



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Sistemas Computacionales

“APLICACIÓN MÓVIL EN LA DETERMINACIÓN DE LAS
RUTAS MÁS EFICIENTES DE TRANSPORTE PÚBLICO DE
LA CIUDAD DE TRUJILLO”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Sistemas Computacionales

Autor:

Bach. Luiggi Giovanny Carrera Muñoz

Asesor:

Mg. Rolando Javier Berrú Beltrán

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

A mi abuela Felicita,
Quién busco apoyarme de alguna forma en mis estudios, por sus consejos llenos de vida y
esperanza, que me permitieron seguir adelante.

A mis padres,
Por su apoyo incondicional, por sus consejos que siempre me han servido para formarme
de buena manera personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme realizar este proyecto de investigación, al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo por apoyarme de forma económica en mis estudios. A los docentes que me brindaron de sus ideas para mejorar este proyecto y al asesor del curso, por sus ideas y comentarios oportunos para la correcta terminación del presente proyecto.

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----------|
| DEDICATORIA | 2 |
| AGRADECIMIENTO..... | 3 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 5 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 6 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | 7 |
| ABSTRACT | 9 |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN | 10 |
| 1.1. Realidad problemática..... | 10 |
| 1.2. Formulación del problema | 24 |
| 1.3. Objetivos | 24 |
| 1.4. Hipótesis..... | 24 |
| CAPÍTULO II. METODOLOGÍA | 25 |
| 2.1. Tipo de investigación..... | 25 |
| 2.2. Población y muestra | 25 |
| 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos..... | 26 |
| 2.4. Procedimiento | 27 |
| CAPÍTULO III. RESULTADOS | 37 |
| CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 46 |
| REFERENCIAS | 49 |
| ANEXOS | 55 |
| Anexo nro. 1. Matriz de consistencia | 55 |
| Anexo nro. 2. Matriz de operacionalización de variables | 57 |
| Anexo nro. 3. Matriz de validación de instrumento | 58 |
| Anexo nro. 4. Ficha de observación..... | 60 |
| Anexo nro. 5. Documentación de metodología de software - ICONIX | 62 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos para variable dependiente | 26 |
| Tabla 2 Casos de prueba..... | 28 |
| Tabla 3 Recolección de datos antes de usar la aplicación móvil..... | 30 |
| Tabla 4 Comparación de metodologías de desarrollo de software | 31 |
| Tabla 5 Recolección de datos después de usar la aplicación móvil | 33 |
| Tabla 6 Valor esperado por cada indicador | 35 |
| Tabla 7 Resultados de determinación de las rutas más eficientes de transporte público | 37 |
| Tabla 8 Resultados de dimensión tiempo en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público | 40 |
| Tabla 9 Resultados de dimensión distancia en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público | 42 |
| Tabla 10 Resultados de dimensión costo en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público | 44 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Análisis estadístico usando la prueba T de Student en el software estadístico SPSS para la determinación de las rutas más eficientes de transporte público. Fuente: Elaboración propia..... | 38 |
| Figura 2: Campana de gauss en t de student para la determinación de las rutas más eficientes de transporte público. Fuente: Elaboración propia..... | 39 |
| Figura 3. Análisis estadístico usando la prueba T de Student en el software estadístico SPSS para la dimensión tiempo. Fuente: Elaboración propia..... | 41 |
| Figura 4. Campana de gauss en t de student para la dimensión tiempo. Fuente: Elaboración propia..... | 41 |
| Figura 5. Análisis estadístico usando la prueba T de Student en el software estadístico SPSS para la dimensión distancia. Fuente: Elaboración propia..... | 43 |
| Figura 6. Campana de gauss en t de student para la dimensión distancia. Fuente: Elaboración propia..... | 43 |
| Figura 7. Análisis estadístico usando la prueba T de Student en el software estadístico SPSS para la dimensión costo. Fuente: Elaboración propia..... | 45 |
| Figura 8. Campana de gauss en t de student para la dimensión costo. Fuente: Elaboración propia..... | 45 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación 1. Fórmula para calcular dimensión tiempo | 34 |
| Ecuación 2. Fórmula para calcular dimensión distancia | 34 |
| Ecuación 3. Fórmula para calcular dimensión costo | 34 |
| Ecuación 4. Fórmulas para calcular eficacia de la determinación de las rutas más eficientes de transporte público | 34 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de determinar la influencia de una aplicación móvil en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público en la ciudad de Trujillo en el año 2019.

El tipo de estudio fue pre experimental; con una muestra constituida por 25 puntos de origen y destino. Por otro lado, para la recolección de datos se aplicó una ficha de observación y para el análisis de datos se utilizó la prueba de t de student.

Las dimensiones comprendidas en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público fueron tiempo, distancia y costo, mientras que las dimensiones comprendidas en la aplicación móvil fueron Adecuación Funcional y Usabilidad. Los resultados obtenidos demostraron que existe una diferencia significativa entre los dos tiempos de medición.

Con base en lo mencionado, podemos concluir que una aplicación móvil tiene una influencia positiva sobre la determinación de las rutas más eficientes de transporte público.

Palabras clave: ruta de transporte público

ABSTRACT

The present research was done with the objective of determining the influence of a mobile application in the determination of the most efficient routes of public transport in the city of Trujillo in 2019.

The type of study was pre-experimental; with a sample consisting of 25 points of origin and destination. On the other hand, an observation sheet was applied for the data collection and the student's t test was used to analyze the data.

The dimensions included in the determination of the most efficient routes of public transport were time, distance and cost, and the dimensions included in the mobile application were Functional Suitability and Usability. The results obtained showed that there is a significant difference between the two measurement times.

Based on the above, we can conclude that a mobile application has a positive influence on the determination of the most efficient routes of public transport

Agregar keywords: public transport route

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Las aplicaciones móviles han permitido solucionar o agilizar diversos quehaceres cotidianos del ser humano, como la búsqueda de algún lugar turístico o la reserva de una variedad de servicios, pues según Molina y Ramos, coinciden que las aplicaciones móviles se presentan muy a menudo en nuestra vida cotidiana ofreciendo una variedad de soluciones para diferentes ámbitos y que estas son muy usadas porque la mayoría de contenido se encuentran allí (Jaldín, 2016)

Por otra parte, se entiende por eficiente aquello que se logra conseguir usando la menor cantidad de recursos, usando esta definición con la determinación de las rutas de transporte público más eficientes, se puede entender como la selección de las rutas que ocupe la menor cantidad de tiempo, distancia y costos, que comprende el recorrido desde la posición del usuario hasta su destino.

Iniciando con un panorama internacional se hace notar el aumento del uso del transporte público pues según un estudio realizado en España, el transporte público urbano en el mes de septiembre del año 2018 ha aumentado en un 1.1% con respecto al mismo mes del año anterior (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2018). Por otro lado, el 60% de los habitantes de la ciudad de México, hacen uso del transporte público, además de que estos pasan de cuatro a cinco años de su vida en el uso de estos servicios (Obras, 2015).

Además, el uso de aplicaciones móviles está obteniendo acogida para el uso de transporte, ya sea para compartir vehículos con otras personas, solicitar servicio de choferes o alquilar movilidad. Esto se validó en una encuesta realizada en 52 países entre ellos China, Rusia y España quedando como los 3 primeros en hacer uso de esta herramienta con un porcentaje que representa al total de cada país encuestado en 51,

28 y 35 por ciento respectivamente (Moreno, 2017). Asimismo, el diario El País indica que, en Madrid, España existen aplicaciones móviles para obtener información sobre el transporte público en tiempo real, en esta se puede encontrar las paradas, rutas, entre otras opciones, pero como menciona la publicación, el uso de estas aplicaciones se limita en ese país (Corcobado, 2018).

Sin embargo, en un informe realizado en Brasil, los encuestados mencionaron que no disponían de información de autobuses y BTR (Bus de Tránsito Rápido), además la mayoría de los encuestados respondieron que no estaban familiarizados con el uso de aplicaciones móviles que brinden información de autobuses y los pocos que sí usaban mencionaron que la información obtenida no era del todo confiable (Institute for Transportation & Development Policy [ITDP], 2018).

En cuanto al ámbito nacional, un estudio realizado menciona que el 73.3% de los encuestados en la ciudad de Lima Metropolitana y el 74.4% de los encuestados de la ciudad del Callao, se moviliza principalmente en transporte público, ya sea para ir a su trabajo o centro de estudios. Además, indica que entre los gastos básicos del hogar de un habitante en Lima Metropolitana el transporte ocupa el tercer puesto representado en un 17.3%, y en Callao el segundo puesto en un 15.2% (Lima Cómo Vamos, 2016). Ante esto, se debe tener en cuenta que todas las asignaciones de rutas de transporte público, como buses o combis no son fáciles de conocer y que esto se logra aprender viviendo allí o usando con regularidad cada ruta (El Metropolitano [Mensaje en un blog], 2016).

Asimismo, en Lima, existen aplicaciones móviles que facilitan la información de transporte público a los pasajeros de todos los modos de transporte público, como rutas, horarios, paraderos, etc. Estas fueron implementadas por iniciativas privadas y públicas, entre ellas están “TuRuta”, “Moovit”, “Bus.Altoke” y “Metropolitano”.

(Sistema Integrado de Transporte público), que aún sigue siendo evaluada. (Agencia Francesa de Desarrollo [AFD]; Cooperación para el Desarrollo y el Mejoramiento de los Transportes Urbanos e interurbanos [CODATU]; Centro de Estudios y Expertise sobre Riesgos, Medioambiente, Movilidad y Planificación [Cerema]; Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2018).

Por otra parte, el diario la República, menciona que Cuzco ha empezado a incorporar un nuevo sistema de transporte público conocido como "Moovit", el cual ayudará en su mayoría a los turistas que visitan esta ciudad a conocer qué movilidad pública escoger al querer desplazarse (Salcedo, 2018).

Por otra parte, la localidad de Trujillo cuenta con 112 rutas de transporte público de las cuales se planea reducir a 37 rutas, siendo estas reorganizadas, concesionadas, añadiendo una flota renovada, todo esto conocida como SIT (Sistema Integrado de Transporte Público), que aún sigue siendo evaluada. (AFD y otros 2018). Además, Trujillo recientemente se vio afectado con el alza de pasajes en los transportes públicos, esto porque el Gobierno aumentó el Impuesto Selectivo al Consumo (ISC) a los combustibles, provocando que al menos 11 empresas de transporte tomen la decisión de subir sus pasajes (Benites, 2018). Luego de un tiempo, aconteció que nuevos empresarios de transporte público tuvieron el interés de ingresar al mercado, pero esto no fue posible porque no contaban con una licencia de rutas (Gomez, 2018).

Ante esto, puede darse el caso de que nuevos recorridos ingresen en la ciudad y se tenga que distribuir la información para hacer el uso conveniente de estos, por otra parte, se puede notar una diferencia de costos entre las rutas de transporte público de la ciudad de Trujillo. Por último, según un estudio realizado en el año 2016 se calculó que el 90% de las personas desconoce la ruta completa del transporte público que suelen usar, el 95% no sabe el tiempo que una ruta de transporte necesita para

completar su recorrido y el 40% desconoce sobre las tarifas públicas de días normales y especiales de las empresas de transporte (Paz, 2016). Por consiguiente, al no tener tales conocimientos se pueden realizar gastos adicionales o incluso gastar más tiempo de lo debido al tomar una ruta de transporte público.

Se han considerado los siguientes estudios como antecedentes sobre una aplicación móvil y la determinación de las rutas más eficientes de transporte público:

Los autores Rojas, Bustos y Ordoñez (2017), en la investigación “Transporte público inteligente al alcance de sus manos”. Tuvieron como objetivo facilitar la información de paradas de transporte público de la ciudad de Quito, Ecuador. Para lograr esto, se desarrolló un sistema para brindar información sobre las ubicaciones de las paradas y las rutas de transporte que pasen por estas con sus respectivos recorridos. El resultado obtenido fue un prototipo funcional cumpliendo con los requerimientos como la funcionalidad de cómo llegar a cierto destino. Por lo que se llegó a la conclusión de que este sistema engloba muchas características para facilitar la movilidad de transporte público en el usuario.

Los autores Marín, Correa y Aguilar (2014), en la investigación “MAS-CommonKADS para el desarrollo de un Sistema Multiagente de Información de Recomendación de Rutas de Transporte: SINRUT”. Tuvieron como objetivo resolver el dilema al que se enfrentaban los ciudadanos al querer escoger la mejor ruta de transporte público para dirigirse a un lugar, esto con el fin de optimizar recursos. Ante esto, se implementó un sistema de recomendación de rutas de transporte, haciendo uso de un paradigma orientado a agentes (POA). Como resultado, se obtuvo un sistema que optimiza las recomendaciones de rutas gracias a los algoritmos utilizados. Por lo que se concluyó que el sistema logró ser una alternativa de recomendación de rutas de transporte para los usuarios, distribuyendo con éxito las tareas de este con el POA.

Los autores Wong, Koh y Cheong (2017), en la investigación “Towards Smart Mobility in Urban Spaces: Bus Tracking and Information Application”. Tuvieron como objetivo facilitar a los ciudadanos la información de los autobuses como sus horarios, paradas y rutas. Es por ello, que desarrollaron una aplicación móvil para brindar esta información y los cambios que se hagan en esta. Como resultado, se obtuvo un sistema donde los usuarios pueden visualizar las paradas, rutas, días de servicio y horarios de llegada de las rutas de transporte. Por lo que se llegó a la conclusión, que esta aplicación móvil afecta la experiencia de viaje del usuario puesto a que facilita la información de transporte público integrando la hora de llegada a sus paradas.

Los autores Rojas y Silva (2014), en la investigación “Mejora en el abastecimiento y recolección de materia prima, aplicando heurísticas de Ruteo de Vehículos”. Tuvieron como objetivo reducir la distancia recorrida entre los puntos de acopio y la sede central de una empresa agroindustrial al momento de recolectar sus cosechas. Para esto, desarrollaron un sistema para recorrer todos los puntos de acopio haciendo uso de los algoritmos de Clarke & Wright y clusterización de Gillet & Miller. Obteniendo como resultado un ahorro de 44.12 Km de recorrido, reduciendo significativamente la distancia usual que recorría la empresa. Por lo que se concluyó que mezclando principios de los algoritmos usados se pudo obtener una solución óptima al problema presentado.

Los autores Contreras y Hernández (2017), en la investigación “Sistema de localización en tiempo real mediante un servidor web y aplicaciones móviles”. Tuvieron como objetivo facilitar la información del transporte público a los estudiantes de Yuriria, México. Por lo tanto, desarrollaron un sistema que además de brindar la información de ruta que sigue el transporte público consultado, esta muestra su

ubicación actual. Los resultados obtenidos fueron dos versiones de aplicaciones móviles de rastreo, una implementada en App Inventor y la otra en Android Studio. Se concluyó, que la primera versión desarrollada era muy limitada y por ende no mostraba resultados óptimos, por ese motivo se consideró desarrollar la segunda versión en código.

Los autores Rodríguez y Bobrek (2016), en la investigación “Aplicación móvil apoyada en georreferenciación que permita optimizar el uso del transporte público en la ciudad de Cúcuta (STOPBUS)”. Tuvieron como objetivo consolidar la comunicación entre las unidades de transporte público y sus usuarios para que estos estén informados. Por tal razón, desarrollaron un sistema para brindar información del transporte público usando la metodología Mobile-D apoyándose de las APIs que ofrece Google Maps. Como resultado, obtuvieron una aplicación móvil que muestra el recorrido de cada transporte público, su ubicación en tiempo real y la funcionalidad de recomendación de rutas. Por lo que concluyeron, que la solución propuesta puede mejorar la calidad de vida de los ciudadanos al facilitarles este tipo de información.

El autor Barreto (2016), en la investigación “Diseño de un Modelo de Ruteo de Vehículos - VRP para la Distribución de Llantas Aplicando Programación Dinámica”. Tuvo como objetivo optimizar los costos de una empresa distribuidora de llantas, que utilizaba camiones de capacidad de transporte de 350 y 240 llantas para satisfacer a sus clientes. Por ese motivo, desarrollo un modelo del problema de ruteo de la distribución de llantas usando la heurística del vecino más cercano derivado de la programación dinámica. Como resultado, se pudo repartir la cantidad demandada del mes utilizando solamente un camión de capacidad de 240 llantas sin necesidad de ocuparlo al máximo. Por lo que concluyó que teniendo en cuenta las distancias y tiempos de recorridos, la distribución se puede realizar eficientemente.

Los autores Rojas, Cáceres, Stoll y Alva (2017), en la investigación “Propuesta de valores en rutas desconocidas para el uso del algoritmo de Clarke - Wright y construcción de un algoritmo de ruteo”. Tuvieron como objetivo optimizar las rutas de abastecimiento de materia prima de una empresa agroindustrial. Es por ello que desarrollaron dos tipos de artificios utilizando los algoritmos de Dijkstra, Clarke y Wright. Como resultado de la aplicación de la solución se notó el ahorro de la distancia recorrida y tiempo utilizado en un 36.21%. Por lo que llegaron a la conclusión de que el uso del algoritmo propuesto mejora los índices de productividad, con respecto a la distancia y tiempo del abastecimiento.

Los autores Castro, Sepúlveda, Medina y Guevara (2018), en la investigación “Servicio web para la geolocalización de los vehículos de transporte público en la ciudad de Cúcuta”. Tuvieron como objetivo implementar un sistema de información del transporte público de la ciudad para facilitar la movilidad de los ciudadanos. Para desarrollar el producto usaron el modelo de desarrollo en cascada y la arquitectura de tres capas para separar la lógica de la aplicación. Como resultado obtuvieron una página web, compatible con diferentes dispositivos, que muestra las rutas y ubicación actual de cada ruta de transporte consultada. Finalmente, concluyeron que se puede implementar un servicio de ese nivel con muy pocos recursos ya que lo utilizado en la implementación mayormente era de código abierto.

Los autores Pérez y Guerrero (2015), en la investigación “Métodos de optimización para el problema de ruteo de vehículos con inventarios y ventanas de tiempo duras”. Tuvieron como objetivo minimizar los costos de transporte a través del diseño de rutas para abastecer a un conjunto de clientes dispersos a un depósito central. Para esto utilizaron en su desarrollo tres ventanas de tiempo para evaluar los métodos de programación seleccionados, estos fueron optimización simultanea y secuencial.

Como resultado obtuvieron que al método de optimización simultánea le fue mejor que al método heurístico de optimización secuencial generando ahorros de 6% en costos logísticos. Por lo que concluyeron que haciendo uso de ventanas de tiempo generaban un impacto significativo al querer reducir estos costos.

Los autores Gelves, Mora y Lamos (2016), en la investigación “Solución del problema de ruteo de vehículos con demandas estocásticas mediante la optimización por espiral”. Tuvieron como objetivo solucionar el problema de ruteo de vehículos con demandas estocásticas (VPRSD) para distribuir los productos y satisfacer a los clientes con los recursos mínimos posibles. Por lo tanto, usaron la metaheurística de optimización por espiral para realizar una búsqueda multipunto usando ocho instancias de búsqueda, además compararon el rendimiento del algoritmo con otro diferente que resuelve el mismo problema. Como resultado obtuvieron que el algoritmo desarrollado supera en todas las instancias en 5.71% al otro algoritmo. Para llegar a la conclusión de que la solución utilizada es viable y eficaz para solucionar este tipo de problemas.

Las autoras Mancera, Garro y Rodríguez (2015), en la investigación “Optimización mediante algoritmo de hormigas aplicado a la recolección de residuos sólidos en UNAM-CU”. Tuvieron como objetivo minimizar la distancia recorrida en la recolección de residuos sólidos. Es por ello que desarrollaron cuatro algoritmos: Sistema de hormigas (SA), Sistema de hormigas elitista (EAS), Sistema de hormigas Max-Min (MMAS) y Sistema de colonia de hormigas (ACS). Como resultado lograron reducir en 7% la distancia total recorrida por los camiones, además se notó que el algoritmo MMAS obtenía los mejores resultados y el AS los peores. Se llegó a la conclusión de que es importante determinar bien los parámetros para el algoritmo, pues modificaciones pequeñas en estos pueden generar cambios significativos.

Por otro lado, el presente proyecto se justifica por las siguientes razones:

El presente trabajo de investigación se considera de importancia ya que permitirá distinguir una ruta que use la menor cantidad de costos de forma rápida y sencilla frente a otras alternativas, disminuyendo los gastos que tienen que realizar los usuarios cuando realizan sus viajes mediante transporte público al no tener conocimiento de estos.

Además, la investigación podrá servir como una alternativa para solucionar problemas parecidos en diferentes lugares donde abunda el transporte público, pues siendo una aplicación de software la solución se puede adaptar a diferentes ámbitos.

Por último, la investigación permitirá al usuario escoger por preferencia rutas cercanas a su posición, reduciendo el recorrido de caminata para llegar a una movilidad de transporte público. Con esto, aquellas personas que tienen dificultades para caminar y necesitan de un transporte público se verán beneficiadas.

Adicionalmente, el presente proyecto de investigación presentó las siguientes limitaciones:

Los resultados de este proyecto serán válidos mientras las rutas de transporte público se mantengan como se han tomado en la investigación, puesto a que pueden cambiar con el paso del tiempo, sin embargo, la solución puede adaptarse a estos cambios.

Además, al usar la API de Google Maps, se depende de la estructura de sus mapas y en algunos casos, ciertos caminos por donde se puede pasar no están registrados, lo que conlleva a tomar otras alternativas de recorridos que afecten al resultado original, no obstante, se pudo actualizar partes del mapa de Google, pues este tiene una opción que permite a cualquier persona sugerir cambios en el mapa y ser aplicada, después de haber sido verificada, en un plazo no mayor a tres días.

Asimismo, se considera como limitación el uso de la API de Google Maps, ya que ahora cuenta con nuevas políticas de uso de sus APIs, pues este, cobra una cantidad de dinero por cierta cantidad de solicitudes, cabe resaltar que Google brinda una tarifa gratuita mensual, pero esta, no es suficiente para el uso excesivo de la aplicación móvil, por lo que se ideó, guardar aquellos cálculos repetitivos que necesita consultar la aplicación, en una base de datos con el objetivo de poder consumirlos sin costo alguno.

Finalmente, en el presente trabajo de investigación se rescataron conceptos como:

Ruta de transporte. Una ruta es una sucesión de dos nodos y cuando existen más de dos nodos se le conoce como una secuencia de arcos, tal que los nodos de llegada de un arco (a excepción del último) son los mismos que los de partida del siguiente arco, obteniendo como resultado de ruta la unión del nodo inicial y final (Kong, 2010). Por consiguiente, se puede entender que una ruta de transporte es la secuencia de nodos que sigue un vehículo para llegar a su destino.

Red de transporte. Es una composición de rutas que siguen los autobuses, juntos a las vías de los servicios de colectivo, minibuses, trolebuses, tren ligero y metro que circulan en la ciudad (Molinero & Sánchez, 2005).

Transporte público. Es una red de transporte que circula por la ciudad con rutas fijas y horarios predeterminados, estos servicios pueden ser usados por cualquier persona que realice el pago de una tarifa previamente establecida (Molinero & Sánchez, 2005).

Ruta de transporte público eficiente. El término eficiente en los contextos de administración o economía hace referencia a la cantidad mínima de recursos utilizados para obtener un resultado (Significados, 2016). Asimismo, ruta óptima es un término que se define como el valor mínimo que se ocupa desde el nodo inicial y final con

respecto a otras rutas (Kong, 2010). Por lo tanto, una ruta de transporte público se puede definir cómo la movilidad de transporte público que permitirá al usuario ocupar la menor cantidad de recursos entre ellos el tiempo, distancia y costos, para realizar su recorrido desde su posición de origen hasta la posición de destino.

API de Google Maps. Es un servicio de mapas que brinda funcionalidades para colocar marcadores, asignar rutas, trazar sectores en un mapa, entre otras herramientas para nuestra aplicación (NextU, s.f.). Algunas de las prácticas que se puede ejercer con este servicio son:

- Una aplicación para indicar un lugar en un mapa y recibir indicaciones para llegar a ese punto.
- Usar una lista para filtrar lugares para mostrarlos a un usuario.
- Estimar la duración de un viaje.
- Distinguir a las calles por sus volúmenes de tráfico.

ISO/IEC 25000. Granados (2014) indica que es un estándar basado especialmente en la ISO/IEC 9126 y que poco a poco va reemplazándolo, tiene por objetivo realizar la evaluación de calidad de un software, estableciendo un marco para su desarrollo. Asimismo, este consta de cinco divisiones:

ISO/IEC 2500n - División para la Gestión de Calidad: define los modelos y términos comunes a toda la familia 25000.

ISO/IEC 2501n - División para el Modelo de Calidad: representación de modelos detallados para calidad interna, externa y en el uso del producto software.

ISO/IEC 2502n - División para la Medición de Calidad: definición de métricas para medición de guías para su aplicación. calidad interna, externa y de uso, aparte de guías para su aplicación.

ISO/IEC 2503n - División para los Requisitos de Calidad: especificación de requisitos de calidad válidos durante el proceso de desarrollo.

ISO/IEC 2504n - División para la Evaluación de Calidad: recomendaciones y guías para el proceso de evaluación. (Granados, 2014, pág. 92)

Modelos de calidad ISO/IEC 25010. Para el presente trabajo de investigación se utilizarán las siguientes características:

Adecuación Funcional. Fernández y Sánchez (2012) mencionan que es una característica que evalúa cuan capaz es un producto de software satisfaciendo las necesidades de los clientes, siendo estas especificadas como requerimientos del sistema. A continuación, se describen las subcaracterísticas usadas en la presente investigación:

- *Complejidad funcional:* grado de cumplimiento de las funcionalidades especificadas por el usuario.
- *Pertinencia funcional:* capacidad del software para proporcionar funciones apropiadas que cumplan las necesidades del usuario.

Usabilidad. Fernández y Sánchez (2012) indican que es una característica que evalúa cuan entendible, nivel de aprendizaje, facilidad de uso y atractividad del producto del software cuando es usado por el usuario. A continuación, se describen las subcaracterísticas usadas en la presente investigación:

- *Aprendizaje:* capacidad del software para ser aprendido por el usuario.
- *Operabilidad:* capacidad del software para ser operado y controlarlo con facilidad.

Metodología de desarrollo ICONIX. Es un proceso de desarrollo de software práctico que combina la complejidad de la metodología RUP (Rational Unified Processes) y la simplicidad de XP (Extreme Programming), además de ser iterativo e

incremental, proporciona trazabilidad en su documentación que en su mayoría es notación UML (Patricia, s.f.). Además, cuenta con cuatro fases y cada una de estas tienen sus artefactos distribuidos de la siguiente manera:

1. Análisis de requisitos

- *Modelo de dominio*: representa de manera simple los objetos que participarán en el sistema.
- *Prototipos*: para validar el aspecto de la aplicación con el cliente y evitar futuros cambios de interfaz de usuario.
- *Modelo de casos de uso*: representa las funciones que tendrá el sistema para satisfacer los requerimientos del cliente.

2. Análisis y diseño preliminar

- *Fichas de casos de uso*: describen los casos de uso para tener una idea de cómo es el flujo básico y alternativos de los casos de uso.
- *Diagramas de robustez*: diagramas que representan los flujos de información de cada caso de uso, además, sirve para validar las fichas de casos de uso.
- *Diagrama de clases*: Es el modelo de dominio actualizado, con más detalles.

3. Diseño

- *Diagramas de secuencia*: representa como interactúa a nivel de código cada componente de los diagramas de robustez.

4. Implementación

- *Diagramas de componentes*: permite visualizar como estará distribuida la aplicación en el mundo físico.
- *Código*: implementación del diseño planteado.

- *Pruebas*: validan el funcionamiento del sistema

Modelo Vista Presentador (MVP). Es un patrón arquitectónico derivado del MVC (Modelo Vista Controlador) para organizar la capa de presentación, separando las responsabilidades de interfaz de usuario con la lógica y obtención de datos del sistema (Leiva, 2018).

Prueba de T de student. Compara la media de dos muestras en la misma población, normalmente distribuida, para verificar cuan significativa es la diferencia entre estas (Sáez, 2017).

Prueba de T de student para dos grupos relacionados. Sáez (2017) menciona que este tipo de prueba comprueba si la media de la muestra pre test difiere significativamente con la media de la muestra post test, a la que se aplica la intervención de la solución. Para la contrastación de la hipótesis se toma en cuenta:

- *H₀ o hipótesis nula*: NO existen diferencias significativas de las muestras aplicadas.
- *H₁ o hipótesis del investigador*: SI existen diferencias significativas de las muestras aplicadas.

SPSS (Paquete Estadístico para Ciencias Sociales). Es una herramienta informática que contiene funcionalidades para múltiples análisis de datos, entre ellos se encuentran: estadísticos descriptivos, comparación de medias, simulaciones, control de calidad, etc. (Gil, 2015)

1.2. Formulación del problema

¿Cómo una aplicación móvil influye en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público en la ciudad de Trujillo en el año 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de una aplicación móvil en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público en la ciudad de Trujillo en el año 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- Establecer la influencia de una aplicación móvil en la determinación de las rutas más eficientes en el tiempo empleado.
- Definir la influencia de una aplicación móvil en la determinación de las rutas más eficientes en la distancia recorrida.
- Definir la influencia de una aplicación móvil en la determinación de las rutas más eficientes en el costo de pasaje.

1.4. Hipótesis

Una aplicación móvil influye positivamente en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público en la ciudad de Trujillo en el año 2019.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Pre experimental

$$G O_1 X O_2$$

Donde:

G = Puntos de origen y destino

X= Aplicación móvil

O₁: Determinación de ruta de transporte público más eficiente antes de usar la aplicación móvil.

O₂: Determinación de ruta de transporte público más eficiente después de la aplicación móvil.

2.2. Población y muestra

Población

Puntos de origen y destino, donde al menos hay dos rutas de transporte público que convergen entre sí en una o más veces para llegar o pasar cerca del destino en la ciudad de Trujillo en el año 2019.

Muestra

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2}$$

Donde

$$Z = 1.65$$

$$p = 0.9$$

$$q = 0.1$$

$$d = 0.1$$

La muestra para una población desconocida es de 25.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Tabla 1
Técnicas e instrumentos de recolección de datos para variable dependiente

| Variable | Dimensión o Indicador a medir | Técnica de recolección de datos | Instrumento | Análisis de datos | Descripción |
|---|---|---------------------------------|----------------------|---------------------|---|
| Determinación de las rutas más eficientes de transporte público | Tiempo para llegar a un paradero | Observación | Ficha de observación | SPSS (t de student) | Para la técnica de observación se utilizará una ficha de observación elaborado por el autor. La descripción y diseño del instrumento se muestra en el Anexo nro. 1. |
| | Tiempo empleado por la ruta de transporte | | | | |
| | Tiempo para llegar a un destino después de usar una ruta de transporte | | | | |
| | Distancia recorrida para llegar a un paradero | | | | |
| | Distancia recorrida por la ruta de transporte | | | | |
| | Distancia recorrida para llegar a un destino después de usar una ruta de transporte | | | | |
| | Costo de pasaje para llegar a un destino | | | | |

Fuente: Elaboración propia

2.4.Procedimiento

Para elaborar el instrumento de recolección de datos, se tuvo en cuenta que cada indicador pudo ser tomado por una ficha de observación (ver Anexo nro. 4B), en la cual el observador, en este caso el investigador, obtuvo los datos en tiempo real de cada caso de prueba. Cabe mencionar que este instrumento fue validado por el ingeniero Víctor Dávila Rodríguez en el documento de matriz de validación (ver Anexo nro. 3), en este documento se verificaba que la variable dependiente tenga relación con sus dimensiones y estas con sus indicadores identificados.

Para obtener las rutas de transporte público se consultó a la Gerencia de Transportes, Tránsito y Seguridad Vial de la ciudad de Trujillo. Seguidamente, cada ruta era graficada en un mapa para tener mayor orientación, ya que la información brindada solo detallaba las rutas en texto en un archivo Excel. Para el proyecto se consideró cuatro empresas, estas son: California, Huanchaco, El Cortijo e Icaro, las cuales en conjunto sumaron catorce rutas de transporte público, cada una con su itinerario de ida y vuelta.

Después, se identificaron los puntos de origen y destino para obtener la muestra y poder medir los indicadores del proyecto. Para ello, se verificó que, para llegar de un punto de origen hasta un punto de destino, el ciudadano tenga la opción de elegir la ruta de transporte público para llegar al destino indicado. A continuación, se muestran los casos de prueba:

Tabla 2
Casos de prueba

| ITEM | ORIGEN | DESTINO |
|------|--|---|
| 1 | Calle Salaverry / Alcides Carrión | UPAO (Av. América Sur) |
| 2 | Calle Salaverry / Alcides Carrión | Parroquia N. Sra. de Montserrat (Calle Santa Teresa de Jesús) |
| 3 | Calle Salaverry / Alcides Carrión | CIVA Transporte (Av. Ejercito / Amazonas) |
| 4 | Calle Salaverry / Alcides Carrión | Mercado Francisco Morales Bermúdez (Av. Moche) |
| 5 | Av. América Sur / Av. Húsares de Junín | Hospital Salud Primavera (Av. Nicolás de Piérola) |
| 6 | Av. América Sur / Av. Húsares de Junín | Cindy (Av. Perú / Calle Tambo) |
| 7 | Av. América Sur / Av. Húsares de Junín | ENTRAVESA (Prolongación Unión) |
| 8 | Av. América Sur / Av. Húsares de Junín | EMTRAFESA (Av. Túpac Amaru) |
| 9 | Monumento a Francisco Bolognesi (Av. Ejercito) | Ferretería VASKEVEL (DINO) (Av. Antenor Orrego) |
| 10 | Monumento a Francisco Bolognesi (Av. Ejercito) | Jardín del Prado (Av. Juan Pablo II) |
| 11 | Monumento a Francisco Bolognesi (Av. Ejercito) | Majestic (Av. Federico Villareal) |
| 12 | Monumento a Francisco Bolognesi (Av. Ejercito) | UNT (Av. Jesús de Nazaret) |
| 13 | Monumento a Francisco Bolognesi (Av. Ejercito) | Probinse (Av. América Sur) |
| 14 | Mercado Francisco Morales Bermúdez (Av. Moche) | Metro (Ovalo Papal Av. América Sur / Av. América Oeste) |
| 15 | Mercado Francisco Morales Bermúdez (Av. Moche) | Coliseo Gran Chimú (Av. Manuel Vera Enríquez) |
| 16 | Mercado Francisco Morales Bermúdez (Av. Moche) | ENTRAVESA (Prolongación Unión) |
| 17 | Mercado Francisco Morales Bermúdez (Av. Moche) | Parroquia N. Sra. del Perpetuo Socorro (Av. Túpac Amaru) |
| 18 | Mercado Francisco Morales Bermúdez (Av. Moche) | Mall Plaza (Av. Mansiche) |
| 19 | Mercado Francisco Morales Bermúdez (Av. Moche) | Macro (Av. Nicolás de Piérola) |
| 20 | Mall Plaza (Av. Mansiche) | UNT 1era puerta (Av. Juan Pablo II) |

| | | |
|----|---|--|
| 21 | Mall Plaza (Av. Mansiche) | Mercado Francisco Morales Bermúdez (Av. Moche) |
| 22 | Mall Plaza (Av. Mansiche) | Complejo Deportivo Mochica Chimú (Av. América Sur) |
| 23 | Hospital Salud Primavera (Av. Nicolás de Piérola) | Cindy (Av. Perú / Calle Tambo) |
| 24 | Hospital Salud Primavera (Av. Nicolás de Piérola) | Complejo Deportivo Mochica Chimú (Av. América Sur) |
| 25 | Hospital Salud Primavera (Av. Nicolás de Piérola) | Hospital Víctor Lazarte Echegaray (Prolongación Unión) |

Fuente: Elaboración propia

La recolección de datos antes de usar la aplicación móvil tuvo una duración de 6 días y para concluirla se realizaron los siguientes pasos:

1. Se preguntó a diferentes ciudadanos, cerca de la zona del punto de origen de los casos de prueba, cuál sería la ruta de transporte público que tomarían, en qué lugar se subirían y bajarían para llegar a cierto destino, para esto se explicaba a las personas en un mapa para que tengan referencia de los puntos de destino a los que se quería llegar.
2. Se obtenía la ruta de transporte mayormente seleccionada, el punto de subida y bajada para luego apuntarlo en la ficha de observación.
3. Se usó la ruta de transporte seleccionada y se tomaba apuntes de los indicadores presentados en la ficha de observación, para conseguir esto se calculaba el tiempo en un cronómetro, la distancia se media a través de la aplicación de Google Maps y el costo se tomaba en cuenta el pasaje que se cobraba en la ruta seleccionada.
4. Los datos anotados se pasaron a una hoja de cálculo Excel.

Tabla 3
Recolección de datos antes de usar la aplicación móvil

| Caso de prueba | TP | TR | TD | DP | DR | DD | C |
|----------------|---------|----------|----------|-------|--------|--------|--------|
| 1 | 7' 38'' | 11' 20'' | 0' | 477 m | 2740 m | 0 m | S/ 1.0 |
| 2 | 7' 56'' | 10' 26'' | 9' 35'' | 477 m | 2290 m | 650 m | S/ 1.0 |
| 3 | 8' 14'' | 8' 51'' | 3' 17'' | 547 m | 1350 m | 221 m | S/ 1.4 |
| 4 | 7' 24'' | 15' 48'' | 3' 27'' | 477 m | 3630 m | 293 m | S/ 1.4 |
| 5 | 0' | 14' 32'' | 7' 26'' | 0 m | 3125 m | 560 m | S/ 1.4 |
| 6 | 0' | 28' 6'' | 6' 48'' | 0 m | 6170 m | 461 m | S/ 1.4 |
| 7 | 0' | 27' 28'' | 9' 36'' | 0 m | 6030 m | 650 m | S/ 1.4 |
| 8 | 0' | 31' 20'' | 16' 9'' | 0 m | 6880 m | 1092 m | S/ 1.4 |
| 9 | 1' 0'' | 27' 23'' | 8' 8'' | 68 m | 6015 m | 551 m | S/ 1.4 |
| 10 | 1' 0'' | 27' 23'' | 15' 36'' | 68 m | 6015 m | 1056 m | S/ 1.4 |
| 11 | 0' 51'' | 8' 53'' | 16' 45'' | 57 m | 1950 m | 1134 m | S/ 1.4 |
| 12 | 0' 51'' | 11' 41'' | 0' | 57 m | 2565 m | 0 m | S/ 1.0 |
| 13 | 1' 0'' | 13' 3'' | 11' 16'' | 68 m | 1780 m | 764 m | S/ 1.4 |
| 14 | 2' 50'' | 9' 56'' | 1' 13'' | 204 m | 2429 m | 103 m | S/ 1.4 |
| 15 | 3' 19'' | 38' 14'' | 3' 38'' | 219 m | 7320 m | 261 m | S/ 1.4 |
| 16 | 3' 14'' | 20' 34'' | 9' 36'' | 219 m | 4420 m | 650 m | S/ 1.4 |
| 17 | 3' 16'' | 30' 48'' | 2' 55'' | 219 m | 6620 m | 198 m | S/ 1.4 |
| 18 | 2' 50'' | 26' 30'' | 1' 3'' | 204 m | 6289 m | 20 m | S/ 1.4 |
| 19 | 0' | 41' 30'' | 5' 23'' | 0 m | 8250 m | 365 m | S/ 1.4 |
| 20 | 0' | 13' 43'' | 0' | 0 m | 2960 m | 0 m | S/ 1.4 |
| 21 | 0' | 25' 5'' | 3' 23'' | 0 m | 6230 m | 287 m | S/ 1.4 |
| 22 | 0' | 42' 3'' | 0' 13'' | 0 m | 8579 m | 15 m | S/ 1.4 |
| 23 | 6' 7'' | 17' 5'' | 6' 39'' | 414 m | 3652 m | 450 m | S/ 1.4 |
| 24 | 6' 3'' | 33' 14'' | 0' 13'' | 414 m | 7102 m | 15 m | S/ 1.4 |
| 25 | 6' 5'' | 18' 1'' | 2' 4'' | 414 m | 3852 m | 140 m | S/ 1.4 |

TP: tiempo para llegar a un paradero

TR: tiempo empleado por la ruta de transporte

TD: tiempo para llegar a un destino después de usar una ruta de transporte

DP: distancia recorrida para llegar a un paradero

DR: distancia recorrida por la ruta de transporte

DD: distancia recorrida para llegar a un destino después de usar una ruta de transporte

C: costo de pasaje para llegar a un destino

Fuente: Elaboración propia

La implementación de la aplicación móvil para encontrar la ruta más eficiente, tuvo una duración de 68 días y se ejecutó de la siguiente manera:

1. Se determinó la metodología de desarrollo a usar mediante el siguiente cuadro comparativo:

Tabla 4
Comparación de metodologías de desarrollo de software

| | RUP | ICONIX | XP |
|--|-------------|---------------------|---------------------|
| Carga de trabajo | Mucha | Poca | Poca |
| Relación o interacción con el cliente | Muy formal | No tiene formalismo | No tiene formalismo |
| Documentación | Mucha | Equilibrada | Poca |
| Duración del proyecto | Larga | Corto | Corto |
| Detección de errores | Largo plazo | Forma temprana | Forma temprana |
| Simplicidad en el diseño | No | Si | Si |
| Respuesta ante los cambios | No | Si | Si |

Fuente: Sabariego, Pérez y Párraga (2014)

Se eligió la metodología ICONIX puesto a que el proyecto que se viene implementando no cuenta con mucho tiempo para poder presentarlo, por ende, se necesita una metodología con poca carga de trabajo. Además, para poder implementar la aplicación no era necesario tener reuniones formales con el cliente, puesto a que las funcionalidades se basaron del investigador. Asimismo, fue necesario considerar una metodología que detecte de forma temprana los errores y se adapte de forma fácil ante cualquier cambio de diseño. Por otra parte, no se quiso descuidar la trazabilidad de las decisiones tomadas para el diseño e implementación del producto de software, mediante una documentación equilibrada, ahí las razones por lo que esta metodología encaja de una forma adecuada para la elaboración e implementación del producto.

2. Haciendo uso de la metodología, para la fase de *análisis de requisitos* se elaboró el *modelo de dominio, prototipos y casos de uso*.
3. Para la fase de *análisis y diseño preliminar* por cada caso de uso se describió su detalle en las *fichas de caso de uso* para generar los *diagramas de robustez* y actualizar el *modelo de dominio a diagrama de clases*.
4. En la fase de diseño por cada caso de uso se realizaron los *diagramas de secuencia*, apoyándose de los *diagramas de robustez*.
5. Se finalizó con la fase de *implementación* en la cual se desarrolló el código en la plataforma de Android Studio, además de elaborar los casos de prueba.

La recolección de datos después de usar la aplicación móvil tuvo una duración de 3 días y para concluirla se realizaron los siguientes pasos:

1. Se realizó la consulta en la aplicación implementada haciendo uso de cada caso de prueba, ingresando los puntos de origen y destino.
2. Con el resultado obtenido por la aplicación móvil, el investigador hacía uso de la ruta seleccionada, siguiendo las indicaciones para tomar la ruta de transporte y para llegar al punto de destino.
3. Se tomaba apuntes de los indicadores presentados en la ficha de observación, siguiendo el mismo procedimiento que se especifica en el punto 3 de la recolección de datos antes de aplicar la variable independiente.
4. Los datos anotados se pasaron a una hoja de cálculo Excel.

Tabla 5
Recolección de datos después de usar la aplicación móvil

| Caso de prueba | TP | TR | TD | DP | DR | DD | C |
|----------------|---------|----------|----------|-------|--------|--------|--------|
| 1 | 7' 38'' | 11' 26'' | 0' | 477 m | 2740 m | 0 m | S/ 1.0 |
| 2 | 7' 36'' | 4' 49'' | 11' 53'' | 477 m | 2290 m | 650 m | S/ 1.0 |
| 3 | 3' 59'' | 7' 18'' | 2' 57'' | 547 m | 1350 m | 221 m | S/ 1.0 |
| 4 | 7' 2'' | 6' 19'' | 6' 28'' | 477 m | 3630 m | 293 m | S/ 1.0 |
| 5 | 0' | 14' 15'' | 6' 20'' | 0 m | 3125 m | 560 m | S/ 1.0 |
| 6 | 0' | 17' 47'' | 15' 13'' | 0 m | 6170 m | 461 m | S/ 1.0 |
| 7 | 0' | 22' 56'' | 9' 0'' | 0 m | 6030 m | 650 m | S/ 1.0 |
| 8 | 0' | 19' 53'' | 5' 47'' | 0 m | 6880 m | 1092 m | S/ 1.0 |
| 9 | 0' 50'' | 18' 8'' | 8' 21'' | 68 m | 6015 m | 551 m | S/ 1.0 |
| 10 | 0' 50'' | 18' 16'' | 15' 20'' | 68 m | 6015 m | 1056 m | S/ 1.0 |
| 11 | 1' 0'' | 10' 6'' | 8' 51'' | 57 m | 1950 m | 1134 m | S/ 1.0 |
| 12 | 0' 50'' | 12' 0'' | 0' | 57 m | 2565 m | 0 m | S/ 1.0 |
| 13 | 1' 0'' | 6' 36'' | 11' 27'' | 68 m | 1780 m | 764 m | S/ 1.0 |
| 14 | 3' 1'' | 11' 22'' | 1' 31'' | 204 m | 2429 m | 103 m | S/ 1.0 |
| 15 | 6' 38'' | 8' 0'' | 12' 32'' | 219 m | 7320 m | 261 m | S/ 1.0 |
| 16 | 3' 14'' | 14' 33'' | 9' 0'' | 219 m | 4420 m | 650 m | S/ 1.0 |
| 17 | 6' 38'' | 8' 31'' | 22' 46'' | 219 m | 6620 m | 198 m | S/ 1.0 |
| 18 | 6' 38'' | 18' 51'' | 0' 18'' | 204 m | 6289 m | 20 m | S/ 1.0 |
| 19 | 6' 38'' | 30' 53'' | 2' 13'' | 0 m | 8250 m | 365 m | S/ 1.4 |
| 20 | 0' | 13' 0'' | 2' 39'' | 0 m | 2960 m | 0 m | S/ 1.0 |
| 21 | 0' | 18' 15'' | 6' 28'' | 0 m | 6230 m | 287 m | S/ 1.0 |
| 22 | 0' | 22' 44'' | 10' 19'' | 0 m | 8579 m | 15 m | S/ 1.0 |
| 23 | 6' 37'' | 11' 8'' | 2' 21'' | 414 m | 3652 m | 450 m | S/ 1.0 |
| 24 | 6' 37'' | 11' 53'' | 5' 54'' | 414 m | 7102 m | 15 m | S/ 1.4 |
| 25 | 6' 37'' | 13' 54'' | 0' | 414 m | 3852 m | 140 m | S/ 1.0 |

TP: tiempo para llegar a un paradero

TR: tiempo empleado por la ruta de transporte

TD: tiempo para llegar a un destino después de usar una ruta de transporte

DP: distancia recorrida para llegar a un paradero

DR: distancia recorrida por la ruta de transporte

DD: distancia recorrida para llegar a un destino después de usar una ruta de transporte

C: costo de pasaje para llegar a un destino

Fuente: Elaboración propia

Por último, se hizo un cálculo en base a los indicadores para obtener los valores de cada dimensión de la siguiente forma:

$$Tiempo = TP + TR + TD$$

Ecuación 1. Fórmula para calcular dimensión tiempo

TP: tiempo para llegar a un paradero.

TR: tiempo empleado por la ruta de transporte.

TD: tiempo para llegar a un destino después de usar una ruta de transporte.

$$Distancia = DP + DR + DD$$

Ecuación 2. Fórmula para calcular dimensión distancia

DP: distancia recorrida para llegar a un paradero.

DR: distancia recorrida por la ruta de transporte.

DD: distancia recorrida para llegar a un destino después de usar una ruta de transporte.

$$Costo = \text{costo de pasaje para llegar a un destino}$$

Ecuación 3. Fórmula para calcular dimensión costo

Luego, para tener un valor que represente la determinación de las rutas más eficientes de transporte público, se aplicaron las siguientes fórmulas en los indicadores que se midieron antes (pre prueba) y después (post prueba) de usar la aplicación móvil:

$$ET = \frac{T_e}{T_o} \quad ED = \frac{D_e}{D_o} \quad EC = \frac{C_e}{C_o}$$

$$EFICACIA = \frac{(ET + ED + EC)}{3}$$

Ecuación 4. Fórmulas para calcular eficacia de la determinación de las rutas más eficientes de transporte público

ET: porcentaje de eficacia en tiempo empleado.

Te: tiempo esperado.

To: tiempo obtenido.

ED: porcentaje de eficacia en distancia recorrida.

De: distancia esperada.

Do: distancia obtenida.

EC: porcentaje de eficacia en costo de pasaje utilizado.

Ce: costo esperado.

Co: costo obtenido.

EFICACIA: valor que indica en qué porcentaje ahorra la determinación de rutas más eficientes ante el valor esperado.

Cabe resaltar que, para obtener el valor esperado de los indicadores tiempo y distancia, se tomó como referencia los resultados que brindaba la API de Google Maps, escogiendo la opción que consumía menos tiempo y distancia, de acuerdo con los puntos de origen y destino descritos en la tabla casos de prueba. Por otro lado, para el costo esperado, se consideró tomar el pasaje de menos costo por las rutas de transporte público.

Tabla 6
Valor esperado por cada indicador

| Caso de prueba | Tiempo esperado | Distancia esperada | Costo esperado |
|-----------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 1 | 17' 25'' | 2696 m | S/ 1.0 |
| 2 | 12' 22'' | 1993 m | S/ 1.0 |
| 3 | 12' 21'' | 1518 m | S/ 1.0 |
| 4 | 13' 50'' | 2087 m | S/ 1.0 |
| 5 | 18' 47'' | 3158 m | S/ 1.0 |
| 6 | 26' 36'' | 4275 m | S/ 1.0 |
| 7 | 30' 52'' | 4848 m | S/ 1.0 |
| 8 | 22' 1'' | 3403 m | S/ 1.0 |
| 9 | 16' 48'' | 3247 m | S/ 1.0 |
| 10 | 19' 58'' | 3634 m | S/ 1.0 |
| 11 | 11' 45'' | 2152 m | S/ 1.0 |
| 12 | 15' 7'' | 2215 m | S/ 1.0 |
| 13 | 13' 34'' | 2134 m | S/ 1.0 |
| 14 | 12' 28'' | 2816 m | S/ 1.0 |
| 15 | 17' 26'' | 2942 m | S/ 1.0 |
| 16 | 23' 58'' | 3736 m | S/ 1.0 |
| 17 | 21' 40'' | 3894 m | S/ 1.0 |
| 18 | 24' 16'' | 4542 m | S/ 1.0 |
| 19 | 27' 46'' | 5612 m | S/ 1.0 |
| 20 | 14' 53'' | 2875 m | S/ 1.0 |
| 21 | 24' 29'' | 4325 m | S/ 1.0 |
| 22 | 30' 51'' | 4539 m | S/ 1.0 |
| 23 | 14' 4'' | 3340 m | S/ 1.0 |
| 24 | 27' 2'' | 3338 m | S/ 1.0 |
| 25 | 17' 55'' | 3845 m | S/ 1.0 |

Fuente: Elaboración propia

Después de haber obtenido cada valor, se aplicó la prueba de *t de student* para muestras relacionadas, a las mediciones que representan a la determinación de las rutas más eficientes de transporte público y sus dimensiones, entre ellas el tiempo, distancia y costo. Para ello, se tomó los datos de la pre prueba y post prueba de cada medición y se hizo uso de la herramienta SPSS para generar la información necesaria.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

A continuación, se muestran e interpretan los resultados del uso de la aplicación móvil en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público en la ciudad de Trujillo durante el mes de junio del año 2019.

Tabla 7
Resultados de determinación de las rutas más eficientes de transporte público

| Caso de prueba | Pre - Test | Post - Test | Diferencia (d) | $d_i - \bar{d}$ | $(d_i - \bar{d})^2$ |
|----------------|------------|-------------|----------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 0.91878 | 0.91717 | 0.00161 | 0.19566 | 0.03828 |
| 2 | 0.67524 | 0.79019 | 0.11495 | 0.08231 | 0.00677 |
| 3 | 0.67913 | 0.87182 | 0.19269 | 0.00457 | 0.00002 |
| 4 | 0.56923 | 0.87316 | 0.30393 | 0.10667 | 0.01138 |
| 5 | 0.80879 | 0.94036 | 0.13157 | 0.06569 | 0.00432 |
| 6 | 0.70705 | 0.89693 | 0.18987 | 0.00739 | 0.00005 |
| 7 | 0.75759 | 0.94882 | 0.19123 | 0.00603 | 0.00004 |
| 8 | 0.53494 | 0.86363 | 0.32869 | 0.13142 | 0.01727 |
| 9 | 0.55460 | 0.77902 | 0.22442 | 0.02716 | 0.00074 |
| 10 | 0.55909 | 0.76889 | 0.20979 | 0.01253 | 0.00016 |
| 11 | 0.61436 | 0.78331 | 0.16895 | 0.02831 | 0.00080 |
| 12 | 1.01696 | 1.00757 | 0.00940 | 0.18786 | 0.03529 |
| 13 | 0.68905 | 0.88631 | 0.19725 | 0.00001 | 0.00000 |
| 14 | 0.87835 | 0.93777 | 0.05941 | 0.13785 | 0.01900 |
| 15 | 0.49243 | 0.87304 | 0.38061 | 0.18335 | 0.03362 |
| 16 | 0.71274 | 0.94777 | 0.23503 | 0.03777 | 0.00143 |
| 17 | 0.61783 | 0.86413 | 0.24630 | 0.04904 | 0.00241 |
| 18 | 0.73678 | 0.98350 | 0.24672 | 0.04946 | 0.00245 |
| 19 | 0.65265 | 0.73085 | 0.07820 | 0.11906 | 0.01418 |
| 20 | 0.92354 | 0.97410 | 0.05056 | 0.14670 | 0.02152 |
| 21 | 0.74600 | 0.99585 | 0.24985 | 0.05259 | 0.00277 |
| 22 | 0.65744 | 0.91660 | 0.25916 | 0.06190 | 0.00383 |
| 23 | 0.64171 | 0.93921 | 0.29751 | 0.10024 | 0.01005 |
| 24 | 0.61397 | 0.93572 | 0.32175 | 0.12449 | 0.01550 |
| 25 | 0.75722 | 0.99929 | 0.24207 | 0.04481 | 0.00201 |
| MEDIA | 0.70062 | 0.89700 | 0.19726 | Varianza (s) | 0.01016 |

Fuente: Elaboración propia

Para continuar con el análisis se debe tener en cuenta las siguientes hipótesis:

H₀: El porcentaje de eficacia en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público después de usar la aplicación móvil es menor o igual que el porcentaje de eficacia antes de usar la aplicación móvil.

H_a: El porcentaje de eficacia en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público después de usar la aplicación móvil es mayor que el porcentaje de eficacia antes de usar la aplicación móvil.

Para comprobar las hipótesis se hizo uso del software estadísticos SPSS usando la prueba de t de student.

Prueba de muestras emparejadas

| | Diferencias emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
|---|-------------------------|---------------------|-------------------------|---|-----------|-------|----|---------------------|
| | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio | 90% de intervalo de confianza de la diferencia | | | | |
| | | | | Inferior | Superior | | | |
| Par 1 Determinación de las rutas más eficientes de transporte público después de usar la aplicación móvil - Determinación de las rutas más eficientes de transporte público antes de usar la aplicación móvil | ,19638160 | ,10257657 | ,02051531 | ,16128232 | ,23148088 | 9,572 | 24 | ,000 |

Figura 1. Análisis estadístico usando la prueba T de Student en el software estadístico SPSS para la determinación de las rutas más eficientes de transporte público. Fuente: Elaboración propia.

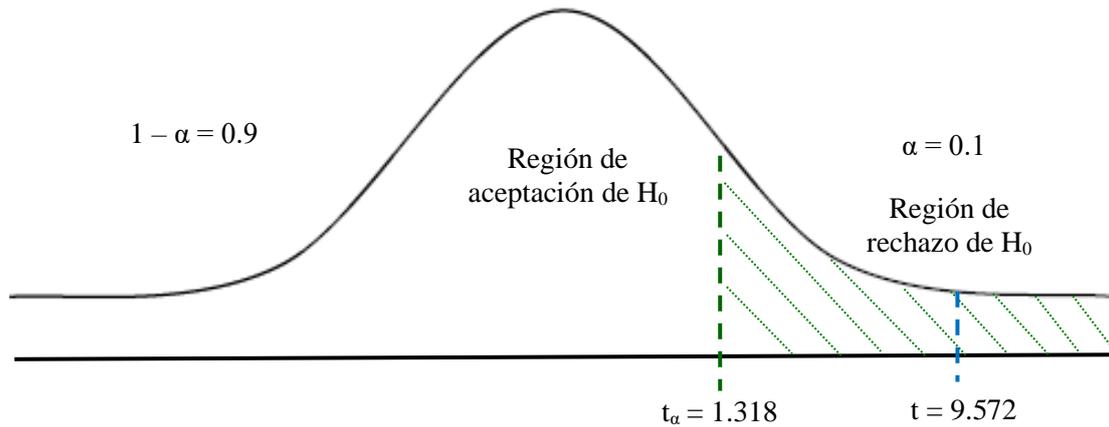


Figura 2: Campana de gauss en t de student para la determinación de las rutas más eficientes de transporte público. Fuente: Elaboración propia

Como resultado del análisis, se obtuvo el valor estadístico de prueba $t = 9.572$, que al ser mayor que el valor crítico $t_{\alpha} = 1.318$, para 24 grados de libertad y un nivel de significancia de 0.1, se encuentra en el rango de rechazo de la hipótesis nula. Por lo tanto, permite aceptar la hipótesis alterna y se puede concluir que, existe un aumento en el porcentaje de eficacia ante la determinación de las rutas más eficientes de transporte público después de usar la aplicación móvil, es decir, esta tiene una influencia positiva sobre la determinación de las rutas más eficientes de transporte público.

Análisis de la dimensión tiempo

A continuación, se muestran e interpretan los resultados de la aplicación del uso de la aplicación móvil en la dimensión tiempo en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público en la ciudad de Trujillo durante el mes de junio del año 2019. Los datos fueron recolectados haciendo uso de una ficha de observación (ver Anexo nro. 4B).

Tabla 8
Resultados de dimensión tiempo en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público

| Caso de prueba | Pre - Test | Post - Test | Diferencia (d) | $d_i - \bar{d}$ | $(d_i - \bar{d})^2$ |
|----------------|------------|-------------|----------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 18.967 | 19.067 | 0.100 | 6.437 | 41.440 |
| 2 | 27.950 | 24.300 | 3.650 | 2.887 | 8.337 |
| 3 | 20.367 | 14.233 | 6.134 | 0.403 | 0.163 |
| 4 | 26.650 | 19.817 | 6.833 | 0.296 | 0.087 |
| 5 | 21.967 | 20.583 | 1.384 | 5.153 | 26.558 |
| 6 | 34.900 | 33.000 | 1.900 | 4.637 | 21.505 |
| 7 | 37.067 | 31.933 | 5.134 | 1.403 | 1.970 |
| 8 | 47.483 | 25.667 | 21.816 | 15.279 | 233.436 |
| 9 | 36.517 | 27.317 | 9.200 | 2.663 | 7.089 |
| 10 | 43.983 | 34.433 | 9.550 | 3.013 | 9.076 |
| 11 | 26.483 | 19.950 | 6.533 | 0.004 | 0.000 |
| 12 | 12.533 | 12.833 | 0.300 | 6.237 | 38.905 |
| 13 | 25.317 | 19.050 | 6.267 | 0.270 | 0.073 |
| 14 | 13.983 | 15.900 | 1.917 | 4.620 | 21.348 |
| 15 | 45.183 | 27.167 | 18.016 | 11.479 | 131.758 |
| 16 | 33.400 | 26.783 | 6.617 | 0.080 | 0.006 |
| 17 | 36.983 | 37.917 | 0.934 | 5.603 | 31.398 |
| 18 | 30.383 | 25.783 | 4.600 | 1.937 | 3.754 |
| 19 | 46.883 | 39.733 | 7.150 | 0.613 | 0.375 |
| 20 | 13.717 | 15.650 | 1.933 | 4.604 | 21.200 |
| 21 | 28.467 | 24.717 | 3.750 | 2.787 | 7.770 |
| 22 | 42.267 | 33.050 | 9.217 | 2.680 | 7.180 |
| 23 | 29.850 | 20.100 | 9.750 | 3.213 | 10.321 |
| 24 | 39.500 | 24.400 | 15.100 | 8.563 | 73.318 |
| 25 | 26.167 | 20.517 | 5.650 | 0.887 | 0.787 |
| MEDIA | 30.679 | 24.556 | 6.537 | Varianza (s) | 29.077 |

Fuente: Elaboración propia

Para continuar con el análisis se debe tener en cuenta las siguientes hipótesis:

H₀: El tiempo empleado para llegar de un origen a un destino después de usar la aplicación móvil es mayor o igual que el tiempo empleado antes de usar la aplicación móvil.

H_a: El tiempo empleado para llegar de un origen a un destino después de usar la aplicación móvil es menor que el tiempo empleado antes de usar la aplicación móvil.

Para comprobar las hipótesis se hizo uso del software estadísticos SPSS usando la prueba de t de student.

| | | Prueba de muestras emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) | |
|-------|--|--------------------------------|------------------|----------------------|-----------|--|--------|----|---------------------|--|
| | | Diferencias emparejadas | | | | 90% de intervalo de confianza de la diferencia | | | | |
| | | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio | Inferior | Superior | | | | |
| Par 1 | Tiempo después de usar la aplicación móvil - Tiempo antes de usar la aplicación móvil | -6,122680 | 5,877624 | 1,175525 | -8,133864 | -4,111496 | -5,208 | 24 | ,000 | |

Figura 3. Análisis estadístico usando la prueba T de Student en el software estadístico SPSS para la dimensión tiempo. Fuente: Elaboración propia.

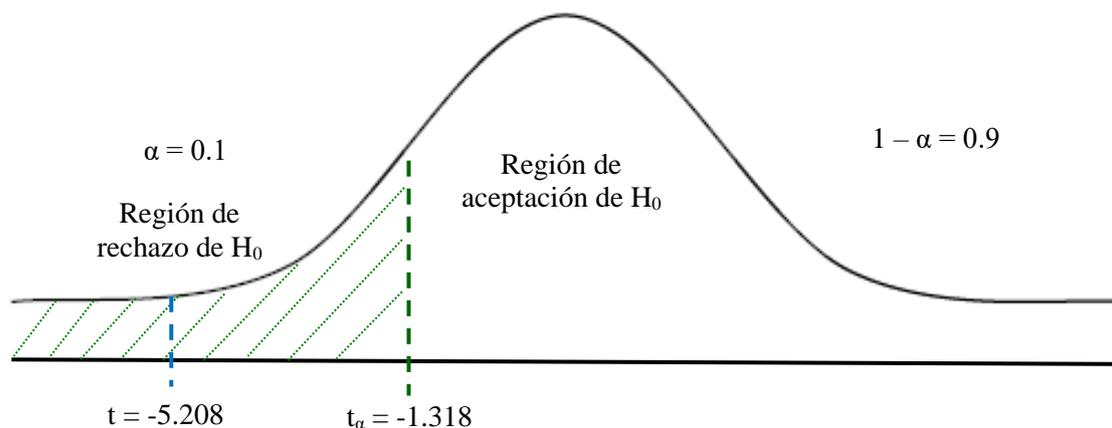


Figura 4. Campana de gauss en t de student para la dimensión tiempo. Fuente: Elaboración propia

Como resultado del análisis, se obtuvo el valor estadístico de prueba $t = -5.208$, que al ser menor que el valor crítico $t_{\alpha} = -1.318$, se encuentra en el rango de rechazo de la hipótesis nula. Por lo tanto, permite aceptar la hipótesis alterna y se puede concluir que, existe una disminución en el tiempo empleado para llegar de un origen a un destino después de usar la aplicación móvil, es decir, esta tiene una influencia positiva en el tiempo que se debe emplear para llegar mediante transporte público de un punto a otro.

Análisis de la dimensión distancia

A continuación, se muestran e interpretan los resultados de la aplicación del uso de la aplicación móvil en la dimensión distancia en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público en la ciudad de Trujillo durante el periodo 2019-1. Los datos fueron recolectados haciendo uso de una ficha de observación (ver Anexo nro. 4B).

Tabla 9
Resultados de dimensión distancia en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público

| Caso de prueba | Pre - Test | Post - Test | Diferencia (d) | $d_i - \bar{d}$ | $(d_i - \bar{d})^2$ |
|----------------|------------|-------------|----------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 3217 | 3217 | 0 | 1577.720 | 2489200.398 |
| 2 | 3417 | 2313 | 1104 | 473.720 | 224410.638 |
| 3 | 2118 | 2030 | 88 | 1489.720 | 2219265.678 |
| 4 | 4400 | 2265 | 2135 | 557.280 | 310560.998 |
| 5 | 3685 | 3476 | 209 | 1368.720 | 1873394.438 |
| 6 | 6631 | 4832 | 1799 | 221.280 | 48964.838 |
| 7 | 6680 | 5510 | 1170 | 407.720 | 166235.598 |
| 8 | 7972 | 4642 | 3330 | 1752.280 | 3070485.198 |
| 9 | 6634 | 4497 | 2137 | 559.280 | 312794.118 |
| 10 | 7139 | 5000 | 2139 | 561.280 | 315035.238 |
| 11 | 3141 | 2828 | 313 | 1264.720 | 1599516.678 |
| 12 | 2622 | 2622 | 0 | 1577.720 | 2489200.398 |
| 13 | 2612 | 2254 | 358 | 1219.720 | 1487716.878 |
| 14 | 2736 | 2736 | 0 | 1577.720 | 2489200.398 |
| 15 | 7800 | 3010 | 4790 | 3212.280 | 10318742.798 |
| 16 | 5289 | 3939 | 1350 | 227.720 | 51856.398 |
| 17 | 7037 | 3814 | 3223 | 1645.280 | 2706946.278 |
| 18 | 6513 | 4500 | 2013 | 435.280 | 189468.678 |
| 19 | 8615 | 7200 | 1415 | 162.720 | 26477.798 |
| 20 | 2960 | 2960 | 0 | 1577.720 | 2489200.398 |
| 21 | 6517 | 4338 | 2179 | 601.280 | 361537.638 |
| 22 | 8594 | 5560 | 3034 | 1456.280 | 2120751.438 |
| 23 | 4516 | 2988 | 1528 | 49.720 | 2472.078 |
| 24 | 7531 | 3389 | 4142 | 2564.280 | 6575531.918 |
| 25 | 4406 | 3419 | 987 | 590.720 | 348950.118 |
| MEDIA | 5311.280 | 3733.560 | 1577.720 | Varianza (s) | 1845329.877 |

Fuente: Elaboración propia

Para continuar con el análisis se debe tener en cuenta las siguientes hipótesis:

H₀: La distancia recorrida para llegar de un origen a un destino después de usar la aplicación móvil es mayor o igual que la distancia recorrida antes de usar la aplicación móvil.

H_a: La distancia recorrida para llegar de un origen a un destino después de usar la aplicación móvil es menor que la distancia recorrida antes de usar la aplicación móvil.

Para comprobar las hipótesis se hizo uso del software estadísticos SPSS usando la prueba de t de student.

| | | Prueba de muestras emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
|-------|--|--------------------------------|---------------------|-------------------------|-----------|---|--------|----|---------------------|
| | | Diferencias emparejadas | | | | 90% de intervalo de confianza de la diferencia | | | |
| | | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio | Inferior | | | | |
| Par 1 | Distancia después de usar la aplicación móvil - Distancia antes de usar la aplicación móvil | -1577,720 | 1358,429 | 271,686 | -2042,542 | -1112,898 | -5,807 | 24 | ,000 |

Figura 5. Análisis estadístico usando la prueba T de Student en el software estadístico SPSS para la dimensión distancia. Fuente: Elaboración propia.

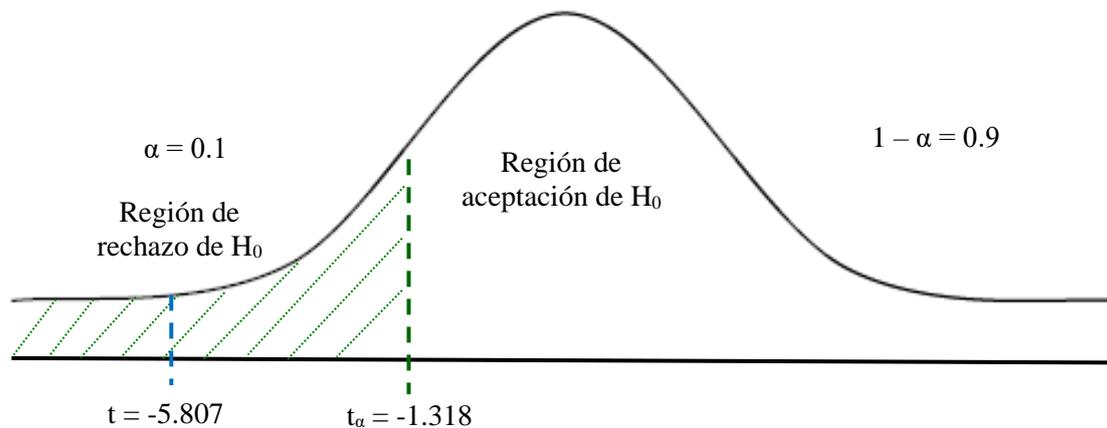


Figura 6. Campana de gauss en t de student para la dimensión distancia. Fuente: Elaboración propia

Como resultado del análisis, se obtuvo el valor estadístico de prueba $t = -5.807$, que al ser menor que el valor crítico $t_{\alpha} = -1.318$, se encuentra en el rango de rechazo de la hipótesis nula. Por lo tanto, permite aceptar la hipótesis alterna y se puede concluir que, existe una disminución en la distancia recorrida para llegar de un origen a un destino después de usar la aplicación móvil, es decir, esta tiene una influencia positiva en la distancia que se debe recorrer para llegar mediante transporte público de un punto a otro.

Análisis de la dimensión costo

A continuación, se muestran e interpretan los resultados de la aplicación del uso de la aplicación móvil en la dimensión costo en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público en la ciudad de Trujillo durante el periodo 2019-1. Los datos fueron recolectados haciendo uso de una ficha de observación (ver Anexo nro. 4B).

Tabla 10
Resultados de dimensión costo en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público

| Caso de prueba | Pre - Test | Post - Test | Diferencia (d) | $d_i - \bar{d}$ | $(d_i - \bar{d})^2$ |
|----------------|------------|-------------|----------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 0.320 | 0.102 |
| 2 | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 0.320 | 0.102 |
| 3 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 4 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 5 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 6 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 7 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 8 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 9 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 10 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 11 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 12 | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 0.320 | 0.102 |
| 13 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 14 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 15 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 16 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 17 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 18 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 19 | 1.4 | 1.4 | 0.0 | 0.320 | 0.102 |
| 20 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 21 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 22 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 23 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| 24 | 1.4 | 1.4 | 0.0 | 0.320 | 0.102 |
| 25 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 0.080 | 0.006 |
| MEDIA | 1.352 | 1.032 | 0.320 | Varianza (s) | 0.027 |

Fuente: Elaboración propia

Para continuar con el análisis se debe tener en cuenta las siguientes hipótesis:

H₀: El costo de pasaje para llegar de un origen a un destino después de usar la aplicación móvil es mayor o igual que el costo de pasaje antes de usar la aplicación móvil.

H_a: El costo de pasaje para llegar de un origen a un destino después de usar la aplicación móvil es menor que el costo de pasaje antes de usar la aplicación móvil.

Para comprobar las hipótesis se hizo uso del software estadísticos SPSS usando la prueba de t de student.

| | | Prueba de muestras emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
|-------|---|--------------------------------|---------------------|-------------------------|----------|---|--------|----|---------------------|
| | | Diferencias emparejadas | | | | 90% de intervalo de confianza de la diferencia | | | |
| | | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio | Inferior | | | | |
| Par 1 | Costo después de usar la aplicación móvil - Costo antes de usar la aplicación móvil | -,3200 | ,1633 | ,0327 | -,3759 | -,2641 | -9,798 | 24 | ,000 |

Figura 7. Análisis estadístico usando la prueba T de Student en el software estadístico SPSS para la dimensión costo. Fuente: Elaboración propia.

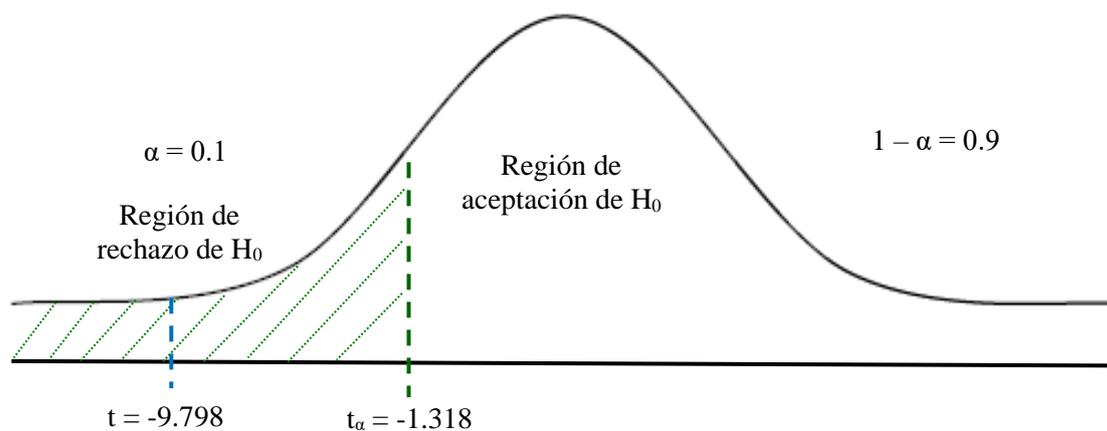


Figura 8. Campana de gauss en t de student para la dimensión costo. Fuente: Elaboración propia

Como resultado del análisis, se obtuvo el valor estadístico de prueba $t = -9.798$, que al ser menor que el valor crítico $t_{\alpha} = -1.318$, se encuentra en el rango de rechazo de la hipótesis nula. Por lo tanto, permite aceptar la hipótesis alterna y se puede concluir que, existe una disminución en el costo de pasaje para llegar de un origen a un destino después de usar la aplicación móvil, es decir, esta tiene una influencia positiva en el costo de pasaje que se debe gastar para llegar mediante transporte público de un punto a otro.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

De la tabla 7, se puede apreciar que el porcentaje promedio de la eficacia en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público fue 70.062% antes de usar la aplicación móvil. Posteriormente, después de haberla usado, el porcentaje obtenido fue 89.7%, lo que evidencia un claro aumento de la eficacia de encontrar las rutas más eficientes de transporte público.

En los resultados mostrados en la tabla 8, observamos que el valor del indicador promedio en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público en la dimensión tiempo fue 30.679 (30 minutos y 41 segundos) antes de usar la aplicación móvil, mientras que el valor fue 24.556 (24 minutos y 34 segundos), después de haberla implementado y aplicado. Esto demuestra una reducción del 20%.

En los resultados mostrados en la tabla 9, observamos que el valor del indicador promedio en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público en la dimensión distancia fue 5311.280 metros antes de usar la aplicación móvil, mientras que el valor fue 3733.560 metros, después de haberla implementado y aplicado. Esto demuestra una reducción del 30%.

En los resultados mostrados en la tabla 9, observamos que el valor del indicador promedio en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público en la dimensión costo fue 1.352 soles antes de usar la aplicación móvil, mientras que el valor fue 1.032, después de haberla implementado y aplicado. Esto demuestra una reducción del 24%.

4.2 Conclusiones

Al finalizar el presente trabajo de investigación, se llegaron a las siguientes conclusiones:

La aplicación móvil tuvo una influencia positiva sobre la determinación de las rutas más eficientes de transporte público.

Se demostró la influencia de una aplicación móvil en el tiempo empleado de la determinación de las rutas más eficientes de transporte público, disminuyendo en un 20% el tiempo que se debe emplear.

Se demostró la influencia de una aplicación móvil en la distancia recorrida de la determinación de las rutas más eficientes de transporte público, disminuyendo en un 30% la distancia que se debe recorrer.

Se demostró la influencia de una aplicación móvil en el costo de pasaje de la determinación de las rutas más eficientes de transporte público, disminuyendo en un 24% el pasaje que se debe pagar.

4.3 Recomendaciones

Para futuras investigaciones basados en el mismo tema del proyecto realizado, se recomienda los siguientes puntos:

Independizarse de la API de Google Maps, creando sus propias funciones o buscando diferentes alternativas convenientes, para no tener que realizar pagos por las solicitudes hechas por la aplicación móvil, si bien es cierto, te brindan una tarifa gratuita mensualmente, sin embargo, el número de solicitudes que necesita realizar la aplicación para resolver el problema, sobrepasará cuando se agreguen más rutas de transporte y la usen muchos usuarios.

Mejorar la interfaz de usuario para que la experiencia de estos sea lo más fácil posible, por ejemplo, se puede mostrar una leyenda que indique cuál es la ruta por la que se debe ir caminando, el recorrido que realizará la ruta de transporte público y los puntos de subida y bajada para usar dicha movilidad.

Implementar la funcionalidad en la interfaz de usuario para distinguir las rutas que se sobreponen en el mapa, para que, de esta manera, sea más comprensible, asimismo, agregar diseño de orientación (flechas) e indicaciones de las rutas a seguir para facilitar el uso de la aplicación móvil.

REFERENCIAS

- Agencia Francesa de Desarrollo [AFD]; Cooperación para el Desarrollo y el Mejoramiento de los Transportes Urbanos e interurbanos [CODATU]; Centro de Estudios y Expertise sobre Riesgos, Medioambiente, Movilidad y Planificación [Cerema]; Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2018). *Cómo implementar un sistema integrado de transporte en las ciudades peruanas? recomendaciones para lograr el cambio de paradigma*. Obtenido de http://www.codatu.org/wp-content/uploads/doc_valorisation-perou_web-2.pdf
- Barreto, I. Z. (2016). Diseño de un Modelo de Ruteo de Vehículos - VRP para la Distribución de Llantas Aplicando Programación Dinámica. *Universidad Militar Nueva Granada Bogotá*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/14916>
- Benites, A. (22 de Mayo de 2018). Empresas de transporte suben pasajes debido a impuesto a los combustibles en Trujillo. *Perú21*. Obtenido de <https://peru21.pe/>
- Castro, J. A., Sepúlveda, S. B., Medina, B., & Guevara, D. (junio de 2018). Servicio web para la geolocalización de los vehículos de transporte público en la ciudad. *Respuestas*, 23(S1), 29-37. Obtenido de <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/respuestas/issue/view/103>
- Contreras, I., & Hernández, G. (diciembre de 2017). Sistema de localización en tiempo real mediante un servidor web y aplicaciones móviles. *Pistas Educativas*, 39(127), 171-186. Obtenido de <http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/issue/view/48>
- Corcobado, M. Á. (7 de Marzo de 2018). Apps para moverte por la ciudad. *El País*. Obtenido de https://elpais.com/elpais/portada_america.html
- El Metropolitano [Mensaje en un blog]*. (12 de abril de 2016). Recuperado el 18 de Noviembre de 2018, de <https://viajandoalima.com/metropolitano/>

- Fernández, C. M., & Piattini, M. (2012). *Modelo para el gobierno de las TIC basado en las normas ISO*. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upnortesp/reader.action?docID=3205141>
- Gelves, N. A., Mora, R. A., & Lamos, H. (marzo de 2016). Solución del problema de ruteo de vehículos con demandas estocásticas mediante la optimización por espiral. *Facultad de Ingeniería*, 25(42), 7-19. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-11292016000200002&script=sci_abstract&tlng=es
- Gil, J. A. (2015). *Metodología cuantitativa en educación*. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upnortesp/detail.action?docID=4722140&query=SPSS>
- Gomez, E. (10 de Junio de 2018). Nuevos transportistas quieren operar en Trujillo. *La República*. Obtenido de <https://larepublica.pe/>
- Granados, R. L. (2014). *Despliegue y puesta en funcionamiento de componentes software: UF1291*. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upnortesp/reader.action?docID=4421886>
- Institute for Transportation & Development Policy [ITDP]. (2018). *Women and Children's access to the city*. Obtenido de https://3gozaa3xxbpb499ejp30lxc8-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2018/08/Women-and-Childrens-Access-to-the-City_ENG-V1_Jun-2018.pdf
- Instituto Nacional de Estadística [INE]. (2018). *Estadística de Transporte de Viajeros (TV)*. Obtenido de <https://www.ine.es/daco/daco42/daco4210/tv0918.pdf>
- Jaldín, G. (17 de Mayo de 2016). Las aplicaciones móviles, una solución de cotidianidad. *Los Tiempos*. Obtenido de <https://www.lostiempos.com/>

- Kong, M. (2010). *Investigación de operaciones: programación lineal. Problemas de transporte. Análisis de redes.* Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upnortesp/reader.action?docID=3214857>
- Leiva, A. (4 de julio de 2018). *MVP for Android: how to organize the presentation layer [Mensaje en un blog]*. Recuperado el 21 de mayo de 2019, de <https://antoniroleiva.com/mvp-android/>
- Lima Cómo Vamos. (2016). *VII Informe de percepción sobre calidad de vida.* Obtenido de http://www.limacomovamos.org/cm/wp-content/uploads/2017/04/EncuestaLimaC%C3%B3moVamos_2016.pdf
- Mancera, E., Garron, B. A., & Rodríguez, K. (2015). Optimización mediante algoritmo de hormigas aplicado a la recolección de residuos sólidos en UNAM-CU. *Research in Computing Science, 94*. Obtenido de http://www.rcs.cic.ipn.mx/2015_94/
- Marín, M. I., Correa, L. F., & Aguilar, L. A. (octubre de 2014). MAS-CommonKADS para el desarrollo de un Sistema Multiagente de Información de Recomendación de Rutas de Transporte: SINRUT. *Cuaderno Activa(6)*. Obtenido de <http://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/issue/view/19>
- Molinero, Á. R., & Sánchez, L. I. (2005). *Transporte público: Planeación, diseño, operación y administración [Adobe Acrobat Document]*. Obtenido de https://kupdf.net/download/transporte-p-uacute-blico-planeaci-oacute-n-dise-ntilde-o-operaci-oacute-n-y-administraci-oacute-n-escrito-por-angel-molinero-luis-ignacio-s-aacute-nchez-arellano_58ab9b376454a7f249b1e986_pdf
- Moreno, G. (29 de Marzo de 2017). *El uso de las apps de transporte en el mundo [Mensaje en un blog]*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2018, de <https://es.statista.com/grafico/8714/el-uso-de-las-apps-de-transporte-en-el-mundo/>

NextU. (s.f.). *¿Qué puedes hacer con la API de Google Maps? [Mensaje en un blog]*.

Recuperado el 24 de Noviembre de 2018, de <https://www.nextu.com/blog/google-maps-api/>

Patricia, C. R. (s.f.). *Metodología ICONIX*. Obtenido de <http://www.portalhuarpe.com.ar/Seminario09/archivos/MetodologiaICONIX.pdf>

Paz, E. E. (2016). *Sistema Web Móvil De Rutas Para Mejorar La Difusión Del Recorrido De Las Empresas De Transporte Público Urbano De La Ciudad De Trujillo Año 2016*. (Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo). Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/9855>

Pérez, E., & Guerrero, W. J. (noviembre de 2015). Métodos de optimización para el problema de ruteo de vehículos con inventarios y ventanas de tiempo duras. *Ingeniería Industrial*, 14(3). Obtenido de <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/issue/view/229>

Pérez, R. B., Párraga, L., & Sabariego, Y. R. (julio de 2014). El dinámico escenario de las metodologías de desarrollo de sistemas de información. *UNAVISIÓN*(3). Obtenido de <http://biblo.una.edu.ve/ojs/index.php/UNAV/issue/view/139>

Rodríguez, D. L., & Bobrek, M. I. (enero de 2016). Aplicación móvil apoyada en georeferenciación que permita optimizar el uso del transporte público en la ciudad de cúcuta (STOPBUS). *Mundo Fesc*, 6(11). Obtenido de <http://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/issue/view/7>

Rojas, J. E., & Silva, W. (julio de 2014). Mejora en el abastecimiento y recolección de materia prima, aplicando heurísticas de Ruteo de Vehículos. *Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*. Obtenido de <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/tableOfContent.html>

- Rojas, J. E., Cáceres, A., Stoll, C., & Alva, J. (julio de 2017). Propuesta de valores en rutas desconocidas para el uso del algoritmo de Clarke - Wright y construcción de un algoritmo de ruteo. *Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*. Obtenido de <http://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/tableOfContent.html>
- Rojas, J. P., Bustos, J. C., & Ordoñez, D. (febrero de 2017). Transporte público inteligente al alcance de sus manos. *Enfoque UTE*, 8(1). Obtenido de <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/issue/view/21>
- Sáez, J. M. (2017). *Investigación educativa: fundamentos teóricos, procesos y elementos prácticos: enfoque práctico con ejemplos, esencial para TFG, TFM y tesis*. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upnortesp/reader.action?docID=4870247&query=%252522t%252Bde%252Bstudent%252522>
- Salcedo, J. (17 de Octubre de 2018). Moovit, una guía para viajar en buses del servicio público en el Cusco. *La República*. Obtenido de <https://larepublica.pe/>
- Significados. (22 de Febrero de 2016). *Significado de Eficiencia [Mensaje en un blog]*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2018, de <https://www.significados.com/eficiencia/>
- Transporte público en México requiere inversión de un billón de pesos [Mensaje en un blog]*. (23 de marzo de 2015). Recuperado el 24 de noviembre de 2018, de <https://obrasweb.mx/soluciones/2015/03/24/transporte-publico-en-mexico-requiere-inversion-de-un-billon-de-pesos>

Wong, Y., Koh, C., & Cheong, H. (octubre de 2017). Towards smart mobility in urban spaces: Bus tracking and information application. *AIP Conference Proceedings*.

doi:10.1063/1.5005478

ANEXOS

Anexo nro. 1. Matriz de consistencia

| APLICACIÓN MÓVIL EN LA DETERMINACIÓN DE LAS RUTAS MÁS EFICIENTES DE TRANSPORTE PÚBLICO DE LA CIUDAD DE TRUJILLO | | | | |
|--|--|--|------------------------|---|
| PROBLEMA | HIPÓTESIS | OBJETIVO GENERAL | VARIABLE INDEPENDIENTE | METODOLOGÍA |
| ¿Cómo una aplicación móvil influye en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público en la ciudad de Trujillo, del año 2019? | Una aplicación móvil influye positivamente en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público en la ciudad de Trujillo. | Determinar la influencia de una aplicación móvil en la determinación de las rutas más eficientes de transporte público en la ciudad de Trujillo, del año 2019. | Aplicación móvil | Diseño |
| | | | | <p>Pre experimental</p> <p style="text-align: center;">$G \quad O_1 \quad X \quad O_2$</p> <p>Donde: G = Puntos de origen y destino</p> <p>X = Aplicación móvil</p> <p>O1: Determinación de ruta de transporte público más eficiente antes de usar la aplicación móvil.</p> <p>O2: Determinación de ruta de transporte público más eficiente después de usar la aplicación móvil.</p> |

| | | | | Población |
|--|--|--|---|---|
| | | | | Puntos de origen y destino, donde al menos hay dos rutas de transporte público que convergen entre sí en una o más veces para llegar o pasar cerca del destino. |
| | | OBJETIVOS ESPECIFICOS | VARIABLE DEPENDIENTE | Muestra |
| | | <p>Establecer la influencia de una aplicación móvil en la determinación de las rutas más eficientes en el tiempo empleado.</p> <p>Definir la influencia de una aplicación móvil en la determinación de las rutas más eficientes en la distancia recorrida.</p> <p>Definir la influencia de una aplicación móvil en la determinación de las rutas más eficientes en el costo de pasaje.</p> | Determinación de las rutas más eficientes de transporte público | $n = \frac{Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2}$ <p>Z = 1.65 p = 0.9 q = 0.1 d = 0.1</p> <p>La muestra para una población desconocida es de 25.</p> |

Anexo nro. 2. Matriz de operacionalización de variables

| VARIABLE INDEPENDIENTE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES |
|---|--|---|----------------------|---|
| Aplicación móvil | “Un App o aplicación móvil puede definirse como un programa descargable para tecnologías móviles y portátiles, como smartphones y tabletas digitales, especialmente adaptados a sus requerimientos técnicos, especialmente en cuanto a tamaño de pantalla se refiere.” (Cacheiro, y otros, 2016) | Características del modelo de calidad del producto software definido por la ISO/IEC 25010. (ISO25000, s.f.) | Adecuación Funcional | Compleitud funcional |
| | | | | Pertinencia funcional |
| | | | Usabilidad | Aprendizaje |
| | | | | Operabilidad |
| VARIABLE DEPENDIENTE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES |
| Determinación de las rutas más eficientes de transporte público | Proceso de selección de una ruta de transporte público que use la menor cantidad de recursos, entre ellos el tiempo, distancia y costo; considerando el recorrido que realiza el usuario para llegar a la ruta y el recorrido que debe hacer para llegar a su destino después de bajar del transporte público. | Recursos utilizados para poder llegar de un punto a otro: tiempo, distancia y costo de pasaje. | Tiempo | Tiempo para llegar a un paradero. |
| | | | | Tiempo empleado por la ruta de transporte. |
| | | | | Tiempo para llegar a un destino después de usar una ruta de transporte |
| | | | Distancia | Distancia recorrida para llegar a un paradero |
| | | | | Distancia recorrida para llegar a un destino después de usar una ruta de transporte |
| | | | Costo pasaje | Costo de pasaje para llegar a un destino |

Anexo nro. 3. Matriz de validación de instrumento

MATRIZ DE VALIDACIÓN

| VARIABLE | DIMENSIÓN | INDICADOR | INSTRUMENTO | CRITERIOS DE EVALUACIÓN | | | | OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES |
|---|-----------|--|-----------------------------|---|----|--|----|-----------------------------------|
| | | | | RELACIÓN ENTRE LA VARIABLE Y LA DIMENSIÓN | | RELACIÓN ENTRE LA DIMENSIÓN Y EL INDICADOR | | |
| | | | | SÍ | NO | SÍ | NO | |
| Determinación de las rutas más eficientes de transporte público | Tiempo | Tiempo para llegar a un paradero. | Ficha de observación Nro. 1 | X | | X | | |
| | | Tiempo empleado por la línea de transporte. | | X | | X | | |
| | | Tiempo para llegar a un destino después de usar una línea de transporte | | X | | X | | |
| | Distancia | Distancia recorrida para llegar a un paradero | | X | | X | | |
| | | Distancia recorrida por la línea de transporte | | X | | X | | |
| | | Distancia recorrida para llegar a un destino después de usar una línea de transporte | | X | | X | | |
| | Costo | Costo de pasaje para llegar a un destino. | | X | | X | | |

MATRIZ DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

NOMBRE DEL O LOS INSTRUMENTOS: Ficha de observación Nro. 1

OBJETIVO: Recolectar datos para asignar valores en las mediciones pre test y post test de los indicadores de la variable dependiente.

APELLIDOS Y NOMBRES DEL EVALUADOR:

DÁVILA RODRÍGUEZ VÍCTOR E -

GRADO ACADÉMICO DEL EVALUADOR:

MAESTRO EN SISTEMA S

VALORACIÓN:

Aprobado Desaprobado

19242453

DNI



FIRMA

Anexo nro. 4A. Descripción del instrumento

| Nombre | Ficha de observación |
|------------------|---|
| Objetivo | <p>Recolectar datos para asignar valores en las mediciones pre test y post test de los indicadores de la variable dependiente.</p> |
| Procedimiento | <p>Se seguirán los siguientes pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se procede a encontrar la ruta más eficiente siguiendo los casos de prueba establecidos. 2. Se calcula y asigna un valor para cada indicador de la ruta más eficiente encontrada. 3. Mediante una Ficha de observación, se detallará el valor de los indicadores por cada caso de prueba ejecutado. |
| Público Objetivo | Investigador |

Anexo nro. 4B. Descripción del instrumento

FICHA DE OBSERVACIÓN

Nombre del personal de pruebas: _____

Fecha y hora de la prueba: _____

Instrucciones:

1. Ejecutar los casos de prueba para la consulta de la ruta más eficiente.
2. Calcular el valor de cada indicador del resultado obtenido.
3. Anotar el valor de los indicadores.

Punto de origen: _____

Punto de destino: _____

Ruta seleccionada: _____

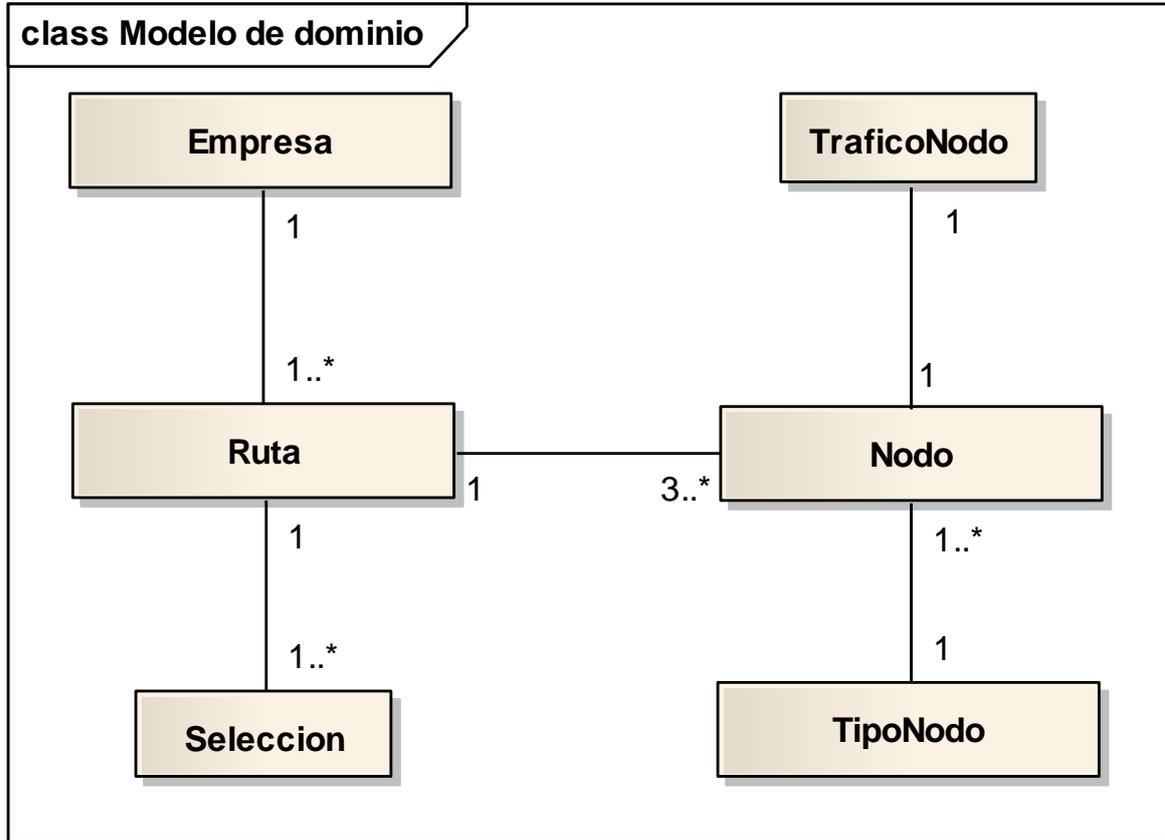
Punto de subida: _____

Punto de bajada: _____

| INDICADOR DE VARIABLE DEPENDIENTE | Valor |
|---|-------|
| Tiempo para llegar a un paradero | |
| Tiempo empleado por la ruta de transporte | |
| Tiempo para llegar a un destino después de usar una ruta de transporte | |
| Distancia recorrida para llegar a un paradero | |
| Distancia recorrida para llegar a un destino después de usar una ruta de transporte | |
| Costo de pasaje para llegar a un destino | |

Anexo nro. 5. Documentación de metodología de software - ICONIX

MODELO DE DOMINIO:



PROTOTIPOS:

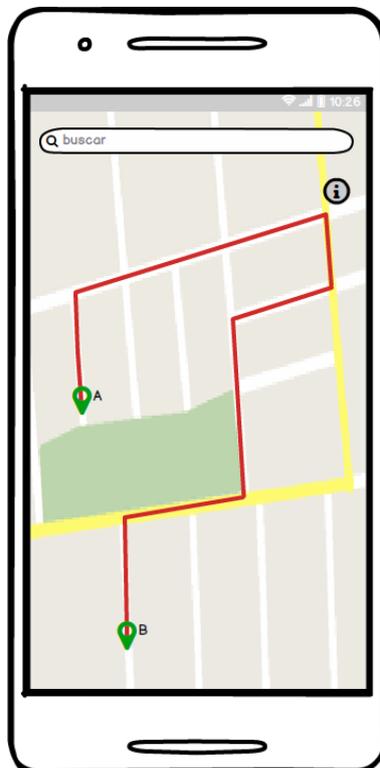
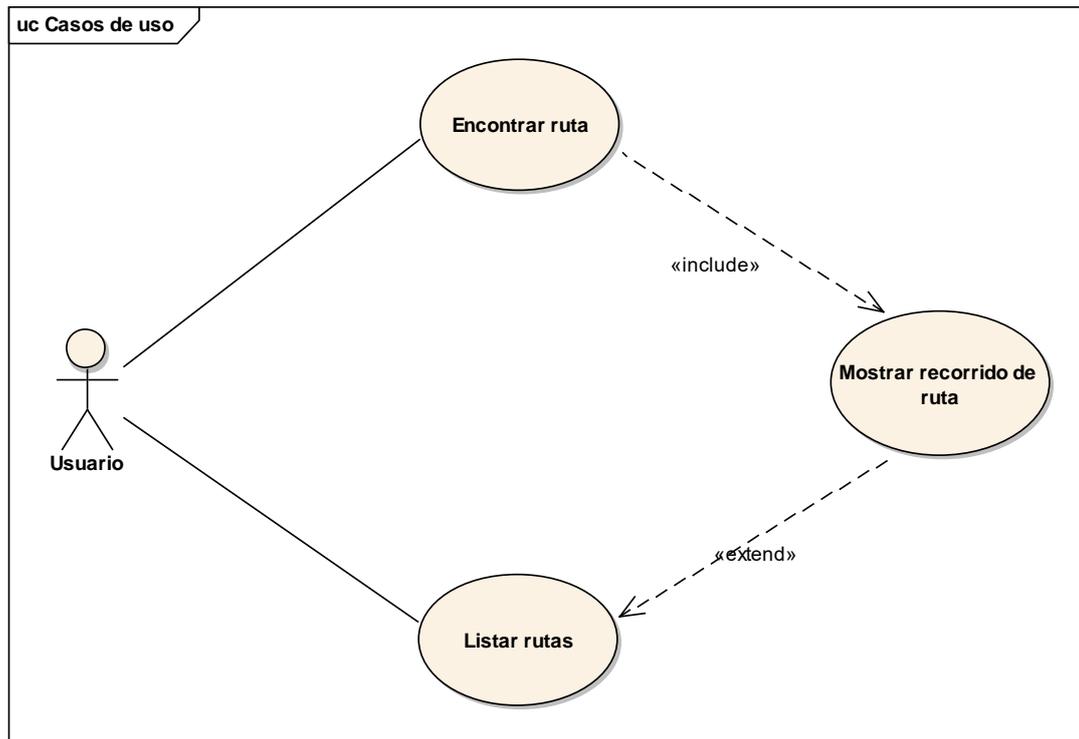


DIAGRAMA DE CASOS DE USO DEL SISTEMA:



FICHAS DE CASO DE USO:

| |
|---|
| CASO DE USO: Encontrar ruta |
| AUTOR: Carrera Muñoz Luiggi |
| PROPÓSITO: Encontrar la ruta más eficiente de transporte público según origen y destino del usuario. |
| ACTORES: Usuario |
| PRECONDICIÓN: Ninguna |
| FLUJO BÁSICO: <p>B1. El Usuario selecciona del sistema la opción Encontrar ruta.</p> <p>B2. El sistema abre una ventana con la ubicación actual del usuario y muestra los campos de entrada origen, destino, y las opciones buscar ruta eficiente y ubicación actual.</p> <p>B3. El Usuario ingresa los datos requeridos de los campos y selecciona la opción Buscar ruta eficiente.</p> <p>B4. El sistema verifica los datos ingresados y busca la ruta más eficiente para el <i>origen</i> y <i>destino</i> del usuario, luego usa las acciones del caso de uso Mostrar recorrido de ruta.</p> |
| FLUJOS ALTERNATIVOS: <p>A1. Ubicación actual.</p> <p>A1.1. Luego del paso B2 del flujo básico, el Usuario selecciona la opción Ubicación actual.</p> <p>A1.2. El sistema muestra la ubicación actual en la que se encuentra el usuario.</p> |
| POSTCONDICION: Ruta más eficiente para ubicación origen y destino del usuario. |

| |
|---|
| CASO DE USO: Listar rutas |
| AUTOR: Carrera Muñoz Luiggi |
| PROPÓSITO: Mostrar rutas de transporte público registradas. |
| ACTORES: Usuario |
| PRECONDICIÓN: Ninguna |
| FLUJO BÁSICO: B5. El Usuario selecciona del sistema la opción <i>Listar rutas</i> . B6. El sistema abre una ventana mostrando la opción de filtro por empresa. B7. El Usuario usa la opción de filtro mostrada. B8. El sistema muestra información coincidente con el filtro seleccionado. Además, muestra la opción de <i>Información de ruta</i> y permite seleccionar una ruta para ver su recorrido. |
| FLUJOS ALTERNATIVOS: A2. Mostrar información de ruta. A2.1. Luego del paso B2 del flujo básico, el Usuario selecciona la opción <i>Información de ruta</i> . A2.2. El sistema muestra la información asociada a la ruta elegida. A3. Mostrar recorrido de ruta. A3.1. Luego del paso B2 del flujo básico, el Usuario selecciona una ruta para ver su recorrido. A3.2. El sistema realiza las acciones del caso de uso <i>Mostrar recorrido de ruta</i> . |
| POSTCONDICIÓN: Listado de rutas de transporte público. |

| |
|--|
| CASO DE USO: Mostrar recorrido de ruta |
| AUTOR: Carrera Muñoz Luiggi |
| PROPÓSITO: Mostrar el recorrido que realiza una ruta de transporte público seleccionada. |
| ACTORES: Usuario |
| PRECONDICIÓN: Haber ejecutado los casos de uso <i>Encontrar ruta</i> o <i>Listar rutas</i> |
| FLUJO BÁSICO: B9. El Usuario selecciona del sistema la opción <i>Mostrar recorrido de ruta</i> . B10. El sistema abre una ventana con el recorrido que realiza el transporte público seleccionado. Además, muestra las opciones <i>Posición actual</i> e <i>Información de ruta</i> . |
| FLUJOS ALTERNATIVOS: A4. Posición actual. A4.1. Luego del paso B2 del flujo básico, el Usuario selecciona la opción <i>Posición actual</i> . A4.2. El sistema muestra la posición actual en la que se encuentra el usuario. A5. Mostrar información de ruta. |

CASO DE USO:

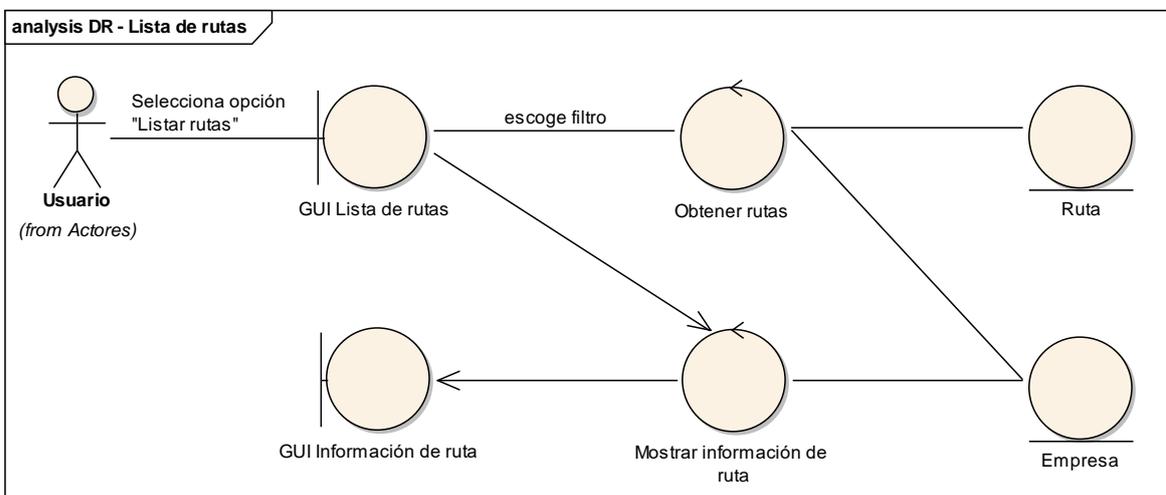
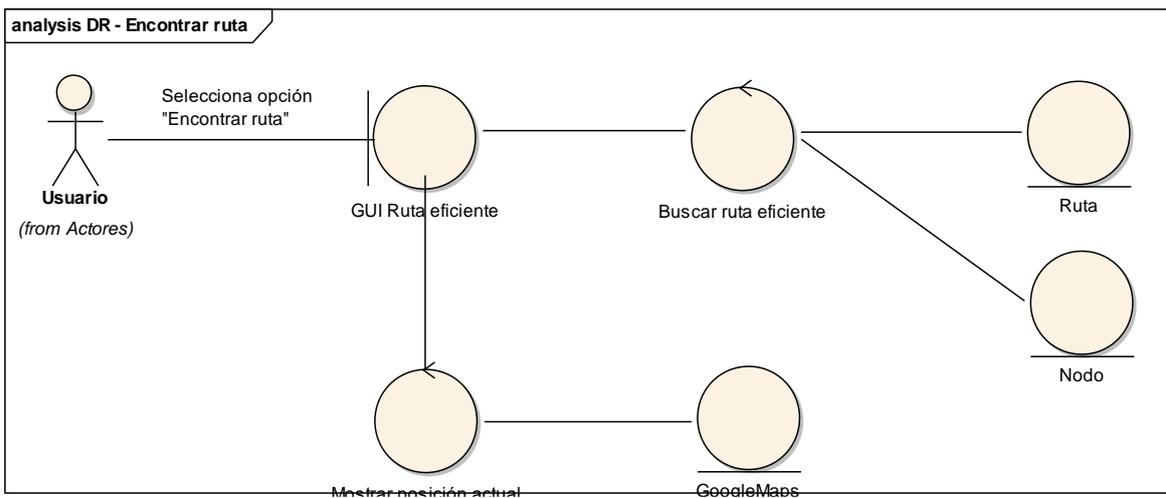
Mostrar recorrido de ruta

- A5.1.** Luego del paso B2 del flujo básico, el Usuario selecciona la opción **Información de ruta**.
A5.2. El sistema muestra la información asociada a la ruta elegida.

POSCONDICIÓN:

Recorrido de ruta de transporte público.

DIAGRAMAS DE ROBUSTEZ:



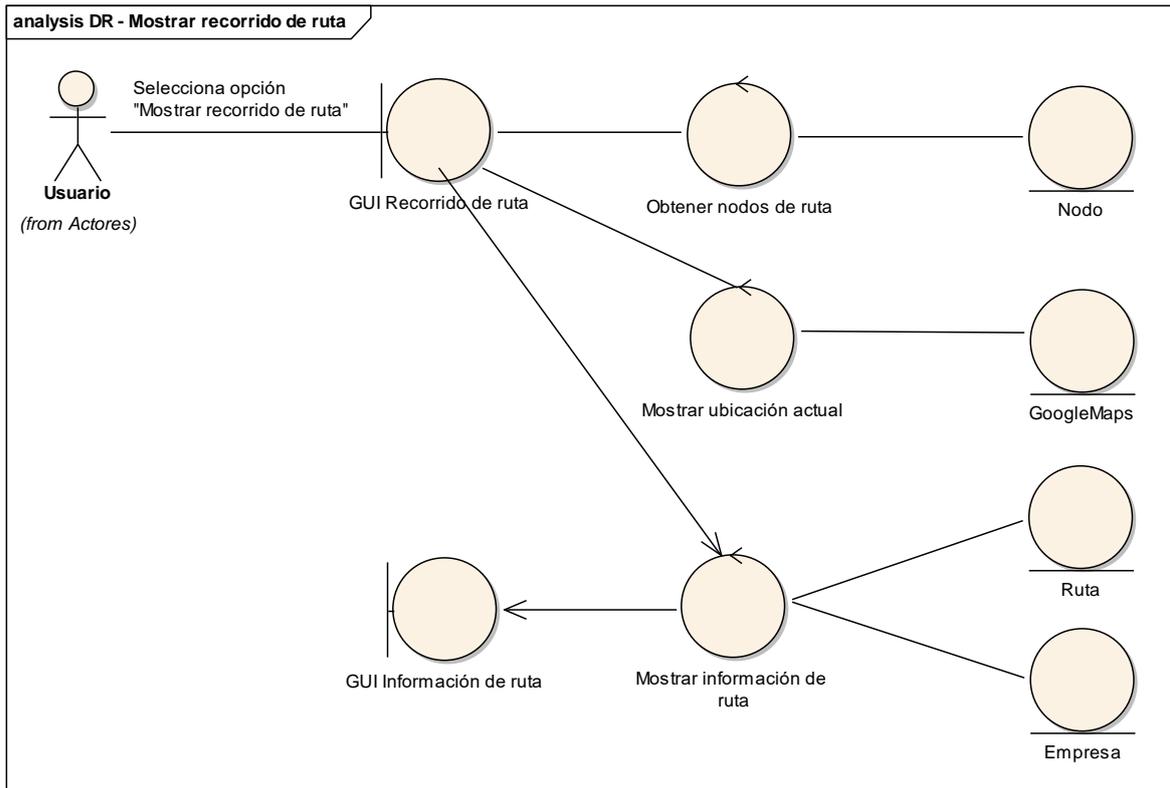
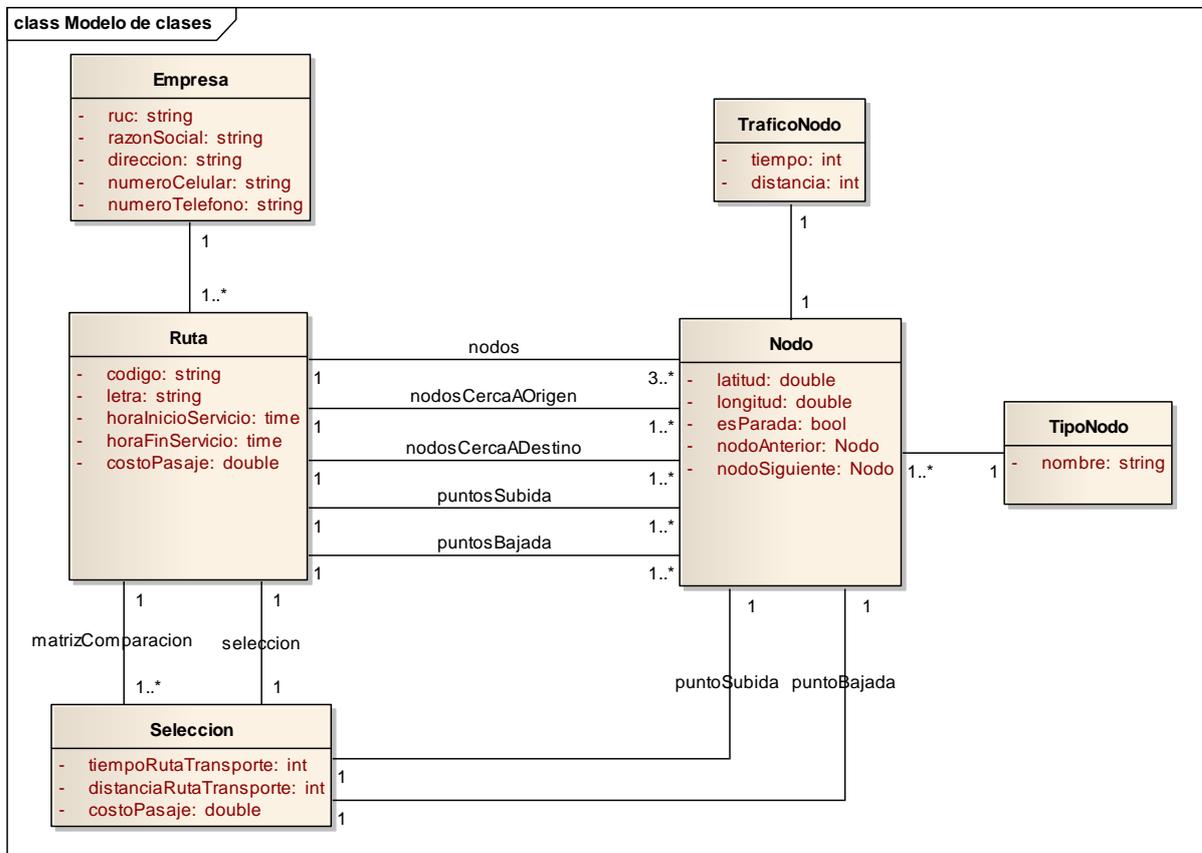
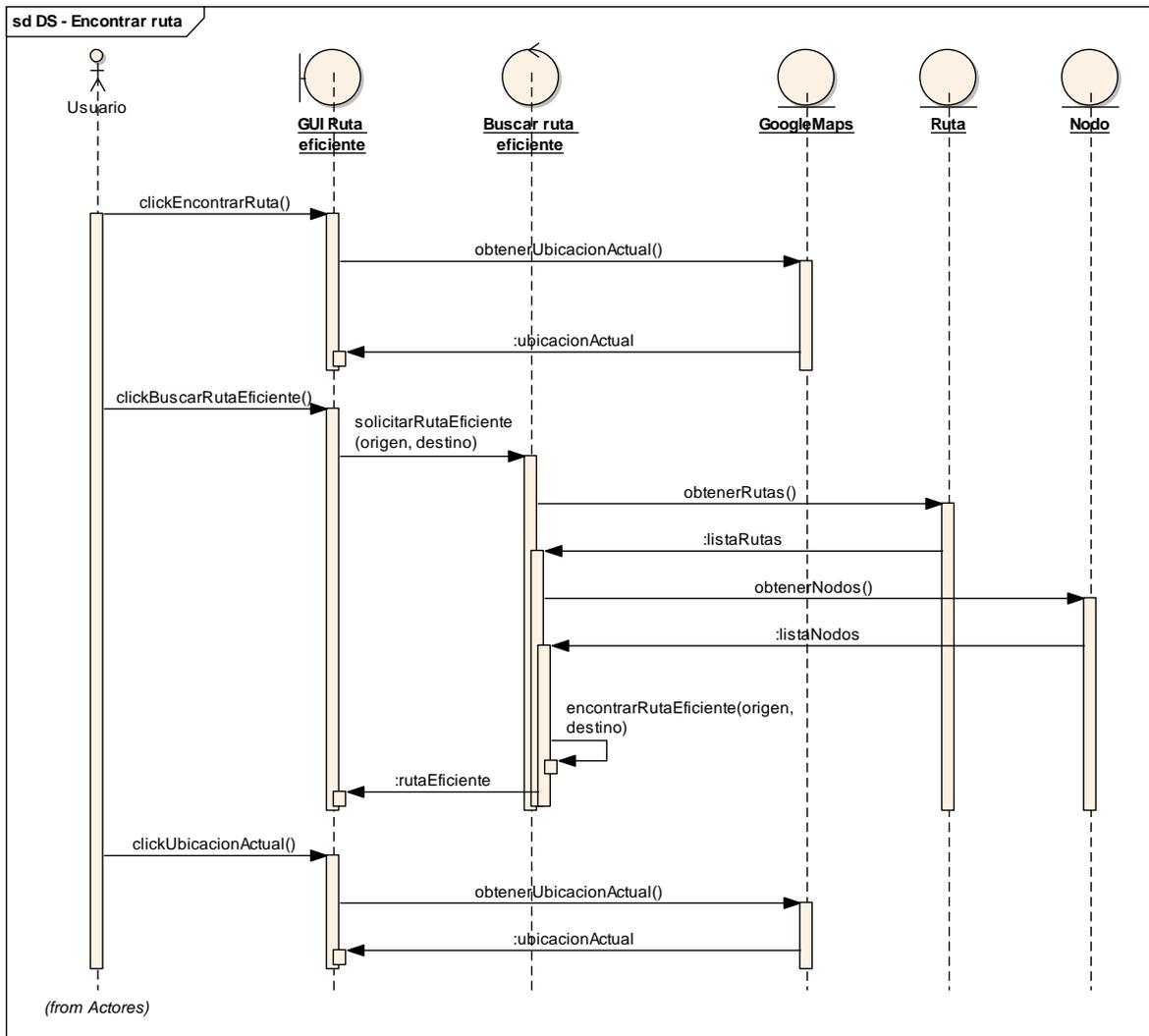


DIAGRAMA DE CLASES:



DIAGRAMAS DE SECUENCIA:



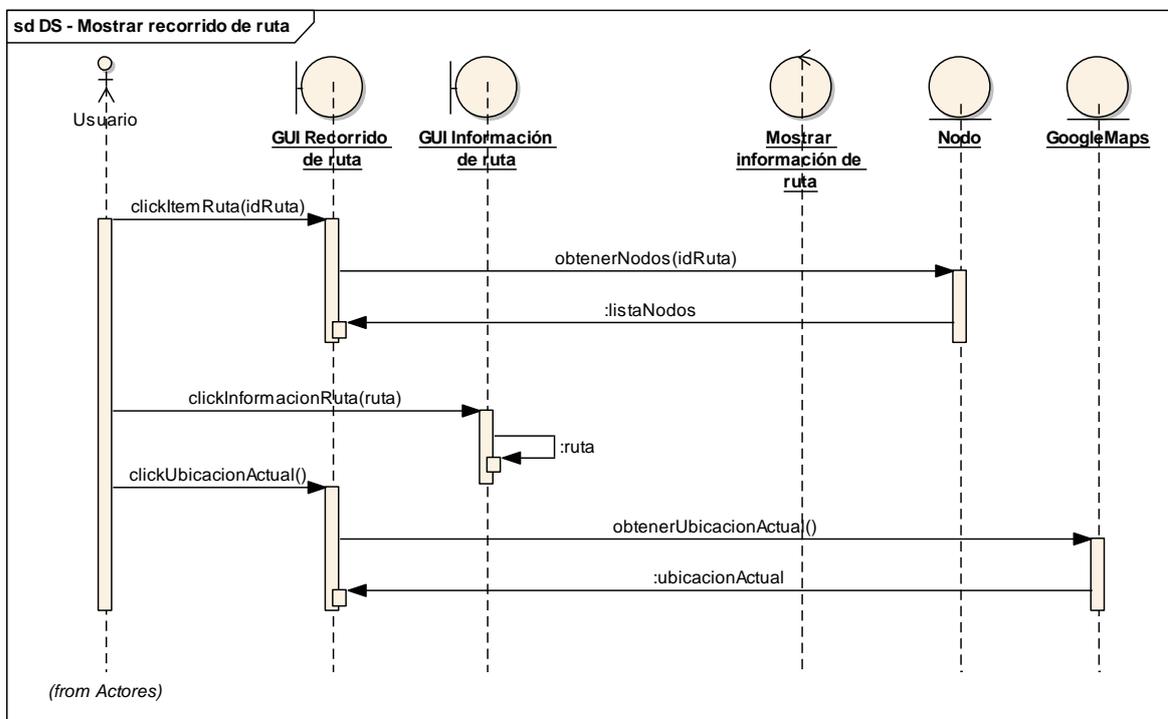
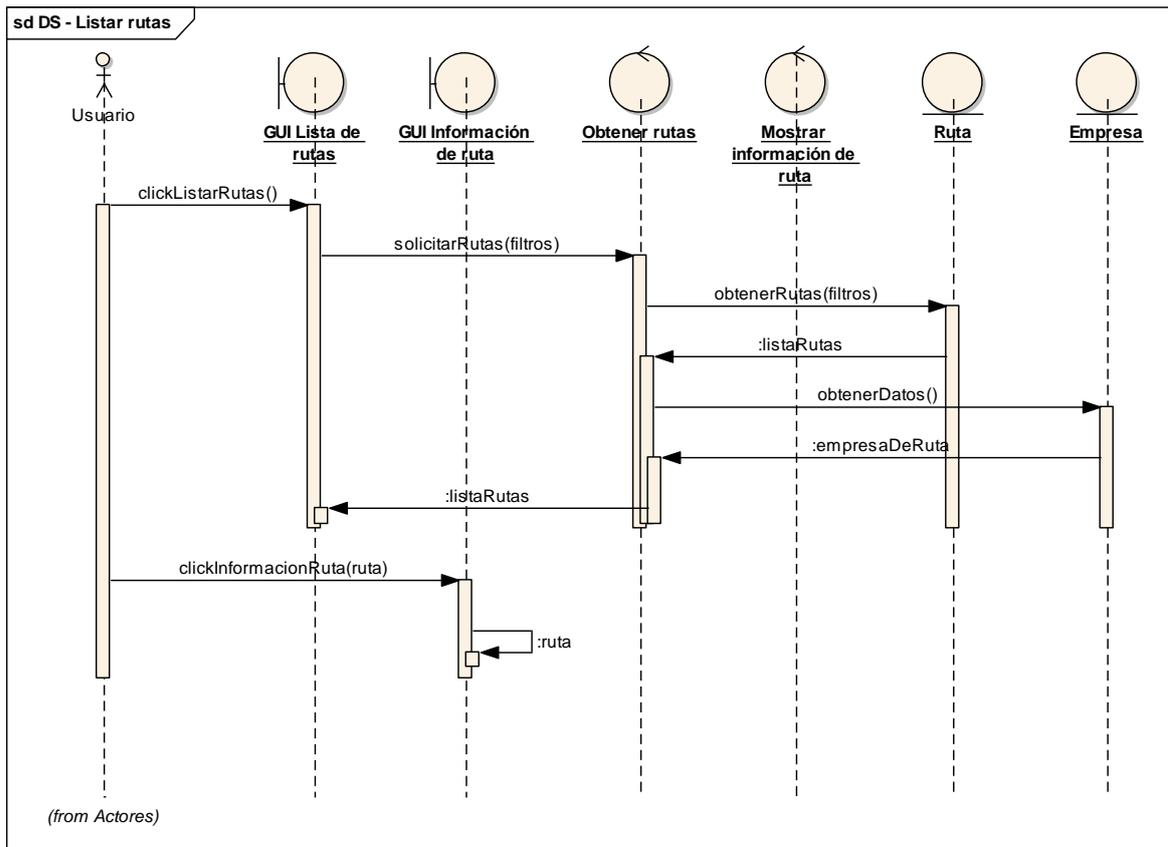


DIAGRAMA DE COMPONENTES:

