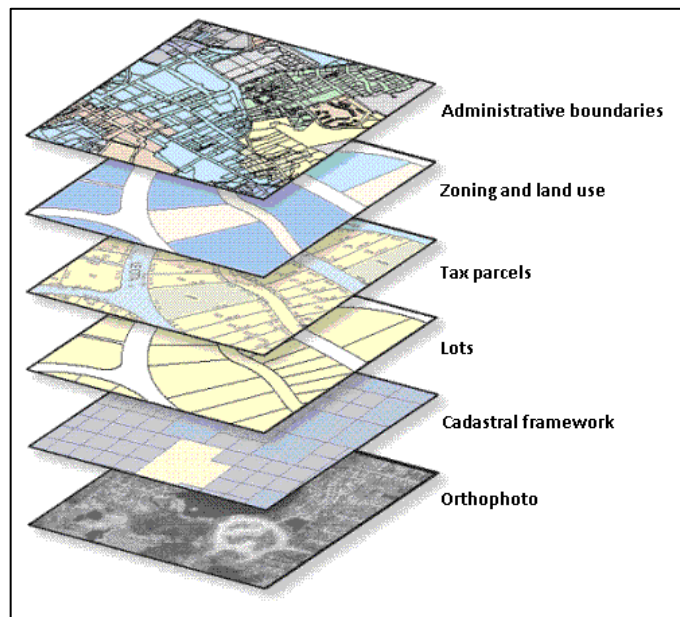
- *Hardware*: todos los dispositivos utilizados, capaces de procesar la información que se está trabajando, entre ellos se encuentra el GPS, satélites, aparatos de control y otros elementos.
- *Datos*: es el lugar donde se almacenan todos los datos que recopilamos con el *hardware*, estos datos pueden ser almacenados en la nube o en un disco duro, dependiendo de la aplicación
- *Software*: lo componen las herramientas capaces de procesar los datos, estos programas están diseñados para manipular específicamente estos archivos y permiten sacarle el máximo partido a la información recopilada.
- *Usuario*: es el individuo que utilizará el SIG para realizar tareas en específico y es quien realmente lo aprovecha para su beneficio.

7.4.1. Funcionamiento de un SIG

Los SIG funcionan como una base de datos que almacena datos geográficos que representan objetos o fenómenos existentes en un mapa digital y que puede responder a consultas que realice el usuario relacionadas a la información que contienen esos datos.

Estos sistemas permiten separar la información geográfica en varias capas, se pueden almacenar independientemente y permite trabajar con cada una de forma rápida y sencilla, lo que facilita relacionar información u obtener resultados.

Figura 5. Capas de un sistema de información geográfica



Fuente: ArcGIS. (s.f.). *Cómo representa y modela SIG la información geográfica*. Consultado el 18 de agosto de 2022. Recuperado de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n000000r000000.htm#:~:text=Toda%20la%20informaci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica%20se,Datasets%20r%C3%A1ster>.

7.4.1.1. Modelo vectorial

La representación en un modelo vectorial se basa en la localización de puntos específicos, este modelo se trabaja por medio de funciones matemáticas, que representan puntos, líneas, polígonos, círculos y otras funciones, lo que permite que la información gráfica que representa se mantenga en todo momento del mismo tamaño, es decir, si se mueve el mapa, se realiza un aumento o alejamiento de la zona, las líneas y figuras que dibuja este modelo no cambia su tamaño o su estructura, a diferencia de un modelo *raster* que si podría cambiar su tamaño. (López, Posada y Moreno, 1998)

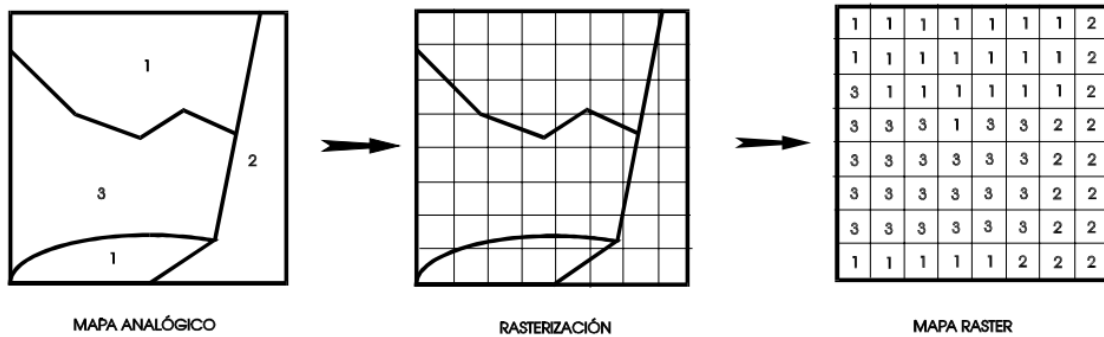
Los elementos de cada función matemática de este modelo se almacena en una base de datos en forma de campos, por ejemplo, un campo llamado perímetro, que contiene la información de un polígono dibujado en un mapa. El modelo vectorial es una excelente representación de un SIG, siendo una base de datos donde sus registros son la información de la representación cartográfica y donde cualquier modificación en la componente grafica tendrá su efecto en la base de datos.

7.4.1.2. Modelo *raster*

Un modelo *raster* permite digitalizar el mundo real transformando los elementos a pixeles, de esta manera cada punto tiene un valor que lo representa, esto facilita analizar los fenómenos porque cada punto únicamente puede tener un valor, por lo que se debe separar el espacio en capas de acuerdo con lo que se esté trabajando. La desventaja de este modelo es precisamente la cantidad de capas que se manejan, porque se requieren muchas de ellas a comparación del modelo vectorial. (López, Posada y Moreno, 1998)

En la figura 6. Se muestra cómo se transforma un mapa analógico a un mapa *raster*.

Figura 6. **Cambio de formato analógico a digital**



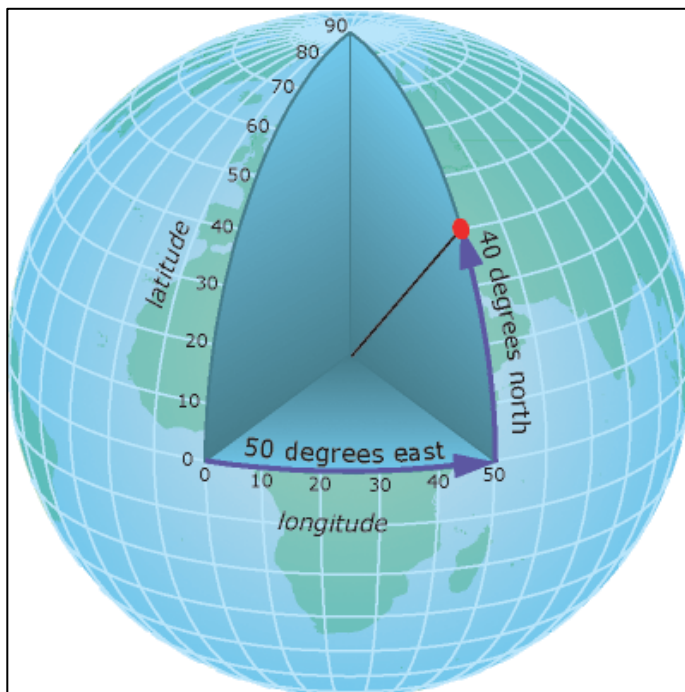
Fuente: López, Posada y Moreno. (1998). *Los sistemas de información geográfica*.

7.4.2. **Sistemas de coordenadas geográficas**

Los sistemas de coordenadas geográficas es el método que describe la posición de un punto en una ubicación geográfica en la superficie de la tierra, mediante dos valores principales: Latitud y Longitud.

Las mediciones de los valores de latitud y longitud son medidas en grados, que van desde el centro de la tierra hasta el punto en la superficie de la tierra, la latitud se mide trazando una línea perpendicular a la superficie de la tierra que va hasta el plano ecuatorial.

Figura 7. **Medición de latitud y longitud de un punto**



Fuente: ArcGIS. (s.f.). *Cómo representa y modela SIG la información geográfica*. Consultado el 18 de agosto de 2022. Recuperado de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n000000r000000.htm#:~:text=Toda%20la%20informaci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica%20se,Datasets%20r%C3%A1ster.>

7.4.3. **Sistemas de gestión de bases de datos espaciales o geográficos**

Los sistemas de gestión de bases de datos espaciales se emplean para almacenar la información geográfica y proporcionan funciones especiales para manipular esos datos, básicamente se trata de una base de datos con soporte para objetos geográficos y que permite almacenar, *indexar*, consultar y manipular la información geográfica.

Las bases de datos geográficas permiten el uso de funciones de geoprocésamiento y la facilidad para indexar y agrupar los datos espaciales a servidores cartográficos, clientes web SIG, extensiones espaciales y otras herramientas que brindan más opciones para el procesamiento de esta información, como *software* SIG.

7.4.4. Software SIG

La información geográfica es manejada por distintas aplicaciones de software que permiten transferir, consultar, transformar, mostrar y procesar los datos de manera sencilla, estas herramientas pueden ser de uso libre o de pago, en la actualidad empresas como ESRI, *Intergraph*, *Autodesk* y *MapInfo* son algunas de las empresas más importantes que brindan soluciones para el manejo de sistemas de información geográfica.

Los *software* GIS son una parte fundamental para la manipulación de la información contenida en una base de datos, estas herramientas permiten utilizar diferentes componentes que ayudan a los usuarios y desarrolladores en la elaboración de programas basados en información cartográfica, un gran porcentaje de estos sistemas son de pago, sin embargo, existen muchas herramientas de uso libre, principalmente en el entorno Linux, que ha tomado gran importancia en los últimos años, principalmente en administraciones públicas y educativas.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SIMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

OBJETIVOS

METODOLOGÍA

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Evolución del internet de Banda Ancha

1.1.1. Línea de Abonado Digital (xDSL)

1.1.2. Módem de cable (CM)

1.1.3. Fibra hasta el hogar (FTTH)

1.1.4. Acceso inalámbrico

1.1.4.1. LTE

1.1.4.2. 5G

1.1.4.3. Redes de Acceso Inalámbrico Fijo (FWA)

1.1.4.3.1. ODU

1.1.4.3.2. IDU

1.1.4.4. Redes WIMAX

1.2. Banda Ancha en América Latina

1.2.1. Necesidad del internet de Banda Ancha en Guatemala

- 1.3. *Outsourcing*
 - 1.3.1. Definición
 - 1.3.2. Ventajas del *outsourcing*
 - 1.3.3. Desventajas del *outsourcing*
 - 1.3.4. *Outsourcing* en empresas de telecomunicaciones
- 1.4. Sistemas de información geográfica
 - 1.4.1. Funcionamiento de un SIG
 - 1.4.1.1. Modelo vectorial
 - 1.4.1.2. Modelo raster
 - 1.4.2. Sistemas de coordenadas geográficas
 - 1.4.3. Sistemas de gestión de bases de datos espaciales o geográficos
 - 1.4.4. Software SIG

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

- 2.1. Revisión documental
- 2.2. Diagnóstico del proceso de envasado
- 2.3. Análisis del proceso de lavado de envase
- 2.4. Implementación del proceso de recirculación de agua

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta la metodología que se llevará a cabo para cumplir con los objetivos de la investigación, está compuesto por una estructura sistemática para recopilar, procesar y analizar la información para presentar los resultados de la investigación.

9.1. Diseño de la investigación

El presente estudio tiene como objetivo diseñar una aplicación web para técnicos de outsourcing de una empresa de telecomunicaciones para mejorar el proceso de orientación de un radio enlace de una red FWA, se recurrirá a un diseño experimental de tipo cuasiexperimental.

Según Hernández y Baptista (2014) un diseño experimental es aquel donde se evalúan los efectos de una aplicación, tratamiento o condición en base a un estímulo aplicado a las variables de investigación.

En la presente investigación se analizará como una aplicación web puede mejorar el proceso de orientación de un radioenlace de una red FWA, utilizando el tipo cuasiexperimental permite que se varíe una variable y se pueda observar el efecto sobre una o más variables, en este caso se observaría como una buena orientación de un radioenlace mejora los niveles de señal de un servicio y a su vez como puede variar la experiencia de un cliente.

9.2. Enfoque de la investigación

El presente trabajo de investigación será diseñado bajo un planteamiento metodológico de tipo mixto, puesto que es el que mejor se adapta a las características y necesidades de la investigación.

Según Hernández y Baptista (2014) un método mixto representa un conjunto de procesos empíricos y sistemáticos de recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos. Los métodos mixtos permiten tener una aproximación cualitativa y cuantitativa, que pueden ser adaptados para efectuar la investigación y que el estudio sea viable.

9.3. Población

La población de estudio estará conformada por el municipio de Palencia, Guatemala donde se obtendrá el diseño de una red FWA para realizar el análisis y sacar conclusiones de la investigación basadas en esa zona geográfica.

9.4. Instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se hará por medio de visitas de campo y auditorías técnicas al personal técnico de *outsourcing* de una empresa de telecomunicaciones, debido a que cierta información puede ser propietaria de la empresa que se esté auditando o de la empresa que está brindando el servicio, será necesario el uso discreto de la información para no revelar secretos comerciales o información que pueda provocar inconvenientes legales.

9.5. Operativización de variables

Las variables que se estudiarán en el proceso de investigación son las siguientes:

- Orientación de un radioenlace de una red FWA
- Calidad de servicio

9.6. Tipo de muestreo

En esta investigación se utilizará un método de muestreo probabilístico, puesto que es el que más se adecua a la investigación que se está realizando, debido a que el muestro probabilístico tiene la característica que todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser tomados en cuenta para la muestra. (Hernández y Baptista, 2014)

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Este proyecto requiere de distintas herramientas para analizar la información que se procesará en la aplicación *web*, así como para analizar los resultados que se obtendrán con la misma.

Entre las herramientas principales se encuentran los gestores de bases de datos espaciales, que serán los encargados de almacenar la información de los mapas de mejor celda servidora de la red y por el que se podrán realizar consultas o *Querys* que devuelvan la información de interés para la aplicación *web*.

Otra herramienta fundamental son los Sistemas de Información Geográfica, que permite la manipulación y el procesado de la información que se utilizará en la base de datos espacial.

Como última técnica de análisis, se tiene la estadística en sí, ya que mediante el muestreo de diferentes pruebas se podrá determinar el porcentaje de error que puede llegar a tener la aplicación elaborada, este porcentaje será fundamental para determinar si la aplicación devuelve resultados factibles y correctos para su función.

10.1. Técnicas de análisis de datos

Los datos utilizados en esta investigación serán analizados a través de sistemas de gestión de bases de datos espaciales y de software SIG, que son las ideales para tratar con el tipo de datos que se van a manejar, adicional se

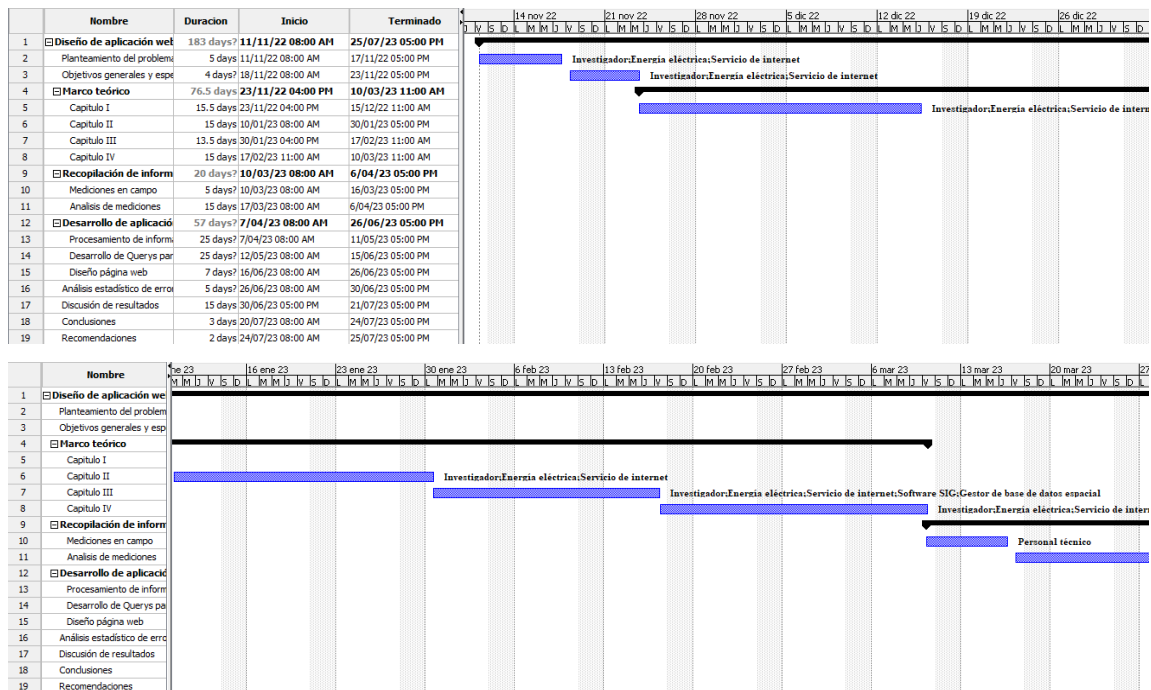
utilizarán herramientas estadísticas para medir los errores que la aplicación *web* realizada pueda tener.

11. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta la organización cronológica del proceso de diseño de una aplicación *web* para el personal técnico de *outsourcing* de una empresa de telecomunicaciones que facilita la orientación de un radioenlace de una red FWA.

La duración estimada para la elaboración de este proyecto es de 183 días.

Figura 8. Cronograma de actividades



Fuente: Elaboración propia, empleando Microsoft Project 365.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La investigación será financiada por el investigador, dentro de los recursos humanos se encuentra el tiempo del investigador y el tiempo del personal técnico que será necesario en pruebas en campo. Entre los materiales para la investigación se encuentra el equipo de cómputo del investigador, papelería, internet residencial, energía eléctrica y cámara fotográfica.

Los recursos digitales como herramientas de bases de datos y sistemas de información geográficos serán herramientas *OpenSource*, por lo que no será necesario el uso de licencias para su utilización.

Tabla II. Presupuesto

Recurso	Descripción	Costo
Humano	Personal técnico	Q 450.00
Físico	Computadora	Q 2,300.00
Físico	Teléfono móvil	Q 3,700.00
Físico	Impresora de papel	Q 450.00
Físico	Internet	Q 1,200.00
Físico	Electricidad	Q 1,600.00
Físico	Gasolina	Q 300.00
Material	Cartuchos de tinta para impresora de papel	Q 120.00
Material	Papel bond	Q 100.00
Material	Libreta	Q 5.00
Material	Lapiceros	Q 5.00
Financiero	Gastos imprevistos	Q 1,500.00
	TOTAL	Q 11,730.00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

13. REFERENCIAS

1. Agudelo, S., Chica, E., Obando, F., Sierra, N., Velasquez, N. y Enriquez, W. (2013). Diseño, simulación, fabricación y caracterización de una turbina tipo Pelton de 5 kW. *Ingeniería y Competitividad*, 15(1), 183-193. Recuperado de https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/2631/3476.
2. ArcGIS. (s.f.). Cómo representa y modela SIG la información geográfica. [Mensaje de blog]. Recupeado de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n000000r000000.htm#:~:text=Toda%20la%20información%20geográfica%20se,Datasets%20ráster>.
3. Barreno, D., Carrión, D. y Tenecora, I. (diciembre, 2016). Evolución de la tecnología móvil, Camino a 5G. *Contribuciones a las Ciencias Sociales, Vol. Único*, 1-6. Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/cccss/2016/04/5G.html>.
4. Cely, J. (enero, 2000). Sistemas de información geográfica en la industria de las telecomunicaciones. *Ingeniería*, 5(1), 66-70. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4797216>.

5. Delgado, K. y Arnedo, W. (2008). *Redes WIMAX* (Tesis de licenciatura). Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias, Colombia. Recuperado de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0043252.pdf>.
6. Dress-Gross, F., y Zhang, P. (12 de agosto de 2021). El escaso acceso digital frena a América Latina y el Caribe ¿Cómo solucionar este problema? [Mensaje de blog]. Recuperado de [https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/el-escaso-acceso-digital-frena-america-latina-y-el-caribe-como-solucionar-este#:~:text=En%20la%20actualidad%2C%20menos%20del,siendo%20bajos%20\(37%20%25%20\)](https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/el-escaso-acceso-digital-frena-america-latina-y-el-caribe-como-solucionar-este#:~:text=En%20la%20actualidad%2C%20menos%20del,siendo%20bajos%20(37%20%25%20)).
7. Hernández, E. (14 de noviembre de 2017). Razones para hacer uso del Outsourcing o Tercerización. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/razones-uso-del-outsourcing-tercerizacion/>.
8. Hernández, R. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México, D.F.: McGraw - Hill.
9. Huawei Technologies Co., Ltd. (s.f.). A Peek into Huawei's New WTTx CPE Technology. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://carrier.huawei.com/en/hottechnology/maxmizing-network-value/new-wttx-cpe-tech>.
10. Huidobro, J. (2014). *Acceso de banda ancha a Internet*. España: ACTA.

11. Hung-Yu, W., Ganguly, S., Izmailov, R. y Haas, Z. (mayo, 2005). Interference-aware IEEE 802.16 WiMax mesh networks. *2005 IEEE 61st Vehicular Technology Conference*, 5(1), 3102-3106. Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/document/1543918/authors#authors>.
12. López, E., Posada, C. y Moreno, J. (abril, 1998). Los sistemas de información geográfica. *Andalucía en el umbral del Siglo XXI*, 789-804.
13. Maldonado, L. (2016). *Análisis de la rotación del personal técnico en una empresa de servicios masivos de telecomunicaciones* (Tesis de maestría). Universidad EAFIT, Colombia. Recuperado de https://repository.eafit.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10784/11587/LuisGustavo_MaldonadoPastor_2016.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
14. Martínez, M., Navarro, F., Mármol, R., Martínez, M., Molina, J., García, C. y Llácer, L. (enero, 2012). Desarrollo de una herramienta de cálculo de cobertura radieléctrica vía Web basada en el sistema de información geográfica ArcGIS Server. *Revista de la ETSIT-UPCT*, 3(1), 45-56.
15. Mejía, F. y Yáñez, C. (2001). *Estudio y diseño de una red de acceso inalámbrico punto - multipunto para un operador de redes de telecomunicaciones de la ciudad de Quito* (Tesis de licenciatura). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5257/1/T1680.pdf>.

16. Méndez, M. (enero, 2009). La incidencia del outsourcing contable en las empresas. *Economía industrial*, 374, 61-64. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3139683>.
17. Ocampo, G. (2020). *Propuesta para aumentar la calidad del servicio ofrecido por los agentes tercerizados de una empresa de telecomunicaciones peruana: Análisis y mejora del actual proceso de outsourcing* (Tesis de licenciatura). Universidad del Pacífico, Lima, Perú. Recuperado de https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/2804/OcampoGrecia_Tesis_Licenciatura_2020.pdf?sequence=1#:~:text=En%20el%20presente%20trabajo%2C%20se,clientes%20insatisfechos%20con%20el%20servicio.
18. Rolón, D. (2011). *Precalificación, diagnóstico y adecuación de las redes de cobre para ser utilizadas en transmisión de datos en tecnologías XDSL para banda ancha* (Tesis de especialización). Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga. Recuperado de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1764/digital_21924.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
19. Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2001). *Manual sobre el servicio móvil terrestre. (incluso acceso inalámbrico)*. Ginebra: Autor.

20. Yeung, A. (2017). *Implementación de una red de acceso LTE TDD para brindar internet a usuarios residenciales en Lima*. Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de <https://1library.co/document/zlg6j1gy-implementacion-acceso-lte-brindar-internet-usuarios-residenciales-lima.html>.

