



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN SISTEMAS E INFORMÁTICA**

TEMA:

**“APLICACIÓN MÓVIL QUE PERMITA A PERSONAS CON
DISCAPACIDAD FÍSICA MEJORAR SU ACCESIBILIDAD A ZONAS
TURÍSTICAS DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE QUITO”**

AUTOR: DEL CASTILLO MONTENEGRO, DANIEL ARMANDO

DIRECTOR: ING. TAPIA LEÓN, FREDDY MAURICIO MSC.

SANGOLQUÍ

2020



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, *“APLICACIÓN MÓVIL QUE PERMITA A PERSONAS CON DISCAPACIDAD FÍSICA MEJORAR SU ACCESIBILIDAD A ZONAS TURÍSTICAS DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE QUITO”* fue realizado por el señor *Del Castillo Montenegro, Daniel Armando* el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 28 de febrero de 2020

Ing. Tapia León, Freddy Mauricio

CC: 1714745690



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Del Castillo Montenegro, Daniel Armando*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *Aplicación móvil que permita a personas con discapacidad física mejorar su accesibilidad a zonas turísticas del centro histórico de la ciudad de Quito* es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 18 de febrero de 2020

Del Castillo Montenegro, Daniel Armando

CC: 1715486161



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

AUTORIZACIÓN

*Yo, Del Castillo Montenegro, Daniel Armando autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Aplicación móvil que permita a personas con discapacidad física mejorar su accesibilidad a zonas turísticas del centro histórico de la ciudad de Quito** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.*

Sangolquí, 18 de febrero de 2020

Del Castillo Montenegro, Daniel Armando
CC: 1715486161

DEDICATORIA

Dedico este Proyecto de Tesis a mis padres Diego Del Castillo y Jennie Montenegro, que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral, espiritual y económica, para poder culminar esta fase de mi vida profesional.

A mi hermana y demás familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de mi desarrollo universitario.

Daniel Armando Del Castillo Montenegro

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primero a Dios, que me dio la fuerza necesaria para alcanzar mi meta.

A la Universidad de Las Fuerzas ESPE, que me brindo la instrucción necesaria para ser mejor persona y profesional.

A los docentes, que con sus enseñanzas logre alcanzar mis primeras metas profesionales.

A mis compañeros con los cuales pude experimentar momentos buenos y malos que los superamos juntos.

Daniel Armando Del Castillo Montenegro

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DEL DIRECTOR	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Contexto del Problema.....	2
1.3 Pregunta de Investigación	3
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Justificación	4
1.6 Estado del Arte.....	4
1.6.1 Planteamiento del estudio sistemático de literatura.....	5
1.6.2 Definición del grupo de control y extracción de términos.....	5
1.6.3 Construcción de la cadena de búsqueda.....	6
1.6.4 Selección de los estudios primarios	7
1.6.5 Elaboración del estado del arte	9
1.7 Definición de la investigación	11
1.7.1 Metodología de investigación-acción	11
1.8 Hipótesis	12

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Accesibilidad Urbana.....	13
2.1.1 Accesibilidad.....	13

2.1.2 Cadena de accesibilidad	13
2.1.3 Diseño Universal.....	14
2.1.4 Tipos de usuarios	15
2.1.5 Niveles de accesibilidad	17
2.1.6 Itinerarios accesibles	18
2.1.7 Estándares para la accesibilidad en la infraestructura urbana.....	19
2.2 Algoritmos de búsqueda de camino más cortó.....	20
2.2.1 Fundamentos de la Teoría de Grafos	21
2.2.2 Algoritmos de camino más corto	24
2.3 Progressive Web Application	25
2.3.1 Web App Manifest	26
2.3.2 Service Worker	26
2.4 Metodología UML Based Web Engineering (UWE)	27
2.4.1 Fases de la metodología UWE.....	28

CAPÍTULO III

RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1 Proceso de recolección de datos	30
3.1.1 Georreferenciación.....	32
3.1.2 Análisis de los datos.....	35
3.1.4 Almacenamiento de los datos	41

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE APLICACIÓN

4.1 Análisis de requisitos	44
4.1.1 Descripción de las partes interesadas (Stakeholders)	44
4.1.2 Descripción de las herramientas	46
4.1.3 Descripción de los requerimientos y restricciones	47
4.1.3.1 Requerimientos Funcionales:.....	47
4.1.3.2 Requerimientos No Funcionales:	47
4.1.3.3 Restricciones:	48
4.1.4 Diagramas de Casos de Uso	49
4.1.4.1 Especificación de Caso de Uso Buscar Ubicación	50
4.1.4.2 Especificación de Caso de Uso Calcular Camino.....	50
4.2 Modelamiento	51

4.2.1 Diagramas de clases	52
4.2.1.1 Modelos	52
4.2.1.2 Controladores	53
4.2.1.3 Servicios	54
4.2.2 Diagramas de Secuencia.....	55
4.2.2.1 Diagrama de secuencia, Buscar Ubicación	55
4.2.2.2 Diagrama de secuencia, Calcular Camino.....	56
4.2.3 Diagrama de Navegación	57
4.2.4 Diagrama de Presentación	58
4.2.5 Diagrama de Proceso.....	59
4.3 Codificación.....	60
4.3.1 BackEnd	60
4.3.2 FrontEnd	61
4.4 Pruebas de funcionamiento.....	61
4.4.1Ejecución de las pruebas	61
CAPÍTULO V	
CASO DE ESTUDIO	
5.1 Recolección y validación de tiempos.....	64
5.2 Cálculo del porcentaje de error.....	70
CAPÍTULO VI	
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	74
TRABAJOS FUTUROS	75
REFERENCIAS	76
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Grupo de control y extracción de términos</i>	5
Tabla 2 <i>Estudios primarios seleccionados</i>	8
Tabla 3 <i>Terminología Teoría de Grafos</i>	30
Tabla 4 <i>Herramientas utilizadas</i>	31
Tabla 5 <i>Delimitación de zonas</i>	34
Tabla 6 <i>Cantidad de nodos y enlaces</i>	37
Tabla 7 <i>Partes Interesadas</i>	45
Tabla 8 <i>Actividades Específicas Stakeholders</i>	45
Tabla 9 <i>Herramientas utilizadas en el desarrollo</i>	46
Tabla 10 <i>Actores del Caso de Uso</i>	49
Tabla 11 <i>Especificación “Buscar Ubicación”</i>	50
Tabla 12 <i>Especificación “Calcular Camino”</i>	50
Tabla 13 <i>Tiempos calculados con la aplicación y con el cronómetro</i>	65
Tabla 14 <i>Calculo de Error Promedio</i>	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proceso de la metodología investigación-acción	12
Figura 2 Grafo ponderado Fuente: (Leal, 2013)	21
Figura 3 Matriz de incidencia y adyacencia Fuente: (Leal, 2013).....	22
Figura 4 Pendiente en un triángulo Fuente: (UHA, 2004)	24
Figura 5 Funcionamiento del Service Worker Fuente: (Thakur, 2018)	27
Figura 6 Diagrama de ingeniería web basada en UML Fuente: (Quishpe, 2013).....	28
Figura 7 Proceso de recolección de datos.....	32
Figura 8 Mapa segmentado por colores.....	34
Figura 9 Nodos vértice.....	36
Figura 10 Grafo de una parte de la zona amarilla	37
Figura 11 Matriz de adyacencia	38
Figura 12 Matriz de distancias	39
Figura 13 Matriz de tiempos	40
Figura 14 Tabla Nodos en BD.....	42
Figura 15 Tabla Enlaces en BD.....	43
Figura 16 Fases del proceso de desarrollo UWE	44
Figura 17 Diagrama de Casos de Uso.....	49
Figura 18 Diagrama de clases Modelos.....	52
Figura 19 Diagrama de clases Controladores	53
Figura 20 Diagrama de clases Servicios.....	54
Figura 21 Diagrama de secuencia Buscar Camino.....	55
Figura 22 Diagrama de secuencia Calcular Camino	56
Figura 23 Diagrama de Navegación	57
Figura 24 Diagrama de Presentación.....	58
Figura 25 Diagrama de Proceso	59
Figura 26 Prueba buscar ubicación.....	62
Figura 27 Prueba calcular camino	63
Figura 28 Tiempos promedios de la aplicación y el cronómetro	66
Figura 29 Resultados tiempos participantes Escenario 1	67
Figura 30 Resultados tiempos participantes Escenario 2	68
Figura 31 Resultados tiempos participantes Escenario 3	69
Figura 32 Resultado del error en tiempo	70
Figura 33 Resultado del porcentaje de error	71

RESUMEN

La tendencia tecnológica es convertirse en una parte inseparable de las experiencias diarias de los usuarios, por este motivo se hace indispensable el implementar nuevas soluciones que se adapten a cualquier persona independientemente si tiene o no una discapacidad, por lo cual este proyecto está enfocado en la mejorar la accesibilidad de las personas con discapacidad física en las extremidades inferiores en ciertas zonas turísticas de la ciudad de Quito, específicamente del centro histórico. Se implementó una aplicación PWA, por sus siglas en ingles Progressive Web Application, que es una arquitectura que permite la ejecución en cualquier dispositivo independiente del sistema operativo que tenga, y un servicio REST, por sus siglas en ingles Representational State Transfer, que permite calcular la ruta óptima desde un origen hacia un destino mediante el algoritmo de Dijkstra. La solución propuesta es una herramienta para guiar a las personas con discapacidad física en las extremidades inferiores, la cual genera la ruta óptima, a partir de una base de datos que contiene las coordenadas de las rampas de acceso, la aplicación desarrollada cumplió el objetivo de reducir los esfuerzos en la accesibilidad de personas con discapacidad física en las extremidades inferiores en el centro de la ciudad de Quito.

PALABRAS CLAVE:

- **ACCESIBILIDAD**
- **DISCAPACIDAD FÍSICA**
- **TEORÍA DE GRAFOS**
- **ALGORITMO DE DIJKSTRA**
- **RAMPAS DE ACCESO**

ABSTRACT

The technological trend is to become an inseparable part of the daily experiences of users, for this reason it is essential to implement new solutions that adapt to anyone who identifies whether or not they have a disability, so this project is focused in improving the accessibility of people with physical disabilities in the lower extremities in certain tourist areas of the city of Quito, specifically in the historic center. A PWA application was implemented, for its acronym Progressive Web Application, which is an architecture that allows the execution on any device independent of the operating system you have, and a REST service, for its acronym Representative state transfer, which allows calculate the optimal route from an origin to a destination using the Dijkstra algorithm. The proposed solution is a tool to guide people with physical disabilities in the lower extremities, which generates the optimal route, from a database containing the coordinates of the access ramps, the application developed met the objective of reduce efforts in the accessibility of people with physical disabilities in the lower extremities in the center of the city of Quito.

KEY WORDS:

- **ACCESSIBILITY**
- **PHYSICAL DISABILITY**
- **GRAPH THEORY**
- **DIJKSTRA ALGORITHM**
- **ACCESS RAMPS**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

La accesibilidad no es simplemente una necesidad de las personas que sufren algún tipo de discapacidad, sino que puede llegar a ser una ventaja para todas las personas (Rovira-Beleta, 2009). Se define como el grado en el que una persona puede hacer uso de algún determinado objeto, disfrutar de algún servicio o infraestructura sin tomar en cuenta su condición física (Pérez & Gardey, 2012).

El turismo accesible puede definirse como la transformación de algún producto, servicio y hasta un entorno turístico para que permita a las personas con discapacidad física hacer uso, disfrutar y acceder a las zonas turísticas en iguales condiciones que el resto de la población (REDTAE, 2017). La discapacidad no debería ser una barrera para que las personas puedan visitar otros países u otros lugares, para lo cual se debería implementar formas de reducir los obstáculos en los viajes, alojamientos, rutas y demás servicios turísticos para que todas las personas, sin importar su condición física, puedan disfrutar. (López & Brunett, 2017)

El turismo accesible cada día ha ido ganando popularidad en los países de Latinoamérica porque es una manera de aumentar la competitividad y la calidad de servicio de los destinos y ha llegado a ser la base fundamental para lo que se conoce actualmente como “Turismo para Todos”, que uno de sus ejes principales es la accesibilidad. (López & Brunett, 2017)

Según la Organización Mundial de la Salud, en su informe anual menciona que las personas con discapacidad representan un 15% de la población mundial y los habitantes que superan la edad de

60 años que en el 2000 fue del 11%, se predice que para el 2050 aumentará al 22%, lo que indica que existe una gran demanda para el sector turístico. (OMS, 2011)

Cabe recalcar que el siguiente trabajo de investigación se lo está realizando juntamente con la Subdirección de Bienestar de Personal de la Fuerza Terrestre, ya que ellos facilitarían al personal con discapacidad física, para realizar las pruebas de funcionamiento de la aplicación y posteriormente su implementación.

1.2 Contexto del Problema

El centro histórico de Quito fue declarado patrimonio cultural de la humanidad por la UNESCO el 8 de septiembre de 1978, se trata del menos alterado y el mejor preservado de América.

A pesar de este reconocimiento, existe una carencia de medios de acceso a ciertos lugares turísticos, entre ellos rampas y veredas rústicas, mismas que dificultan a las personas con discapacidad física acceder y desplazarse hacia los varios servicios y lugares que presta la ciudad de Quito, perjudicando de esta manera a cierto sector de la población. (Canela, 2017)

Además de lo expuesto, hay otros factores relacionados como: desconocimiento, discriminación, factores económicos, tecnológicos, barreras naturales y de infraestructura vial y urbana, que aportan a la dificultad de acceso y movilidad de las personas con discapacidad física hacia los espacios que presta la ciudad de Quito. (Canela, 2017)

Al contar con aplicaciones especializadas, para este tipo de necesidades, la ciudad atraerá más turismo a nivel nacional y mundial porque el turismo accesible ya es una realidad en países desarrollados como Francia; por este motivo es necesario innovar en las soluciones tecnológicas del país y de esta manera competir en esos mercados. (ENAT, 2010)

1.3 Pregunta de Investigación

¿Cómo y de qué manera se puede mejorar la accesibilidad a lugares turísticos de personas con discapacidad física mediante el uso de aplicaciones móviles?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar una aplicación PWA que permita a las personas con discapacidad física en las extremidades inferiores, mejorar su accesibilidad y movilidad a lugares turísticos del centro histórico de la ciudad de Quito, mediante el cálculo del camino óptimo que deben seguir para llegar a su destino.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Mapear un sector del centro histórico de la ciudad de Quito delimitado por las calles Juan Matovelle y Ambato, haciendo uso de la herramienta “Google Earth”, para encontrar las coordenadas de todas las rampas existentes y también determinar las características de accesibilidad urbana.
- Graficar la zona utilizando la herramienta “Grafos”, para identificar como se conectan las rampas, descartar rampas muy cercanas y calcular el tiempo de recorrido entre ellas.
- Desarrollar la aplicación móvil mediante el uso de la arquitectura Progressive Web Application y servicios web, para que la solución propuesta se pueda ejecutar en diferentes dispositivos independientemente del Sistema Operativo que posea.
- Realizar la evaluación, validación de la solución por medio de pruebas unitarias, para su posterior divulgación de los resultados obtenidos.

1.5 Justificación

Mediante la investigación realizada se evidenció que Ecuador es el séptimo país en Latinoamérica con mayor número de personas que sufren algún tipo de discapacidad, representado por un 5,6% del total de la población (CEPAL, 2014), de los cuales las personas que presentan minusvalía son del 40%. (CONADIS, 2018)

También desde el punto de vista turístico, Ecuador es considerado como uno de los mejores destinos para muchas personas de todo el mundo, que lo visitan por su riqueza tanto natural como cultural; y en el caso específico del centro de la ciudad de Quito, porque es considerado como uno de los conjuntos históricos mejor conservados. (INPC, 2011)

Según cifras de la Organización Mundial del Turismo, por cada viajero con discapacidad lo acompañan 1,5 personas adicionales, esto quiere decir que mientras más accesibles son las ciudades más personas con discapacidad las visitarán y por consiguiente como necesitan ayuda para movilizarse llegarán con otras personas. (Canalis, 2017)

Por todos estos motivos es necesario promover soluciones tecnológicas que permitan mejorar la accesibilidad de personas con discapacidad física a zonas turísticas, ya que en la actualidad las personas que visitan la ciudad no cuentan con aplicaciones móviles que provean de información, acerca de donde se encuentran las rampas de acceso a los centros turísticos y que ruta deben seguir para llegar a su destino.

1.6 Estado del Arte

Para la realización de la revisión de literatura acerca de la accesibilidad turística de personas con discapacidad física, algoritmos de búsqueda, ubicación de rampas y cálculo de la ruta óptima

hacia un destino, se utilizó como referencia lo propuesto por Kitchenman, que divide el mapeo sistemático en los siguientes pasos: (1) Planteamiento del estudio sistemático de literatura, (2) Definición del grupo de control y extracción de términos, (3) Construcción de la cadena de búsqueda, (4) Selección de los estudios primarios y (5) Elaboración del estado del arte. (Kitchenham, 2007)

1.6.1 Planteamiento del estudio sistemático de literatura

La primera fase para el desarrollo del mapeo sistemático se la definió por medio de la descripción del problema central del proyecto, la definición de la pregunta de investigación y la especificación de los criterios para la inclusión y exclusión, y de esta manera encontrar los estudios primarios.

1.6.2 Definición del grupo de control y extracción de términos

Para la realización de la segunda fase se identificaron los estudios que conforman el grupo de control los cuales deben estar estrechamente relacionados con el objetivo del proyecto y la pregunta de investigación del proyecto.

Después de haber realizado el análisis de algunos estudios científicos se logró identificar los artículos que conforman el grupo de control, los cuales se describen a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1

Grupo de control y extracción de términos

Código	Título	Palabras clave
EC1	Planificación de rutas turísticas para autobús a través de indicadores de accesibilidad integral y de dotación de bienes materiales e inmateriales” México (Obregón, Sánchez, & Somohano, 2016)	Rutas, autobús, turismo rural; accesibilidad, proceso de jerarquía analítica

CONTINÚA 

EC2	Tourism Mobile Application to Guide Madinah Visitors (Marwa, Bushra, Rawan, Al-Anoud, & Iman, 2018)	Mobile applications, urban areas, databases, automobiles, navigation, computer architecture, Bars, visitor, Travelers, guide system
EC3	Static and time-dependent shortest path through an urban environment: Time-Dependent Shortest Path (Alhoula & Hartley, 2014)	Algorithm design and analysis, roads , databases, Shortest path problem, Optimization , Heuristic algorithms
EC4	AlmaWhere: A prototype of accessible indoor wayfinding and navigation system (Delnevo, Monti, & Vignola, 2018)	Users with disabilities , beacons, indoor wayfinding , indoor localization, techniques
EC5	Research on urban accessibility distribution area model by Floyd algorithm and Kriging interpolation (Jingsong, Xiaoyan, Gang, Jiechen, & Yingxia, 2010)	Accessibility, shortest path analysis , Floyd algorithm, Kriging interpolation
EC6	mPASS: Integrating people sensing and crowdsourcing to map urban accessibility (Prandi, Salomoni, & Mirri, 2014)	Pedestrian, main geo-referenced social systems, architectural accessibility, mobile pervasive accessibility

Los artículos seleccionados en el grupo de control (Ver Tabla 1), ayudaron a identificar las palabras claves que aparecen con mayor frecuencia, las cuales deben estar relacionadas con el objetivo del proyecto, y las mismas fueron: Algorithm, Accessibility, Disability, Mobile applications, Tourism, Shortest path

1.6.3 Construcción de la cadena de búsqueda

Una vez identificados los términos, en esta fase se crearon las cadenas que se utilizaron para buscar estudios relacionados en la base de datos digital escogida. Para lo cual se utilizó IEEE, porque este repositorio está enfocado a las áreas de ingeniería Electrónica y de Sistemas, a

diferencia de SCOPUS que tiene artículos de todo tipo y al momento de buscar arroja resultados de otras especialidades.

La cadena inicial fue la siguiente:

((((((((accessibility) OR accessible) AND tourism) AND disability) AND mobile application) OR solution) AND algorithm) AND shortest path)

Al buscar con la anterior cadena se obtuvo un total de 1077 artículos, entonces se redefinió la cadena con el propósito de que los estudios resultantes tengan coherencia con el tema y se utilicen los correctos conectores para la unión de las palabras o frases claves de acuerdo con lo que se busca realmente.

(((((accessibility) OR accessible) AND tourism) AND disability) AND mobile application)

La nueva búsqueda en la base digital IEEE, utilizando la cadena anteriormente identificada arrojó 66 artículos científicos, en los cuales se obtuvo una buena cantidad de artículos pertenecientes al grupo de control, entonces se determinó que es la cadena idónea para la búsqueda.

1.6.4 Selección de los estudios primarios

Para reducir la cantidad de estudios candidatos se aplicaron los siguientes filtros:

- **Año:** Se tomó en cuenta que el año de publicación de los artículos candidatos debería ser desde el 2014 en adelante. Porque se deben conocer las posibles soluciones que los autores han definido de los últimos cinco años, debido a que como la tecnología avanza muy rápido no se deben considerar estudios que utilicen tecnología obsoleta.

- **Tipo de documento:** El único tipo de documento tomado en cuenta fueron los artículos de conferencias.

Con el aumento de los dos filtros, se muestra a continuación la cadena de búsqueda generada por le base digital IEEE:

(((((accessibility) OR accessible) AND tourism) AND disability) AND mobile application)

Filters Applied: Conferences, 2014 - 2019

La cadena anterior mostró una cantidad de 38 artículos candidatos, de los cuales se seleccionaron cinco como estudios primarios y como se puede apreciar en la Tabla 2:

Tabla 2

Estudios primarios seleccionados

Código	Título	Cita
EP1	RIMAC project: Open urban routing information system fed by real time reliable sources	(Camacho, Calderón, & Baquerizo, 2015)
EP2	Urbis: A touristic virtual guide	(de Farias, Leitão, & Teixeira, 2017)
EP3	AlmaWhere: A prototype of accessible indoor wayfinding and navigation system	(Delnevo, Monti, & Vignola, 2018) <i>CONTINÚA</i>
EP4	mPASS: Integrating people sensing and crowdsourcing to map urban accessibility	(Prandi, Salomoni, & Mirri, 2014)
EP5	Intelligent advisory systems and information technology support for decision making in tourism	(Pasichnyk & Artemenko, 2015)

1.6.5 Elaboración del estado del arte

EP1 (Camacho, Calderón, & Baquerizo, 2015): RIMAC project: Open urban routing information system fed by real time reliable sources

Los autores del artículo mencionan que el transporte en la ciudad de Lima es caótico en comparación con el resto del mundo, entonces ellos proponen el desarrollo de aplicaciones de código abierto sobre plataformas georreferenciadas que permitan por medio de la utilización de teléfonos inteligentes, proporcionar información más realista y exacta del tráfico, teniendo como ventajas la obtención de sistemas de procesamiento de información y mapeo integrado.

EP2 (de Farias, Leitão, & Teixeira, 2017): Urbis: A touristic virtual guide

En el artículo científico los autores exponen que en los últimos años los turistas ya sean internos o de países extranjeros, necesitan mucho tiempo para planificar sus viajes porque desean hacer uso de su tiempo adecuadamente. Por ese motivo la tecnología ha sido un agente fundamental para realizar una planificación adecuada y evitar imprevistos durante la visita, ellos mencionan que, durante los últimos diez años con la aparición de nuevos dispositivos móviles, se puede observar en cifras estadísticas, que hay una tendencia creciente de turistas que usan sus dispositivos móviles para desplazarse y planificar su viaje. Entendiendo el contexto en el que se desenvuelve el proyecto, los autores definen como objetivo el identificar las necesidades de los visitantes en lo que se refiere a aplicaciones móviles orientadas al turismo. Para lo cual realizaron una investigación de literatura y desarrollaron una aplicación móvil que ayuda al turista a conocer mejor la ciudad que visita e incluso si no encuentra información local o de una guía.

EP3 (Delnevo, Monti, Vignola, Salomoni, & Mirri, 2018): AlmaWhere: A prototype of accessible indoor wayfinding and navigation system

Los autores de este artículo plantean que moverse dentro de un campus universitario ya sea en los espacios libres, entre edificios, y en el interior como aulas, pueden representar un obstáculo para los estudiantes que sufren alguna discapacidad, porque afecta su independencia al realizar sus actividades cotidianas. Por eso proponen como medio útil de inclusión los dispositivos móviles, gracias a las nuevas tecnologías de localización, facilitar la accesibilidad a los visitantes o estudiantes de primer año. Lo cual es particularmente cierto en ciudades europeas donde los edificios universitarios se encuentran en localidades históricas. Ellos presentan en el documento un sistema basado en tecnología de localización llamado AlmaWhere, desarrollado con el objetivo de proporcionar a los estudiantes de la Universidad de Bolonia un sistema de navegación interna, para encontrar sus aulas de clases, laboratorios y bibliotecas, haciendo especial énfasis en los usuarios con discapacidad.

EP4 (Prandi, Salomoni, & Mirri, 2014): mPASS: Integrating people sensing and crowdsourcing to map urban accessibility

Este artículo presenta el desarrollo de un sistema llamado mPASS que se enfoca en la sensibilización social de accesibilidad móvil, que permite guardar datos relevantes a la accesibilidad urbana y arquitectónica, para de esta manera dar a los usuarios las rutas personalizadas y calculadas sobre sus preferencias y necesidades específicas. Su sistema combina los datos obtenidos mediante la interrelación de la colaboración abierta con los sistemas sociales georreferenciados, para ofrecer servicios fundamentados en conjuntos de datos válidos y detallados.

EP5 (Pasichnyk & Artemenko, 2015) Intelligent advisory systems and information technology support for decision making in tourism

En este artículo los autores realizaron el análisis de investigaciones e implementaciones de sistemas informáticos como base para el análisis de decisiones en el campo turístico. Explicaron que la tecnología de toma de decisiones se clasifica dependiendo del público objetivo y también las nuevas tendencias de desarrollo de las tecnologías de soporte pueden ser analizadas para diferentes categorías de turistas. Por lo cual demostraron que existe una carencia de aplicaciones que proporcionen personalización, optimización y soporte en todas las fases del viaje de un turista haciendo uso de minería de datos combinándolas con funcionalidades de los Sistemas de Georreferenciación.

1.7 Definición de la investigación

En el proyecto para el proceso de investigación se va a utilizar un método exploratorio ya que el mismo se centra en analizar aspectos específicos, encontrar la problemática central y proveer de soluciones adecuadas. (Metodología de la investigación, 2018)

1.7.1 Metodología de investigación-acción

Es una metodología de investigación experimental de la ciencia social propuesta por el autor Kurt Lewis, de manera que se centra en los problemas sociales. (Cataldo, 2015)

Esta metodología de investigación-acción es un proceso que consta de los siguientes pasos para su desarrollo como se muestra en la Figura 1.

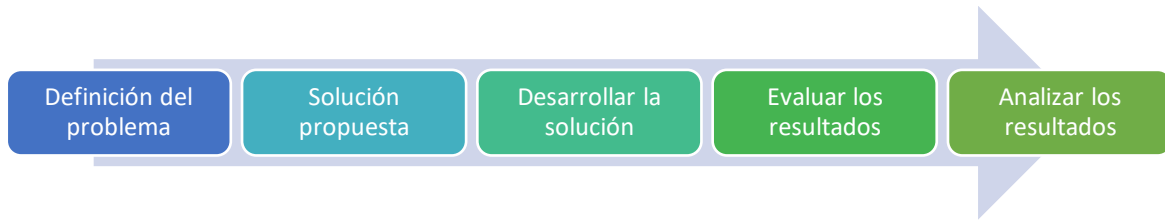


Figura 1 Proceso de la metodología investigación-acción

El objetivo de esta metodología es permitir que la definición de la problemática sea lo más clara posible para proponer una solución que se ajuste a las expectativas del proyecto.

1.8 Hipótesis

El desarrollo de una aplicación móvil mediante el uso de algoritmos de búsqueda de camino más corto incrementa la accesibilidad de personas con discapacidad física a zonas turística.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Accesibilidad Urbana

2.1.1 Accesibilidad

Lo que se conoce como accesibilidad es la capacidad de un producto, servicio o infraestructura de cumplir con ciertas características para ser utilizado en igualdad de condiciones por cualquier persona sin importar sus capacidades físicas o sensoriales. La mejor accesibilidad tiene una característica que siempre se debe cumplir la cual es que los usuarios no se deben dar cuenta de ella. Esta “accesibilidad desapercibida”, busca que todo lo que se produce, diseña o construye sea equivalente, cómodo y seguro de usar o manipular por todos los usuarios que lo necesiten. (Boudeguer, 2010)

La accesibilidad se lo asocia en algunos casos con la seguridad y la calidad de un producto, porque si carece de una de estas características deja de serlo. Una ventaja que se tiene al diseñar un producto accesible es su uso, ya que no se limita a un determinado grupo de personas sino en general a todas las que lo necesiten a lo largo de su vida. (Boudeguer, 2010)

2.1.2 Cadena de accesibilidad

La cadena de accesibilidad no es más que la capacidad de una persona de poder llegar a un lugar, entrar a ese lugar, hacer uso de los servicios que ofrece ese lugar y salir del lugar sin tener ningún problema de interrupción. La inaccesibilidad de un espacio se da al interrumpir cualquiera de estas acciones anteriormente nombradas, debido a que se rompe la continuidad de la cadena. (Boudeguer, 2010)

Las personas que necesitan moverse de un punto A hacia un punto B, deben traspasar barreras que son los límites entre los edificios, el espacio público y el transporte; entonces ahí se ve la importancia de la cadena de accesibilidad, que es la continuidad de acciones relacionadas entre sí que una persona debe realizar para movilizarse dentro de un espacio urbano. (Boudeguer, 2010)

2.1.3 Diseño Universal

En los últimos años el concepto de accesibilidad ha ido cambiando, hasta llegar al punto de centrarse en la inclusión de todas las personas a la utilización de objetos y entornos sin ningún problema. Por este motivo se llega a la concepción del Diseño Universal, que se lo entiende como un enfoque que tiene el diseño de productos y entornos para que los mismos sean utilizados por todas las personas en general, sin tener que recurrir al diseño adaptado a diferentes especialidades. (de Benito & García, 2015)

La Universidad de Carolina del Norte define siete principios fundamentales para que el diseño y construcción de productos y entornos accesibles que son (NC State, 97):

1. **Igualdad de uso:** Los productos y entornos deben estar diseñados de tal manera que sean fáciles de usar por todas las personas, sin importar sus capacidades y habilidades.
2. **Flexibilidad:** El diseño del producto o entorno se debe adaptar a un gran conjunto de individuos con diferentes capacidades.
3. **Uso simple y funcional:** Los productos y entornos deben ser fáciles de usar, sin importar la experiencia o conocimiento que tengan las personas para manipularlo haciéndolo completamente intuitivo.

4. **Información comprensible:** La información del producto o entorno debe estar detallada de tal manera que cualquier persona sin importar su condición pueda interpretarla, ya sea mediante gráficos, uso del color o verbal.
5. **Tolerancia al error:** El diseño debe mitigar la mayoría de los riesgos, que pueden ser acciones que las personas realizan involuntariamente o por accidente.
6. **Bajo esfuerzo físico:** Se debe reducir al máximo el esfuerzo físico que deben realizar las personas al momento de usar un producto y entorno.
7. **Dimensiones apropiadas:** Los entornos deben estar diseñados de tal manera que el espacio sea el necesario para que las personas puedan acceder, manipular y usar sin ningún problema.

2.1.4 Tipos de usuarios

El gran número de dificultades que las personas sufren al desplazarse por entornos urbanos ha hecho que sea aún más difícil proponer soluciones arquitectónicas que disminuyan estos problemas. Por eso se proponen soluciones de entorno accesible universal que intenta ser una generalización de soluciones aproximadas a los problemas de cada uno de los individuos. Aunque esto sea muy difícil de conseguir se pueden encontrar cierto número de características similares que permiten clasificar a la población en tres grandes grupos (de Benito & García, 2015):

- Ambulantes
- Usuarios de silla de ruedas
- Sensoriales

2.1.4.1 Ambulantes

Son el grupo de personas que tienen algún grado de dificultad para trasladarse de un lugar a otro y que utilizan o no un objeto ortopédico. Algunos problemas que este grupo presenta son (de Benito & García, 2015):

Dificultades al trasladarse

- Al intentar subir pendientes pronunciadas pueden llegar a perder el equilibrio.
- Atravesar por lugares que sean estrechos.
- Los recorridos muy largos sin tener periodos de descanso.
- Mayor posibilidad de caídas por superficies resbaladizas.

Dificultades al utilizar

- Al abrir y cerrar puertas.
- Mantener el equilibrio.
- Cuando intentan levantarse o sentarse.
- Cuando se necesitan ambas manos para accionar un mecanismo.

2.1.4.2 Usuarios de silla de ruedas

Son las personas que necesitan usar una silla de ruedas para realizar sus actividades cotidianas y de movilización, ya sea solos o acompañados por terceras personas. Algunos problemas que este grupo presenta son (de Benito & García, 2015):

Dificultades al trasladarse

- Subir por desniveles aislados, como escaleras o pendientes muy pronunciadas.

- Volcamientos de la silla.
- Atravesar por lugares muy estrechos.
- Necesitan un lugar amplio para abrir puertas o sencillamente girar.

Dificultades al utilizar

- Dificultad para alcanzar objetos.
- Área de visión limitada.
- Sus piernas representan su mayor obstáculo.

2.1.4.3 Sensoriales

Son las personas que por algún motivo tienen dificultad para percibir su entorno mediante sus sentidos. Algunos problemas que este grupo presenta son (de Benito & García, 2015):

Dificultades al trasladarse

- Localizar obstáculos.
- Seguimiento de rutas.

Dificultades al utilizar

- Obtener información que se presenta de forma gráfica.

2.1.5 Niveles de accesibilidad

Para medir el grado de accesibilidad de un producto, servicio o entorno no se tienen niveles absolutos que aseguren una completa accesibilidad, por esto se establecieron tres niveles básicos entendidos como (de Benito & García, 2015):

- **Adaptado:** Si proporciona a los usuarios con discapacidad, requerimientos funcionales adaptados en su totalidad a sus necesidades, para utilizarlos de una manera autónoma.
- **Practicable:** Si proporciona a los usuarios con discapacidad, requerimientos funcionales adaptados mínimamente a sus necesidades, para utilizarlos de una manera autónoma.
- **Convertible:** Si por medio de ajustes puede llegar a ser por lo menos practicable con el menor coste posible.

2.1.6 Itinerarios accesibles

Se llaman itinerarios accesibles a las rutas que no presentan obstáculos que dificulten a las personas con discapacidad física en las extremidades inferiores moverse. Por eso es indispensable implementar o adaptar itinerarios accesibles en los lugares que tienen un mayor número de personas transitando. (Boudeguer, 2010)

Al realizar un correcto análisis para la construcción de itinerarios accesibles se deben tomar especial atención de lo siguiente:

- Suelo.
- Pendientes existentes.
- Cruces peatonales.
- Dimensiones y pendientes de las veredas.
- Ubicación de los accesos a zonas urbanas.
- Obstáculos sobre las veredas.
- Señales informativas.
- Señales preventivas visuales y sonoras.

- Estacionamientos públicos.
- Accesos a parques y plazas.

2.1.7 Estándares para la accesibilidad en la infraestructura urbana

2.1.7.1 La vereda

Es un espacio por donde transitan exclusivamente peatones, y corresponde a la parte pavimentada de la acera. La estructura correcta para su trazado debería ser de al menos dos partes o franjas principales (Boudeguer, 2010):

- **Franja de circulación:** Es recomendable que tenga 150cm de ancho mínimo, lo cual permitirá transitar a dos personas al mismo tiempo.
- **Franja de elementos:** Es el espacio destinado para las señales de tránsito como semáforos, postes, paradas. Estos elementos no deben encontrarse en el área de circulación por que representaría un obstáculo para el peatón.

2.1.7.1.1 Dimensiones

- Para permitir que una persona en silla de ruedas gire 360 grados y para permitir que una persona y una silla de ruedas transiten al mismo tiempo se necesita por lo menos de 150 cm de ancho.
- El espacio suficiente que permite un giro y la circulación de dos sillas de ruedas al mismo tiempo sobre una vereda es de por lo menos 200 cm de ancho.

2.1.7.1.2 Pendiente transversal

Las salidas de vehículos no deben obstaculizar la franja de circulación peatonal y las pendientes deben de ser de máximo 2%. (Boudeguer, 2010)

2.1.7.2 Cruces peatonales

Están ubicados en la mayoría de los casos en las esquinas y en el cruce de calles, que ayuda para que no se interrumpa el flujo de las rutas peatonales, por medio de lo que se conoce como rebajes de vereda, que es la diferencia de nivel entre la vereda y la calle. (Boudeguer, 2010)

2.1.7.2.1 Ancho de rebaje

Los rebajes siempre se deben ubicar donde exista un cruce peatonal y debe ser del mismo ancho como mínimo 120 cm, lo que ayuda a que no existan obstáculos para la circulación de todas las personas. (Boudeguer, 2010)

2.1.7.2.2 Diferencias de nivel en cruces

Esta diferencia en los rebajes que se encuentra ubicados en los cruces peatonales entre la calle y la vereda debe ser nulo, porque pueden ser obstáculos para la movilidad de personas con discapacidad física. (Boudeguer, 2010)

2.1.7.3 Vereda continua

La vereda no es más que una elevación en la calle que sigue el sentido y el ancho de la vereda, y sirve para la circulación de peatones y para que los vehículos que transitan reduzcan su velocidad. (Boudeguer, 2010)

2.2 Algoritmos de búsqueda de camino más corto

El objetivo principal de un algoritmo de camino más corto es el de encontrar entre un nodo inicial y otro final, la ruta óptima que se debe recorrer para llegar con la distancia, coste o tiempo de recorrido menor. (Leal, 2013)

2.2.1 Fundamentos de la Teoría de Grafos

2.2.1.1 Grafo

Se trata de un elemento formado por dos componentes principales que son los nodos o vértices y los lados o enlaces (Leal, 2013), a los cuales se les asocia un valor que corresponde al costo de desplazamiento entre un nodo P hacia un nodo Q, como se muestra en la Figura 2.

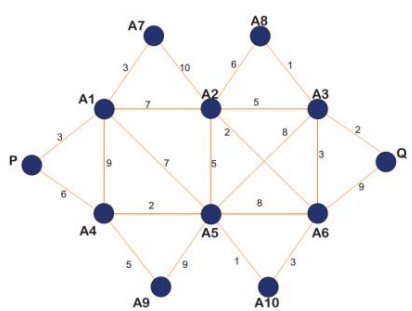


Figura 2 Grafo ponderado
Fuente: (Leal, 2013)

2.2.1.2 Nodo

También llamados vértices, dentro de un grafo se representan mediante punto.

Tipos de nodos son:

- **Adyacentes:** Son nodos conectados entre sí mediante un enlace.
- **Aislados:** Son nodos que no se relacionan con ningún otro nodo.
- **Terminales:** Son los nodos donde termina el enlace.

2.2.1.3 Enlace

También llamadas aristas, son las líneas que unen dos o más nodos dentro del Grafo.

Tipos de enlaces son:

- **Adyacentes:** Son enlaces que convergen al mismo nodo.
- **Paralelos:** Son enlaces que tienen el mismo nodo inicial y final
- **Bucles:** Son enlaces que se inician y terminan en el mismo nodo.

2.2.1.4 Camino

Es un conjunto de enlaces que siguen una dirección.

Es necesario la formulación de dos matrices para el cálculo de caminos en el grafo las cuales son:

- **Matriz de incidencia:** Es una matriz formada por los nodos como filas y los enlaces como las columnas, y en las celdas se encuentra la relación que tienen los nodos con los enlaces de todo el grafo. (Leal, 2013)
- **Matriz de adyacencia:** Es una matriz formada por los nodos como filas y los mismos nodos como columnas, y en las celdas se encuentra un número que representa la cantidad de relaciones que tienen los nodos entre sí. (Leal, 2013)

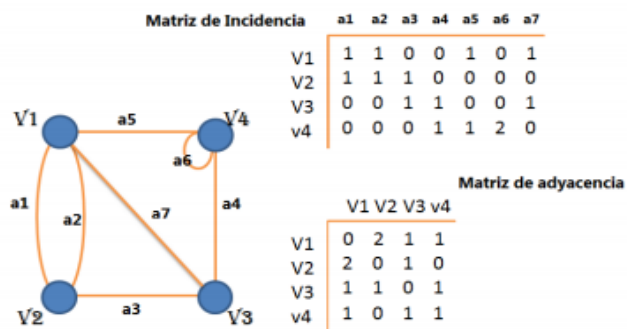


Figura 3 Matriz de incidencia y adyacencia

Fuente: (Leal, 2013)

2.2.1.5 Pesos de los enlaces

2.2.1.5.1 Tiempo

El tiempo es una magnitud que sirve para medir cuando empieza y termina un evento, que permite ordenarlo secuencialmente entre pasado, presente y futuro. La unidad de medida en el Sistema Internacional son los segundos y 60 unidades representan una mayor jerarquía. Su método de cálculo depende de la distancia recorrida y la velocidad de movimiento. (Enciclopedia de Conceptos, 2019)

2.2.1.5.2 Distancia

La distancia es una magnitud que nos permite medir cuán lejos o cuán cerca se encuentran dos objetos, individuos o cuerpos. En geometría la distancia es la longitud que existe entre dos puntos. Su unidad de medida son los metros y 100 unidades representa una mayor jerarquía. Su método de cálculo depende del tiempo del recorrido y la velocidad de movimiento.

2.2.1.5.3 Pendiente

Es una magnitud que nos ayuda a conocer el grado de inclinación que tiene determinada zona, lugar o terreno. Si la inclinación aumenta el grado de pendiente aumenta (Fisher, 1996). Su unidad de medida es el grado geométrico o porcentaje como se muestra. Se lo calcula mediante la tangente de una superficie en la Figura 4:

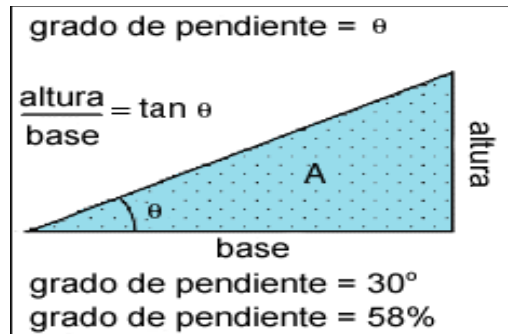


Figura 4 Pendiente en un triángulo
Fuente: (UHA, 2004)

2.2.2 Algoritmos de camino más corto

2.2.2.1 Algoritmo de Dijkstra

Fue propuesto en 1959, por Edsger Dijkstra. También se lo conoce como “algoritmo de caminos mínimos”, pese a su longevidad es uno de los métodos más utilizados para encontrar rutas óptimas y consiste en encontrar todos los posibles caminos que se pueden tomar de un origen y un destino, retornando como solución la ruta que tenga el menor coste posible. La desventaja de este algoritmo es que, si se necesita analizar un grafo muy extenso, para llegar a una solución se demora demasiado ya que debe visitar cada nodo y cada camino posible que se puede tomar desde ese nodo. (Leal, 2013)

2.2.2.2 Algoritmo de Bellman-Ford

Es un algoritmo de búsqueda de rutas o caminos óptimos dentro de un grafo, desarrollado por Richard Bellman, pero a diferencia del anterior, puede hacer uso de números negativos como pesos y es más lento porque no solo selecciona el camino de menor coste, sino que revisa cada camino. (Leal, 2013)

2.2.2.3 Algoritmo A*

Es un algoritmo de búsqueda de camino mínimo entre dos puntos un origen y un destino, pero debe cumplir cierto número de condiciones para considerarlo como solución. Este algoritmo a diferencia de los anteriores toma en cuenta otra variable además del coste real, que se denomina la heurística de los nodos, que se utiliza para el cálculo de la función heurística. La función heurística se la calcula de la siguiente manera:

$$F=G + H$$

Donde, H representa el valor heurístico del nodo o vértice evaluado.

G es el costo real de la ruta para llegar desde el origen hasta el destino. (Leal, 2013)

2.2.2.4 Algoritmo voraz

Es un algoritmo que, en vez de evaluar cada nodo y sus posibles caminos, lo que hace es elegir un enlace o descártalo dependiendo se este es el de menor coste para encontrar una ruta óptima.

Se llama voraz porque solamente evalúa los enlaces una vez y los puede seleccionar o descartar, si los elige sigue al siguiente nodo y si los descarta no los vuelve a evaluar. (Beriain, 2016)

2.3 Progressive Web Application

Las aplicaciones web progresivas, son un tipo de páginas web que pueden adaptarse al tamaño de cualquier entorno, ya sea web, móvil o escritorio, dando la sensación al usuario que se

encuentra trabajando sobre una aplicación nativa, por sus diferentes componentes que son los Service Workers y el Web App Manifest. (Thakur, 2018)

- **Progressive:** significa que al ejecutarse en diferentes dispositivos esta adquiere nuevas funcionalidades.
- **Web:** significa que para su implementación es necesario realizarlo mediante lenguajes de programación orientados a la web como JavaScript, lenguaje de etiquetado como HTML y CSS.
- **Application:** significa que este tipo de aplicaciones funcionan y se visualizan como si fueran nativas del dispositivo donde se ejecuten.

Componentes de las Aplicaciones Web Progresivas:

2.3.1 Web App Manifest

Es un componente muy importante dentro de la aplicación, ya que es un archivo en formato JSON, donde se encuentran todas las configuraciones que permiten controlar como se muestra la aplicación en los diferentes entornos. (Thakur, 2018)

2.3.2 Service Worker

Funciona como un proxy del lado del cliente que administra las peticiones al servidor. Entonces cuando se ejecuta por primera vez la aplicación se guarda en Cache todo el HTML, CSS y JS, para utilizarlo cuando se encuentre fuera de línea o para mejorar el rendimiento al cargar nuevamente la página, porque ya no necesita descargar la aplicación, sino va directamente a la Cache guardada y de allí obtiene la App (Thakur, 2018), como se muestra en la Figura 6.

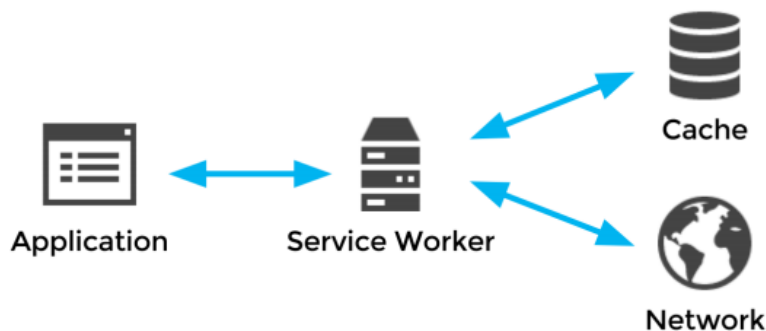


Figura 5 Funcionamiento del Service Worker

Fuente: (Thakur, 2018)

2.4 Metodología UML Based Web Engineering (UWE)

UML - Based Web Engineering, es una metodología de aplicaciones web y RIA, que toma como base el lenguaje unificado de modelado (UML), porque usa técnicas, extensiones y notaciones exclusivamente. (García, 2011)

UWE se enfoca en entregar un conjunto de elementos para modelar la estructura básica del aplicativo web mediante un modelo de referencia llamado también metamodelo. Los metamodelos son una extensión del modelado ULM 2.0 que no se modifica, es decir que todos los nuevos modelos de UWE heredan los elementos del modelo UML. (Quishpe, 2013)

La característica principal de esta metodología es la de personalización, ya que se enfoca en la especificación de aplicaciones adaptables en el tiempo.

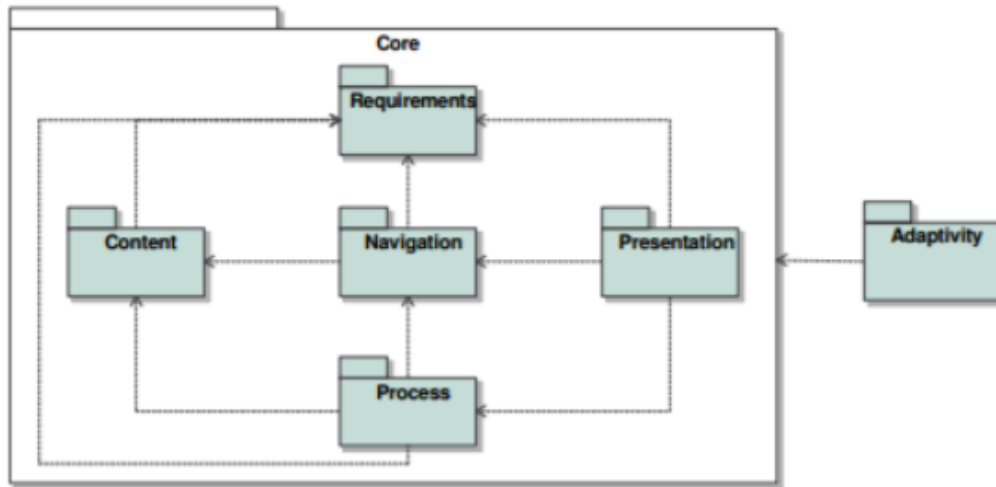


Figura 6 Diagrama de ingeniería web basada en UML

Fuente: (Quishpe, 2013)

Los aspectos más importantes que fundamentan UWE son (García, 2011):

- **Uso de notación estándar:** El modelado se lo hace con UML
- **Definición de métodos:** Se definen los pasos a seguir para la creación de los modelos.
- **Especificación de Restricciones:** Uso de restricciones escritas.

2.4.1 Fases de la metodología UWE

Para el proceso de desarrollo de una aplicación web con UWE, se hace uso exclusivo de estándares reconocidos como UML.

Fases (Cabello, 2013):

- **Captura, análisis y especificación de requisitos:** En esta fase se toman, analizan y describen todos los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación web, junto con sus respectivos casos de uso.

- **Diseño del sistema:** En esta fase se definen los modelos UML, a partir de los cuales se puede evidenciar como los requisitos se cumplen y como la estructura de la aplicación web debe ser.
- **Codificación del software:** En esta fase se realiza la codificación de todos los componentes que conforman nuestra aplicación.
- **Pruebas:** Se realizan pruebas para asegurar el correcto funcionamiento de secciones de código.
- **Instalación:** En esta fase se instala la aplicación en los servidores de destino, que se encuentran debidamente configurados y ejecutándose, para que el usuario final acceda y utilice.
- **Mantenimiento:** En esta fase se realiza el soporte de la aplicación, es decir el control, mejora y versionamiento de la aplicación.

CAPÍTULO III

RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1 Proceso de recolección de datos

El siguiente capítulo trata sobre, como y con qué herramientas se llevó a cabo la medición, recolección y almacenamiento de los datos necesarios para el desarrollo del proyecto, y para lo cual se debe tener en cuenta los siguientes conceptos de teoría de grafos¹:

Tabla 3
Terminología Teoría de Grafos

Término	Significado	Aplicabilidad /Uso
Grafo	Es un conjunto de vértices (nodos) unidos entre si mediante relaciones (enlaces), y pueden ser dirigidos o no dirigidos.	Mapa
Nodo	Llamados también vértices, es la unidad fundamental para la construcción de grafos.	Rampas
Enlace	Llamados también aristas, es la unión de dos nodos.	Veredas
Peso	Es el costo que se le da a la relación entre un nodo A y un nodo B.	Distancia

Para la recolección de datos se utilizó diferentes herramientas tecnológicas de georreferenciación y construcción de grafos especializadas para llevar a cabo la representación y el análisis de los datos recolectados.

¹ Es una rama de las matemáticas que estudia las propiedades de los grafos, la misma que se desarrolló en el Capítulo 2 en la sección 2.2.1 Fundamentos de la Teoría de Grafos.

Tabla 4
Herramientas utilizadas

Categoría	Herramienta	Ventajas	Desventajas
Georreferenciación	Google Maps	<ul style="list-style-type: none"> • Software Libre 	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene soporte offline.
Georreferenciación	Google Earth	<ul style="list-style-type: none"> • Software Libre 	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene soporte offline.
Cálculo de Pesos	Google Routes	<ul style="list-style-type: none"> • Software Libre 	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene soporte offline.
Análisis de Grafos	Grafos	<ul style="list-style-type: none"> • Software Libre 	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene nuevas actualizaciones. • Si se grafica muchos nodos se vuelve muy lento.
Almacenamiento	MySQL	<ul style="list-style-type: none"> • Software Libre 	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene mucha seguridad.

Como se puede observar en la tabla anterior, se describen las siguientes características, en base a las herramientas utilizadas:

- Google brinda lo necesario para el desarrollo de la mayor parte del capítulo, porque cuenta con herramientas probadas y libres de utilización en el campo de la georreferenciación y cálculo de parámetros como lo son las distancias entre dos puntos en el mapa.
- Grafos es una herramienta de software libre para la representación y análisis de grafos, que nos facilita la visualización de mapas como grafos.
- MySQL es un gestor de base de datos relacional que nos ayudó para el almacenamiento de los datos encontrados, ya que nos ayuda a guardar todas las coordenadas, lugares y puntos necesarios para el cálculo de caminos posibles.

Con lo anteriormente mencionado se pudo evidenciar que la mejor forma de explicar este capítulo es mediante un proceso que consta de cinco secciones:

- Georreferenciación

- Análisis
- Valoración
- Almacenamiento

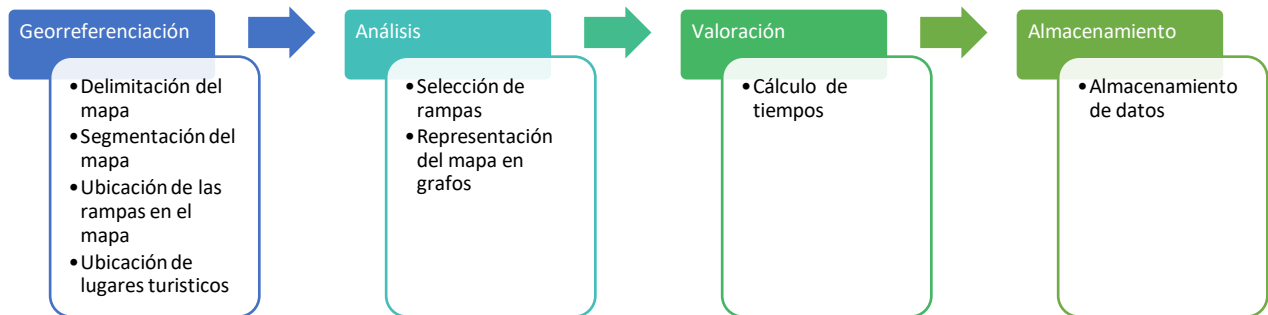


Figura 7 Proceso de recolección de datos

La Figura 6, representa el proceso de recolección de datos con sus respectivas secciones, aspectos que permiten evidenciar como se realizó la medición, recolección y almacenamiento de los datos.

A continuación, se va a desarrollar cada una de las secciones del proceso:

3.1.1 Georreferenciación

3.1.1.1 Delimitación del mapa

Este paso se lo realizó mediante la herramienta llamada GOOGLE MAPS, que nos permitió visualizar Centro Histórico de la ciudad de Quito en su totalidad, se eligió este sector porque a diferencia de otros lugares de la ciudad presenta un gran número de sitios turísticos donde las personas con discapacidad física en las extremidades inferiores pueden acceder fácilmente.

Con lo anterior mencionado se pudo concluir que el sector de la ciudad más adecuado para el mapeo, recolección y cálculo de los parámetros necesarios.

Para elegir la zona y poder delimitarla dentro del Centro Histórico, se verificó el nivel de accesibilidad que presenta, esto quiere decir la existencia de un número considerable de rampas, por donde las personas se puedan movilizar sin encontrar obstáculos ni peligro, la facilidad con la que se puede acceder a las mismas por medio de las calles o veredas y que presenten un número concentrado de lugares turísticos del centro de la ciudad.

Por los motivos descritos anteriormente, la zona elegida del Centro Histórico se encuentra delimitada al:

- Norte: Calle Carchi,
- Sur: Calles Marañón y Ambato
- Este: Calle Imbabura
- Oeste: Calle Juan Pío Montúfar

3.1.1.2 Segmentación del mapa

Una vez delimitado el mapa se procedió a dividir el mismo en tres zonas más pequeñas, diferenciadas por colores (amarillo, rojo y azul), permitiendo que el mapeo y recolección sean manejables y fáciles de ejecutar.

La siguiente tabla muestra las limitaciones por puntos cardinales y calles de cada una de las zonas:

Tabla 5
Delimitación de zonas

Zonas	Norte	Sur	Este	Oeste
I amarilla	Calle Carchi	Calle Mejía	Calle Imbabura	Calle Juan Pío Montufar
II roja	Calle Mejía	Calle Vicente Rocafuerte	Calle Imbabura	Calle Juan Pío Montufar
III azul	Calle Vicente Rocafuerte	Calles Marañón y Ambato	Calle Imbabura	Calle Juan Pío Montufar

3.1.1.3 Ubicación de las rampas en el mapa

Para este paso se utilizó una función llamada Street View² de Google Earth, ya que se tenía que identificar todas las rampas existentes en las zonas delimitadas y marcarlas.

Se realizó un recorrido virtual por cada una de las calles, todo esto con el objetivo de facilitar la visualización del mapa en sus diferentes zonas y no confundir la ubicación exacta de las rampas (Ver Figura 8).



Figura 8 Mapa segmentado por colores

² Es una herramienta de GOOGLE EARTH que permite visualizar las calles de la ciudad mediante un recorrido virtual.

Como se puede evidenciar en el grafico anterior, se utilizaron tres colores, los cuales permitieron identificar tres zonas con sus respectivos accesos (rampas), las cuales cuentan con las siguientes características propias:

- Color distintivo entre zonas
- Nombre de las rampas
- La ubicación de la rampa en la calle (I Izquierda, D Derecha)

Por ejemplo, el nodo 89D que representa la rampa N. 89 y que se encuentra ubicada al lado derecho de la calle.

3.1.1.4 Ubicación de lugares turísticos

Las zonas turísticas fueron ubicadas de acuerdo con su posición dentro del área delimitada y elegidas por su atractivo turístico, importancia histórica y también si cuentan con la infraestructura necesaria para que las personas con discapacidad puedan acceder fácilmente a ellas.

3.1.2 Análisis de los datos

3.1.2.1 Selección de rampas

En este punto se realizó un proceso de validación de datos para seleccionar que rampas se van a utilizar en el desarrollo de la propuesta. Porque algunas rampas al encontrarse en la misma vereda tienden a estar demasiado cerca una de la otra y también por qué presentaban un nivel de accesibilidad bajo, es decir que había obstáculos en las veredas o que las rampas no cumplían con las normas de construcción expuestas en el Capítulo 2.

Lo cual arroja que del 100% de nodos solamente el 44.17% fueron escogidos (356) y el 55.83% restante se descartó. Adicionalmente a las rampas validadas anteriormente, se sumaron nodos auxiliares llamados vértices, que sirven como secuencia para recorrer la vereda respectiva, ya que la misma puede presentar una forma que no necesariamente sea una línea recta.

Como se muestra en el siguiente gráfico:

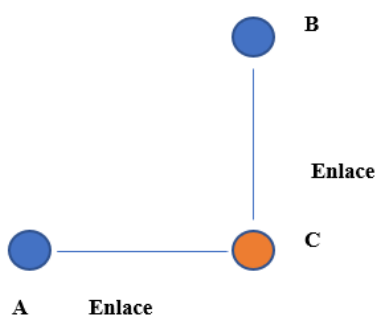


Figura 9 Nodos vértice

- Donde **A** y **B** representan los nodos (rampas)
- Los enlaces representan las veredas
- **C** representa una esquina de la vereda

3.1.2.2 Representación del mapa en grafos

Después de haber seleccionado las rampas, se procedió a graficar el mapa e identificar las veredas mediante la herramienta llamada Grafos, misma que permite la creación de grafos.

La representación del mapa en grafos se la hizo de la siguiente manera:

- Puntos con un número dentro representan los nodos (rampas).
- Líneas que conectan dos puntos representan los enlaces (veredas).
- Puntos con un número y la letra dentro representan los nodos vértice (esquinas).

Para esto se parte de los datos o valores mapeados previamente obtenidos y definidos en la Figura 7 y posteriormente construir los grafos de cada una de las zonas delimitadas anteriormente, por medio del software antes mencionado. (Ver Figura 10)

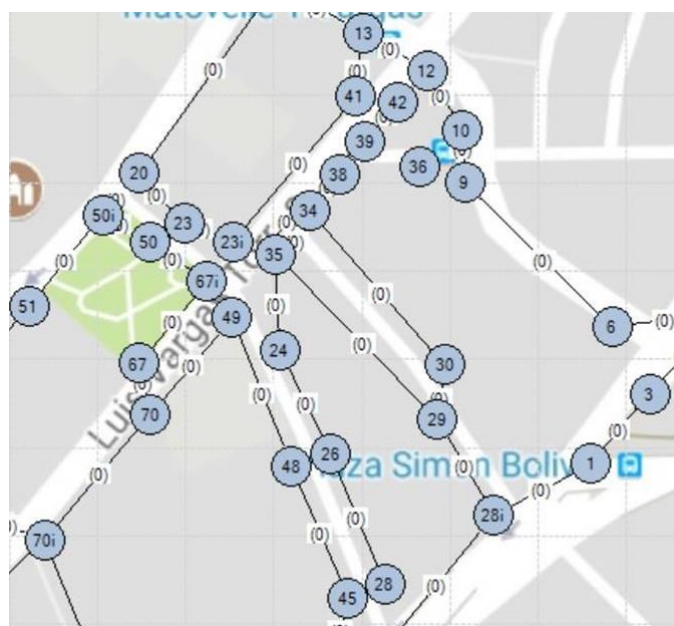


Figura 10 Grafo de una parte de la zona amarilla

La Figura 10, es una pequeña sección de la zona amarilla vista en la Figura 8 representada en un grafo con la herramienta Grafos.

Por consiguiente, La siguiente matriz especifica la cantidad de rampas, esquinas y veredas que se pudieron identificar al momento de realizar el grafo de cada una de las zonas:

Tabla 6

Cantidad de nodos y enlaces

Zonas	Rampas	Esquinas	Veredas
Amarilla	157	7	249
Roja	88	10	143
Azul	75	19	118
Suma	320	26	510
Total, de rampas y esquinas	356		

3.1.3 Valoración

3.1.3.1 Cálculo de tiempos

Una vez obtenidos los grafos de las tres zonas, se procedió a realizar la matriz de adyacencia³ que muestra si existe o no una relación entre los nodos, es decir si dos puntos del grafo se encuentran unidos mediante una línea. (Ver Figura 11)

		NODOS										
		1	3	5	6	9	10	12	13	16	20	23
NODOS	1		1									
	3			1								
	5											
	6			1								
	9				1							
	10					1						
	12						1					
	13							1				
	16								1			
	20									1		
	23										1	1
	24											
26												

Figura 11 Matriz de adyacencia

Donde:

- Las filas y columnas son los puntos (nodos) del grafo
- El número en las celdas de la matriz representa, si existe o no una relación entre los puntos (1 si existe relación y vacío si no existe)

³ Es la representación de un grafo en forma de matriz, donde los nodos son las columnas y filas y los enlaces son las relaciones entre ellos.

Luego de haber encontrado la matriz de adyacencia, se procedió a consultar las distancias que existe entre los puntos del grafo, mediante un API de Google llamado Routes, la cual permite calcular la distancia entre dos puntos (coordenadas geográficas).

A continuación, se ingresó lo obtenido a la matriz de adyacencia cambiando el 1 por la distancia correspondiente: (Ver Figura 12)

		NODOS										
		1	3	5	6	9	10	12	13	16	20	23
NODOS	1		56									
	3			58								
	5											
	6			15								
	9				111							
	10					33						
	12						58					
	13							38				
	16								65			
	20									171		
	23										68	
	24											
26												

Figura 12 Matriz de distancias

En la matriz de distancias, al igual que en la de adyacencia las filas y columnas representan los puntos (nodos), pero las celdas cambiaron de ser la existencia de una relación a la distancia entre dos puntos medida en metros (m).

Para determinar el tiempo se utilizó la fórmula del Movimiento Rectilíneo Uniforme⁴:

$$v = \frac{d}{t}$$

⁴ Es el movimiento de velocidad constante que se lo realiza a través de una línea recta.

Donde:

t = tiempo recorrido

d = distancia

v = velocidad promedio (1.5 m/s)

La velocidad promedio es la de una persona en silla de ruedas.

Y despejando t queda lo siguiente:

$$t = \frac{d}{v}$$

Con la matriz de distancias, la velocidad promedio y la fórmula anterior se calculó todos los tiempos aproximados. Lo cual dio como resultado una matriz de tiempos (s). (Ver Figura 13)

		NODOS										
		1	3	5	6	9	10	12	13	16	20	23
NODOS	1		56.39111									
	3			58.40508								
	5											
	6			15.10476								
	9				111.7752							
	10					33.23048						
	12						58.40508					
	13							38.2654				
	16								65.45397			
	20									172.1943		68.47492
	23											
	24											
26												

Figura 13 Matriz de tiempos

En la matriz de tiempos, al igual en las dos anteriores las filas y columnas representan los puntos (nodos), pero las celdas ahora representan el tiempo de recorrido entre dos puntos medido en segundos (s).

El valor de las celdas en la matriz de tiempos (Figura 13), representa el esfuerzo que conlleva ir de un punto A hasta uno B, y también que existe una relación entre ambos puntos, es decir que desde A hasta B existe un camino.

3.1.4 Almacenamiento de los datos

Con los datos recolectados se procedió a guardar la matriz de tiempos en una base de datos relacional (MYSQL), la cual contiene dos tablas, nodos y enlaces correspondientes a las rampas y veredas con sus respectivas coordenadas y tiempos, identificadas en las zonas delimitadas anteriormente.

3.1.4.1 Nodos

La tabla de nodos (rampas) está determinada por cuatro columnas:

- **ID:** Nombre del nodo
- **COX:** Coordenada geográfica en X
- **COY:** Coordenada geográfica en Y
- **LUGAR:** Nombre del lugar turístico al que corresponden las Coordenadas X e Y

Y 365 filas que representa las rampas y esquinas identificadas anteriormente, con el objetivo de visualizar lo dicho se ha procedido hacer una captura de pantalla de una parte de la tabla Nodos con los valores obtenidos. (Ver Figura 14)

+ Opciones














































				ID	COX	COY	LUGAR
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	95	-0.218353	-78.506671	NULL
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	94	-0.218319	-78.506724	NULL
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	93	-0.218167	-78.506594	NULL
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	91	-0.217857	-78.506145	NULL
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	9	-0.214848	-78.505050	NULL
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	88	-0.218344	-78.508152	NULL
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	87	-0.218279	-78.508170	NULL
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	85	-0.218045	-78.507375	NULL
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	84	-0.217817	-78.507028	NULL
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	82	-0.217608	-78.506317	NULL
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	806v	-0.223861	-78.517507	NULL
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	806	-0.223468	-78.517939	NULL
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	805	-0.223439	-78.517708	NULL
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	804v	-0.222914	-78.518236	NULL
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	804	-0.223345	-78.517728	NULL

Figura 14 Tabla Nodos en BD

Como se puede observar en la Figura 13 se cambió la nomenclatura de los nodos vértice de “i” a “v”.

3.1.4.2 Enlaces

La tabla de enlaces (veredas) está determinada por tres columnas:

- **ID:** Nombre del nodo A
- **NOD_ID:** Nombre del nodo B
- **PESO:** Distancia

Y 510 filas que representa las veredas identificadas anteriormente, con el objetivo de visualizar lo dicho se ha procedido hacer una captura de pantalla de una parte de la tabla Enlaces con los valores obtenidos. (Ver Figura 15)














































+ Opciones				ID	NOD_ID	PESO
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	1	3	56.39
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	10	12	58.40
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	107	173	12.08
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	113	114	5.16
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	113	173	104.73
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	113	527	18.12
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	114	526	11.07
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	114	63	104.72
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	12	13	38.26
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	12	42	18.95
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	13	16	65.45
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	13	41	53.37
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	158	85	72.50
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	159	158	3.87
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	16	20	172.19

Figura 15 Tabla Enlaces en BD

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE APLICACIÓN

En este capítulo se tratará del desarrollo y codificación de la PWA - Progressive Web Application, siguiendo la metodología UWE.

Para el desarrollo de nuestra solución, utilizamos solamente cuatro fases de las seis fases de UWE, ya que las fases de instalación y mantenimiento se dan cuando la aplicación ya se encuentra en producción es decir que ya está siendo usada por usuarios finales.

La Figura 16, muestra el proceso de desarrollo que seguimos.



Figura 16 Fases del proceso de desarrollo UWE

4.1 Análisis de requisitos

4.1.1 Descripción de las partes interesadas (Stakeholders)

En la siguiente tabla se puede apreciar cuales son las partes interesadas o Stakeholders⁵, mismas que cumplen una función dentro del proceso de desarrollo de la aplicación.

⁵ Son las personas que se encuentran íntimamente relacionadas con el desarrollo de una aplicación.

Tabla 7
Partes Interesadas

Nombre	Cargo	Relevancia en el proyecto
Daniel Del Castillo	Estudiante de Ingeniería en Sistemas	5
Ing. Freddy Tapia	Tutor de Tesis	3
Personas con discapacidad física	Usuarios de la aplicación	5
Daniel Del Castillo	Tester de la aplicación	4

Todas las personas interesadas cumplen un papel importante para el desarrollo de la aplicación, pero algunos tienen más relevancia que otros dentro del proyecto por el aporte que dan al mismo, lo cual se ve reflejado en la columna “Relevancia en el proyecto” de la tabla anterior donde 1 (relevancia baja) y 5 (relevancia alta).

Para una mejor comprensión de las funciones que cumplen cada Stakeholder en el desarrollo de la aplicación vamos a desarrollar una tabla con las actividades específicas de cada parte interesada.

Tabla 8
Actividades Específicas Stakeholders

Cargo	Descripción	Responsabilidad
Ingeniero en Sistemas	Persona encargada del desarrollo de la aplicación.	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de servidores. • Administración de Base de Datos • Codificación de requerimientos.
Tutoría	Persona encargada de revisar y evaluar los niveles de avance.	<ul style="list-style-type: none"> • Revidar los avances del proyecto. • Revisar que el proyecto se ejecute de acuerdo con lo planificado.

CONTINÚA 

Usuarios	Son las personas que hacen uso de la aplicación.	<ul style="list-style-type: none"> • Encargados de expresar los requerimientos funcionales y no funcionales. • Usar la aplicación.
Testers	Son las personas que verifican el funcionamiento de la aplicación.	<ul style="list-style-type: none"> • Encargados de desarrollar y ejecutar las pruebas.

4.1.2 Descripción de las herramientas

Herramientas utilizadas en el proceso de desarrollo:

Tabla 9

Herramientas utilizadas en el desarrollo

Nombre	Descripción	Capa
NetBeans	Es un IDE de desarrollo, que permite la codificación de servicios con el lenguaje JAVA.	Backend
Payara	Es una herramienta que permite publicar los servicios rest.	Backend
Visual Studio Code	Es un editor de texto que permite la codificación con el lenguaje de programación TypeScript y de etiquetado HTML con Angular, para el desarrollo de la PWA.	Frontend
Node	Es una herramienta que permite publicar aplicación PWA con angular.	Frontend

4.1.3 Descripción de los requerimientos y restricciones

4.1.3.1 Requerimientos Funcionales:

Para la presente propuesta se hace necesario detallar y describir algunos aspectos asociados al funcionamiento de la aplicación, a esto se le conoce como requerimientos funcionales⁶, a continuación, una breve descripción. Para esto la aplicación deberá:

- Permitir activar la ubicación del dispositivo.
- Permitir visualizar la ubicación de la persona en la pantalla y guardar sus coordenadas.
- Permitir escoger el origen y destino del recorrido.
- Mostrar en pantalla el camino más corto por donde la persona deberá moverse para llegar a su destino.
- Funcionar, aunque no se disponga con una conexión a Internet para mostrar el último camino consultado.

4.1.3.2 Requerimientos No Funcionales:

También se detallan a continuación los aspectos asociados al nivel de calidad de software de acuerdo con el estándar ISO/IEC 9126⁷, lo cual se lo conoce como requerimientos no funcionales⁸, a continuación, una breve descripción:

- El tiempo de respuesta de la aplicación no debe superar 10 seg.
- La aplicación deberá estar disponible en un 100% del tiempo.

⁶ Son las especificaciones de cómo debe ser el funcionamiento de la aplicación.

⁷ Es un estándar de calidad de software que se basa en las siguientes características: Funcionalidad, Fiabilidad, Usabilidad, Eficiencia, Mantenibilidad, Portabilidad y Calidad de Uso

⁸ Son las especificaciones de disponibilidad, seguridad y adaptabilidad que debe tener una aplicación.

- La aplicación dependerá del Internet cuando no se haya realizado una consulta anteriormente.
- La aplicación no se encontrará en Google Play Store o Apple Store, ya que al ser una aplicación progresiva los usuarios solamente deben ingresar y descargar la aplicación de su página web.
- La aplicación deberá mantenerse actualizada cuando se requiera de nuevas funcionalidades.
- La aplicación deberá ser compatible con todos los navegadores y también con los sistemas operativos Android e IOS ya sea en sus versiones para Smartphones y tabletas.

4.1.3.3 Restricciones:

Los dispositivos donde se ejecutará la aplicación deben tener los siguientes requisitos mínimos para su buen funcionamiento:

- **Procesador:** 1 GHz
- **Memoria RAM:** 2 Gb
- **Almacenamiento:** 1 Gb
- **Sistema Operativo:** Android, IOS, Windows, MAC
- **Sistema de GPS:** ACTIVO
- **Redes:** 3G, 4G, WIFI
- **Aplicaciones Instaladas:** Google Chrome, Safari

Las restricciones detalladas anteriormente, son para que el funcionamiento de la aplicación sea óptimo, es decir que no tenga ningún tipo de latencia al momento de su visualización,

destacando que la aplicación si puede ejecutarse en distintos dispositivos, pero con las restricciones mencionadas anteriormente.

4.1.4 Diagramas de Casos de Uso

Se identificaron los siguientes actores que van a utilizar la aplicación:

Tabla 10

Actores del Caso de Uso

Actores	Descripción
Usuario	Usar la aplicación, realizar consultas

Y el diagrama de casos de uso:

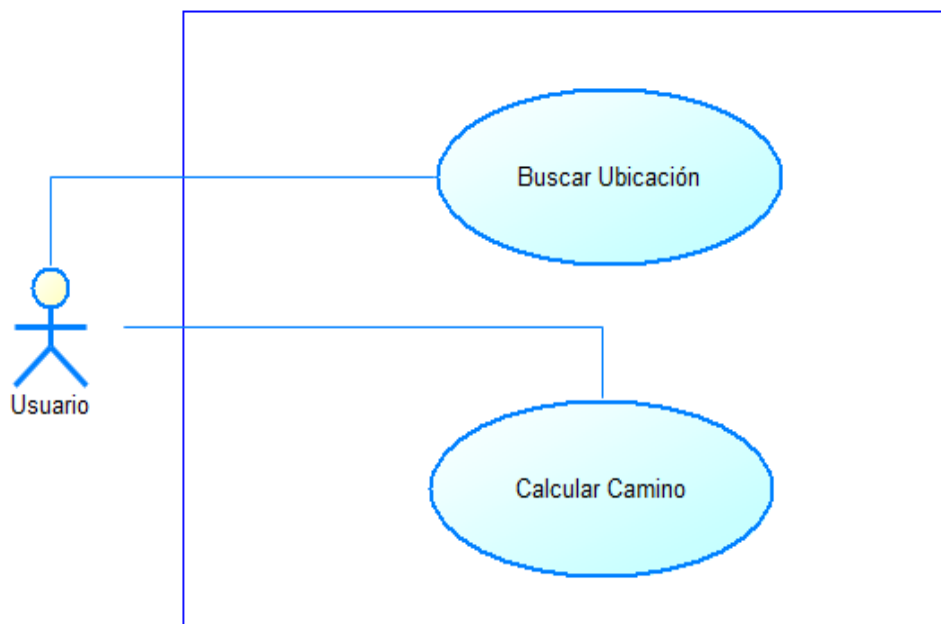


Figura 17 Diagrama de Casos de Uso

4.1.4.1 Especificación de Caso de Uso Buscar Ubicación

Tabla 11

Especificación “Buscar Ubicación”

CASO DE USO BUSCAR UBICACIÓN													
Nombre	Buscar Ubicación												
Descripción	Permite al usuario consultar su localización y mostrarla en el mapa												
Actores	Usuario												
Precondición	<ul style="list-style-type: none"> Tener conexión a Internet 												
Flujo Normal	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Paso</th> <th>Acción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>El actor activa la localización del dispositivo.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>El actor pulsa sobre el botón de localización.</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>El sistema consulta las coordenadas geográficas.</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>El sistema recoge las coordenadas.</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>El sistema dibuja la ubicación del actor en pantalla.</td> </tr> </tbody> </table>	Paso	Acción	1	El actor activa la localización del dispositivo.	2	El actor pulsa sobre el botón de localización.	3	El sistema consulta las coordenadas geográficas.	4	El sistema recoge las coordenadas.	5	El sistema dibuja la ubicación del actor en pantalla.
Paso	Acción												
1	El actor activa la localización del dispositivo.												
2	El actor pulsa sobre el botón de localización.												
3	El sistema consulta las coordenadas geográficas.												
4	El sistema recoge las coordenadas.												
5	El sistema dibuja la ubicación del actor en pantalla.												
Flujo Alternativo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Paso</th> <th>Acción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Si el actor no activa la localización.</td> </tr> <tr> <td>1.1</td> <td>El sistema muestra un mensaje de activar la localización.</td> </tr> </tbody> </table>	Paso	Acción	1	Si el actor no activa la localización.	1.1	El sistema muestra un mensaje de activar la localización.						
Paso	Acción												
1	Si el actor no activa la localización.												
1.1	El sistema muestra un mensaje de activar la localización.												

4.1.4.2 Especificación de Caso de Uso Calcular Camino

Tabla 12

Especificación “Calcular Camino”

CASO DE USO CALCULAR CAMINO																	
Nombre	Calcular Camino																
Descripción	Permite al usuario consultar el camino óptimo por donde debe transitar, para encontrar medio de acceso.																
Actores	Usuario																
Precondición	<ul style="list-style-type: none"> Tener conexión a Internet 																
Flujo Normal	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Paso</th> <th>Acción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>El actor elige el origen.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>El actor elige el destino</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>El actor pulsa sobre el botón consultar camino.</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>El sistema consulta nodos y enlaces.</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>El sistema calcula el camino óptimo.</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>El sistema recoge las coordenadas del camino</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>El sistema dibuja el camino en pantalla.</td> </tr> </tbody> </table>	Paso	Acción	1	El actor elige el origen.	2	El actor elige el destino	3	El actor pulsa sobre el botón consultar camino.	4	El sistema consulta nodos y enlaces.	5	El sistema calcula el camino óptimo.	6	El sistema recoge las coordenadas del camino	7	El sistema dibuja el camino en pantalla.
Paso	Acción																
1	El actor elige el origen.																
2	El actor elige el destino																
3	El actor pulsa sobre el botón consultar camino.																
4	El sistema consulta nodos y enlaces.																
5	El sistema calcula el camino óptimo.																
6	El sistema recoge las coordenadas del camino																
7	El sistema dibuja el camino en pantalla.																

CONTINÚA 

	8	El sistema guarda la última consulta.
Flujo Alterno	Paso	Acción
	3	Si no existe conexión a internet. 3.1 El sistema muestra la última consulta.

4.2 Modelamiento

Para esta fase se va a utilizar el Lenguaje Unificado de Modelado (Unified Modeling Language – UML, por sus siglas en ingles), ya que el mismo se lo utiliza para el modelado de distintos tipos de sistemas computacionales como sistemas de escritorio, web y aplicaciones móviles, porque ofrece varios diagramas intuitivos para llegar a la solución propuesta por los desarrolladores y también porque es uno de los lenguajes de modelado más utilizados y conocido.

Para el presente proyecto se optó por los siguientes diagramas, debido a que son los utilizados en la metodología de desarrollo de aplicaciones web UWE:

- Diagrama de Clases
- Diagrama de Secuencias
- Diagrama de Navegación
- Diagrama de Presentación
- Diagrama de Proceso

Los anteriores modelos permiten visualizar el funcionamiento de la aplicación de una manera más general y sencilla, para cualquier persona.

4.2.1 Diagramas de clases

Para el desarrollo de la aplicación se utilizaron los siguientes diagramas de clases⁹, con sus respectivos atributos y métodos.

4.2.1.1 Modelos

La Figura 18, muestra las clases que se utilizaron para el desarrollo de la aplicación, ya que fue necesario crear tablas en la base de datos MySQL según la necesidad de nuestro proyecto.

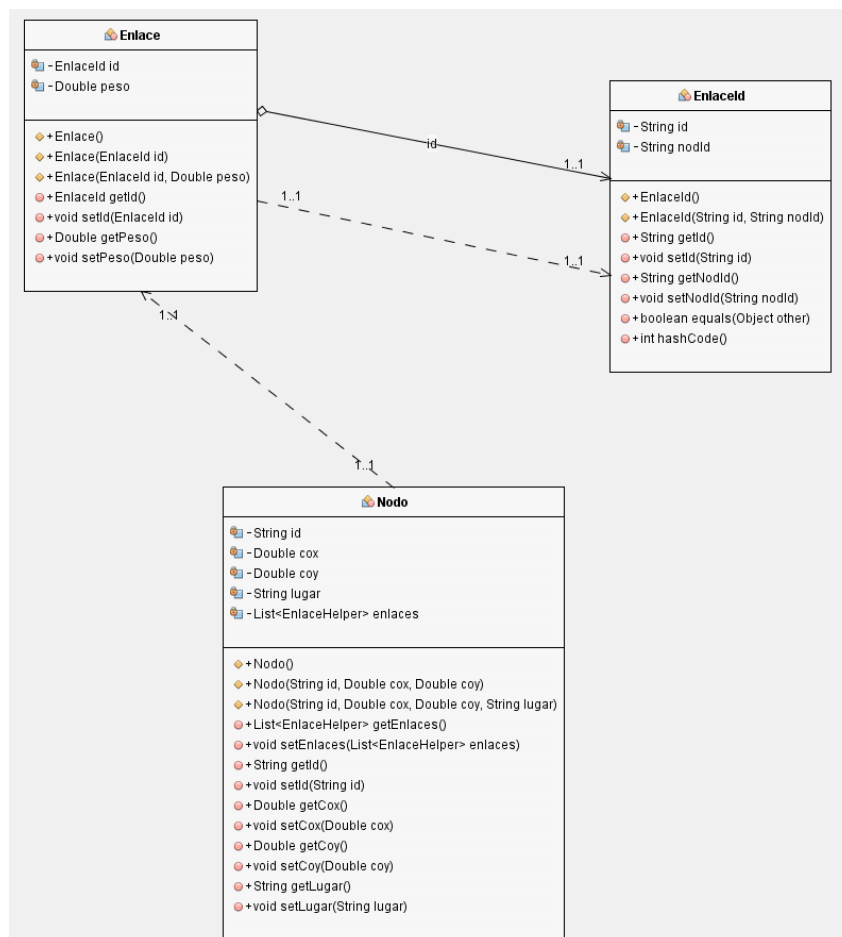


Figura 18 Diagrama de clases Modelos

⁹ Son los diagramas que representan la estructura del sistema desarrollado.

4.2.1.2 Controladores

La Figura 19, muestra las clases necesarias para la comunicación de la base de datos con el servicio.

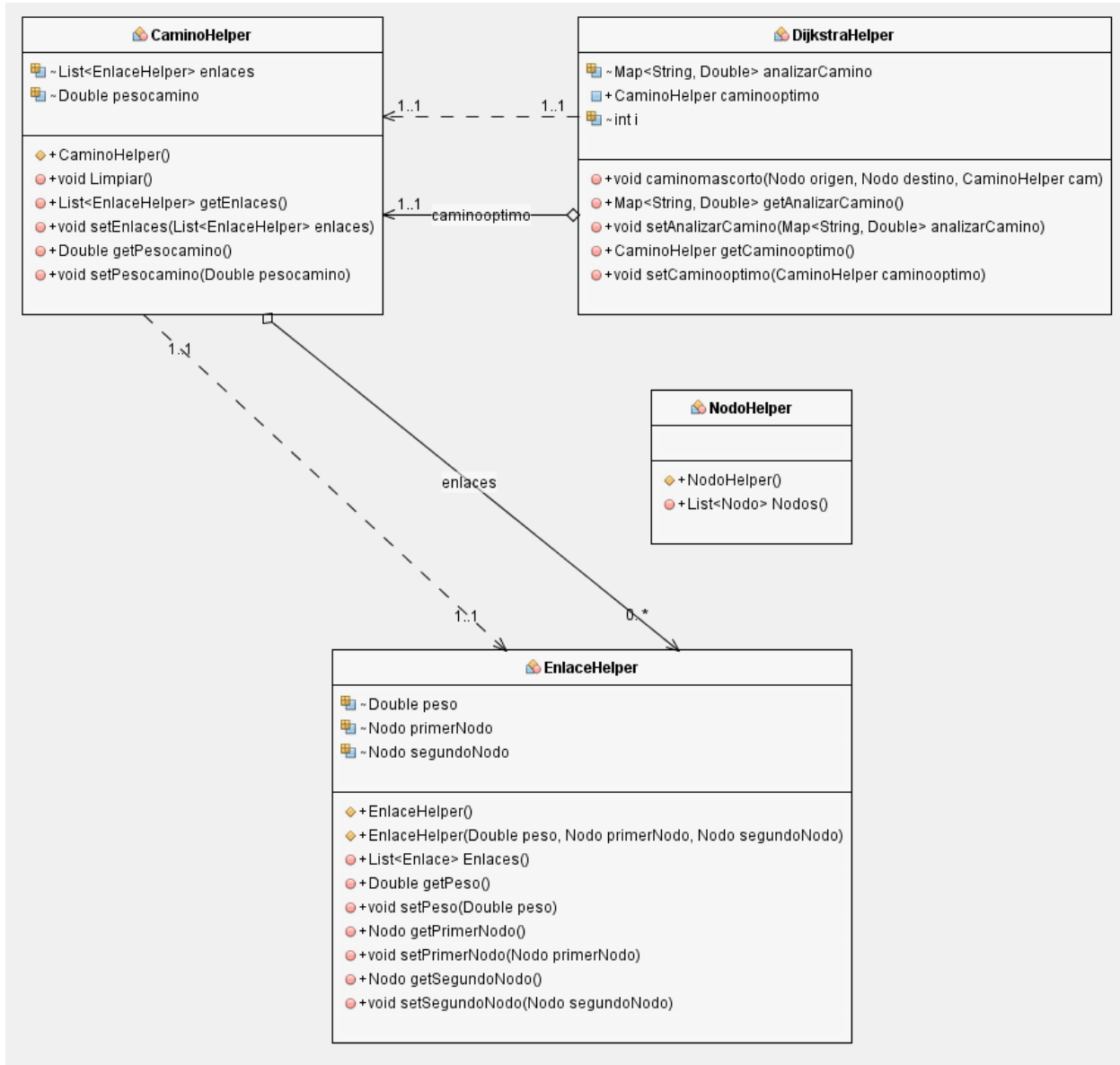


Figura 19 Diagrama de clases Controladores

4.2.1.3 Servicios

La Figura 20, muestra las clases necesarias para el desarrollo del Web Service que se comunicará con la aplicación.

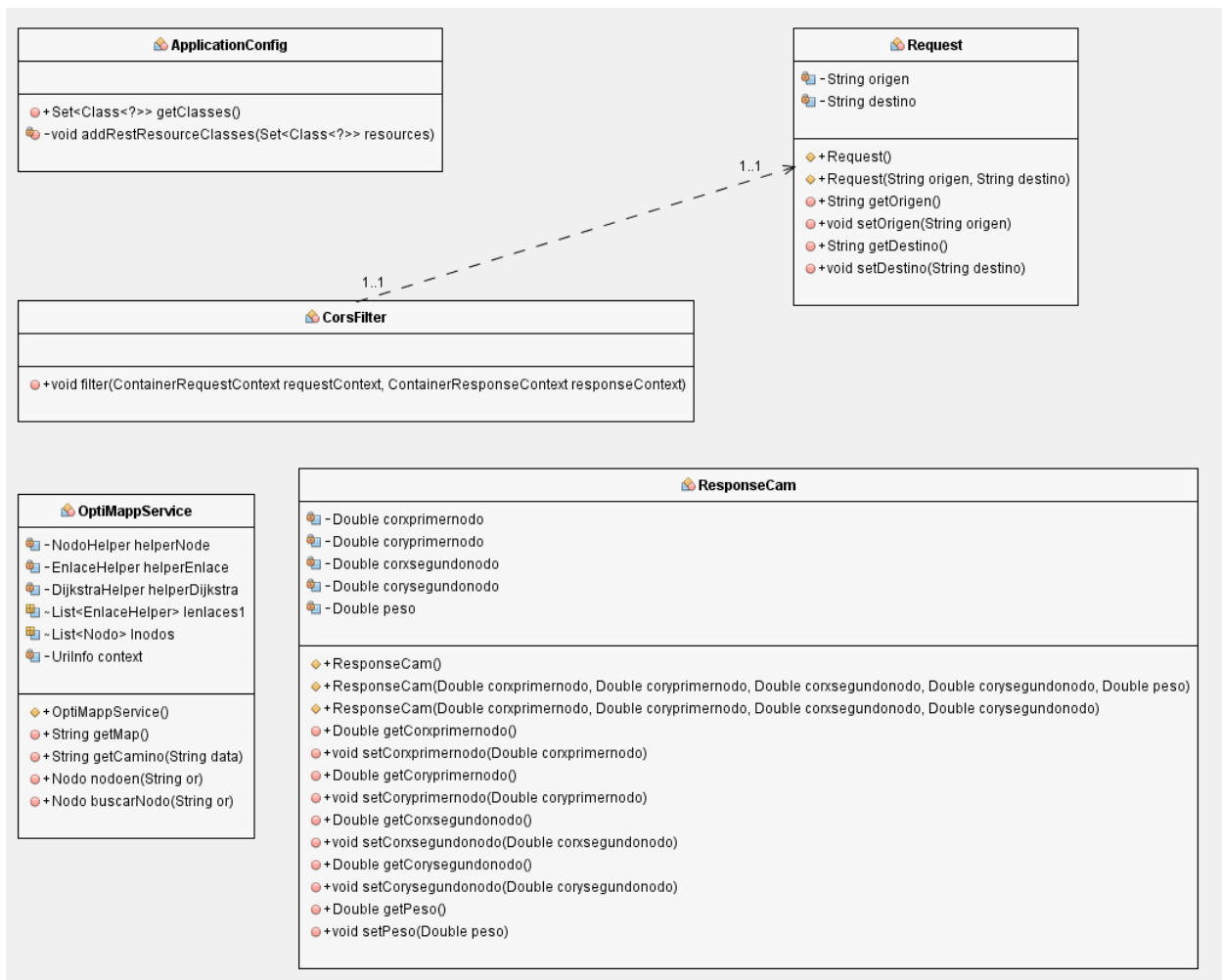


Figura 20 Diagrama de clases Servicios

4.2.2 Diagramas de Secuencia

El diagrama de secuencia¹⁰ muestra, los pasos que se tienen que dar para la correcto funcionamiento y utilización de la aplicación. (Ver Figura 21 y 22)

4.2.2.1 Diagrama de secuencia, Buscar Ubicación

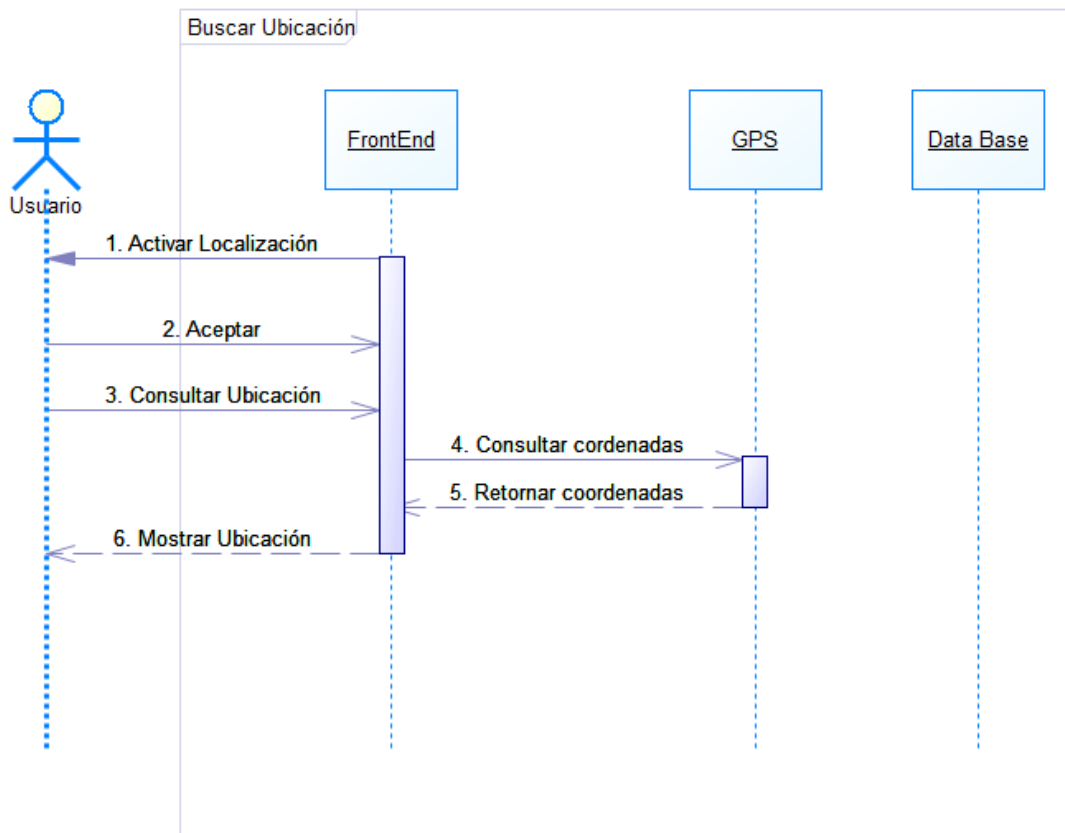


Figura 21 Diagrama de secuencia Buscar Camino

¹⁰ Es un diagrama que representa la secuencia de pasos que se deben seguir para usar la aplicación.

4.2.2.2 Diagrama de secuencia, Calcular Camino

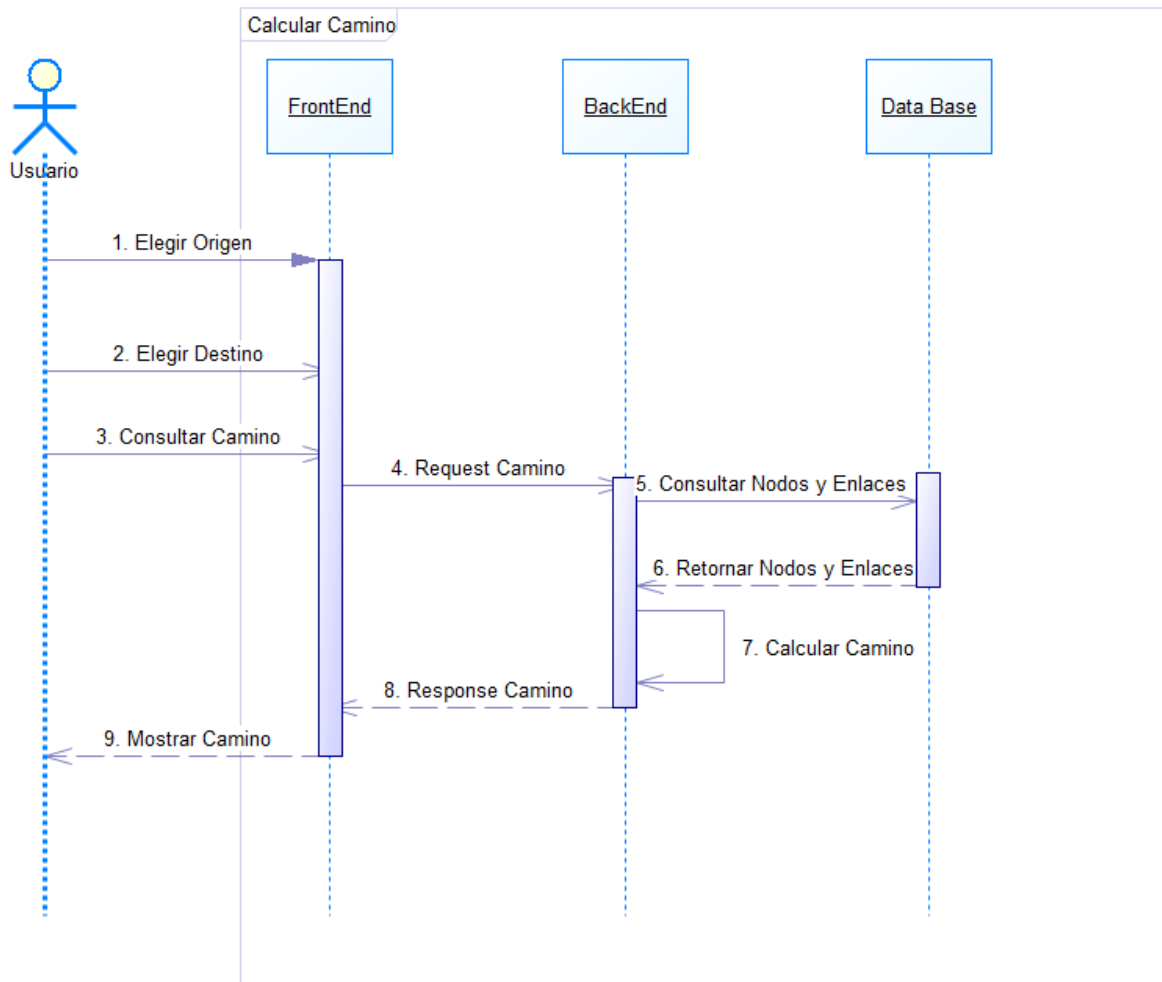


Figura 22 Diagrama de secuencia Calcular Camino

4.2.3 Diagrama de Navegación

El siguiente diagrama muestra como es la navegación entre los dos componentes de la aplicación.

(Ver Figura 23)

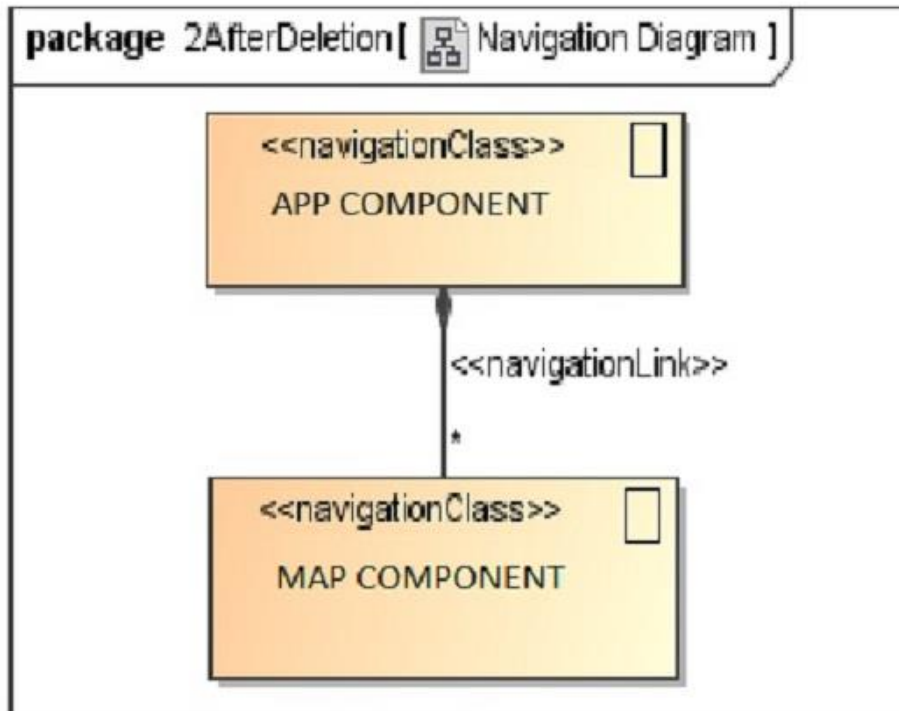


Figura 23 Diagrama de Navegación

4.2.4 Diagrama de Presentación

La Figura 24, muestra el diagrama de la interfaz de usuario de la aplicación.

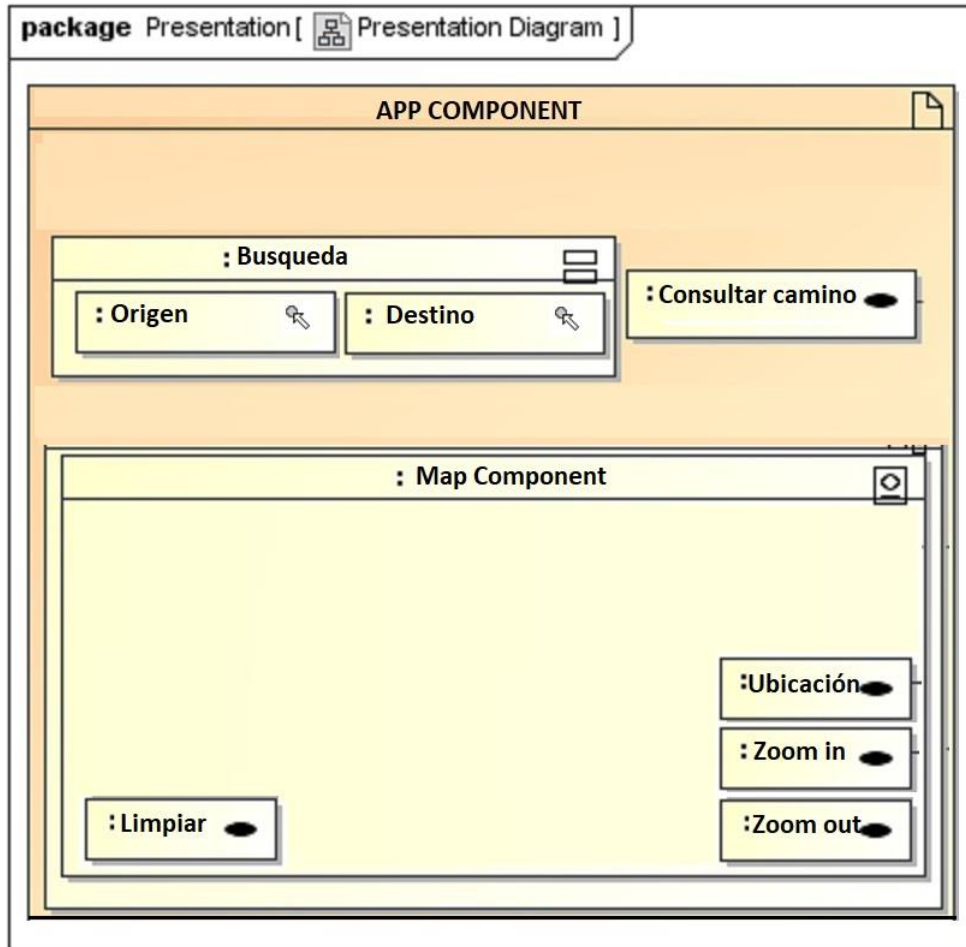


Figura 24 Diagrama de Presentación

4.2.5 Diagrama de Proceso

El siguiente diagrama muestra como es el proceso de consulta de camino óptimo.

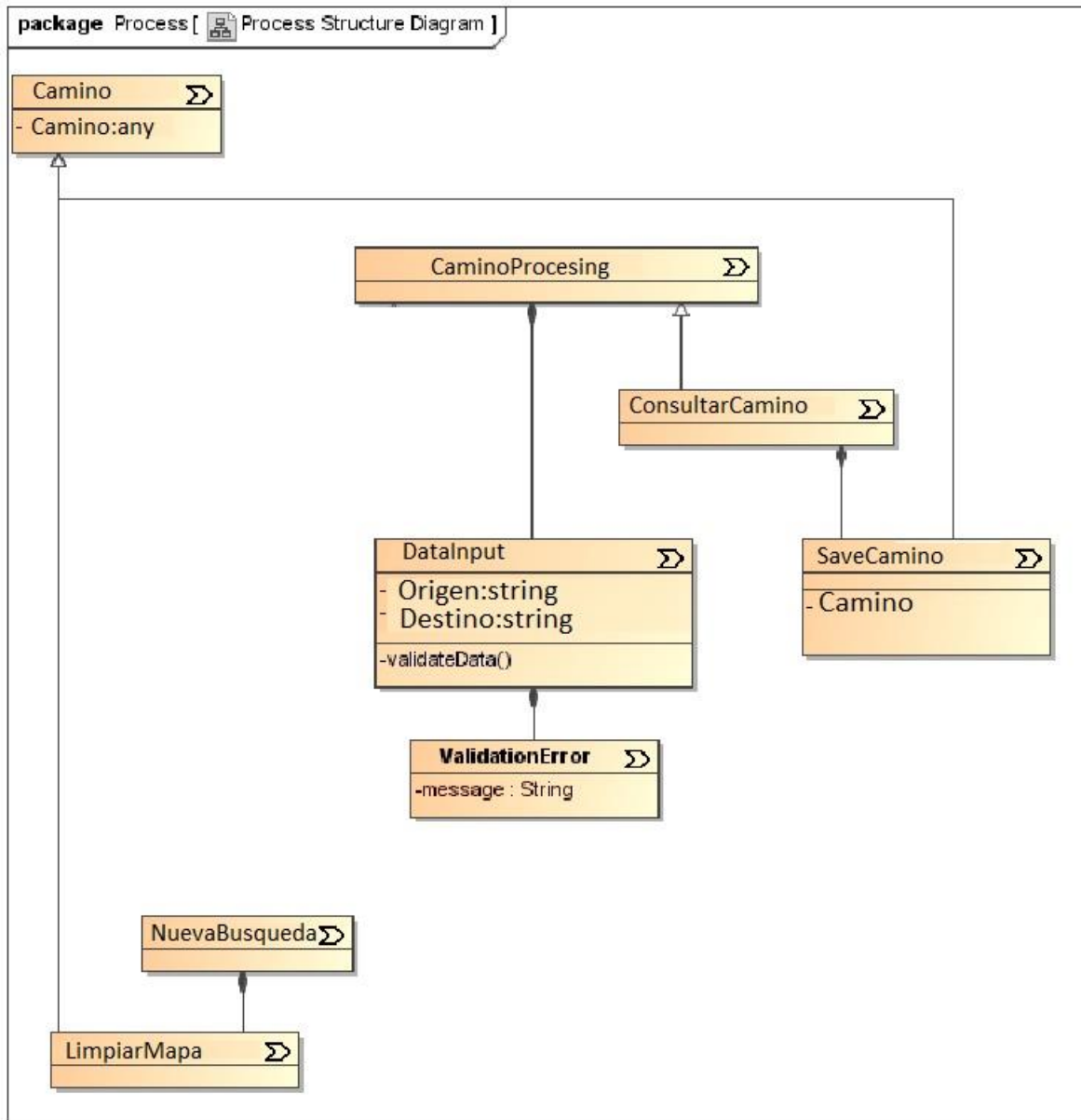


Figura 25 Diagrama de Proceso

4.3 Codificación

Para esta fase se necesita conocer los requerimientos de desarrollo para crear el proyecto y empezar a programar la PWA y el servicio web; para lo cual se tiene una breve descripción de las clases más importantes que interactúan entre sí para el funcionamiento de la aplicación, las cuales son:

- ApplicationConfig (Clase principal, para la ruta de los servicios)
- CorsFilter (Clase para la configuración del Cors)
- Pojos (Clases del modelo de BD)
- Helpers (Clases para la lógica de la aplicación)
- Servicios (Clases donde se recibe las peticiones y se devuelven los datos)

La codificación se dividió en dos partes BackEnd (Servicios) y FrontEnd (Interfaz Gráfica)

4.3.1 BackEnd

En esta sección se describe brevemente las clases más relevantes para el funcionamiento de los servicios, a los cuales la interfaz gráfica se conecta.

- **Clase Nodo:** Representa la entidad Nodo de la BD en forma de clase java y se encarga de conectar el modelo con el controlador. (Ver Anexo A.1)
- **Clase Enlace:** Representa la entidad Enlace de la BD en forma de clase java y se encarga de conectar el modelo con el controlador. (Ver Anexo A.2)
- **Clase CaminoHelper:** Esta clase se encarga de construir caminos a partir de listas de objetos Enlace. (Ver Anexo A.3)

- **Clase DijkstraHelper:** Esta clase se encarga de calcular el camino óptimo. (Ver Anexo A.4)

4.3.2 FrontEnd

En esta sección se detalla brevemente el componente que maneja la interfaz gráfica.

Componente Map:

- **HTML:** Plantilla de la interfaz gráfica. (Ver Anexo B.1)
- **TypeScript:** Funcionamiento del lado del cliente. (Ver Anexo B.2)

4.4 Pruebas de funcionamiento

Para verificar el correcto funcionamiento de la aplicación en su totalidad, se realizaron las siguientes pruebas:

- En la primera prueba buscara la ubicación del usuario, para verificar que esta retornando la localización correctamente.
- En la segunda prueba se consultará el camino optimo teniendo como origen La Plaza Grande y como destino Iglesia San Francisco, para verificar si se grafica el camino y el cálculo de tiempo.

4.4.1 Ejecución de las pruebas

Para la primera prueba se utilizó el caso de uso “Buscar Ubicación”, que se lo detalló en la fase de diseño de este capítulo y tiene lo siguiente:

Datos de Entrada:

- Aceptación de localización

Se obtuvo como resultado lo siguiente (Ver Figura 26):

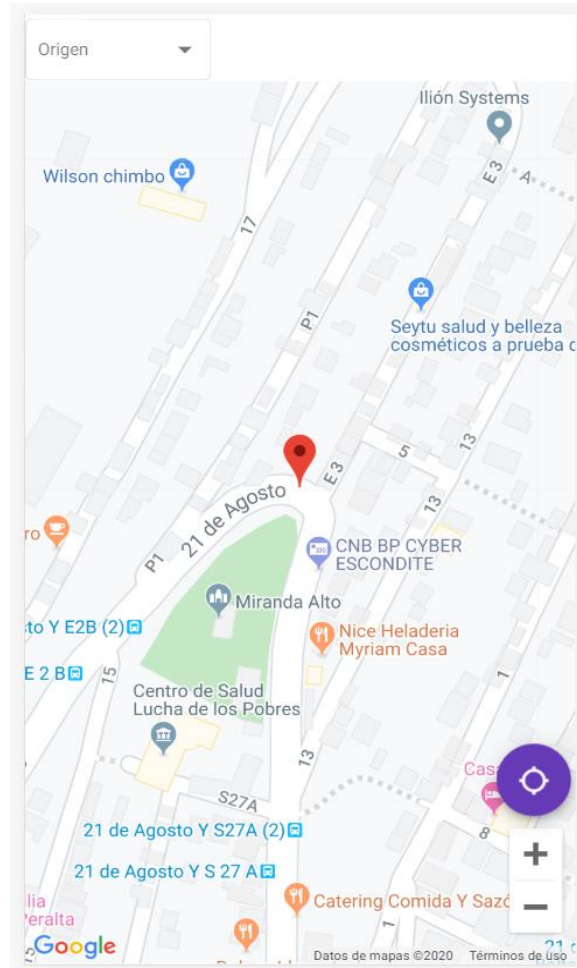


Figura 26 Prueba buscar ubicación

Para la segunda prueba, que está relacionada con el caso de uso “Calcular Camino” tenemos:

Datos de Entrada:

- **Origen:** Plaza Grande
- **Destino:** Iglesia San Francisco

Se obtuvo como resultado, lo siguiente (Ver Figura 27):

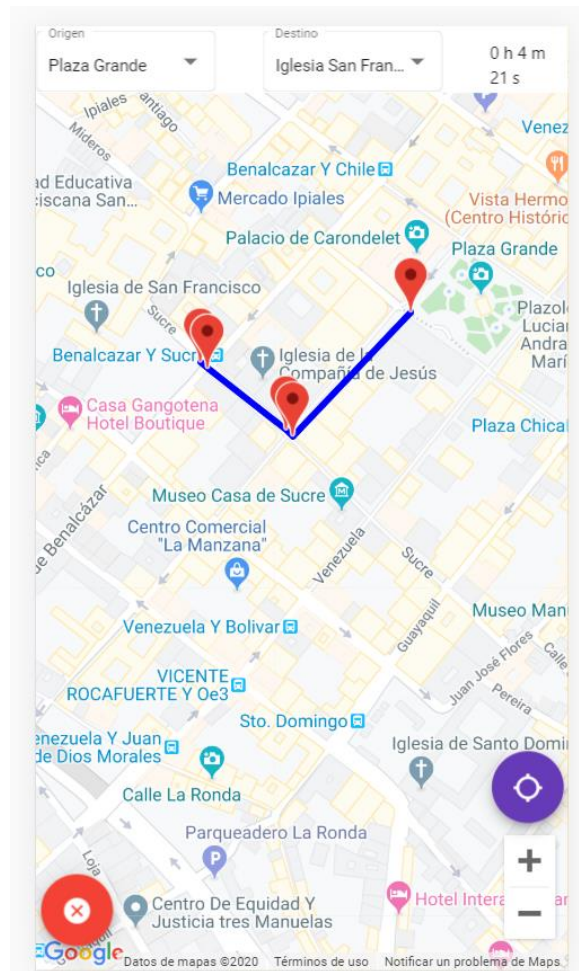


Figura 27 Prueba calcular camino

CAPÍTULO V

CASO DE ESTUDIO

En este capítulo se va a desarrollar un caso de prueba, para verificar si se cumplen o no los objetivos del proyecto.

La evaluación de la solución propuesta se realizó con el personal y los miembros del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas del Ecuador, de los cuales se eligió a las personas que presentan algún problema de movilidad en las extremidades inferiores y usan una silla de ruedas.

Para lo cual se utilizó el prototipo desarrollado, y un dispositivo móvil propio para mostrar a los usuarios como se descarga, instala y se hace uso de la aplicación, para que ellos puedan tener en sus propios dispositivos la aplicación instalada apropiadamente y la usen.

5.1 Recolección y validación de tiempos

Para obtener y validar los datos en el proceso de desarrollo de pruebas, se realizaron tres evaluaciones prácticas del funcionamiento de la aplicación, con las personas anteriormente mencionadas, para lo cual se consideró la utilización de tres rutas diferentes:

- **Ruta 1:** Plaza Grande - Iglesia Santa Bárbara.
- **Ruta 2:** Antiguo Círculo Militar - Plaza Grande.
- **Ruta 3:** Iglesia San Francisco - Plaza Grande.

Para la evaluación, se tomó la información del tiempo que arroja la aplicación y el tiempo real que arroja el cronometro de 10 participantes que siguieron las tres rutas cada uno como se muestra en la siguiente Tabla 12.

Tabla 13*Tiempos calculados con la aplicación y con el cronómetro*

Participantes	Ruta 1		Ruta 2		Ruta 3	
	App (hh:mm:ss)	Cronómetro (hh:mm:ss)	App (hh:mm:ss)	Cronómetro (hh:mm:ss)	App (hh:mm:ss)	Cronómetro (hh:mm:ss)
1	00:08:47	00:09:05	00:04:26	00:05:00	00:04:21	00:03:25
2	00:08:47	00:09:35	00:04:26	00:04:37	00:04:21	00:03:60
3	00:08:47	00:09:40	00:04:26	00:04:28	00:04:21	00:03:20
4	00:08:47	00:09:25	00:04:26	00:04:55	00:04:21	00:03:35
5	00:08:47	00:09:30	00:04:26	00:04:20	00:04:21	00:03:41
6	00:08:47	00:08:50	00:04:26	00:04:32	00:04:21	00:03:18
7	00:08:47	00:09:21	00:04:26	00:04:29	00:04:21	00:03:39
8	00:08:47	00:09:27	00:04:26	00:04:43	00:04:21	00:03:48
9	00:08:47	00:08:58	00:04:26	00:04:58	00:04:21	00:03:32
10	00:08:47	00:09:08	00:04:26	00:04:56	00:04:21	00:03:53
Tiempo Promedio	00:08:47	00:09:18	00:04:26	00:04:42	00:04:21	00:03:37

Donde la columna App representa el tiempo que muestra la aplicación, la columna cronómetro muestra el tiempo real que se demoró el participante en hacer en cada una de las rutas.

Como se observa en la Tabla 12, los resultados de los tiempos calculados con la aplicación son menores que el tiempo calculado con el cronómetro, esto quiere decir que existen retrasos inherentes a la infraestructura urbana del centro histórico como los semáforos y la cantidad de gente que transita por esas calles.

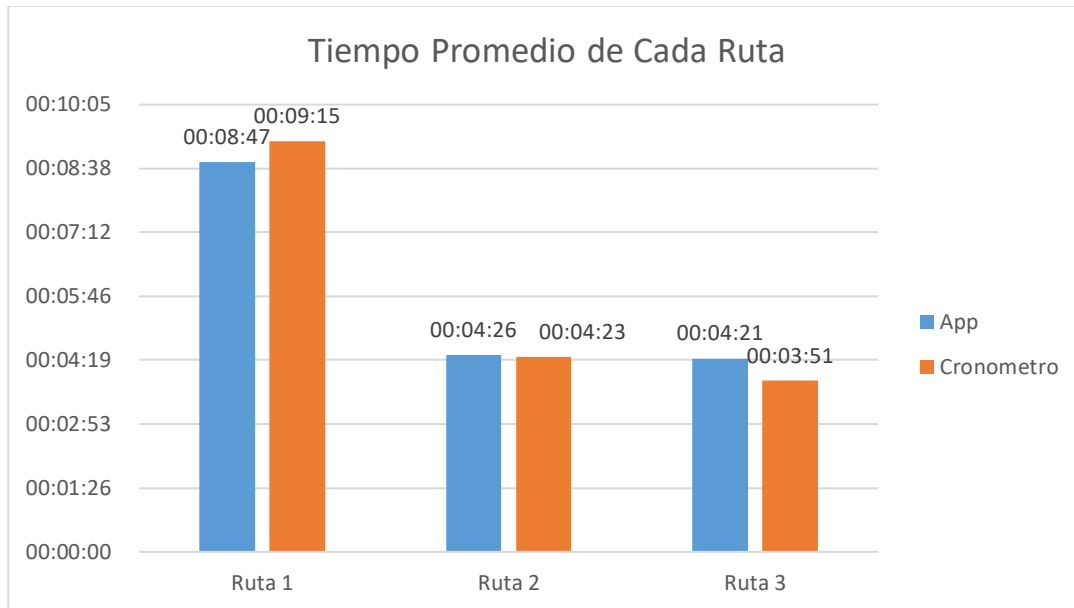


Figura 28 Tiempos promedios de la aplicación y el cronómetro

En la Figura 28, se puede observar que los tiempos promedios calculados tanto con la aplicación y el cronómetro no varían considerablemente, siendo la Ruta 3 con 30s la mayor diferencia y la Ruta 2 la menor con una diferencia de 3 segundos.

Con los datos previamente obtenidos, se propone 3 escenarios (rutas) anteriormente detallados los cuales se tomará el tiempo que el participante tarda en moverse desde un punto A hacia uno B, medidos con el cronómetro y calculado con el presente prototipo.

Los escenarios fueron elegidos de acuerdo con la importancia de los lugares visitados y el número de accesos disponibles.

Escenario 1

En el primer escenario se escogió la ruta Plaza Grande hacia Iglesia Santa Barbara ya que estos lugares son más visitados y destacados del centro histórico de Quito por su importancia histórica y arquitectónica.

Los resultados obtenidos en la recolección de los tiempos de la Ruta1 de cada Participante fueron:

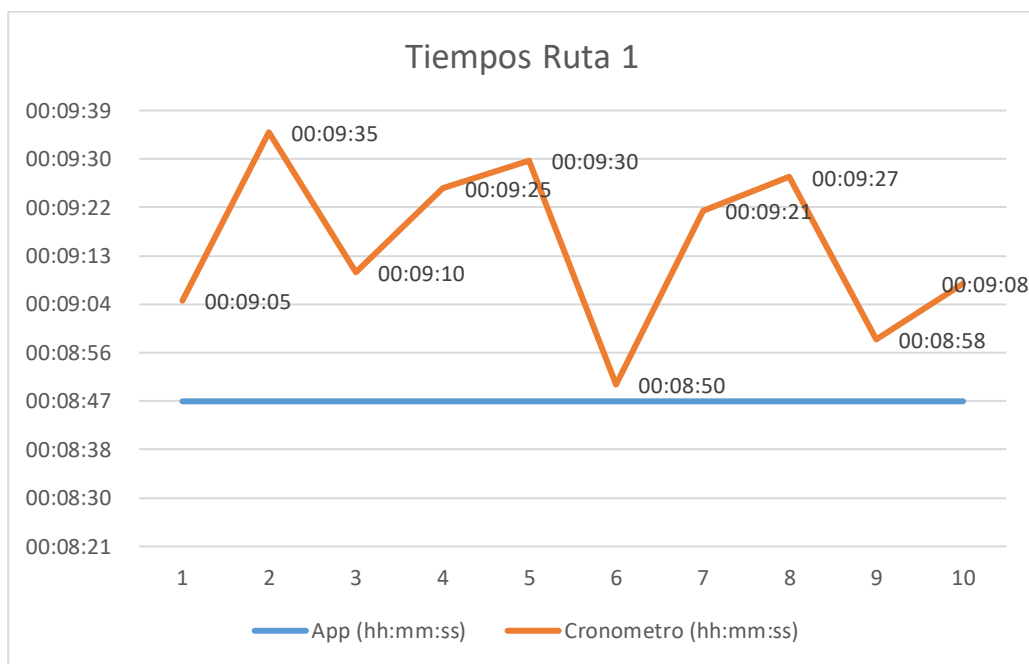


Figura 29 Resultados tiempos participantes Escenario 1

Se puede observar en la Figura 29 que el tiempo calculado por aplicación es menor y se mantiene constante ya que siempre se calcula la misma ruta y el tiempo del cronometro varía entre los 8 minutos 58 segundos y los 9 minutos 35 segundos.

Escenario 2

En el segundo escenario se escogió la ruta Antiguo Círculo Militar hacia Plaza Grande ya que estos lugares cuentan con un gran número de accesos.

Los resultados obtenidos en la recolección de los tiempos de la Ruta2 de cada Participante fueron:

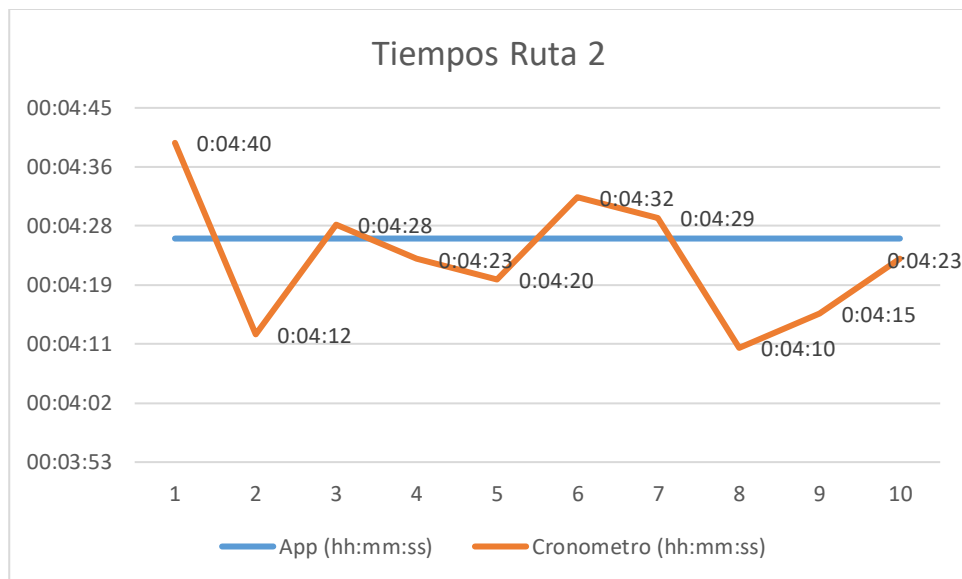


Figura 30 Resultados tiempos participantes Escenario 2

Se puede observar en la Figura 30 que el tiempo calculado por la aplicación se encuentra en medio y el tiempo del cronometro varía entre los 4 minutos 10 segundos y los 4 minutos 40 segundos por la infraestructura urbana de la zona.

Escenario 3

En el tercer escenario se escogió la ruta Iglesia San Francisco hacia Plaza Grande porque estos lugares son cercanos, su importancia histórica y su fácil acceso.

Los resultados obtenidos en la recolección de los tiempos de la Ruta3 de cada Participante fueron:

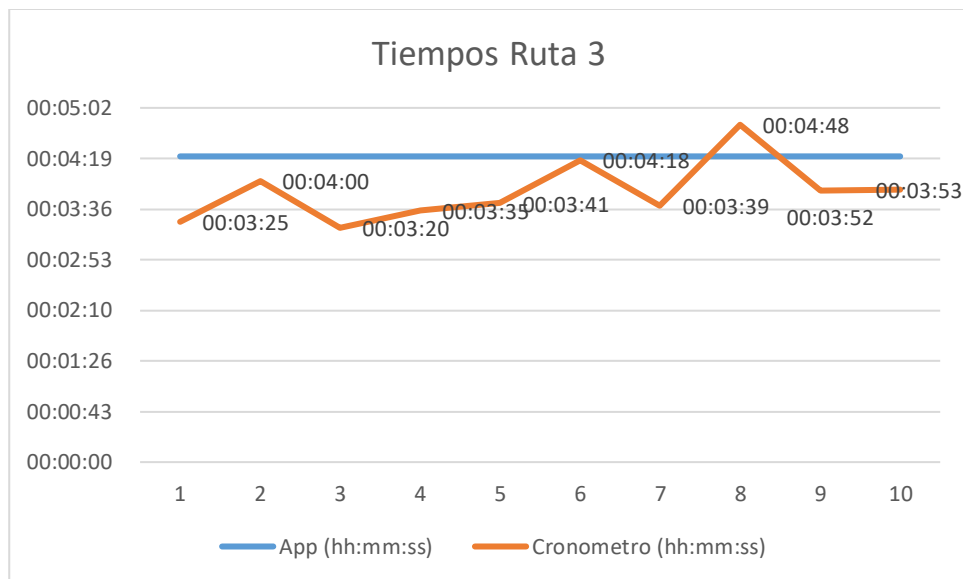


Figura 31 Resultados tiempos participantes Escenario 3

Se puede observar en la Figura 31 que el tiempo calculado por la aplicación se encuentra un poco más arriba y el tiempo del cronometro varía entre los 3 minutos 20 segundos y los 4 minutos 48 segundos por la infraestructura urbana de la zona.

5.2 Cálculo del porcentaje de error

Para poder medir el nivel de error que tiene la aplicación se planificaron dos etapas que consistieron en:

1. Verificar el tiempo promedio de la ruta mostrada por la aplicación.
2. Verificar el tiempo real cuando se usa el cronometro.

Tabla 14

Calculo de Error Promedio

Ruta	Tiempo promedio etapa 1	Tiempo promedio etapa 2	Error Tiempo	Porcentaje de Error
Ruta 1	08:47:00	09:15:00	00:27:00	5,05%
Ruta 2	04:26:00	04:23:00	00:03:00	1,13%
Ruta 3	04:21:00	03:51:00	00:30:00	11,49%

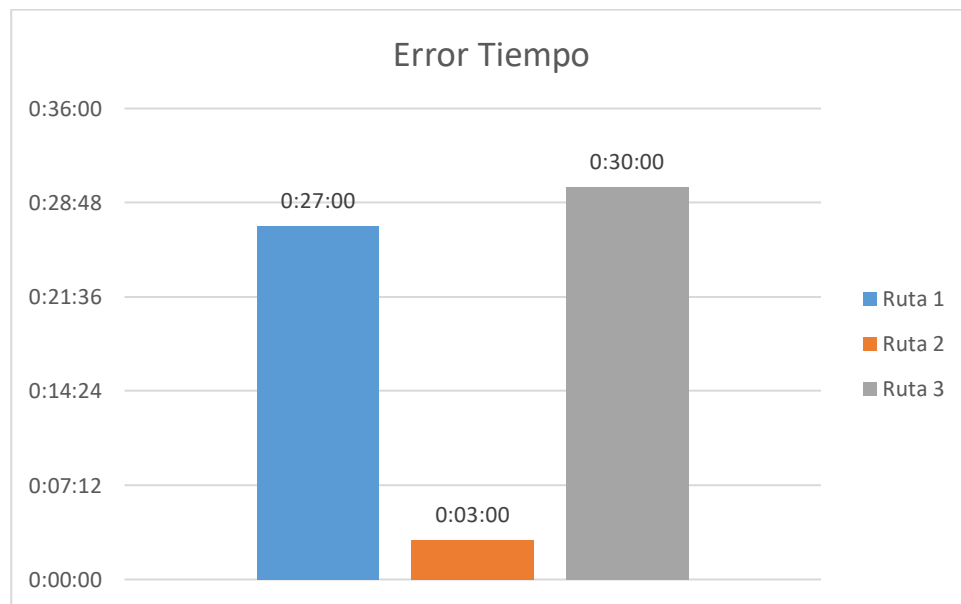


Figura 32 Resultado del error en tiempo

La Figura 32, muestra el error obtenido en función del tiempo en segundos.

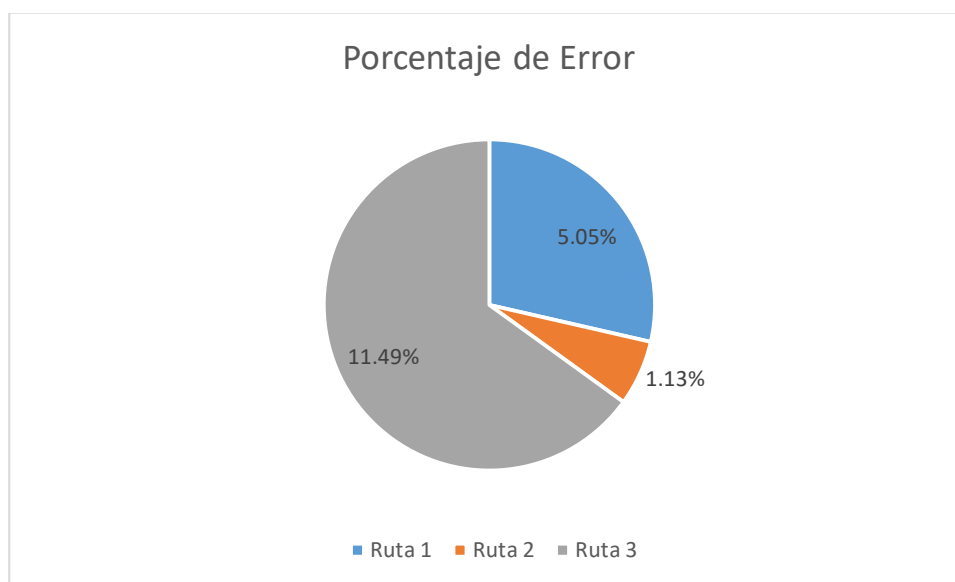


Figura 33 Resultado del porcentaje de error

En la evaluación y análisis de los resultados obtenidos de las mediciones de tiempo observadas en la Figura 33, se observa que la solución propuesta, proporciona un tiempo diferente a comparación con el tiempo que realmente se demoran los participantes en moverse por la ruta, siendo:

1. El tiempo estimado de la aplicación en la Ruta 1 es 5% menor en comparación con la ejecución real del segundo escenario.
2. El tiempo estimado por la aplicación en la Ruta 2 es mayor en un 1.13% en comparación con la ejecución real del segundo escenario.
3. El tiempo estimado para la aplicación en la Ruta 3 es mayor en un 11, 49% en comparación con el segundo escenario.

Una vez que se han obtenido los valores de tiempo promedio de los dos escenarios y el porcentaje de diferencias entre cada ruta, se demuestra que el uso de la aplicación propuesta, para

la selección de la ruta óptima, permite obtener resultados ligeramente diferentes al tiempo real de llegada al destino calculada por el cronometro.

En base a los resultados obtenidos por los escenarios propuestos, se puede concluir que la diferencia de tiempos entre la aplicación y el cronometro, se debe a la cantidad de gente que transita por esas calles que obstaculizan el trayecto, el horario, y el número de semáforos.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- Se desarrolló la aplicación permitiendo mejorar la accesibilidad y movilidad de las personas con discapacidad física, ya que se cuenta con la ubicación de las rampas y se grafica la ruta optima.
- Al hacer uso de las herramientas Google Earth y Grafos, ayudó a mejorar la eficiencia al recolectar la ubicación de las rampas en todas las zonas.
- La arquitectura PWA ayudó a que la aplicación se pueda ejecutar en cualquier dispositivo ya sea móvil o de escritorio independientemente del sistema operativo que tenga.
- Los resultados obtenidos permitieron verificar si la aplicación realmente está arrojando rutas con condiciones básicas de accesibilidad.

RECOMENDACIONES

- Para el uso de la aplicación en dispositivos móviles, se recomienda que se ejecute en los navegadores preinstalados del dispositivo es decir Google Chrome para Android y Safari para IOS.
- Se recomienda el uso de la arquitectura PWA, cuando la aplicación a desarrollar no necesite de características especiales del dispositivo, como la huella dactilar o el giroscopio, ya que no se cuenta con estos módulos para su uso.
- Por último, se recomienda a la ciudad de Quito, la mejora de las veredas y medios de acceso que están disponibles en la ciudad, ya que el estado de algunos de ellos no permite que las personas con discapacidad se movilicen adecuadamente.

TRABAJOS FUTUROS

- Mejorar la aplicación, adicionándole más funcionalidades para otro tipo de discapacidad, como la visual ya que se tendría que añadir instrucción por voz.
- Trabajar con el Municipio de Quito, para implementar esta solución no solamente en el centro histórico, sino también en toda la ciudad.

REFERENCIAS

- Alhoula, W., & Hartley, J. (2014). Static and time-dependent shortest path through an urban environment: time-dependent shortest path. *IEEE*.
- Beriain, A. (2016). *Matemáticas en un navegador gps: algoritmos de camino más corto y cálculo de posición*. La Rioja: Universidad de La Rioja.
- Boudeguer, A. (2010). *Manual de accesibilidad universal*. Santiago.
- Cabello, C. (Octubre de 2013). *fases-o-etapas-de-la-metodologia-uwe*. Obtenido de fases-o-etapas-de-la-metodologia-uwe:
<http://evangellyscarolinacabellorodriguez.blogspot.com/2013/10/fases-o-etapas-de-la-metodologia-uwe.html>
- Camacho, L., Calderón, J., & Baquerizo, R. (2015). Rimac project: open urban routing information system fed by real time reliable sources. *IEEE*.
- Canalis, J. (20 de Diciembre de 2017). *Hostelsur*. Obtenido de
https://www.hosteltur.com/125687_latinoamerica-se-compromete-turismo-accesible.html
- Canela, D. (2017). Análisis de la accesibilidad y movilidad urbana para personas con discapacidades. Quito.
- Cataldo, A. (. (2015). Design science research, una breve introducción.
- CEPAL. (14 de Agosto de 2014). *Informe regional sobre la medición de la discapacidad*. Obtenido de <http://www.derechoshumanos.unlp.edu.ar/assets/files/documentos/informe-regional-sobre-la-medicion-de-la-discapacidad.pdf>
- de Benito, J., & García, J. (2015). *Manual para un entorno accesible*. Madrid: Real Patronato sobre Discapacidad.
- de Farias, I., Leitão, N., & Teixeira, M. (2017). Urbis: a touristic virtual guide. *IEEE*.
- Delnevo, G., Monti, L., & Vignola, F. (2018). Almawhere: a prototype of accessible indoor wayfinding and navigation system. *IEEE*.
- ENAT. (2010). *European network for accesible tourism*. Obtenido de <http://www.accessibletourism.org/?i=enat.en.accessible-cities>
- Enciclopedia de Conceptos. (2019). *Concepto de tiempo en física*. Obtenido de <https://concepto.de/tiempo-en-fisica/#ixzz5cgMbiXCX>
- Fisher, P. (1996). *Extending the applicability of viewsheds in landscape planning. photogrammetric engineering and remote*. Leicester. Obtenido de http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/AnalisisTerreno/DEMModule/DEM_T_Sl.htm

- García, E. (Noviembre de 2011). *jorgeportella.wordpress*. Obtenido de <https://jorgeportella.files.wordpress.com/2011/11/analisis-diseo-y-desarrollodeaplicacionesweb.pdf>
- INPC. (2011). *Instituto nacional de patrimonio cultural*. Obtenido de <http://patrimoniocultural.gob.ec/quito/>
- Jingsong, M., Xiaoyan, Y., Gang, C., Jiechen, W., & Yingxia, P. (2010). Research on urban accessibility distribution areal model by floyd algorithm and kriging interpolation. *IEEE*.
- Kitchenham. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*. Obtenido de https://www.elsevier.com/__data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf
- Leal, M. (2013). *Selección de ruta mas corta en un escenario de realidad aumentada utilizando un dispositivo móvil*. Mexico.
- López, A., & Brunett, H. (2017). Turismo accesible en el ecuador . *INNOVA Research Journal*, 196-198.
- Luis, A., & Daniel, D. C. (2019). Mobile application based on dijkstra's algorithm, to improve the inclusion of people with motor disabilities within urban areas. *World Conference on Information Systems and Technologies*.
- Marwa, A., Bushra, A., Rawan, A., Al-Anoud, A., & Iman, A. (23 de Agosto de 2018). Tourism mobile application to guide madinah visitors. *IEEE*. Obtenido de IEEE: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8442023/keywords#keywords>
- Metodología de la investigación*. (30 de Marzo de 2018). Obtenido de <http://metodologadelainvestigacinsiis.blogspot.com/2011/10/tipos-de-investigacion-exploratoria.html>
- NC State, U. (4 de Enero de 97). *The principels of universal design*. Obtenido de UNIVERSAL DESIGN: https://projects.ncsu.edu/ncsu/design/cud/about_ud/udprinciplestext.htm
- Obregón, S., Sánchez, J., & Somohano, M. (2016). *Planificación de rutas turísticas para autobús a través de indicadores de accesibilidad integral y de dotación de bienes materiales e inmateriales*. Obtenido de Transporte y Territorio: <http://revistascientificas.filo.uba.ar/index.php/rtt/article/view/2433>
- OMS. (2011). *Informe mundial sobre la discapacidad*. Ginebra.
- Pasichnyk, V., & Artemenko, O. (2015). Intelligent advisory systems and information technology support for decision making in tourism. *IEEE*.
- Pérez, J., & Gardey, A. (2012). *Definicion de accesibilidad*. Obtenido de <https://definicion.de/accesibilidad>

- Prandi, C., Salomoni, P., & Mirri, S. (2014). Mpass: Integrating people sensing and crowdsourcing to map urban accessibility. *IEEE*.
- Quishpe, J. (Mayo de 2013). *Automatización del seguimiento de proyectos y contratos*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1363/1/T-UCE-0011-54.pdf>
- REDTAEC. (2017). *Red de turismo accesible - ecuador*. Obtenido de <http://turismoaccesibleec.org/>
- Rovira-Beleta, E. (10 de 2009). *Accesibilidad en las instalaciones deportivas: deporte para todos*. Obtenido de <http://www.coniberodeporte.org/en/documentation/noticias/64-05-enriquerovira-beleta-pdf/file>
- Thakur, P. (2018). *Evaluation and implementation of progressive web applications*. Helsinki.
- UHA. (2004). *Análisis del terreno*. Obtenido de http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/AnalisisTerreno/DEMModule/DEM_T_SI.html

