



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

**TEMA: “ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA EN LA MOVILIDAD
VEHICULAR DE LAS NUEVAS PLATAFORMAS
GUBERNAMENTALES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA
DE LA PARROQUIA IÑAQUITO DEL MUNICIPIO DEL DISTRITO
METROPOLITANO DE QUITO.”**

AUTORES:

BAQUERIZO TORRES, ANDREA PAOLA

CEVALLOS RODRÍGUEZ, DANIELA STEPHANIE

SANGOLQUÍ - ECUADOR

2017

CERTIFICADO DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y CIENCIAS DE LA TIERRA****CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y
DEL MEDIO AMBIENTE****CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, “ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA EN LA MOVILIDAD VEHICULAR DE LAS NUEVAS PLATAFORMAS GUBERNAMENTALES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DE LA PARROQUIA IÑAQUITO DEL MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.” realizado por las señoritas **ANDREA BAQUERIZO Y DANIELA CEVALLOS** , ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a las señoritas **ANDREA BAQUERIZO Y DANIELA CEVALLOS** para que lo sustente públicamente.

Quito, 04 de mayo del 2017

Ing. Neptalí Armando Echeverría Llumipanta, Mg.

C.I.: 1711153302

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y CIENCIAS DE LA TIERRA****CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA
Y DEL MEDIO AMBIENTE****AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotras, **ANDREA BAQUERIZO**, con cédula de identidad N° 172135998-0 y **DANIELA CEVALLOS**, con cédula de identidad N° 172238295-7, declaramos que este trabajo de titulación **“ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA EN LA MOVILIDAD VEHICULAR DE LAS NUEVAS PLATAFORMAS GUBERNAMENTALES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DE LA PARROQUIA IÑAQUITO DEL MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Quito, 04 de mayo del 2017

Andrea Baquerizo Torres
C.I. 172135998-0

Daniela Cevallos Rodríguez
C.I. 172238295-7

AUTORIZACIÓN**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y CIENCIAS DE LA TIERRA****CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA
Y DEL MEDIO AMBIENTE****AUTORIZACIÓN**

Nosotras, **ANDREA BAQUERIZO Y DANIELA CEVALLOS**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA EN LA MOVILIDAD VEHICULAR DE LAS NUEVAS PLATAFORMAS GUBERNAMENTALES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DE LA PARROQUIA IÑAQUITO DEL MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Quito, 04 de mayo del 2017

Andrea Baquerizo Torres
C.I. 172135998-0

Daniela Cevallos Rodríguez
C.I. 172238295-7

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor y apoyo incondicional
Que me ha ayudado a cumplir mis metas
Y a mejorar como persona cada día.

Andrea Baquerizo.

A mis padres, por confiar en mí
Y darme la oportunidad de ser alguien en la vida,
Gracias a su esfuerzo y amor infinitos.

Daniela Cevallos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro asesor: Ing. Henry Vilatuña, Ing. Geógrafo de la Secretaría de Movilidad por su enseñanza y dedicación durante la elaboración de nuestro proyecto de titulación, además por su colaboración para la obtención de la información requerida para la investigación realizada.

A nuestro Director de proyecto de investigación: Ing. Armando Echeverría Mg. por su guía y apoyo constante durante la ejecución del presente proyecto.

ÍNDICE

CERTIFICADO DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE	vii
INDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I.....	1
ASPECTOS GENERALES	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación e importancia del problema.....	3
1.4 Área de influencia	3
1.5 Objetivos	5
1.5.1 Objetivo general	5
1.5.2 Objetivos específicos.....	5
1.6 Metas	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Fundamentación teórica	6
2.1.1 Configuración de la red vial	6
2.1.1.1 Ancho de carriles.....	6
2.1.1.2 Flujo de volumen vehicular máximo.....	6
2.1.1.3 Pasajeros equivalente por vehículo	6
2.1.1.4 Velocidad máxima.....	6
2.1.2 Configuración del flujo vehicular.....	7
2.1.2.1 Factor horas pico	7

2.1.2.2	Factor de crecimiento	7
2.1.2.3	Porcentaje de vehículos pesados	8
2.1.3	Configuración del ciclo semafórico.....	8
2.1.3.1	Duración del ciclo del semáforo.....	8
2.1.3.2	Tiempo en amarillo.....	8
2.1.3.3	Intervalo de tiempo todo rojo	9
2.1.3.4	Fases de referencia	10
2.1.3.5	Tipo de control	10
2.1.4	Configuración de las fases en una intersección.....	10
2.1.4.1	Inicial mínimo	10
2.1.4.2	Tiempo antes de frenar	10
2.1.4.3	Tiempo para frenar	11
2.1.5	Configuración para la simulación.....	11
2.1.5.1	Ancho de paso cebra.....	11
2.1.5.2	Ancho de parterre	11
2.1.6	Determinación de tiempos de viaje	11
2.1.6.1	Clases arteriales	11
2.1.6.2	Velocidad con flujo libre (FFS).....	12
2.1.6.3	Tiempo de duración (Tr)	12
2.1.6.4	Demoras.....	13
2.1.7	Velocidad de viaje (Sa)	15
2.1.8	Tiempos de viaje (Tv)	16
2.2	Validación de datos	16
2.2.1	Validación de resultados (tiempos de viaje calculados).....	18
2.2.2	Validación de hipótesis.....	20
2.2.2.1	Estadística inferencial.....	20
2.3	Fundamentación conceptual.....	21
2.4	Fundamentación legal	24
2.5	Sistemas de variables	25
2.5.1	Variable Independiente.....	25
2.5.2	Variable Dependiente	25
2.6	Hipótesis.....	26
2.7	Cuadro operacional de las variables.....	26

CAPÍTULO III.....	27
MARCO METODOLÓGICO	27
3.1 Modalidad de la investigación	27
3.2 Recopilación y validación de información.....	27
3.2.1 Recopilación de la información.....	27
3.2.2 Validación de datos	30
3.3 Generación y configuración de la red vehicular	31
3.3.1 Configuración de carriles	32
3.3.2 Configuración del volumen vehicular	34
3.3.3 Configuración de sincronización y nodos	35
3.3.4 Configuración de fases	36
3.3.5 Configuración de la simulación.....	37
3.3.6 Visualización de la simulación en 3D escenario abril 2016.....	38
3.4 Generación de tiempos de viaje Abril 2016.....	39
3.5 Generación de nuevo flujo vehicular para escenario abril 2017	40
3.6 Modificación de la red vial para el escenario abril 2017	48
3.6.1 Configuración de la simulación escenario 2017	49
3.6.2 Visualización de la simulación en 3D	50
3.7 Calculo de los tiempos de viaje abril 2017	50
3.8 Validación de resultados	51
3.8.1 Validación de tiempos de viaje abril 2017 (calculados vs medidos en campo) 51	
3.8.2 Validación de la hipótesis (tiempos abril 2016 vs tiempos abril 2017)	53
3.9 Generación de rutas óptimas 2016-2017.....	54
3.9.1 Digitalización de la zona de estudio.....	54
3.9.2 Generación de atributos.....	54
3.9.3 Modelo Lógico de datos	56
3.9.4 Generación de una base de datos.....	56
3.9.5 Generación de la red de datos.....	57
3.9.6 Modelación de rutas optimas 2016 -2017	59
3.10 Generación del visor geográfico	60
CAPÍTULO IV.....	66
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	66

		x
4.1	Tiempos de viaje 2016 – 2017	66
4.2	Base de datos geográfica.....	68
4.3	Rutas optimas 2016 – 2017	69
4.4	Visor geográfico.....	73
4.5	Comprobación de la hipótesis	74
CAPÍTULO V		75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		75
CONCLUSIONES		75
RECOMENDACIONES		76
BIBLIOGRAFÍA.....		77

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clases arteriales.....	11
Tabla 2. Velocidad de flujo libre según sus clases arteriales.....	12
Tabla 3. Formato de información del flujo vehicular	28
Tabla 4. Formato de tabulación y validación de datos.....	31
Tabla 5. Datos ingresados en la configuración de carriles.....	32
Tabla 6. Variables ingresados a la configuración del volumen vehicular.....	34
Tabla 7. Datos ingresados en las características de sincronizaciones	35
Tabla 8. Datos ingresados en las características de fases.....	36
Tabla 9. Ingreso de vehículos privados a la parroquia Iñaquito (2011) y proyección 2016.....	40
Tabla 10. Porcentajes vehículos privados que ingresan a la parroquia Iñaquito.	41
Tabla 11. Modo de transporte de funcionarios de la plataforma gubernamental financiera.....	42
Tabla 12. Nuevos flujos vehiculares de ingreso al proyecto Plataforma Financiera .	44
Tabla 13. Modos de transporte de funcionarios del Complejo Judicial Norte.....	45
Tabla 14. Nuevos flujos vehiculares de ingreso al proyecto Complejo Judicial Norte	47
Tabla 15. Formato de tabla de vías 2016 y 2017	55
Tabla 16. Estructura del modelo lógico de la base de datos geográfica 2016	56
Tabla 17. Estructura del modelo lógico de la base de datos geográfica 2017	56
Tabla 18. Análisis topológico de bases de datos geográficas	68
Tabla 19. Rutas óptimas a la PGF con tiempo de viaje 2016	69
Tabla 20. Rutas óptimas a la PGF con tiempo de viaje 2017	70
Tabla 21. Rutas óptimas al CJN con tiempo de viaje 2016	71
Tabla 22. Rutas óptimas al CJN con tiempos de viaje 2017	71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de la zona de influencia directa de la parroquia Iñaquito	4
Figura 2. Plano de ubicacion de los puntos de analisis vehicular	29
Figura 3. Gráfico del promedio mensual del flujo vehicular	30
Figura 4. Cartografía base del área de estudio 2016	31
Figura 5. Trazo de líneas e intersecciones en el área de estudio.....	32
Figura 6. Medición del ancho de carril en la Orto foto del MDMQ, escala 1/1000 ..	33
Figura 7. Visualización de dirección y señalización de vías en Google Street View	33
Figura 8. Configuración del carril.....	34
Figura 9. Tabla de configuración del carril.....	34
Figura 10. Ajuste del volumen.....	35
Figura 11. Tabla de ajuste de volumen	35
Figura 12. Ajustes de sincronización	36
Figura 13. Tabla de ajuste de sincronización	36
Figura 14. Ajustes de fases.....	37
Figura 15. Configuración de ajustes de fases.....	37
Figura 17. Configuración de ajustes de simulación	37
Figura 18. Configuración de intervalos de análisis.....	38
Figura 19. Visualización de la simulación	38
Figura 20. Visualización de la simulación en 3D	39
Figura 21. Sistema vial sin proyecto.....	48
Figura 22. Sistema vial con proyecto.....	48
Figura 23. Nueva simulación con proyectos.....	49
Figura 24. Nueva simulación con proyectos en 3D	50
Figura 25. Herramienta Join Data	55
Figura 26. Creación de una red de datos.....	57
Figura 27. Atributos de la red de datos.....	58
Figura 28. Red de datos de la zona de estudio	59
Figura 29. Ruta redondel "La Y" hacia la plataforma Financiera.....	60
Figura 30. Detalle de los tiempos de viaje obtenidos en la ruta del figura 29	60
Figura 31. Creación del espacio de trabajo en Geoserver	61
Figura 32. Ingreso de la información cartográfica.....	61
Figura 33. Configuración de estilos en el programa Kosmo.....	62
Figura 34. Formato SLD de estilos cargado en GeoServer.....	63
Figura 35. Visor geográfico de las rutas optimas a la plataforma financiera.....	64
Figura 36. Página web con resultados de la investigación.....	65
Figura 37. Análisis de tiempos de viaje 2016 – 2017	66
Figura 38. Plano con las vías de afectación en el área de estudio.....	67
Figura 39. Tiempos de viaje de rutas óptimas a la plataforma financiera.....	70
Figura 40. Tiempos de viaje de rutas óptimas a la plataforma financiera.....	72
Figura 41. Rutas optimas 2016- 2017	73

RESUMEN

La parroquia Ñaquito del DMQ es conocida por albergar diferentes equipamientos, los cuales generan un vertiginoso incremento vehicular dentro de la zona, ocasionando así que se vuelva imposible mantener una movilidad sostenible. El presente proyecto se enfocó en analizar la incidencia de la implementación de la Plataforma Gubernamental Financiera y del Complejo Judicial Norte en la movilidad vehicular. El análisis se basó en la determinación de los tiempos de viaje (impedancias); para lo cual se utilizó el promedio mensual (abril 2016) del flujo vehicular en el horario de 7:00 a 8:00 otorgados por la Secretaria de Movilidad, mediante el software Synchro.8 se determinaron las velocidades medias de un total de 54 intersecciones tomando en cuenta las demoras, con dicha velocidad se calculó los tiempos de viaje actuales; adicionalmente para los tiempos futuros se tomó en cuenta: el porcentaje del incremento anual del parque vehicular (5,7%) y el porcentaje de aumento de vehículos privados generados por ambos proyectos. Se obtuvo que el 54% de los tiempos de viaje aumentaron y el 46% se mantuvieron igual e incluso disminuyó. Dicha información se utilizó para la generación de rutas óptimas en el software ArcGIS 10.3. a partir de la red de datos y se creó un visor geográfico enlazado a una página web. Se concluyó que la construcción de estos equipamientos afecto a la movilidad vehicular en cuanto a sus tiempos de viaje y se recomendó que en próximos estudios sea tomado en cuenta factores como: peatones, bicicletas y paradas del transporte público.

Palabras claves:

- **MOVILIDAD**
- **ÑAQUITO**
- **IMPEDANCIA**
- **RUTAS**
- **VISOR**

ABSTRACT

The Ñaquito parish of the DMQ is known for housing different facilities, which generate a vertiginous increase in vehicles within the area, thus making it impossible to maintain a sustainable mobility. The present project focused on analyzing the incidence of the implementation of the Financial Government Platform and the Northern Judicial Complex in vehicular mobility. The analysis was based on the determination of travel times (impedances); For which the monthly average (April 2016) of the vehicular flow was used in the hours of 7:00 to 8:00 granted by the Secretary of Mobility, through the software Synchro.8 the average speeds of a total of 54 intersections were determined Taking into account the delays, with this speed the current travel times were calculated; Additionally for future times, the percentage of the annual increase in vehicle fleet (5.7%) and the percentage of increase of private vehicles generated by both projects were taken into account. It was found that 54% of travel times increased and 46% remained the same and even decreased. This information was used for the generation of optimal routes in ArcGIS 10.3 software. From the data network and created a geographic viewer linked to a web page. It was concluded that the construction of these equipments affected vehicular mobility in terms of travel times and it was recommended that in future studies be taken into account factors such as: pedestrians, bicycles and public transport stops.

Key words:

- **MOBILITY**
- **ÑAQUITO**
- **IMPEDANCE**
- **ROUTES**
- **VIEWER**

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Antecedentes

En el Plan Maestro de Movilidad del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, se busca que la infraestructura vial logre consolidarse de una manera sostenible en el sistema Metropolitano de circulación multidireccional y multimodal con la debida articulación y conectividad entre las distintas zonas de territorio y con una adecuada relación con el uso del suelo; permitiendo así un desarrollo armónico y regulado de todos los procesos orientados al mejoramiento de la movilidad en la ciudad (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2009).

Según la Secretaria de Movilidad (2014) el sistema de movilidad del Distrito Metropolitano de Quito presenta serias deficiencias en el funcionamiento de la estructura territorial, la precautelación de las condiciones ambientales y en general a la calidad de vida de su población; esta situación es preocupante debido a que la capacidad vial disponible continúa en un proceso de saturación. Consecuentemente, la calidad de vida de los ciudadanos se ve afectada por los ingentes tiempos de viajes que se incrementan en la medida en que el sistema vial y de circulación se congestiona cada vez más. Las condiciones presentes y las futuras, de acuerdo a la tendencia impuesta, permiten advertir que el futuro de la movilidad, será insostenible, por lo que se requiere de manera estratégica y políticamente sustentada, ir implementando de manera agresiva las alternativas que auguran factibilidad de enfrentar el futuro, esto es, el transporte público de calidad y el transporte no motorizado. Se señala además que el número de viajes en transporte público y privado registran un crecimiento sostenido vinculado a los cambios de estilo de vida de una sociedad globalizada y competitiva; estos viajes se concentran mayoritariamente en el hipercentro de Quito, al que confluyen o del cual parten cerca del 50% de los viajes que se realizan en el Distrito Metropolitano de Quito; se señala además que el 64% provienen de fuera y el

36% se dan dentro de los límites de su jurisdicción. La causa más visible de esta gran concentración es la alta acumulación de actividades, equipamientos urbanos, servicios y principalmente la ubicación de los centros que generan (ANT, 2015)s de trabajo.

El Informe de Impacto de Circulación de Tráfico y Propuesta de Mitigación de la Plataforma Gubernamental Centro Norte Ñaquito realizado en octubre del 2015 por la Secretaria de Movilidad analizó el flujo vehicular en las intersecciones aledañas al proyecto en base a encuestas origen – destino con lo cual se determinó un incremento del 26% del tráfico global respecto a la situación actual, con dichas consideraciones se concluyó que las vías por donde ingresarán y saldrán los vehículos del proyecto se encontrarán en situaciones de saturación a futuro.

En el Estudio de Impacto Ambiental del Consejo Judicial Norte realizado en octubre del 2014 por la Consultora “Consulting Group” tuvo como objetivo medir el impacto sobre la zona respecto al tráfico vehicular con el propósito de determinar los generadores/extractores de viajes, los niveles de servicio y proyecciones vehiculares futuras; con lo cual se concluyó que el incremento de la demora del viaje dentro de la zona superará los 5 minutos generando concentraciones de tráfico conflictivas.

Dichos estudios aportaron de manera significativa al desarrollo del proyecto ya que permitieron establecer los lineamientos base sobre los diferentes conceptos que se abarcó en el tema de investigación; de igual manera las técnicas y métodos aplicados en ambos estudios, formaron parte de la metodología que se aplicó en el presente proyecto.

1.2 Planteamiento del problema

La parroquia Ñaquito ubicada en el centro norte de Quito, concentra gran afluencia de personas a todas horas del día; actualmente es conocida por ser parte del hipercentro de la ciudad, ya que en ella se encuentran los principales equipamientos deportivos, financieros, bancarios, empresariales, comerciales, culturales y residenciales. Esta cantidad de equipamientos pueden considerarse como una desventaja, ya que convierte a la zona en desarticulada y caótica en cuanto al flujo

vehicular. Al añadir: la Plataforma Gubernamental de Gestión Financiera y el Complejo Judicial Norte, los cuales comprenden varios conjuntos de edificios que se definen como núcleos de gestión administrativa, financiera y de servicio público, implicará un crecimiento vertiginoso del parque vehicular, y en la concurrencia de personas, provocando así complejidad en la movilidad vehicular de la zona; por lo tanto se vio la necesidad de analizar dicho crecimiento y las consecuencias que este ocasionó.

1.3 Justificación e importancia del problema

El décimo primer Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) fijados en el año 2015 por las Naciones Unidas propone lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles (ONU, 2015), así como el Objetivo 7 del plan nacional del buen vivir habla de garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global (PNBV, 2013). Para cumplir con dichos Objetivos se debe contar con estudios sobre gestión en la fluidez vehicular del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito donde se identifique las condiciones de fluidez, seguridad y confort, los diferentes modos de transporte que se desplazan a lo largo de la red vial y los aspectos que influyen directamente en el tiempo de viaje que realizan los ciudadanos. Estas condiciones están ligadas con aspectos relacionados a la vialidad: la geometría y la capacidad vial, zonas de parqueo, la señalización y el control; aspectos relacionados con las características de los vehículos, tanto técnicas como la función que desempeñan: vehículos particulares, transporte público, taxis, entre otros; y las condiciones de los usuarios del sistema vial: conductores, peatones (Secretaria de Movilidad, 2014).

1.4 Área de influencia

El proyecto se desarrolló en la zona de influencia directa de la parroquia de Ñaquito, definida en la Figura 1; ubicada en la administración zonal Eugenio Espejo del DMQ, cuya área es de 7,74 Km²; lo que corresponde al 6,86% del suelo urbano de

la zona. Los principales ejes arteriales del área de influencia son: Av. Gaspar de Villarreal, Av. 10 de Agosto, Av. Naciones Unidas y Av. De los Shyris.

De acuerdo a la clasificación de usos de suelo que establece el Plan de Uso y Ocupación del Suelo (PUOS) del año 2016, en la zona existen tres tipos de usos: Residencial (R3) que se refiere a viviendas con usos zonales condicionados y alta densidad; Múltiple (M) que corresponde a áreas de centralidad en las que pueden coexistir residencia, comercio, industria de bajo y mediando impacto, artesanía y servicios de carácter zonal; y por último; Equipamientos (E), tanto en servicios sociales como: educación, salud, bienestar social, recreación y religioso; así como también en servicios públicos como: seguridad ciudadana, administración pública, transporte e instalaciones de infraestructura especial (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2003).

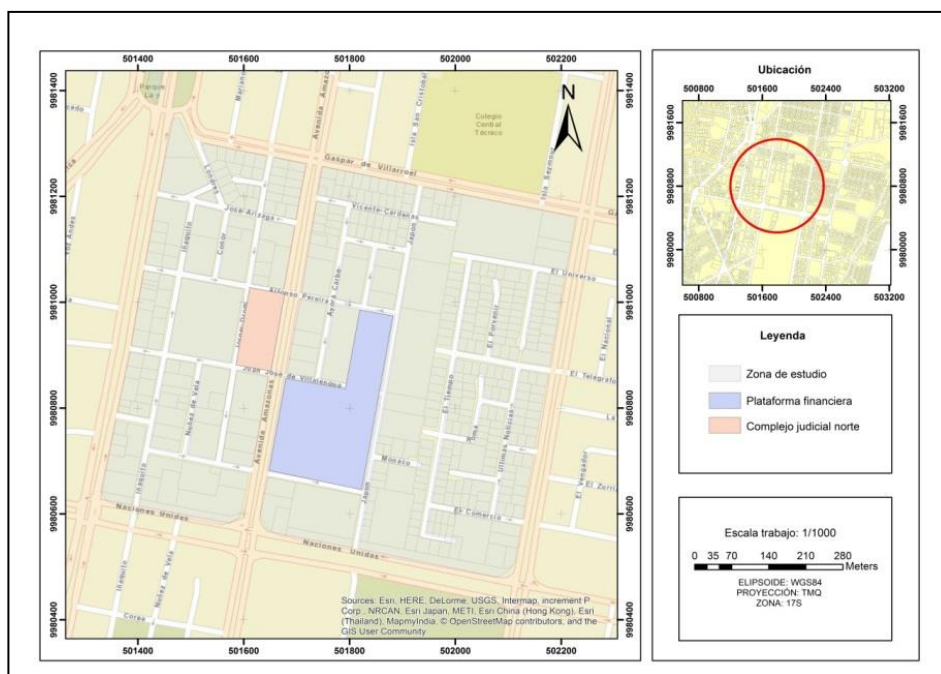


Figura 1. Plano de la zona de influencia directa de la parroquia Iñaquito

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Analizar la incidencia en la movilidad vehicular de las nuevas Plataformas Gubernamentales en el área de influencia directa de la parroquia Iñaquito del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, mediante el uso de herramientas SIG y su aplicación en un visor geográfico.

1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar la incidencia en la movilidad vehicular de las nuevas plataformas gubernamentales definiendo tiempos de viaje con y sin proyectos.
- Establecer nuevas rutas óptimas para el transporte privado.
- Validar y diseñar una base de datos geográfica para implementar un visor geográfico donde se visualice los resultados de la investigación.

1.6 Metas

- Un plano de las principales vías afectadas por la incidencia de las nuevas plataformas gubernamentales, escala 1:1000
- Un plano de rutas óptimas actuales y futuras para el transporte privado, escala 1:1000
- Una base de datos geográfica
- Un visor geográfico con los resultados de la investigación realizada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación teórica

2.1.1 Configuración de la red vial

2.1.1.1 Ancho de carriles

Es el ancho de un solo carril en metros. El valor por defecto es de 3.6m (Wachs, M. et.al., 2000).

2.1.1.2 Flujo de volumen vehicular máximo

Es el volumen máximo de vehículos por hora a la que puede llegar una intersección (Wachs, M. et.al., 2000).

2.1.1.3 Pasajeros equivalente por vehículo

Según el estudio para el diseño conceptual del sistema integrado de transporte masivo de Quito y factibilidad de la primera línea de Metro de Quito, la ocupación visual de ocupantes en vehículos livianos particulares y taxis es igual a 2 (EPMMOP, 2010).

2.1.1.4 Velocidad máxima

Según la agencia nacional de tránsito el límite máximo de velocidad para vehículos livianos, motocicletas y similares en sector urbano es de 50 km /h (ANT, 2015).

2.1.2 Configuración del flujo vehicular

2.1.2.1 Factor horas pico

Es la relación de la velocidad de flujo durante toda la hora, a la velocidad de flujo para el pico de 15 minutos. El PHF defecto para zonas de congestionamiento es de 0.92 (Trafficware, Ltd., 2011).

El PHF se calcula con la siguiente formula:

$$PHF = \frac{V}{4 * V_{15}} \quad (1)$$

PHF = factor hora pico

V= volumen vehicular por hora

V15 = Volumen durante el pico de 15 min dentro de la hora pico (veh/15 min)

2.1.2.2 Factor de crecimiento

El factor de crecimiento se puede utilizar para ajustar todos los volúmenes por una cantidad fija. Esto se utiliza comúnmente para convertir conteos de tráfico actuales en las proyecciones futuras (Trafficware, Ltd., 2011).

Para el cálculo del factor de crecimiento (GF), se basa en una tasa de crecimiento durante varios años utilizando la siguiente formula:

$$GF = (1 + r)^Y \quad (2)$$

Dónde:

r = tasa de crecimiento

Y = número de años

Según el plan maestro de movilidad 2009-2025, el crecimiento vertiginoso del parque vehicular, representa una tasa de crecimiento anual promedio de **5.7%** entre el 2010-2014 (EPMMOP, 2015).

$$GF = Fa * (1 + 0.057)^1 \quad (3)$$

$$GF = Fa * 1.06$$

2.1.2.3 Porcentaje de vehículos pesados

Vehículos pesados (%) en el marco de la configuración del volumen representa el porcentaje de camiones y autobuses para cada movimiento del tráfico. El aumento de este valor disminuye la tasa de flujo vehicular. El valor predeterminado para este campo es de 2% (Wachs, M. et.al., 2000).

2.1.3 Configuración del ciclo semafórico

2.1.3.1 Duración del ciclo del semáforo

La duración del ciclo natural es la sumatoria del inicial mínimo (tiempo en verde) más el tiempo en amarillo y el tiempo en rojo para el funcionamiento en una intersección de forma independiente (Trafficware, Ltd., 2011).

2.1.3.2 Tiempo en amarillo

Es el tiempo de exposición de la luz amarilla del semáforo que sigue al intervalo verde. Es un aviso de precaución para pasar de una fase a la siguiente (Cal, R. et al. (2007).

Puede determinarse en campo o mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Intervalo de cambio amarillo} = \left(t + \frac{v}{2a} \right) \quad (4)$$

Dónde:

t = tiempo de percepción - reacción del conductor (usualmente 1s)

v = velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)

a = tasa de desaceleración (valor usual 3,05 m/s²)

Según el reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 004:2012, parte 5; se establece que la duración del tiempo amarillo para los semáforos con un tipo de control predeterminado es igual a 3 segundos.

2.1.3.3 Intervalo de tiempo todo rojo

Es el tiempo de exposición de la luz roja para en toda la intersección. Su función es la de regular las diferentes fases para regular y permitir el inicio de una nueva (Cal, R. et al., 2007).

Se debe medir cuando toda la intersección está en rojo, ya sea en campo o mediante la siguiente formula:

$$\text{Intervalo de despeje todo rojo} = \left(\frac{W+L}{v}\right) \quad (5)$$

Dónde:

W = ancho de la intersección (m)

L = Longitud de los vehículos (valor usual 6,10m)

v = velocidad de aproximación de los vehículos (m/s) se usa el percentil 85 de la velocidad permitida.

Según el reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 004:2012, parte 5; se establece que la duración del tiempo todo rojo para toda intersección es igual a 1 segundo.

2.1.3.4 Fases de referencia

Las fases de referencia son las fases coordinadas asociadas con la vía principal es decir las fases adicionales que tiene un semáforo con una duración diferente. Al seleccionar una fase de referencia se selecciona la jerarquía del mismo (Cal, R. et.al, 2007).

2.1.3.5 Tipo de control

El tipo de control corresponde al tipo de ajuste de sincronización que está siendo utilizado por el semáforo. Existen diferentes tipos de controles: reservados, predeterminado, accionados por el tránsito, no semaforizado, rotundos y múltiples (Cal, R. et al., 2007).

- Predeterminado

No tienen intervenciones técnicas, la señal se considera coordinada porque la longitud del ciclo es fija (Trafficware, Ltd., 2011).

2.1.4 Configuración de las fases en una intersección

2.1.4.1 Inicial mínimo

Es el periodo de verde mínimo, el cual es utilizado para asegurar que la señal verde sea encendida durante un tiempo mínimo y seguro. El inicial mínimo varía según el tipo de control. (RTE INEN 004:2012).

2.1.4.2 Tiempo antes de frenar

Se refiere al tiempo de percepción por parte del conductor para tomar la decisión de frenar el vehículo (Cal, R. et al., 2007).

2.1.4.3 Tiempo para frenar

Se refiere al tiempo de reacción – acción del conductor para frenar al vehículo (Trafficware, Ltd., 2011).

2.1.5 Configuración para la simulación

2.1.5.1 Ancho de paso cebra

Son el ancho de rayas agregadas a la vía por motivos de visibilidad, los peatones tienen derecho de paso en esta clase de travesía una vez que han puesto un pie sobre él. El ancho promedio de pasos peatonales es 4.8m (Trafficware, Ltd., 2011).

2.1.5.2 Ancho de parterre

Se define como la medida del ancho del parterre y sirve para delimitar las diferentes direcciones de las vías (Trafficware, Ltd., 2011).

2.1.6 Determinación de tiempos de viaje

2.1.6.1 Clases arteriales

Según HCM, 2000 las clases arteriales son categorías establecidas para clasificar los ejes arteriales según su velocidad y distancia, basándose en los valores indicados en la tabla 1:

Tabla 1.

Clases arteriales

Velocidad (Km/h)	Segmento distancia (m)	Clase
1.6 – 46.7	cualquiera	IV
48.3 – 56.3	< 609.6	IV
48.3 – 56.3	≥ 609.6	III
57.9 – 72.4	Cualquiera	II

Fuente: HCM, 2000

2.1.6.2 Velocidad con flujo libre (FFS)

La velocidad con flujo libre dentro de una vía urbana es el promedio de las velocidades de los vehículos que viajan bajo las condiciones mínimas de capacidad; cuando la vía no tiene señalización o todas las señales están en fase verde durante todo el viaje (Wachs, et.al., 2000). Para determinar el FFS se ha diseñado categorías en base a las clases arteriales basándose en los valores de la tabla 2.

Tabla 2.

Velocidad de flujo libre según sus clases arteriales

Clases arteriales	FFS (km/h)
I	80
II	65
III	55
IV	45

Fuente: HCM, 2000

2.1.6.3 Tiempo de duración (Tr)

Es la duración del tiempo de viaje mientras el vehículo esté en movimiento (Wachs, et.al., 2000). Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T_r = 3600 (SM) \frac{L}{s_f} \quad (6)$$

Dónde:

SM = es el margen de velocidad, se asume el valor de 1.1 (HCM, 2000)

L= longitud del segmento (km)

Sf = Velocidad de flujo libre (FFS)

2.1.6.4 Demoras

Es el tiempo de viaje adicional que experimenta un conductor, pasajero o peatón (HCM, 2000).

- **Demoras por control (d)**

La demora por control incluye el movimiento a bajas velocidades y las detenciones en los accesos a las intersecciones, cuando los vehículos disminuyen la velocidad o cambian de posición en la cola (Cal, et al. 2007). Se calcula con la siguiente expresión:

$$d = d_1(PF) + d_2 \quad (7)$$

Donde :

$$d_1 = \text{demora uniforme} \left(\frac{s}{veh} \right)$$

PF = Factor de ajuste por coordinación

$$d_2 = \text{demora incremental} \left(\frac{s}{veh} \right)$$

$$d_3 = \text{demora por cola inicial} \left(\frac{s}{veh} \right)$$

– **Factor de ajuste por coordinación (PF)**

Se denomina a la buena coordinación de semáforos dando como resultado una proporción alta de vehículos que llegan en verde, este factor solo afecta a la demora uniforme (Cal, et al. 2007). Se calcula con la siguiente expresión:

$$PF = \frac{(1-P)f_{PA}}{1-\left(\frac{g}{C}\right)} \quad (8)$$

Dónde:

P= proporción de vehículos que llegan en verde.

f_{PA} = Factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde.

g/C = Proporción de tiempo verde disponible.

– **Demora uniforme (d1)**

La demora uniforme (d_1), es la demora que ocurriría si los vehículos llegaran uniformemente distribuidos; tal que no existe saturación durante ningún ciclo (Cal, et al. 2007). Se determina mediante la siguiente expresión:

$$d_1 = \frac{0.5 C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} \quad (9)$$

Dónde:

C= duración del ciclo semafórico (s).

g= tiempo del verde efectivo (s).

X= Relación volumen/ capacidad.

○ **Relación volumen/ capacidad**

Es el grado de saturación dada por la relación entre capacidad y volumen vehicular para mantener facilidad de transporte. (Wachs et.al., 2000). Se determina mediante la siguiente expresión:

$$X_i = \frac{v_i C}{s_i g_i} \quad (10)$$

Dónde:

v_i = Demanda de flujo vehicular actual o proyectado para

un grupo de carriles (i) $\left(\frac{veh}{h}\right)$

$$s_i = \text{flujo vehicular de saturacion por carril (i)} \left(\frac{\text{veh}}{\text{h}} \right)$$

$C = \text{duracion del ciclo semaforico (s)}$

– **Demora incremental (d2)**

La demora incremental (d2) toma en consideración las llegadas aleatorias, que ocasiona que algunos ciclos se sobresaturen (Cal, et al. 2007). Se determina mediante la siguiente expresión:

$$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8klX}{cT}} \right] \quad (11)$$

Dónde:

$T = \text{duracion del periodo de analisis (0.25h)}$

$X = \text{Relacion volumen/capacidad}$

$k = \text{factor de demora incremental que depende del ajuste de los controles en intersecciones accionadas. } k = 0.5 \text{ para intersecciones predeterminadas.}$

$l = \text{factor de ajuste por entradas de la intersección corriente arriba. } l = 1 \text{ para intersecciones predeterminadas.}$

2.1.7 Velocidad de viaje (Sa)

Es el promedio de velocidad en km/h del flujo de tráfico calculado como la longitud del segmento de la vía dividido para el promedio de los tiempos de viaje de los vehículos que atraviesan el segmento (Wachs, et.al., 2000). Se determina mediante la siguiente expresión:

$$Sa = \frac{3600 L}{Tt} \quad (12)$$

Dónde:

L= longitud del segmento (km)

Tt= tiempo total de demoras (s)

2.1.8 Tiempos de viaje (Tv)

Existen dos componentes principales para determinar los tiempos de viaje que un vehículo gasta en un determinado segmento vial: distancia recorrida y la velocidad de viaje resultante de las demoras producidas por las intersecciones señalizadas (Wachs, et.al., 2000). Se determina mediante la siguiente expresión:

$$Tv = \frac{d}{v} \quad (13)$$

Dónde:

Tv = tiempo de viaje

d= distancia recorrida

v= velocidad de viaje

2.2 Validación de datos

Para los fines de una validación, se utilizan normalmente ciertas mediciones estadísticas, que nos ayudan a establecer si el método se encuentra dentro de un parámetro aceptable, normalmente se determinan las siguientes: media, desviación estándar, coeficiente de variación, varianza, pruebas de significancia (Boris, et al., 2010).

- **Media**

Conocida también como media aritmética o promedio, es la cantidad total de la variable (muestra o medida) distribuida a partes iguales entre cada observación. En términos matemáticos, es igual a la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos (Boris, et al., 2010).

$$X = \frac{\sum X_i}{n} \quad (14)$$

Dónde:

X_i = valor de una lectura.

n = número de lecturas

- **Desviación estándar**

Es el promedio de lejanía de los valores obtenidos (lecturas) respecto del promedio (Boris, et al., 2010).

$$s = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^n (X_i - X)^2}}{n-1} \quad (15)$$

- **Diagrama de control**

Los diagramas de control indican que el proceso está fuera de control cuando los puntos muestrales se encuentran fuera de los límites de control (3σ), o bien cuando presentan una distribución no aleatoria en torno a la línea central del diagrama. Estas rachas de puntos muestrales también se pueden situar uniformemente por encima o por debajo de la línea central donde se encuentran los límites de advertencia (2σ). (Viscano, 2011).

2.2.1 Validación de resultados (tiempos de viaje calculados)

- **Población**

Conjunto sobre el cual se va a realizar la investigación. Está compuesta por elementos. Puede ser de tamaño finito o infinito (Rodríguez, et al., 2005).

- **Población finita**

Se habla de que una población es finita cuando consta de un número limitado de elementos (Ludewig, n.d).

- **Muestra**

Subconjunto de la población del que se dispone de información necesaria para realizar el estudio (Rodríguez, et al., 2005). Puede ser muestras con poblaciones finitas e infinitas.

- **Muestra para poblaciones finitas**

Para el cálculo de tamaño de muestra cuando el universo es finito, es decir contable y la variable de tipo categórica, primero debe conocer "N" o sea el número total de casos esperados o que ha habido en años anteriores (Supo, 2015).

Si la población es finita, es decir conocemos el total de la población y deseásemos saber cuántos del total tendremos que estudiar la fórmula sería:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha} * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (16)$$

Dónde:

N = Total de la población

Z_{α} = 1.96 al cuadrado (95%)

p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)

q = 1 - p (en este caso 1-0.05 = 0.95)

d = precisión (en la investigación 5%).

- **Tipos de muestreo**

Existen diferentes criterios de clasificación de los diferentes tipos de muestreo, aunque en general pueden dividirse en dos grandes grupos: métodos de muestreo probabilísticos y métodos de muestreo no probabilísticos (Rodríguez, et al., 2005).

- **Muestreo probabilístico**

Los métodos de muestreo probabilísticos son aquellos que se basan en el principio de probabilidad. Es decir, aquellos en los que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra y, consiguientemente, todas las posibles muestras de tamaño n tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas. Sólo estos métodos de muestreo probabilísticos nos aseguran la representatividad de la muestra extraída y son, por tanto, los más recomendables (Rodríguez, et al., 2005). Dentro de los métodos de muestreo probabilísticos encontramos los siguientes tipos: muestreo aleatorios, muestreo aleatorio simple con y sin reemplazamientos, muestreo estratificados, muestreo por conglomerados o agrupados, muestreo sistemático, muestreo doble múltiple y secuencial.

- **Muestreo por conglomerados**

Consiste en dividir la población en grupos parecidos entre sí y seleccionar aleatoriamente un conjunto de estos grupos. Para que sea eficiente los grupos han de ser bastante parecidos entre sí, ya que todos ellos han de ser modelos en miniatura de la población. La diferencia de un grupo con un estrato consiste en que los estratos han de ser diferentes entre sí, aunque homogéneos interiormente. Sin embargo, los grupos son parecidos entre sí, pero interiormente reflejan la variabilidad de la población de la que proceden (Rodríguez, et al., 2005).

– **Muestreo sistemático**

Se supone que los elementos de la población están ordenados con arreglo a algún criterio. Se seleccionan sucesivamente los elementos de k en k , comenzando por un elemento seleccionado aleatoriamente. (Rodríguez, et al., 2005).

$$M = (i, i + k, i + 2k, \dots, i + (n - 1)k) \quad (17)$$

Donde:

$$K = \frac{N}{n} \text{ por cada arreglo (Muestreo por conglomerados)}$$

2.2.2 Validación de hipótesis

2.2.2.1 Estadística inferencial

En el ámbito científico, la estadística, en general, y la estadística inferencial, en particular, es el camino que hay que recorrer para llegar de una pregunta a la respuesta adecuada. Así, la estadística no es más que un argumento para defender nuestras ideas (Chacón, n.d.).

- **Distribución de estadísticos muestrales**

Una función de los valores de la muestra”. Es una variable aleatoria, cuyos valores dependen de la muestra seleccionada. Su distribución de probabilidad, se conoce como “Distribución muestral del estadístico” (Chacón, n.d.).

– **Distribución de la diferencia de medias muestrales de dos poblaciones Normales independientes**

Establece cuales son los valores mínimo y máximo aceptables para la diferencia entre las medias de dos poblaciones. Pueden darse dos situaciones

según las muestras sean o no independientes; siendo en ambos casos condición necesaria que las poblaciones de origen sean normales o aproximadamente normales (Chacón, n.d.). Donde se presentan 3 casos: Varianzas poblacionales conocidas, varianzas poblacionales desconocidas pero iguales y varianzas poblacionales desconocidas, distintas a no, con $n_x, n_y > 30$.

○ **Varianzas poblacionales conocidas**

$$\bar{x} - \bar{y}$$

La variable Z , tiene distribución normal por lo tanto:

$$Z = \frac{(\bar{x} - \bar{y}) - (\mu_x - \mu_y)}{\sqrt{\frac{\sigma_x^2}{n_x} + \frac{\sigma_y^2}{n_y}}} \quad (18)$$

Dónde: $N(0, 1)$

2.3 Fundamentación conceptual

- **Parroquia Ñaquito**

Es la parroquia motor de Quito por todos los servicios que existen dentro de ella. Es una parroquia dinámica, rodeada de espacios públicos y abiertos importantes, un sector siempre cambiante, en un continuo movimiento, con los principales equipamientos distritales (Martínez, 2014).

- **Movilidad vehicular**

Movimiento ordenado de vehículos por las diferentes vías terrestres públicas o privadas, sujeto a leyes y reglamentos sobre la materia (Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas, n/d). Los principales componentes de la movilidad que comprenden los medios que se utilizan para el desplazamiento de personas y mercancías en modos motorizados y no motorizados (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2009).

- **Transporte motorizados**
 - Transporte público
 - Transporte privado
- **Transporte No motorizado**
 - Bicicletas
 - Peatones

- **Plataformas Gubernamentales**

La creación de nuevas centralidades a través de las plataformas gubernamentales es uno de los proyectos que impulsa el Gobierno Nacional en el

Distrito. Estas plataformas incluirán la concentración de entidades públicas en determinados espacios urbanos con lo que se busca facilitar la atención al ciudadano y reducir los problemas de movilidad (INMOBILIAR, 2015).

- **Plataforma Gubernamental Financiera**

La Plataforma Gubernamental de Gestión Financiera es un complejo de edificios, que contará con varios lugares de esparcimiento y servicios para los ciudadanos como: auditorio, patios de comidas, Mediateca-Infocentro, comercios y sobre todo grandes espacios públicos con áreas verdes. En esta plataforma funcionarán las instituciones del sector financiero como: Ministerio Coordinador de la Política Económica, Ministerio de Finanzas, Servicio de Rentas Internas, Corporación de Seguros de Depósito, Banco Central del Ecuador, Banco del Estado, Banco del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, Corporación de Finanzas Populares (INMOBILIAR, 2015).

- **Complejo judicial norte**

El complejo judicial norte es un centro judicial que contará con los servicios de mediación y de defensa pública con más de 49.000 m² de construcción, en esta dependencia laborarán 574 funcionarios y 146 jueces, que conocerán las materias penales y no penales de primera instancia, contencioso administrativo y contencioso tributario (INMOBILIAR, 2015).

- **Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

Un sistema de información geográfica es aquel que nos ayuda en el manejo de datos georreferenciados y que tiene componentes como hardware, software y procedimientos diseñados. Se basan en: el ingreso de datos, gestión de los datos, manejo, análisis y presentación de datos referenciados espacialmente para resolver dificultades de planificación y gestión (Lantada, 2002).

- **Análisis de redes**

Este análisis implica representar la dificultad o coste de desplazamiento de un determinado territorio; de este modo se puede seleccionar la ruta para unir puntos determinados donde el valor de la misma corresponda a un menor esfuerzo en el desplazamiento (López, 2005).

- **Impedancia**

Existen diferentes medidas de impedancia, siendo estas: la distancia de viaje, el tiempo de viaje, el costo del mismo, tomando en cuenta diferentes variables según el tipo de impedancia que se calcule (López, 2005).

- **Base de datos geográfica**

Son un conjunto de datos geográficos organizados de tal manera que permiten la realización de análisis y la gestión del territorio dentro de aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Una base de datos se utiliza de soporte para la implantación de servicios geográficos relacionados con las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), y su contenido es la base fundamental en los procesos de producción cartográfica (Instituto Geográfico Nacional, n/d).

- **Visor geográfico**

El visor geográfico, permite al usuario Web acceder a información geoespacial a través de mapas preestablecidos.

2.4 Fundamentación legal

La fundamentación legal del presente estudio se basó en el Título VI de la Constitución de la República del Ecuador 2008 referido al Régimen de Desarrollo, específicamente al Capítulo Segundo enfocado a la Planificación participativa para el desarrollo, en donde según el Art. 279 el sistema nacional descentralizado de planificación participativa organizará la planificación para el desarrollo conformado por un consejo que integrará a los distintos niveles del gobierno, con participación ciudadana, y tendrá una secretaría técnica que lo coordinará. De igual manera en el Art. 55 de la Sección Primera del Capítulo III del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) se establecen las Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal; en el cual se le atribuye la competencia de planificar, regular y controlar el tránsito y transporte terrestres dentro de su circunscripción cantonal. Con el objetivo de alcanzar el desarrollo cantonal y a su vez nacional, se dictan lineamientos y consensos estratégicos a largo y corto plazo; por esta razón al ser el sistema vial de gran importancia para el desarrollo de una movilidad sostenible; fueron contemplados estos términos.

Con el afán de implementar políticas públicas que modifiquen los esquemas de acumulación, distribución y re-distribución con tendencia a un enfoque territorial como estrategias por parte del gobierno para alcanzar un desarrollo económico se creó el Plan Nacional de Desarrollo del Buen Vivir (2009-2013) el cual cuenta con 12 objetivos que pretenden mejorar la calidad de vida de los ciudadanos; para efectos del proyecto se tomó en cuenta el objetivo 3 considerando su política sobre garantizar el acceso a servicios de transporte y movilidad incluyentes, seguros y sustentables a nivel local e internacional (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013). Por otro lado a nivel global existen 17 objetivos de desarrollo sostenible que pretenden transformar el mundo; de esta manera el estudio se encontró inmerso en el objetivo 11 el cual procura lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles tomando en cuenta diferentes sistemas; entre ellos el sistema vial.

Por otro lado se consideró vital para el estudio tener en cuenta lo estipulado en el Plan Maestro de Movilidad para el Distrito Metropolitano de Quito (PMM) el cual incorpora una visión amplia e integral del gran tema de la movilidad que se concreta

en la consolidación del Sistema Metropolitano de la Movilidad que aglutina a todos los componentes operativos de la movilidad (transporte de personas y de bienes, e infraestructura) con el de Gestión Participativa de la movilidad, en un entorno de normas y disposiciones que permiten un desarrollo armónico y regulado de todos los procesos orientados al mejoramiento de la movilidad en el DMQ. Además fue necesario tomar en cuenta el Plan de Uso y Ocupación del Suelo (PUOS) el cual sirve como instrumento de planificación territorial que fija los parámetros y normas específicas para el uso, ocupación y fraccionamiento del suelo en el territorio del Distrito Metropolitano de Quito; para procurar el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos, ordenando el crecimiento físico del DMQ respetando las condiciones del entorno, racionalizando la inversión pública en infraestructura y servicios para optimizar la gestión urbana (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2015).

2.5 Sistemas de variables

2.5.1 Variable Independiente

En el presente proyecto se consideró como variable independiente a la implementación de las nuevas plataformas gubernamentales dentro de la parroquia Iñaquito; ya que al ser equipamientos financieros y de uso público influenciaron en el crecimiento vehicular de la zona.

2.5.2 Variable Dependiente

En el presente proyecto se consideró como variable dependiente al incremento de la impedancia (tiempos de viaje) en la movilidad vehicular en la zona de influencia directa de la parroquia Iñaquito.

2.6 Hipótesis

La implementación de las nuevas plataformas gubernamentales está asociada al incremento de tiempos de viaje (impedancia) en la movilidad vehicular de la zona de influencia directa en la parroquia Iñaquito.

2.7 Cuadro operacional de las variables

El cuadro operacional de variable se indica en el [Anexo 1](#).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Modalidad de la investigación

El presente trabajo de titulación se basó en la metodología que se describió en el perfil aprobado por el Consejo de Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente el 12 de Octubre del 2016; en donde se establecieron las técnicas y métodos adecuados para analizar la incidencia en la movilidad vehicular de las nuevas plataformas gubernamentales en el área de influencia directa de la parroquia Ñaquito, la cual consta de las siguientes actividades.

3.2 Recopilación y validación de información

3.2.1 Recopilación de la información

a) Recopilación de Informes Técnicos relacionados con el presente proyecto.

Se recopilaron informes técnicos realizados por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito y la Secretaria de Movilidad sobre los impactos generados a la circulación vehicular.

- Encuesta domiciliaria de movilidad 2011 (EDM11)
- Plan maestro de movilidad 2009-2025.
- Estudio de impacto a la circulación proyecto edificio ZAIGEN 2016.
- Informe de impacto a la circulación de tráfico y propuesta de mitigación de la plataforma gubernamental centro norte Ñaquito, Octubre 2015.
- Estudio de Impacto Ambiental del Consejo Judicial Norte, Octubre 2014.

b. Obtención de los datos de flujo vehicular

Se realizó un oficio dirigido al Sr. Darío Tapia, Abogado de la Secretaria de Movilidad del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, quien autorizó al Ing. Vladimir Aguirre responsable del área de semaforización, proporcionar los datos más actualizados (Abril 2016) correspondientes a los cuadros horarios de flujos vehiculares promediados del mes, de giros que ingresan a la intersección, registrados por el sistema semafórico semanal (lunes-viernes) de cada una de las intersecciones. La tabla 3 indica el formato en el cual se recibió la información de tipo alfanumérica. Todos los datos adquiridos se encuentran en el [Anexo 2](#).

Tabla 3.

Formato de información del flujo vehicular

SECRETARÍA DE MOVILIDAD						
Datos obtenidos de las cámaras de video de semaforización, espiras virtuales						
Fecha inicio	01-abril-2016					
Fecha final	30-abril-2016					
Nombre Intersección	Sentido	Flujo vehicular 7:00 a 8:00				
		semana 1	semana 2	semana 3	semana 4	Promedio mensual

c) Determinación de los puntos de conteo vehicular

Con asesoría de profesionales de la Secretaria de Movilidad se determinó como muestra la figura 2 un total de 54 nodos como puntos de conteo vehicular; los cuales

se encuentran en los principales puntos de ingresos al área de influencia directa de la plataforma gubernamental financiera y complejo judicial norte.

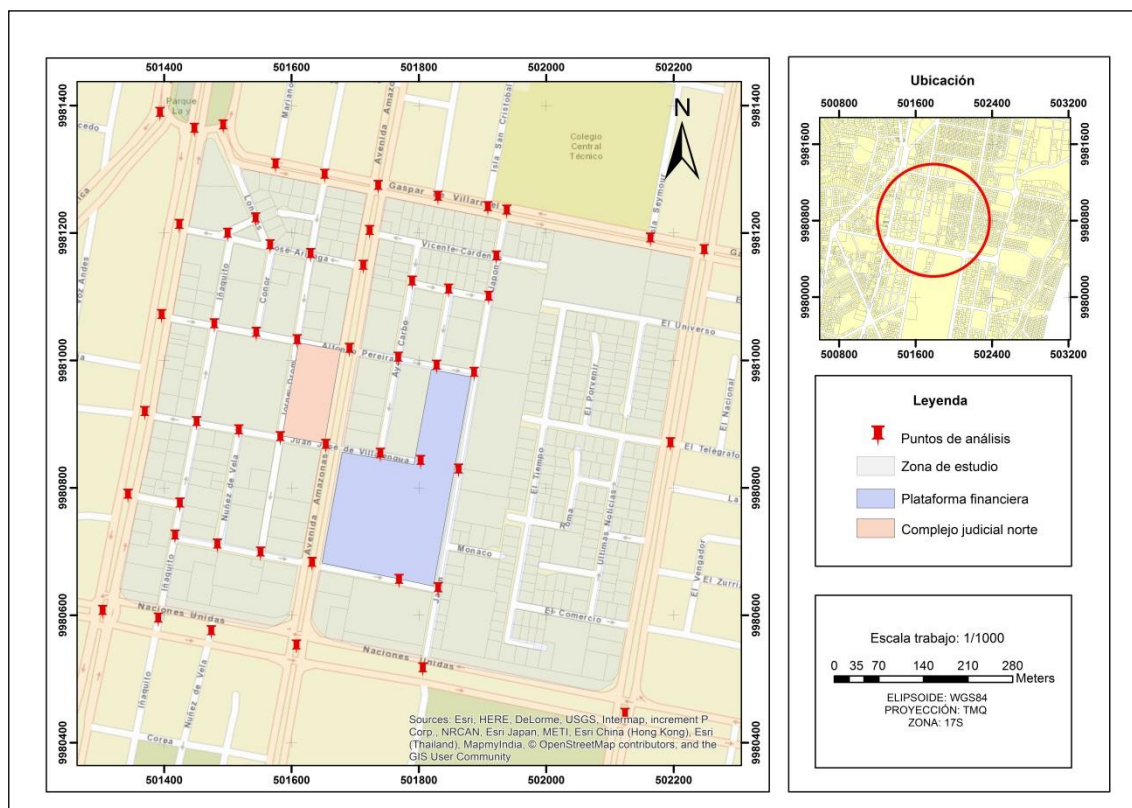


Figura 2. Plano de ubicación de los puntos de análisis vehicular

d) Determinación del horario de máxima demanda vehicular

De acuerdo a las condiciones de funcionamiento de los proyectos, el trabajo de investigación realizó el análisis de tráfico en la hora pico de la mañana (07:00 a 08:00 horas), considerando dentro de ellos la asignación, distribución y simulación de los flujos vehiculares.

El horario de máxima demanda vehicular se lo determinó mediante la elaboración de histogramas con los promedios mensuales del flujo vehicular de cada una de las intersecciones antes establecidas como muestra la figura 3. Todos los histogramas se observan en el [Anexo 3](#).

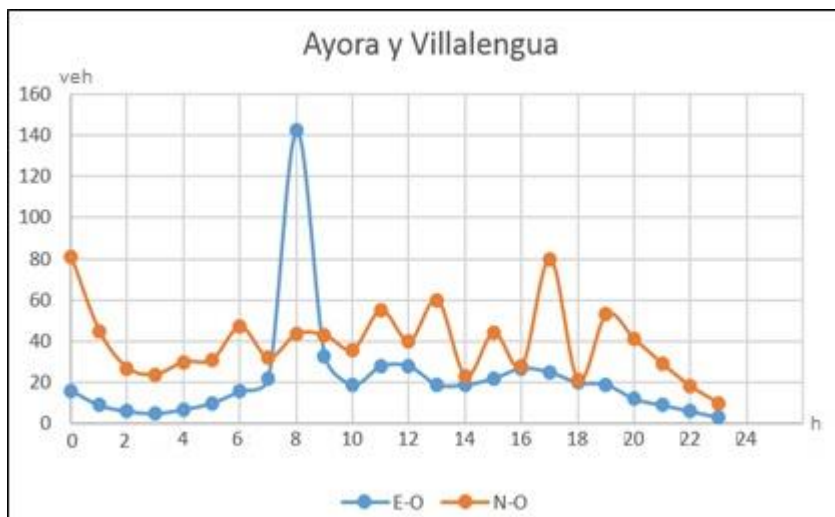


Figura 3. Gráfico del promedio mensual del flujo vehicular

3.2.2 Validación de datos

Los datos primarios del flujo vehicular del mes de abril 2016 fueron levantados, procesados y validados por la Secretaria de Movilidad mediante el uso de: cámaras inteligentes con sensores incluidos para un conteo rápido del número de vehículos que circulan por las diferentes vías ubicadas en los semáforos de la ciudad, contadores automáticos los cuales se ubicaron en las calzadas de interés y conteos manuales por técnicos de la institución.

Los datos secundarios (flujo vehicular semanal abril 2016) fueron validados a través de métodos estadísticos: identificación de los límites de advertencia y de control, a través del cálculo de la media aritmética y desviación estándar. La información se tabuló y validó de acuerdo al formato de la tabla 4. Los datos ya validados se encuentran en el [Anexo 4](#).

Tabla 4.

Formato de tabulación y validación de datos

Intersección	Sentido	Flujo Vehicular 7:00 a 8:00				Media	Desviación Estándar	Promedio mensual	Límites de advertencia
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4				

3.3 Generación y configuración de la red vehicular

Dentro del Interfaz del software Synchro 8 se ingresó cartografía base para la construcción de la red vial, se utilizó una restitución georreferenciada del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito del año 2015 escala 1/1000 como se muestra en la figura 4.

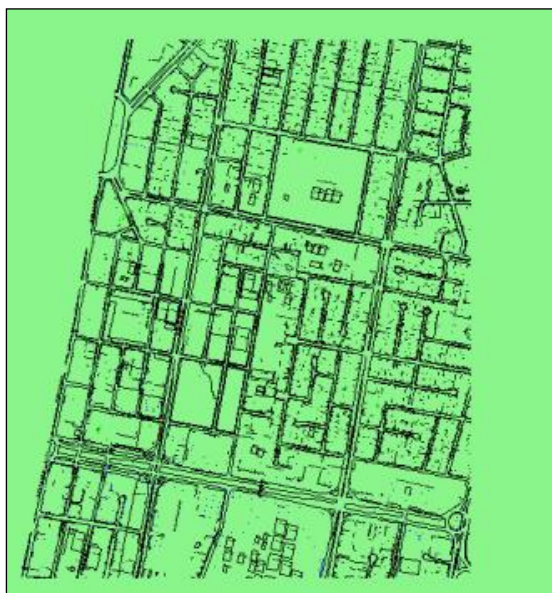


Figura 4. Cartografía base del área de estudio 2016

Se trazaron las vías e intersecciones tomando en cuenta diferentes parámetros como: el número de carriles, el ancho de vía, ancho de parterres, direcciones y señalización, como lo indica la figura 5.



Figura 5. Trazo de líneas e intersecciones en el área de estudio

3.3.1 Configuración de carriles

Para la configuración de la red vial se realizó una tabla con características físicas como: ancho de carriles, bahías, parterres y paso cebra para cada uno de los sentidos, duración de los diferentes ciclos de semáforos. Los datos ingresados se visualizan en la tabla 5.

Tabla 5.

Datos ingresados en la configuración de carriles

Características Físicas de carriles	Valor asignado
Ancho carril	Definido por intersección
Capacidad máx. vía	1900
longitud promedio auto	6,1
longitud promedio buses	13
Pasajeros equivalente a vehículos pesados	2
velocidad máxima km/h	50

Para el trazo del ancho de carriles, parterres y largo de bahías se realizaron mediciones en la orto foto del MDMQ 2015 escala 1/1000, y para la visualización de las direcciones y señalización de las vías se usó Google Street View como se indica en las figuras 6 y 7. Los datos obtenidos de las mediciones se visualizan en el [Anexo 5](#).

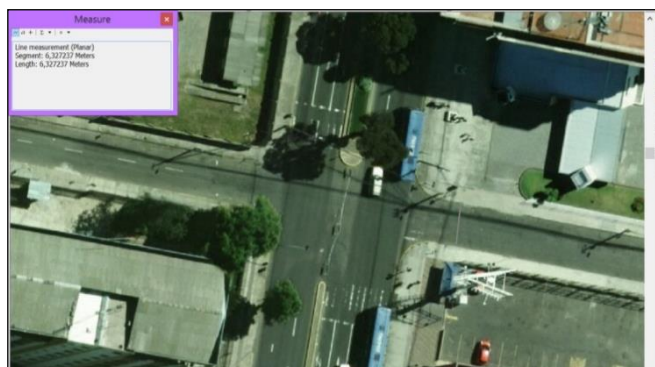


Figura 6. Medición del ancho de carril en la Orto foto del MDMQ, escala 1/1000

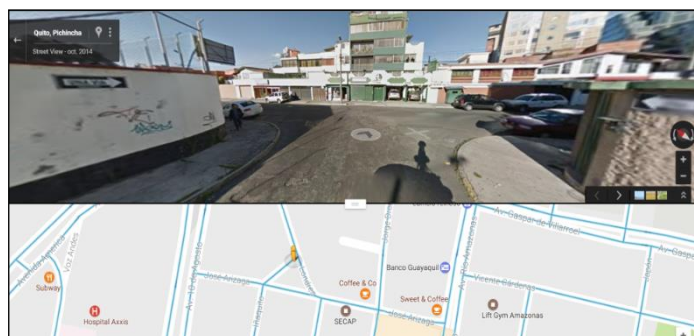


Figura 7. Visualización de dirección y señalización de vías en Google Street View

Dentro de la configuración de los ajustes del carril se ingresó la información de la tabla de características físicas antes mencionada, además se incluyó el nombre de la calle, flujo vehicular mensual abril 2016, su capacidad vial, largo de los diferentes tipos de vehículos que transitan, el número de pasajeros tripulantes por vehículo, permiso para giros derechos, velocidad promedio (50 km/h), tiempo de arranque, tiempo de seguimiento, tiempos en maniobras, velocidad límite hacia una señal de Pare; como muestra la figura 8 y 9. Los valores que se utilizaron en la configuración en su mayoría fueron datos obtenidos por la norma INEN o medidos en la Orto foto del MDMQ escala 1/1000.

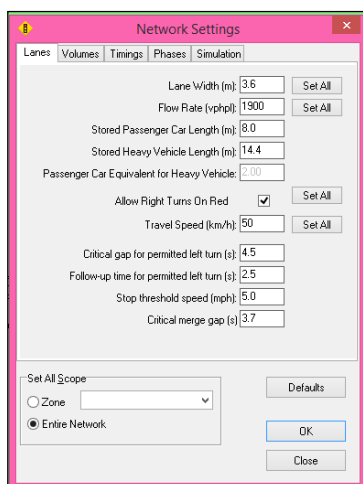


Figura 8. Configuración del carril

LANE SETTING	CEL	EST	ESH	VEL	VPL	VPR	101	102	103	104	105	106	107	108
Level and Street (N/S)	100	100	150	100	100	100	150	150	200	250	100	100	100	100
Traffic Volume (vph)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Distance (ft)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Lane Speed (mph)	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Storage Length (ft)	250	300	350	200	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Right Turn Clearance	None	None	None	None	None	None	None	None	None	None	None	None	None	None
Right Turn Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Annual Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Period of Analysis	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Weighted Flow Rate (veh)	343	353	363	373	383	393	403	413	423	433	443	453	463	473
Weighted Flow Rate (veh)	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Travel Time (s)														

Figura 9. Tabla de configuración del carril

3.3.2 Configuración del volumen vehicular

Para la configuración del volumen vehicular se ingresaron datos como: el flujo vehicular abril 2016 descrito en el [Anexo 2](#), el factor de la hora pico, factor de crecimiento vehicular, porcentaje de vehículos pesados y periodo de análisis. Los valores ingresados se describen en la tabla 6.

Tabla 6.

Variables ingresados a la configuración del volumen vehicular

VARIABLES PARA LA CONFIGURACIÓN DEL VOLUMEN VEHICULAR	VALOR ASIGNADO
flujo vehicular	definido por sentido
factor de la hora máxima demanda	0,92
Factor de crecimiento vehicular anual	0
% vehículos pesados	2
periodo de análisis	15

Dentro de la configuración de los ajustes de volumen, se ingresó la información sobre: factor de hora pico, factor de crecimiento vehicular, porcentaje de vehículos pesados, velocidad de peatones y el periodo de análisis, como se indica en las figuras 10 y 11.

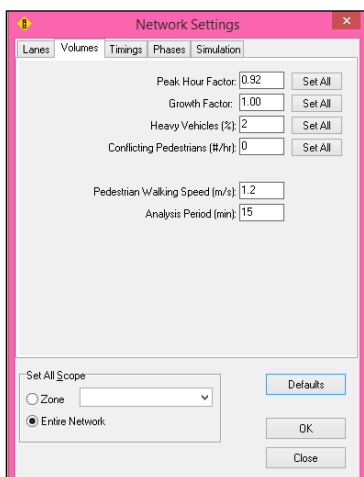


Figura 11. Ajuste del volumen

Figura 10. Tabla de ajuste de volumen

3.3.3 Configuración de sincronización y nodos

Dentro de la configuración de los nodos se definieron ciertas características; por ejemplo: el tipo de control: predeterminado (semaforizado con ciclo fijo), no semaforizado y tipo redondel. En el caso de ser una intersección no semaforizada, se ingresó la señalética correspondiente (pare, ceda el paso). Para intersecciones semaforizadas se ingresó dentro de los ajustes de sincronización de semáforos la información sobre: tiempo en verde y duración del ciclo semafórico; dichos valores se visualizan en el [Anexo 6](#), intervalo de tiempo amarillo, intervalo de todo rojo, fases de referencia, ICU; dichas variable se obtuvieron mediante datos estándar en el DMDQ y fueron explicadas en el marco teórico. Los datos que se ingresaron en la configuración se muestran en la tabla 7.

Tabla 7.

Datos ingresados en las características de sincronizaciones

Variables para la configuración de sincronizaciones	valor asignado (s)
duración del ciclo semáforo	definido por semáforo
Max duración del ciclo	definido por semáforo
tiempo amarillo	3
tiempo todo rojo	1
Fase de referencia	Definido por semáforo
Tipo de control	predeterminado

La configuración de las sincronizaciones (semáforos) se visualiza en las figuras 12 y 13.

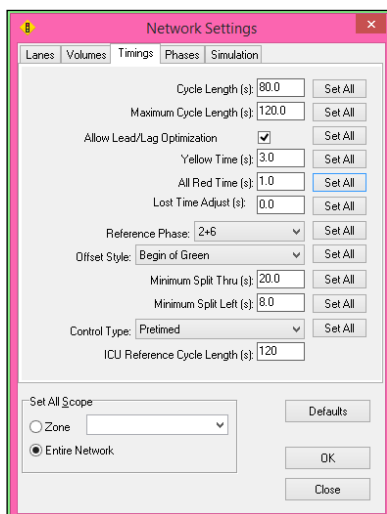


Figura 12. Ajustes de sincronización

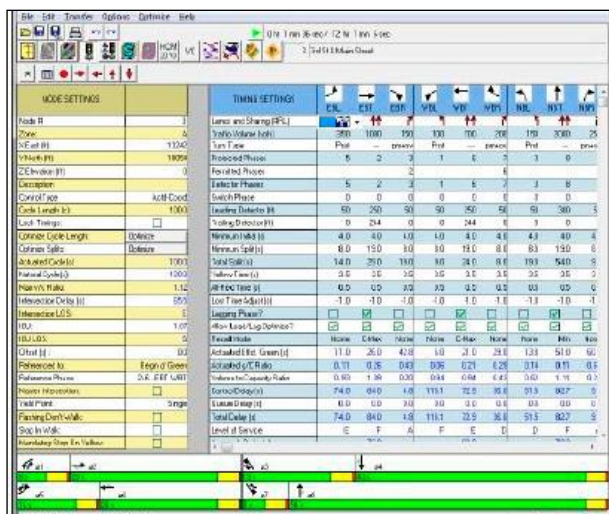


Figura 13. Tabla de ajuste de sincronización

3.3.4 Configuración de fases

Dentro de la configuración de los ajustes de fases se visualiza automáticamente la información ingresada en la configuración del semáforo y además se ingresó el espacio mínimo, tiempo antes de frenar, tiempo para frenar en cada nodo. Los datos que se ingresaron en la configuración de fases se muestran en la tabla 8.

Las fases peatonales, salidas fijas, y puntos de rendimiento no se tomaron en consideración dentro de la investigación.

Tabla 8.

Datos ingresados en las características de fases

Variables para la configuración de fases	valor asignado (s)
Inicial mínimo (tiempo en verde)	definido por semáforo
Tiempo antes de frenar	0,5
Tiempo para frenar	0,5

Lo antes expuesto se muestra en la figuras 14 y 15. Dichas variables fueron explicadas en el marco teórico.

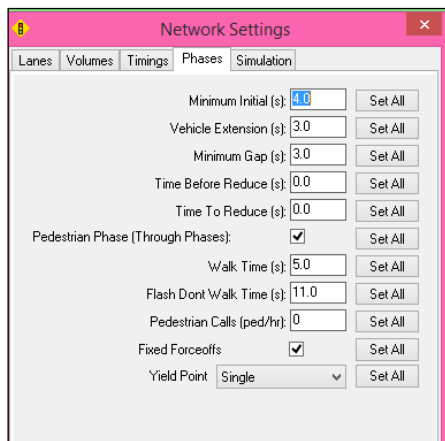


Figura 14. Ajustes de fases

PHASING SETTINGS	2-NBT	6-SBT
Minimum Initial (s)	87.0	87.0
Minimum Split (s)	91.0	91.0
Maximum Split (s)	91.0	91.0
Yellow Time (s)	3.0	3.0
All-Red Time (s)	1.0	1.0
Lagging Phase?	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—
Vehicle Extension (s)	3.0	3.0
Minimum Gap (s)	3.0	3.0
Time Before Reduce (s)	0.5	0.5
Time To Reduce (s)	0.5	0.5
Recall Mode	Max	Max

Figura 15. Configuración de ajustes de fases

3.3.5 Configuración de la simulación

Dentro de la configuración de la simulación se ingresó información sobre: longitud de las bahías, ancho de los parterres y ancho del paso cebra.

El ingreso de dichas variables en el software, se visualiza en las figuras 16 y 17.

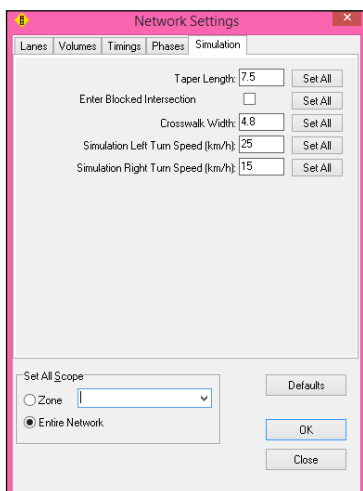


Figura 16. Ajustes de simulación

SIMULATION SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (HRL)												
Traffic Volume (vph)	0	0	0	0	0	50	0	2033	100	0	1607	429
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Taper Length (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Lane Width (m)	4.8	4.8	4.8	3.5	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Median Width (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	14.0	—	—	14.0	—
Link Offset (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—
Crosswalk Width (m)	—	4.8	—	—	4.8	—	—	4.8	—	—	4.8	—
TWLT Median	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—
Headway Factor	0.85	0.85	0.85	1.01	1.01	1.01	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
Turning Speed (km/h)	25	—	15	25	—	15	25	—	15	25	—	15
Mandatory Distance (m)	—	60.0	—	—	60.0	—	—	60.0	—	—	60.0	—
Positioning Distance (m)	—	416.7	—	—	416.7	—	—	416.7	—	—	416.7	—
Mandatory Distance 2 (m)	—	277.8	—	—	277.8	—	—	277.8	—	—	277.8	—
Positioning Distance 2 (m)	—	555.6	—	—	555.6	—	—	555.6	—	—	555.6	—

Figura 16. Configuración de ajustes de simulación

Al terminar con la configuración de la red, se activó la opción de animación de Synchro 8 y se generó una red enlazada con todas las variables la cual duró el periodo de tiempo que se estableció como hora de mayor demanda (7:00 a 8:00) tomando en cuenta un análisis de periodo de 15 minutos. Dicha simulación realizó varias iteraciones para confiabilidad de resultados. Lo expuesto anteriormente se visualiza en las figuras 18 y 19.

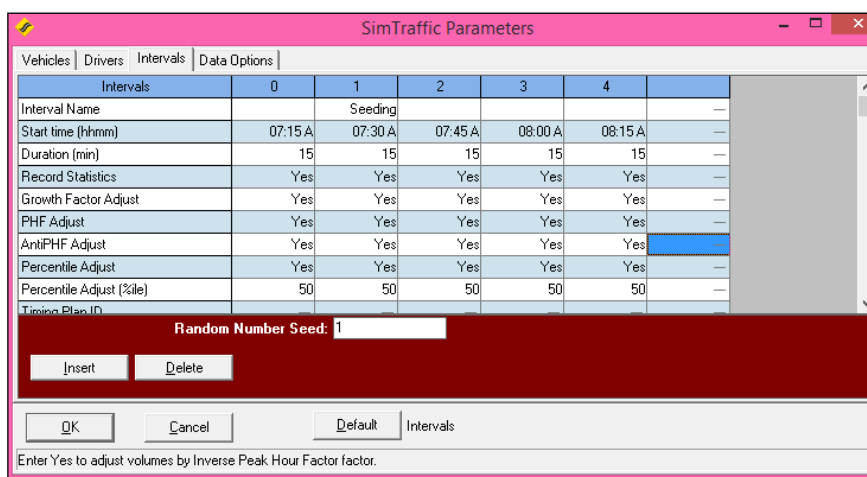


Figura 17. Configuración de intervalos de análisis

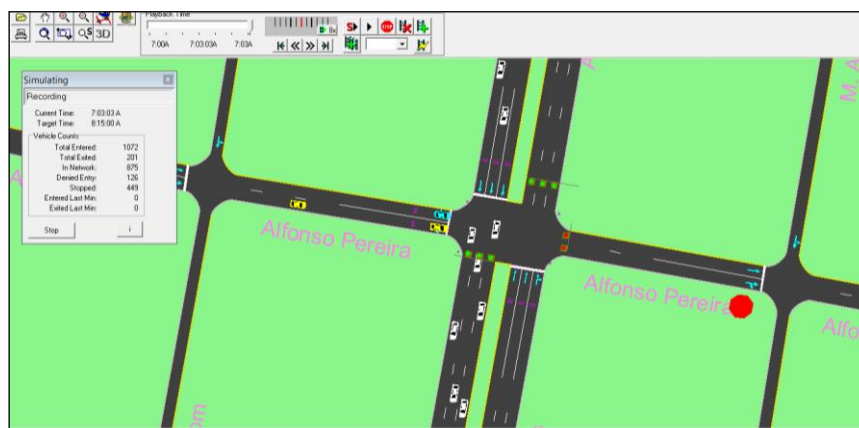


Figura 18. Visualización de la simulación

3.3.6 Visualización de la simulación en 3D escenario abril 2016

Finalmente se realizó una simulación en 3D para generar una mejor visualización de la situación actual del área de estudio, teniendo en cuenta los diferentes equipamientos de la zona; en donde pudo incluir modelos en 3D, los cuales

mejoraron la presentación de los resultados. En la figura 20 se puede visualizar lo expuesto.



Figura 19. Visualización de la simulación en 3D

3.4 Generación de tiempos de viaje Abril 2016

Los tiempos de viaje actuales (impedancias) fueron calculados a través de las estimaciones de velocidad, demoras y distancias de cada una de las intersecciones analizadas. Para la determinación de la distancia real de cada una de las intersecciones del área de estudio, el software synchro 8 tomó las distancias trazadas inicialmente con la cartografía base 1/1000, y para la determinación de la velocidad media actual el software elaboró gráficos estadísticos donde se visualizó dicha información. Dicho gráfico se visualiza en el [Anexo 7](#).

Una vez obtenidos datos de las velocidades medias y distancias, se calculó el tiempo de viaje en segundos para cada uno de los sentidos en cada intersección del área de estudio mediante la fórmula 15.

Los tiempos de viaje 2016 calculados se visualizan en el [Anexo 8](#).

3.5 Generación de nuevo flujo vehicular para escenario abril 2017

Para el análisis de la generación de tráfico por el flujo vehicular atraído por la plataforma gubernamental financiera y el complejo judicial norte se tomó en cuenta la distribución espacial de la movilidad de la población del Distrito Metropolitano de

Quito realizada en la encuesta domiciliaria de movilidad en el periodo de tiempo marzo-abril 2011 (EDM11); donde se hizo un estudio de los viajes en transporte privado hacia las distintas administraciones zonales y el conteo de vehículos livianos por habitantes del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ); además se obtuvieron datos de viajes en transporte privado a nivel parroquial proporcionados por la Secretaria de Movilidad y así se calculó el número de vehículos privados que ingresan a la parroquia Ñaquito en el año 2011; dichos datos fueron proyectados al año 2016 tomando en cuenta el crecimiento vertiginoso del parque vehicular, se calculó con la fórmula 3 del marco teórico. La información tabulada se la visualiza en la tabla 9.

Tabla 9. Ingreso de vehículos privados a la parroquia Ñaquito (2011) y proyección 2016

Administraciones zonales	viajes totales	Vehículos privados	viajes a Ñaquito 2011	Vehículos privados Ñaquito 2011	Vehículos Ñaquito 2016
Quitumbe-Sur	228.589	70.745	10.869	3.364	4.438
Centro	125.232	24.652	11.490	2.262	2.984
Norte	428.541	90.259	88.395	18.618	24.564
La Delicia- Calderón	81.145	54.020	18.580	12.369	16.320
Tumbaco	41.822	20.088	5.633	2.706	3.570
Los Chillos	31.251	19.493	2.546	1.588	2.095
TOTAL					53.971

Fuente: EDM, 2011

Para la asignación de los flujos vehiculares generados por los proyectos, se calculó el porcentaje de vehículos livianos en el horario de estudio (7:00 a 8:00), considerando:

- Los vehículos livianos que ingresan a Iñaquito en el año 2016 (53.971)
- Los vehículos livianos que ingresan al área de estudio dentro del horario de máxima demanda de flujo vehicular establecido de 7:00 a 8:00 (13.148)

Los cuales representan el 24% de vehículos que ingresan a la parroquia Iñaquito cuyo detalle se muestra en la tabla 10:

Tabla 10.

Porcentajes vehículos privados que ingresan a la parroquia Iñaquito.

Administraciones zonales	Vehículos privados Iñaquito	Vehículos privados área de estudio (7-8)	% vehículos privados Iñaquito
Quitumbe-Sur	4.438	1.081	8%
Centro	2.984	727	6%
Norte	24.564	5.984	46%
La delicia- Calderón	16.320	3.976	30%
Tumbaco	3.570	870	7%
Los Chillos	2.095	510	4%
TOTAL	53.971	13.148	100%

Fuente: EDM11, Secretaria de Movilidad

- **Aumento del parque vehicular anual**

Para el aumento del parque vehicular anual se tomó en cuenta el plan maestro de movilidad 2009 - 2025; el cual indica una tasa de crecimiento anual promedio de 5,7% entre el 2010 – 2014

- **Aumento de flujo vehicular por la plataforma Gubernamental Financiera**

Para la determinación de la composición del tráfico se basó en los resultados de las encuestas de origen – destino, realizadas por la Secretaria de Movilidad 2015; por lo tanto se determinó que los 3800 funcionarios llegaran de la siguiente manera: el 65% lo hará en transporte público, 19% en transporte privado y el 16% en taxis, la cual se muestra en la tabla 11:

Tabla 11.

Modo de transporte de funcionarios de la plataforma gubernamental financiera

Modo de transporte	Porcentaje	Número de funcionarios
Transporte público	65%	2.470
Transporte particular	19%	722
Taxis	16%	608
Total	100%	3.800

Fuente: Secretaria de movilidad, 2011

Por lo tanto, el flujo vehicular de tipo privado que se generó por efecto de funcionarios hacia la Plataforma Gubernamental Financiera fue de 1330 autos sumados entre vehículos particulares y taxis.

Para la determinación de la llegada de usuarios al proyecto en el horario de 7:00 a 8:00, se tomó en cuenta el informe de impacto a la circulación de tráfico y propuesta de mitigación de la plataforma gubernamental centro norte Ñaquito, en donde se estableció que el proyecto contará con 536 plazas de estacionamiento, de las cuales 356 están destinadas para los usuarios que se acerquen a realizar sus trámites; además se consideró la hipótesis que en esa hora se ocuparía el 25% de las plazas asignadas para los usuarios; es decir se asumió la llegada de 90 vehículos privados al establecimiento.

Con dichas consideraciones, se obtuvo un flujo vehicular de 1420 autos que llegarán por efecto del proyecto.

- Planteamiento de rutas de acceso a la plataforma gubernamental financiera

Los flujos vehiculares que ingresaron al área de influencia debido a la plataforma gubernamental financiera lo hicieron por cuatro posibles accesos desde las diferentes administraciones zonales del Distrito Metropolitano de Quito: Quitumbe – Sur Urbano, Centro, Norte – La Delicia – Calderón, y Tumbaco – Los Chillos; los cuales se distribuyeron en diferentes rutas tomando en cuenta los diferentes porcentajes representados en la tabla 11.

Existen varias posibilidades de rutas de acceso al proyecto, sin embargo el presente trabajo de titulación estableció un escenario tomando en cuenta una de dichas posibilidades. Las rutas de acceso establecidas desde cada administración zonal, son las siguientes:

- Quitumbe – Sur Urbano (8%):
 - Desde la Av. Naciones Unidas (redondel), Ñaquito, Alfonso Pereira y Japón.
- Centro (6%):
 - Desde la Av. 10 de Agosto (redondel), Ñaquito, Alfonso Pereira y Japón.
- Norte – La Delicia – Calderón (76%):
 - Desde la Av. América (redondel “La Y”), Av. Gaspar de Villarroel, Jorge Drom, Alfonso Pereira y Japón.
 - Desde la Av. Gaspar de Villarroel y Av. Amazonas, José Arizaga, Jorge Drom, Alfonso Pereira y Japón.
 - Desde la Av. Gaspar de Villarroel y Av. De los Shyrís, y Japón.
- Tumbaco – Los Chillos (11%):
 - Desde la Av. De los Shyrís y Av. Naciones Unidas y Japón.
 - Desde la Av. Amazonas y Av. Naciones Unidas, Unión de Periodistas y Japón.

En la tabla 12 se muestra de manera cuantitativa el equivalente en flujo vehicular de cada porcentaje perteneciente a cada ruta de acceso.

Tabla 12.

Nuevos flujos vehiculares de ingreso al proyecto Plataforma Financiera

Administración Zonal	Intersección de inicio de la ruta	Porcentaje de ingreso (%)	Número de vehículos aumentados
Quitumbe – Sur Urbano	Av. Naciones Unidas (redondel)	8	114
Centro	Av. 10 de Agosto (redondel)	6	85
Norte – La Delicia - Calderón	Av. América (redondel “La Y”)	76	360
	Av. Amazonas y Av. Gaspar de Villarroel		360
	Av. De los Shyris y Gaspar de Villarroel.		359
	Subtotal		1079
Tumbaco – Los Chillos	Av. De los Shyris y Naciones Unidas	11	78
	Av. Amazonas y Naciones Unidas		78
	Subtotal		156
Total			1434

El porcentaje de ingreso de flujo vehicular fue distribuido a lo largo de las rutas desde la intersección o Av. de ingreso hacia la calle adyacente al proyecto. Ver rutas a la plataforma Gubernamental Financiera en el [Anexo 9](#).

- **Aumento de flujo vehicular por el Complejo Judicial Norte**

Para la determinación del flujo vehicular que generó la implementación del Complejo Judicial Norte; se basó en los resultados de las encuestas origen-destino realizadas por la Secretaría de Movilidad, en las cuales se determinó que de los 652

funcionarios que arribarán al Complejo el 39,65% lo harán en transporte particular, el 38,85% en transporte público y el 21,5% utilizarán otro tipo de movilización. Esta distribución se muestra en la tabla 13.

Tabla 13.

Modos de transporte de funcionarios del Complejo Judicial Norte.

Modo de transporte	Porcentaje	Número de funcionarios
Transporte público	38,85 %	253
Transporte privado	39,65%	259
Otros	21,5%	140
TOTAL	100%	652

Fuente: Secretaría de Movilidad

Por lo tanto el flujo vehicular de tipo privado que se generó por efecto del proyecto es de 259 vehículos.

Para la determinación de la llegada de usuarios al proyecto en el horario de 7:00 a 8:00, se tomó en cuenta estudio de impacto ambiental del Consejo Judicial Norte, en donde se estableció que el proyecto contará 447 plazas de estacionamientos, de las cuales 194 estarán destinadas para uso público; además se consideró la hipótesis que en esa hora se ocuparía el 25% de las plazas asignadas para los usuarios; es decir se asumió la llegada de 49 vehículos privados al establecimiento.

De esta manera se obtuvo un flujo vehicular privado de 308 autos que se incrementaron por dicho proyecto.

– **Planteamiento de rutas de acceso al complejo judicial norte**

Los flujos vehiculares que ingresaron al área de influencia debido al complejo judicial norte lo hicieron por cuatro posibles accesos desde las diferentes administraciones zonales del Distrito Metropolitano de Quito: Quitumbe – Sur Urbano, Centro, Norte – La Delicia – Calderón, y Tumbaco – Los Chillos; los cuales se distribuyeron en diferentes rutas tomando en cuenta los diferentes porcentajes anteriormente calculados.

Existen varias posibilidades de rutas de acceso al proyecto, sin embargo el presente trabajo de titulación estableció un escenario tomando en cuenta una de dichas posibilidades. Las rutas de acceso desde cada administración zonal, son las siguientes:

- Quitumbe – Sur Urbano (8%):
 - Desde la Av. Naciones Unidas (redondel), Iñaquito y Alfonso Pereira.
- Centro (6%):
 - Desde la Av. 10 de Agosto (redondel), Iñaquito y Alfonso Pereira.
- Norte – La Delicia – Calderón (76%):
 - Desde la Av. América (redondel “La Y”), Av. Gaspar de Villarroel, Jorge Drom y Alfonso Pereira.
 - Desde la Av. Gaspar de Villarroel y Av. Amazonas, José Arizaga, Jorge Drom y Alfonso Pereira.
 - Desde la Av. Gaspar de Villarroel y Av. De los Shyris, Jorge Drom y Alfonso Pereira.
- Tumbaco – Los Chillos (11%):
 - Desde la Av. De los Shyris y Av. Naciones Unidas, Av. Amazonas, Villalengua, Iñaquito y Alfonso Pereira.
 - Desde la Av. Amazonas y Av. Naciones Unidas, Villalengua, Iñaquito y Alfonso Pereira.

En la tabla 14 se muestra de manera cuantitativa el equivalente en flujo vehicular de cada porcentaje perteneciente a cada ruta de acceso.

Tabla 14.**Nuevos flujos vehiculares de ingreso al proyecto Complejo Judicial Norte**

Administración Zonal	Intersección de inicio de la ruta	Porcentaje de ingreso (%)	Número de vehículos aumentados
Quitumbe – Sur Urbano	Av. Naciones Unidas (redondel)	8	25
Centro	Av. 10 de Agosto (redondel)	6	18
Norte – La Delicia - Calderón	Av. América (redondel “La Y”)	76	78
	Av. Amazonas y Av. Gaspar de Villarroel		78
	Av. De los Shyris y Gaspar de Villarroel.		78
	Subtotal		234
Tumbaco – Los Chillos	Av. De los Shyris y Naciones Unidas	11	17
	Av. Amazonas y Naciones Unidas		17
	Subtotal		34
Total			311

El porcentaje de ingreso de flujo vehicular fue distribuido a lo largo de las rutas desde la intersección o Av. de ingreso hacia la calle adyacente al proyecto. Ver rutas al complejo judicial norte en el [Anexo 10](#).

3.6 Modificación de la red vial para el escenario abril 2017

Para obtener el escenario con proyectos se realizaron las siguientes modificaciones en el sistema vial:

- **Plataforma Gubernamental Financiera**

Se cerró la calle Julio Ayala en el tramo comprendido entre las calles Alfonso Pereira y Unión Nacional de Periodistas y la calle Juan José Villalengua comprendido en el tramo entre la calles M. Ayora y Japón; además en la calle Pereira hubo cambio de sentidos de “Una vía” a “Doble vía”, reformas geométricas generando una bahía para el giro izquierdo Este- Sur e implementación de semáforos con tres fases; además se ensanchó la calle Japón entre las calles Unión Nacional de Periodistas y Pereira en una distancia 2.9m y se adicionó estacionamientos temporales en frente a los proyectos establecidos. En la Figura 21 y 22 se indican los cambios establecidos.



Figura 20. Sistema vial sin proyecto.



Figura 21. Sistema vial con proyecto.

- **Complejo Judicial Norte**

En la calle Jorge Drom se planteó una vía de embarque y desembarque que cuenta con una capacidad para estacionamiento temporal de 3 vehículos simultáneamente dispuestos en 23m de longitud, esta bahía será utilizada por vehículos de paso (taxis o vehículos que transportan a personas privadas de la libertad).

Se ingresaron los nuevos flujos vehiculares, para los cuales se tomó en cuenta el incremento del parque vehicular (5,7% anual), y el aumento de vehículos privados que generó cada proyecto anteriormente mencionado.

3.6.1 Configuración de la simulación escenario 2017

Al terminar con la modificación de la red con la presencia de los proyectos, se activó la opción de animación de Synchro 8 considerando los mismos parámetros del escenario sin proyecto. Dicha simulación que se muestra en la figura 22 realizó varias iteraciones para confiabilidad de resultados.



Figura 22. Nueva simulación con proyectos.

3.6.2 Visualización de la simulación en 3D

Finalmente se realizó una simulación en 3D para generar una mejor visualización de la situación futura del área de estudio con la presencia de la plataforma gubernamental financiera y el complejo judicial norte. Para el ingreso de modelos 3D se siguió el procedimiento anteriormente mencionado. En la figura 24 se visualiza lo anteriormente expuesto.



Figura 23. Nueva simulación con proyectos en 3D

3.7 Calculo de los tiempos de viaje abril 2017

Una vez obtenido el aumento de flujo vehicular con la metodología indicada en el numeral 3.3.2, el software generó nuevas velocidades medias como se indica en el [Anexo 11](#) y así se calcularon los tiempos de viaje (impedancias) a través de la metodología mencionada en el numeral 3.3.1. Los tiempos de viaje Abril 2017 se pueden visualizar en el [Anexo 12](#).

3.8 Validación de resultados

3.8.1 Validación de tiempos de viaje abril 2017 (calculados vs medidos en campo)

La Validación de datos se la realizó a través de la verificación de tiempos de viaje en el área de estudio. Se tomó una muestra de población finita del total de intersecciones al 95% de confiabilidad con la fórmula 19. La selección de las intersecciones se la realizó a través del criterio del muestreo por conglomerados (población en grupos parecidos); para seleccionar las intersecciones del total se utilizó el criterio del muestro sistemático así como la selección de las direcciones. Las muestras obtenidas se encuentran en el [Anexo 13](#).

Una vez realizada la verificación de los tiempos de viaje en el área de estudio se validaron a través de pruebas de hipótesis para comprobar la homocedasticidad y veracidad de los datos.

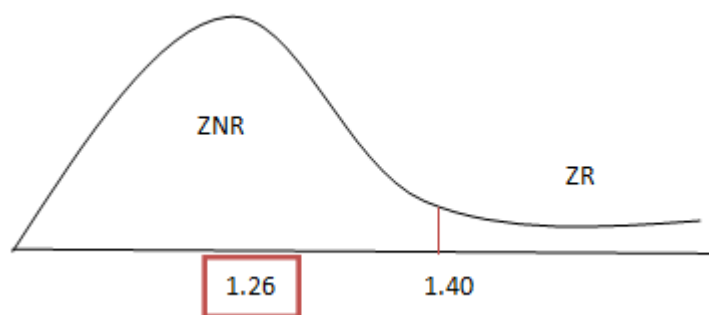
A continuación se muestra las pruebas de hipótesis que se realizaron para validar los tiempos de viaje futuros: calculados y los verificados en campo.

- Prueba F para varianzas de dos muestras

Hipótesis

Ho $S1 = S2$
 Ha $S1 \neq S2$

	Variable 1	Variable 2
Media	57,45492765	56,46875
Varianza	1497,138578	1185,304276
Observaciones	96	96
Grados de libertad	95	95
F	1,263083757	
P(F<=f) una cola	0,128410307	
Valor crítico para F (una cola)	1,40384092	

**Dónde:**

ZNR: Zona de no rechazo; ZR: Zona de rechazo

Decisión:

Ho se acepta; las varianzas son iguales es decir homocedasticas.

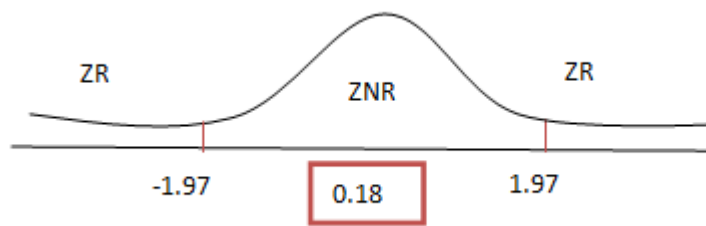
- Prueba T (Varianzas poblacionales desconocidas pero supuestamente iguales)

Hipótesis

Ho: $\mu_1 = \mu_2$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2$

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	57,4549277	56,46875
Varianza	1497,13858	1185,30428
Observaciones	96	96
Varianza agrupada	1341,22143	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	190	
Estadístico t	0,18656301	
P(T<=t) una cola	0,42610116	
Valor crítico de t (una cola)	1,65291295	
P(T<=t) dos colas	0,85220232	
Valor crítico de t (dos colas)	1,97252818	



Decisión:

Ho se acepta; por lo tanto los tiempos de viaje calculados y los tiempos de viaje medidos en campo son semejantes.

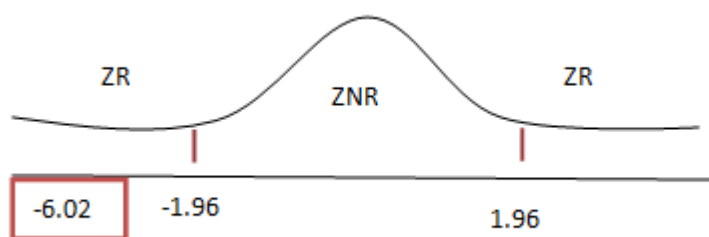
3.8.2 Validación de la hipótesis (tiempos abril 2016 vs tiempos abril 2017)

Una vez calculados los tiempos de viaje abril 2016 – abril 2017 se realizó la prueba de distribución de diferencias de medias muestrales para dos poblaciones normales, para lo cual se utilizó la fórmula 21 descrita en el numeral 2.2.2.1 de la fundamentación teórica.

- Prueba z para la diferencia de medias con varianzas poblacionales conocidas

Ho: $U1 \geq U2$
Ha: $U1 < U2$

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	38,9448276	57,7349138
Varianza (conocida)	567	1693
Observaciones	232	232
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	-6,02030571	
P(Z<=z) una cola	8,7044E-10	
Valor crítico de z (una cola)	1,64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	1,7409E-09	
Valor crítico de z (dos colas)	1,95996398	



Decisión: H_0 se rechaza, por lo tanto se acepta H_a ; es decir los tiempos de viaje 2016 son menores a los tiempos de viaje 2017. Se demostró la comprobación de la hipótesis planteada.

3.9 Generación de rutas óptimas 2016-2017

3.9.1 Digitalización de la zona de estudio

Para la generación de rutas óptimas se utilizó el software ArcGIS 10.3 donde se digitalizó una red vial del área de estudio en base a la Ortofoto 1/1000 del Distrito Metropolitano de Quito, se obtuvo un shape por cada red vial 2016 y 2017.

La información geográfica tuvo parámetros de estandarización entre ellos fueron: sistemas de referencia: TMQ; proyección: WGS84, escala: 1/1000.

3.9.2 Generación de atributos

Se generó una tabla formato .xls para almacenar los datos alfanuméricos y cualitativos basados en la información recopilada previamente en la configuración vial en el software Synchro 8. En la tabla 15 se indican algunos de los datos que se registraron para las redes viales 2016-2017.

Tabla 15. Formato de tabla de vías 2016 y 2017

Id	Nombre	sentido	Tipo vía	Estado	Carriles	Flujo	semáforo	Pares	Impedancia	Línea cebra	Jerarquía	Longitud

Los datos registrados en cada una de las tablas se adjuntó al shape de vías 2016 y 2017 para lo cual se utilizó la herramienta Join Data, herramienta que se indica en la figura 25.

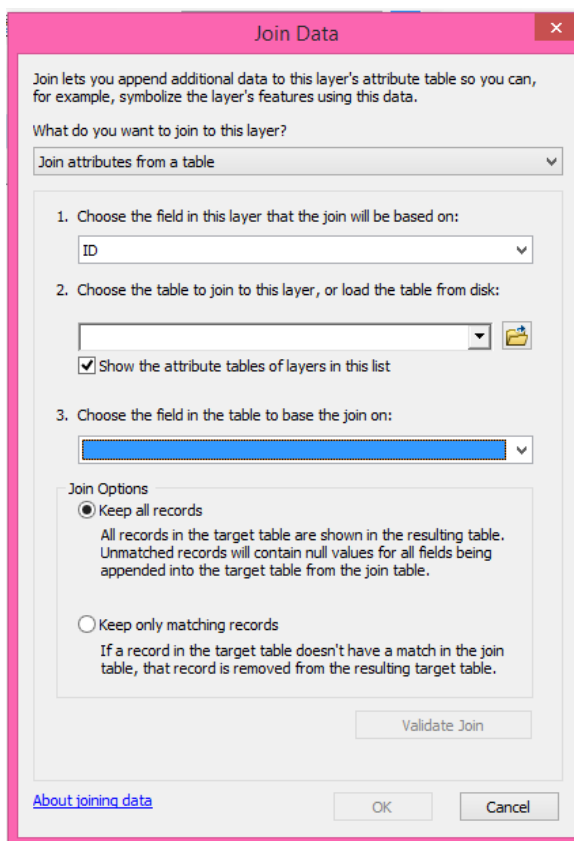


Figura 24. Herramienta Join Data

3.9.3 Modelo Lógico de datos

Antes de realizar la base de datos geográfica se realizó una estructura del modelo lógico de dicha base de datos, la base de datos tendrá una extensión .gdb y será estructurada como se indica en la tabla 16 y 17.

Tabla 16.

Estructura del modelo lógico de la base de datos geográfica 2016

Base de datos geográfica (BDG)	Conjunto de entidades de datos (Feature Dataset)	Clase de entidad (Feature Class)
Red Iñaquito actual	Red vial 2016	Vías_2016
		Giros restringidos

Tabla 17.

Estructura del modelo lógico de la base de datos geográfica 2017

Base de datos geográfica (BDG)	Conjunto de entidades de datos (Feature Dataset)	Clase de entidad (Feature Class)
Red Iñaquito futuro	Red vial 2017	Vías_2017
		Giros restringidos

3.9.4 Generación de una base de datos

Se creó una base de datos para el escenario 2016 y 2017 basándose en el modelo lógico generado para así poder corregir errores topológicos existentes y realizar una red de datos geográfica a través de ArcCatalog extensión de ArcGIS 10.3, se realizó para ambos el siguiente procedimiento:

- Se creó un conjunto de entidades de datos llamado redvial_2016
- Se creó una clase de entidad vacío llamado vías_2016, y se cargó el shape vías_2016 que ya tenía adjuntada la tabla con datos de la red vial.
- Se creó una entidad de giro vacío a través de la herramienta crear entidad de giro para ingresar las restricciones viales de la zona de estudio una vez creado la red de datos.

3.9.5 Generación de la red de datos

Una vez creado la base de datos geográfica se abrió ArcCatalog y se ubicó la dirección de trabajo, luego se seleccionó el conjunto de entidades de datos redvial_2016 y se seleccionó con el botón derecho la opción nueva: red de datos como se indica en la figura 26.

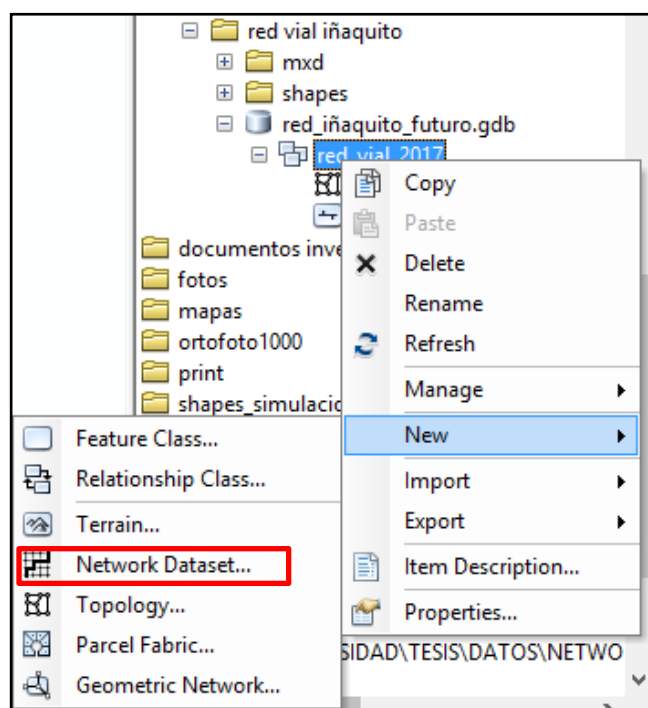


Figura 25. Creación de una red de datos.

Para la creación de la red de datos se realizó el siguiente procedimiento:

Se abrió el asistente para la creación de la red de datos, se ingresó un nombre, se escogió la clase de entidad que fue ingresada en la red de datos: vias_2016 que represento las avenidas y calles de la zona de estudio.

Se seleccionó la clase de entidad que representa la modelación de giros en la red llamado: giros globales y giros restringidos, además se modeló la conectividad donde se establecieron los puntos finales coincidentes de las entidades de línea durante el proceso de construcción.

Se determinó los atributos y sus valores presentes en el interior de la red de datos como son los atributos de tiempo, distancia, sentidos, giros restringidos y la jerarquía vial como se muestra en la figura 27.

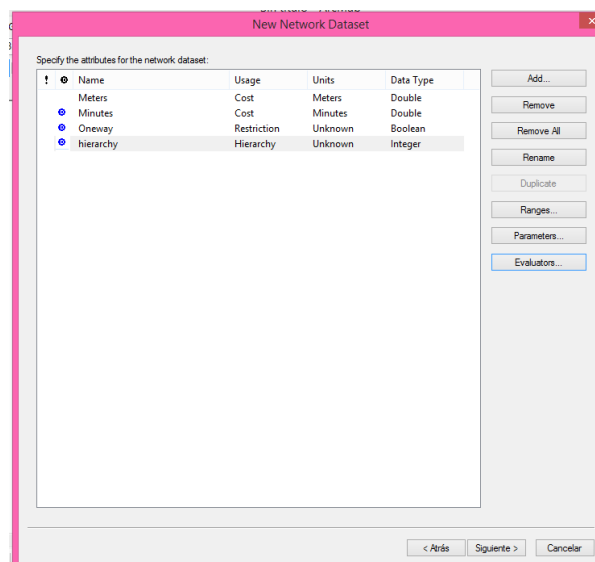


Figura 26. Atributos de la red de datos.

Se determinó la configuración sobre las unidades de impedancia, atributo de tiempo, atributo de distancia, permisos para girar en u, direcciones y el trazo de restricciones de giros prohibidos en la zona de estudio como se indica en la figura 28.

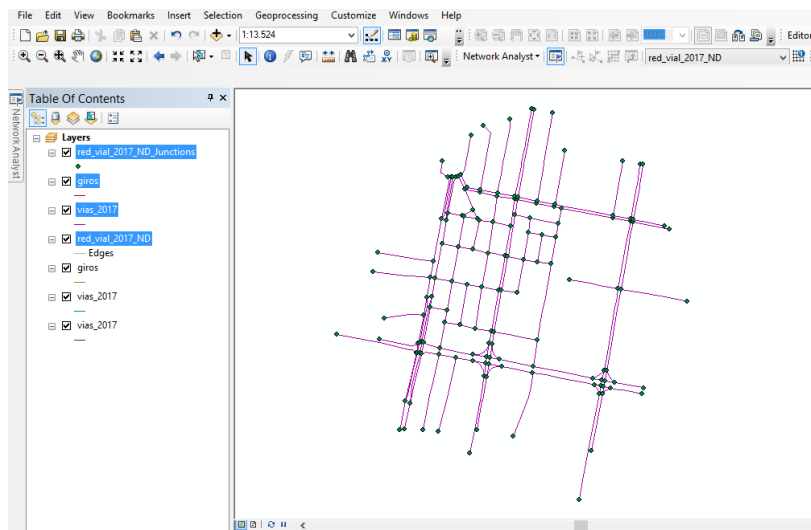


Figura 27. Red de datos de la zona de estudio

3.9.6 Modelación de rutas optimas 2016 -2017

Se modelaron diferentes rutas a la plataforma financiera y al complejo judicial norte mediante la herramienta Network Analyst, en ambos escenarios se tomó en cuenta los diferentes orígenes por donde se puede acceder a dichos equipamientos.

En los gráficos 29- 30 se indica un ejemplo del modelamiento de la ruta que empieza en el redondel “La Y” hacia la plataforma gubernamental financiera y el detalle de los tiempos de viaje que se obtuvieron en su trayecto.

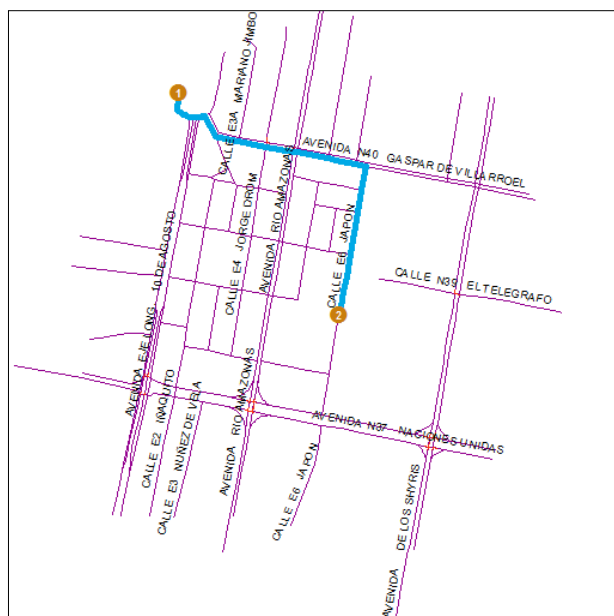


Figura 28. Ruta redondel "La Y" hacia la plataforma Financiera

Route: redondel "La Y" - Plataforma Financiera		615,6 m	8 min
1:	Start at redondel "La Y"		
2:	Go south on AVENIDA AMERICA toward AVENIDA EJE LONG. 10 DE AGOSTO / CALLE EJE LONG. 10 DE AGOSTO	46,6 m	< 1 min
3:	Bear left on CALLE EJE LONG. 10 DE AGOSTO	116,8 m	3 min
4:	Turn right on CALLE E3 LONDRES	64,4 m	< 1 min
5:	Turn left on AVENIDA N40 GASPAR DE VILLARROEL	147,7 m	< 1 min
6:	Turn right on CALLE E4 JORGE DROM	198,3 m	3 min
7:	Make sharp left on CALLE N39A ALFONSO PEREIRA	41,9 m	< 1 min
8:	Finish at Plataforma Financiera , on the left		
Total time: 8 min			
Total distance: 615,6 m			

Figura 29. Detalle de los tiempos de viaje obtenidos en la ruta del figura 29

3.10 Generación del visor geográfico

Una vez generada la base de datos geográfica, se implementó una herramienta web para el libre acceso de la información geoespacial que se generó.

- **Creación del servicio web a partir del componente GeoServer**

El primer paso para la creación de la herramienta web fue la instalación de la plataforma OpenGeo Suite, a través de la cual se utilizó el componente GeoServer para la generación del servicio web de mapas mediante el ingreso de las diferentes clases de entidades, creados en la base de datos geográfica para su respectiva visualización en una interfaz de usuario.

Una vez que se ingresó a la interfaz de GeoServer, fue necesario generar un espacio de trabajo con su respectivo URL, como se indica en la figura 30.

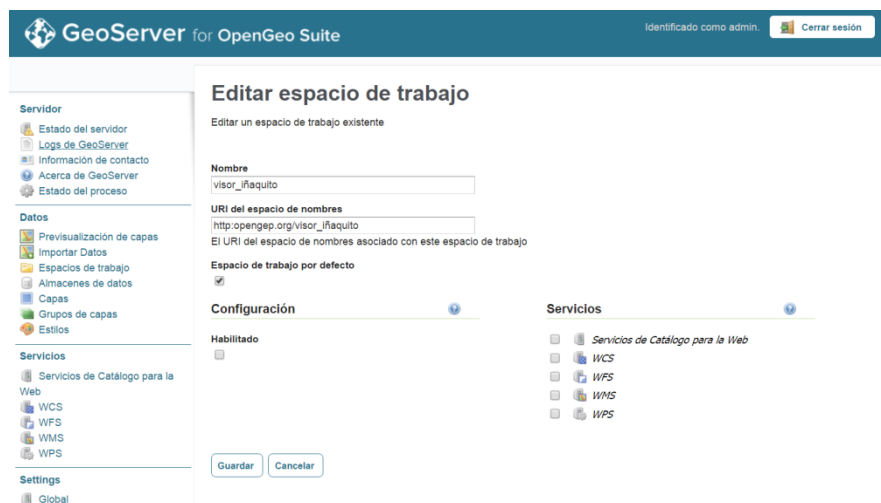


Figura 30. Creación del espacio de trabajo en Geoserver

Una vez creado el espacio de trabajo, se procedió a ingresar la información cartográfica a través de la pestaña: almacenes de datos como indica la figura 31; con los resultados obtenidos de la investigación correspondiente a las rutas óptimas para cada proyecto en estudio.

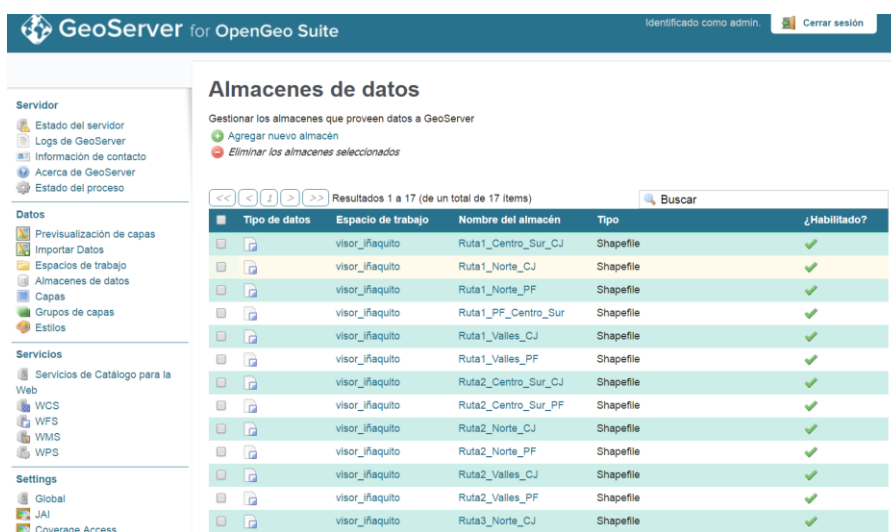


Figura 31. Ingreso de la información cartográfica.

Se realizó la edición de todas las capas ingresadas, para lo cual se estableció la información básica que sería publicada de cada una y también se definió el sistema de coordenadas de dicha información.

De esta manera en GeoServer se almacenaron las capas a utilizarse en la herramienta web.

- **Generación de estilos de las capas en el programa Kosmo.**

La interfaz de usuario se la realizó mediante el componente GeoExplorer de la plataforma OpenGeo Suite; dicho componente utilizó el formato SLD para la implementación de estilos y simbología de las capas que se visualizaron; por lo tanto fue indispensable utilizar el programa Kosmo para la generación de los respectivos estilos.

Para la creación de los estilos, se agregó cada una de las capas en la interfaz de Kosmo, y mediante la configuración de estilos se establecieron los cambios correspondientes y necesarios a cada capa, como se muestra en la figura 32.

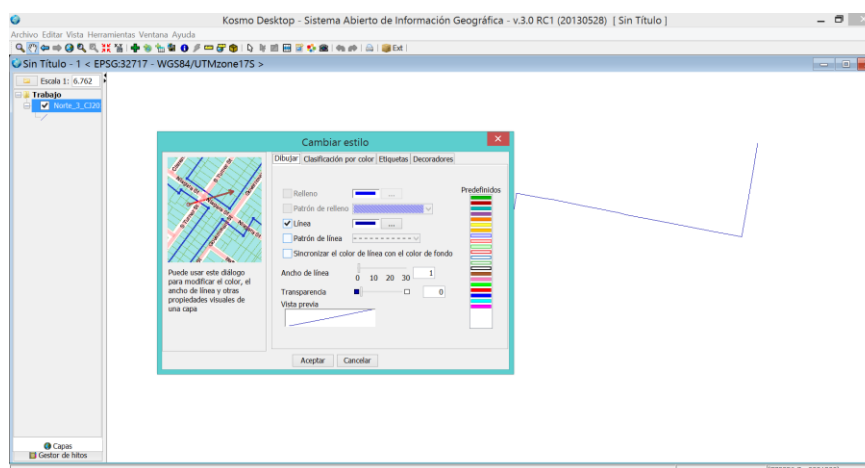


Figura 32. Configuración de estilos en el programa Kosmo

Cada uno de los estilos creados, fueron exportados en formato SLD a través del programa Kosmo, de esta manera se logró cargarlos dentro del componente GeoServer, mediante la opción de estilos del mismo, como se muestra en la figura 33.

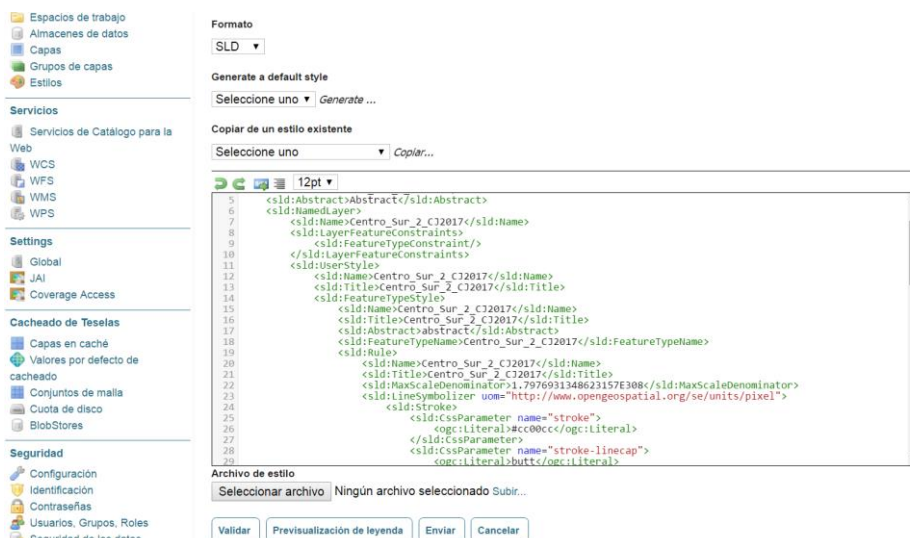


Figura 33. Formato SLD de estilos cargados en GeoServer

Fue importante incluir el nuevo estilo dentro de cada capa antes ya almacenada en GeoServer, para la correcta visualización en el servicio web del componente GeoExplorer.

- **Implementación del visor geográfico**

La implementación del visor geográfico se programó a través de GeoExplorer, que es uno de los elementos de OpenGeo Suite. Se creó una interfaz para facilitar la interacción entre el usuario y el visor creado a través de la creación de un código HTML, CSS Y JavaScript que después se utilizó dentro de una página web. Para esto se realizaron los siguientes pasos:

- Se ingresó al GeoExplorer donde se pudo incluir información cartográfica básica y se añadieron capas subidas anteriormente en el GeoServer junto con su estilo diseñado en Kosmo.
- Se seleccionó las funciones que tendrá el visor web.
- Se exportó el visor, mediante la obtención de su código HTML:

```
<iframe style="border: none;" height="600" width="800"
src="http://localhost:8080/geoexplorer/viewer/#maps/8"></iframe>
```

En la figura 35 se visualiza el visor creado con las rutas óptimas a la plataforma financiera.

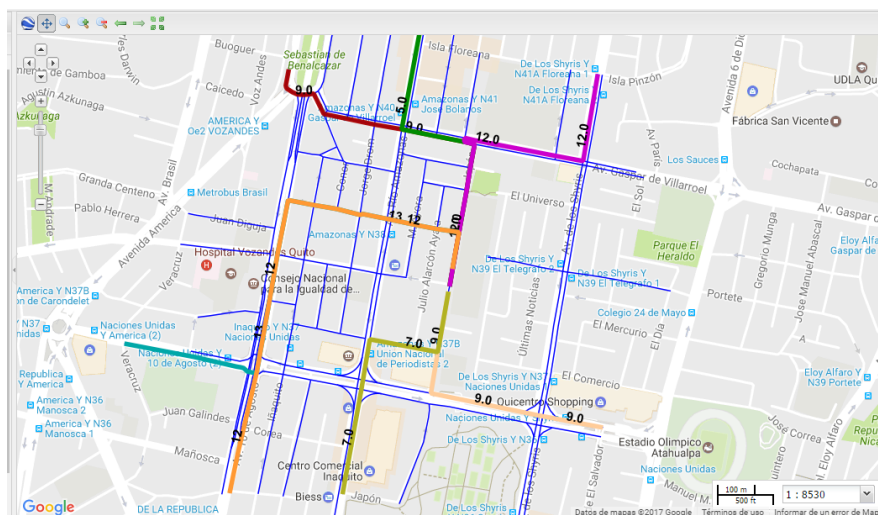


Figura 34. Visor geográfico de las rutas óptimas a la plataforma financiera

Para publicar el visor, se utilizó una plataforma de desarrollo web llamado WIX, que brinda el diseño de la página web y el dominio para que el código se redirija al servidor en el cual se encuentra instalada la plataforma del visor geográfico. Los pasos a seguir fueron:

- Creación de la cuenta en la plataforma WIX
- Obtención de dominio gratis proporcionado por la plataforma web WIX
- Administración del dominio creado.
- Redirección del archivo HTML del visor geográfico dentro de la página web creada.

En la figura 36 se visualiza la página web creada con dirección: <https://dannystepha.wixsite.com/movilidadsostenible> con los resultados de la investigación.



Figura 35. Página web con resultados de la investigación

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con base a los objetivos planteados en el trabajo de investigación se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1 Tiempos de viaje 2016 – 2017

Los tiempos de viaje 2016 – 2017 consistió en el análisis de 232 sentidos del área de estudio, de los cuales 125 sentidos (54%) tuvieron un aumento en sus tiempos de viaje en un rango de 0,01 a 3,07 minutos, en 77 sentidos (33%) se mantuvieron los mismos tiempos de viaje y en 30 sentidos (13%) se evidencio una disminución en sus tiempos de viaje en un rango de 0,07 a 1,19 minutos, dichos resultados se observan en la figura 37.



Figura 36. Análisis de tiempos de viaje 2016 – 2017

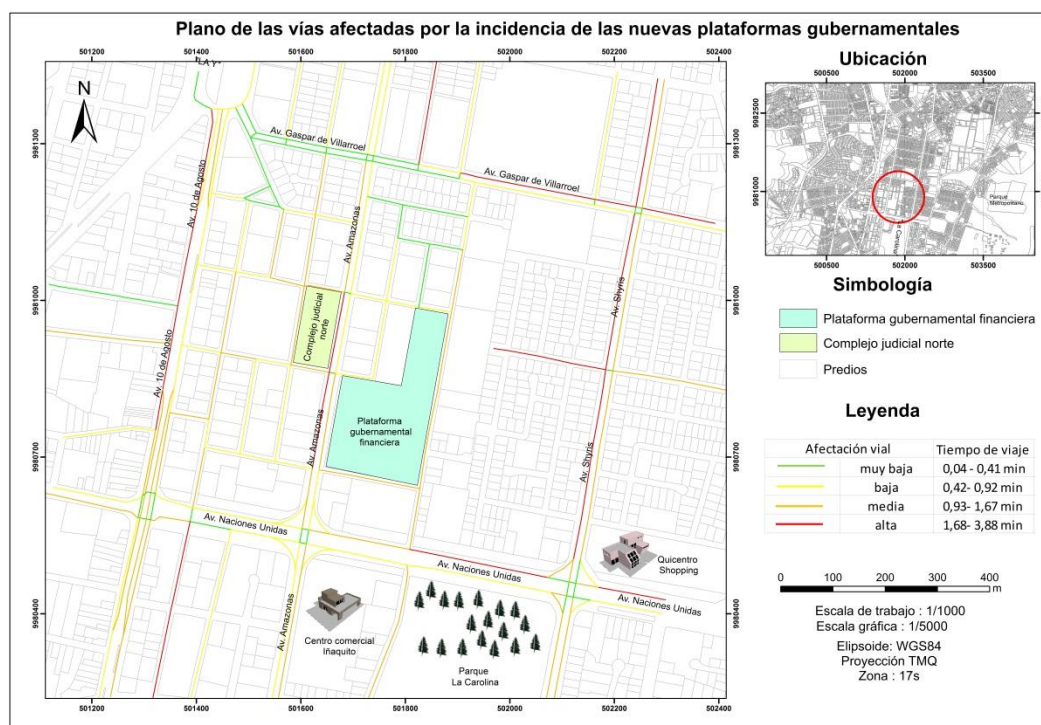
Del total de sentidos en estudio, el 54% incremento en sus tiempos de viaje debido al aumento de flujo vehicular en las vías de acceso a las plataformas, las vías con mayor incremento fueron:

Av. Naciones Unidas, Iñaquito, Av. Amazonas, Av. De los Shyris, Av. Gaspar de Villarroel, Alfonso Pereira, Japón, Jorge Drom, Unión de Periodistas y Juan José Villalengua.

Como se indica en la figura 37, el 46% represento a las intersecciones que se mantuvieron o disminuyeron en sus tiempos de viaje debido a su menor demanda vehicular en el área de estudio, y las que no están vinculadas a la llegada a los proyectos. El análisis de cada una de las intersecciones se encuentra en el [Anexo 14](#).

Como resultado del análisis se obtuvo un plano con las principales vías afectadas en sus tiempos viajes a escala 1/1000, dicho plano se observa en la figura 38.

Además, la afectación de los tiempos de viaje calculados (impedancias) se debieron a diferentes variaciones que se encontraron en el área de estudio como fueron:



- Presencia de paradas formales de vehículos públicos.
- Imprudencia de peatones al cruzar las intersecciones.
- Presencia de bicicletas en carriles exclusivos para vehículos motorizados.
- Presencia de agentes de tránsito interrumpiendo las fases semafóricas.

- El redondel ubicado en las calles Av. Naciones Unidas y Av. 10 de Agosto cuenta con 15 fases semafóricas las cuales no se pudieron tomar en cuenta en la simulación.
- Se agregó un semáforo dentro de la simulación en las calles Av. Naciones Unidas e Ñaquito debido a que en la verificación de campo se observó que un agente de tránsito cumplió la función del mismo.
- La validación de resultados se realizó solo con la presencia del complejo judicial norte.

4.2 Base de datos geográfica

Se crearon dos bases geográficas para el escenario 2016 y 2017 con datos cualitativos y cuantitativos, a continuación se muestra la estructura de la base de datos:

- BDG: Red_vial_ñaquito
 - Feature class: Red vial
 - Feature class: vías
giros restringidos

Se realizó una revisión topológica para cada una de las bases geográficas utilizando el software ArcCatalog 10.3, la tabla 18 muestra los resultados obtenidos del análisis topológico.

Tabla 18.

Análisis topológico de bases de datos geográficas

Tipo de error topológico	Cantidad de errores	
	Red Ñaquito 2016	Red Ñaquito 2017
Must not intersect	0	0
Must not have pseudo nodes	0	0
Must not have dangles	0	0

Finalmente las bases de datos geográficas realizadas contuvieron información vial validada cumpliendo con estándares de calidad que sirvió como insumo para la elaboración de rutas óptimas.

4.3 Rutas óptimas 2016 – 2017

A través de la metodología mencionada en el literal 3.9.6 se obtuvo la modelación de las posibles rutas con menores tiempos de viaje para ambos escenarios a través de la herramienta Network Analyst del software ArcGIS 10.3 tomando en cuenta los posibles ingresos a los proyectos gubernamentales.

En la tabla 19 y 20 se muestran los resultados de las rutas óptimas con tiempos de viaje del año 2016 - 2017 para la plataforma gubernamental financiera (PGF).

Tabla 19.

Rutas óptimas a la PGF con tiempo de viaje 2016

Origen	No. de ruta	Descripción	Tiempo de viaje (min)	Destino
Centro Sur	1	Av. 10 de Agosto - NNUU - Ñaquito - Pereira - Japón	10	Calle Japón
	2	Av. NNUU - Ñaquito - Pereira - Japón	8	
Norte	3	Redondel "La Y" - Gaspar de Villarroel - Japón	7	
	4	Av. Amazonas - Gaspar de Villarroel - Japón	3	
	5	Av. Shyris - Gaspar de Villarroel - Japón	6	
Valles	6	Av. NNUU - Japón	6	
	7	Av. Amazonas – Unión Nacional de Periodistas - Japón	8	

Tabla 20.

Rutas óptimas a la PGF con tiempo de viaje 2017

Origen	No de ruta	Descripción	Tiempo de viaje (min)	Destino
Centro Sur	1	Av. 10 de Agosto- Pereira- Japón	13	Ingreso vehicular Plataforma Financiera (calle Japón)
	2	Av. NN.UU.- Av. 10 de Agosto- Pereira-Japón	12	
Norte	3	Redondel "La Y" - Gaspar de Villarroel- Japón	9	
	4	Av. Amazonas- Gaspar de Villarroel- Japón	5	
	5	Av. Shyris - Gaspar de Villarroel - Japón	12	
Valles	6	Av. NN.UU.-Japón	9	
	7	Av. Amazonas- Unión Nacional de Periodistas - Japón	8	

Debido al aumento de flujo vehicular, las rutas 2017 incrementaron sus tiempos de viaje. Al analizar las 7 rutas óptimas hacia la plataforma gubernamental financiera se observó que las rutas 1 y 2 siguieron diferentes direcciones debido a que las rutas anteriores generaban mayores tiempos de viaje. A continuación en la figura 39 se muestra el tiempo de las mejores rutas en el escenario 2016 – 2017 hacia la plataforma gubernamental financiera.

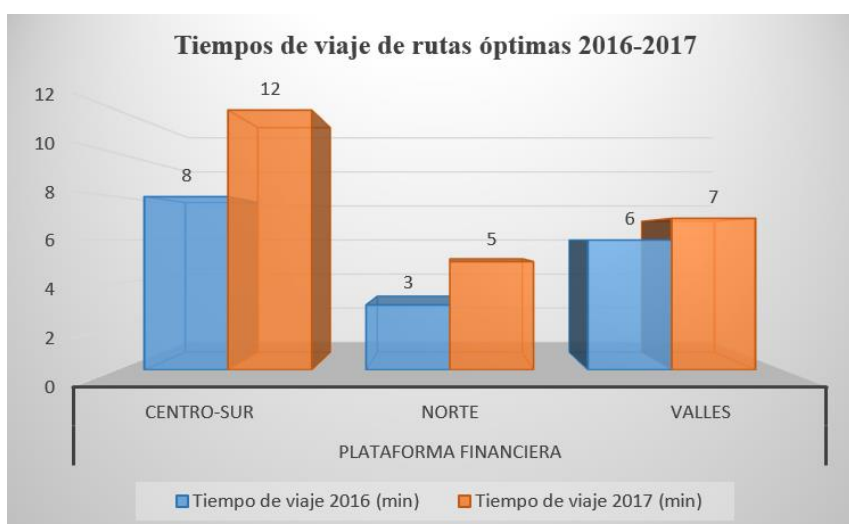


Figura 38. Tiempos de viaje de rutas óptimas a la plataforma financiera

En la tabla 21 - 22 se muestran los resultados de las rutas óptimas hacia el complejo judicial norte (CJN), con tiempos de viaje 2016 - 2017.

Tabla 21.

Rutas óptimas al CJN con tiempo de viaje 2016

Origen	No. de ruta	Descripción	Tiempo de viaje (min)	Destino
Centro Sur	1	Av. 10 de Agosto - NNUU - Ñaquito - Pereira	8	Calle Pereira
	2	Av. NNUU - Ñaquito - Pereira	6	
Norte	3	Redondel "La Y" - Gaspar de Villarroel - Drom - Pereira	7	
	4	Av. Amazonas - Gaspar de Villarroel - Drom - Pereira	4	
	5	Av. Shyris - Gaspar de Villarroel - Drom - Pereira	9	
Valles	6	Av. NNUU - Ñaquito - Pereira	11	
	7	Av. Amazonas - Gaspar de Villarroel - Drom - Pereira	11	

Tabla 22.

Rutas óptimas al CJN con tiempos de viaje 2017

Origen	No. de ruta	Descripción	Tiempo de viaje (min)	Destino
Centro Sur	1	Av. 10 de Agosto- Pereira	10	Ingreso vehicular Complejo Judicial Norte (calle Pereira)
	2	Av. NN.UU.- Av. 10 de Agosto- Pereira	8	
Norte	3	Redondel "La Y" - Gaspar de Villarroel- Drom- Pereira	8	
	4	Av. amazonas- Gaspar de Villarroel- Drom- Pereira	5	
	5	Av. Shyris NS - Gaspar de Villarroel - Drom - Pereira	13	
Valles	6	Av. Shyris SN - Gaspar de Villarroel - Drom- Pereira	16	
	7	Av. Amazonas- Gaspar de Villarroel- Drom - Pereira	11	

Debido al aumento de flujo vehicular, las rutas 2017 incrementaron sus tiempos de viaje. Al analizar las 7 rutas óptimas hacia la plataforma gubernamental financiera se observó que las rutas 1 – 2 y 6 siguieron diferentes direcciones debido a que las rutas anteriores generaban mayores tiempos de viaje. A continuación en la figura 40 se muestra el tiempo de las mejores rutas en el escenario 2016 – 2017 hacia el complejo judicial norte.

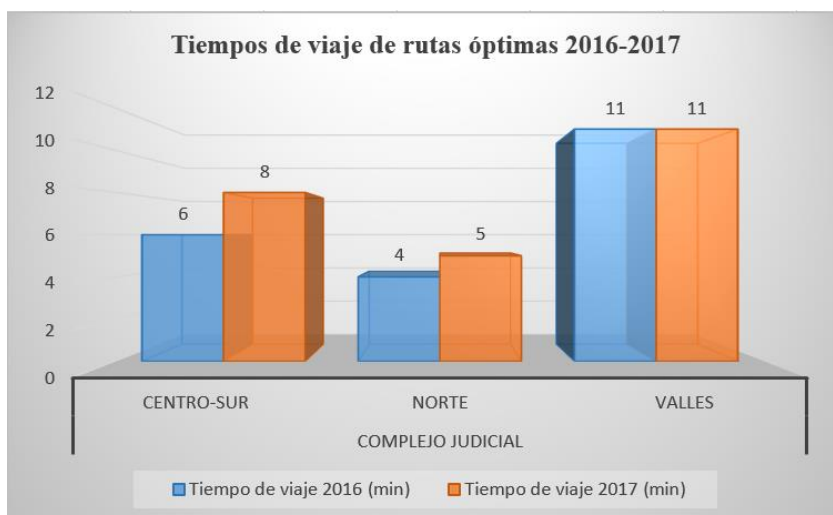


Figura 39. Tiempos de viaje de rutas óptimas a la plataforma financiera

Como producto del análisis, se realizaron planos de las rutas óptimas en los escenarios con 2016 – 2017 para ambos proyectos, dicho resultado se visualiza en la figura 41.

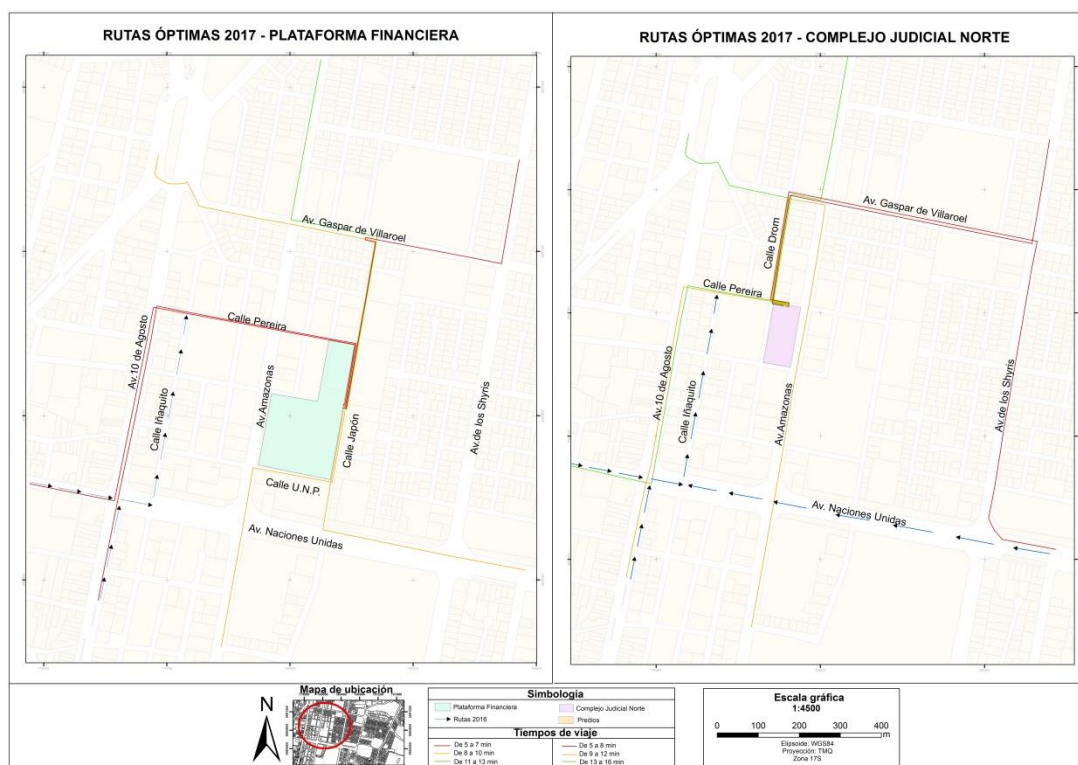


Figura 40. Rutas óptimas 2016- 2017

4.4 Visor geográfico

Se creó un visor geográfico con los resultados de las rutas óptimas para cada uno de los proyectos gubernamentales, cada visor contuvo 8 capas, las cuales se nombran a continuación:

- Vias_Iñaquito
- Ruta1_norte_2017
- Ruta2_norte_2017
- Ruta3_norte_2017
- Ruta1_centrosur_2017
- Ruta2_centrosur_2017
- Ruta1_valles_2017
- Ruta2_valles_2017

Dichas capas correspondieron a las rutas de viaje y las vías del área de estudio con información detallada de las características de las vías y su tiempo de viaje.

El visor geográfico fue enlazado a una plataforma de desarrollo web donde se analizó el funcionamiento de las 12 herramientas disponibles de manera efectiva para que los usuarios adquieran información acerca de la investigación realizada. Las herramientas fueron:

- Activación de capas
- Imprimir mapa
- Desplazar mapa
- Consultar elementos
- Medir
- Acercar
- Alejar
- Vista anterior
- Vista siguiente
- Ver extensión total
- Leyenda
- Vista 3d

4.5 Comprobación de la hipótesis

La hipótesis que se formuló fue la siguiente:

“La implementación de las nuevas plataformas gubernamentales está asociada al incremento de la tiempos de viaje (impedancias) en la movilidad vehicular de la zona de influencia directa en la parroquia Iñaquito.”

Para la comprobación de la hipótesis se realizó la prueba Z para varianzas poblacionales conocidas realizada en el numeral 3.8.2 en donde la hipótesis nula fue rechazada ($U1 \geq U2$) por lo tanto se aceptó la hipótesis alterna ($U1 < U2$) lo que significó que los tiempos de viaje abril 2017 fueron mayores a los tiempos de viaje abril 2016. Dicho aumento fue del 54% en las vías cercanas a la implementación de los nuevos proyectos en el área de estudio de esta manera se definió como verdadera la hipótesis planteada.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Dentro del área de estudio existió un aumento de tiempo de viaje en 125 sentidos en un rango de 0.01 a 3.07 minutos, lo que represento un 54%; en 77 sentidos se mantuvieron los mismos tiempos de viaje que represento el 33% y en 30 sentidos hubo una disminución en sus tiempos de viaje en un rango 0.07 a 1.19 lo que represento un 13%.

Las rutas óptimas generadas para cada uno de los proyectos gubernamentales en la zona de estudio fueron 7 con diferentes orígenes: norte, centro-sur, valles; de las cuales en el escenario 2016 se obtuvo un rango en sus tiempos de viaje de 3-11 minutos de viaje y en el escenario 2017 se mantuvieron en su mayoría las mismas rutas con un aumento en sus tiempos de viaje de 0-6 minutos, a excepción de las entradas centro-sur y valles que generaron rutas diferentes debido a que las opciones anteriores generaban mayores tiempos de viaje.

El visor geográfico que visualizó las rutas óptimas 2016-2017 fue enlazado a una plataforma de desarrollo web donde se analizó el funcionamiento de las 9 herramientas disponibles de manera efectiva para que los usuarios adquieran información acerca de la investigación realizada.

RECOMENDACIONES

La parroquia Ñaquito al ser parte del hipercentro de la ciudad concentra diferentes equipamientos, considerados como puntos de atracción; los cuales generan una alta demanda vehicular; por lo cual se recomienda realizar estudios de movilidad tomando en cuenta los diferentes horarios con mayor afluencia vehicular, así como también equipamientos responsables de la generación de viajes, como son: centros comerciales, parques de recreación, instituciones escolares y administrativas.

Durante el desarrollo del proyecto de investigación se calculó tiempos de viaje tomando en cuenta diferentes variables relacionadas con el congestionamiento vehicular; sin embargo es importante tener en cuenta para la realización de futuras investigaciones, la presencia de paradas formales de vehículos públicos, presencia de peatones y bicicletas, además de la dirección de agentes de tránsito para un mejor análisis de la movilidad vehicular.

Uno de los objetivos del proyecto de investigación, fue analizar la incidencia en la movilidad vehicular de las nuevas plataformas dentro de la parroquia Ñaquito, antes y después de su construcción; para lo cual se realizó una predicción anual del aumento del flujo vehicular para considerar las afectaciones a corto plazo; sin embargo se cree necesario realizar estudios con proyecciones a largo plazo para una mejor planificación del territorio.

BIBLIOGRAFÍA

- ANT, 2015. Ley Orgánica Reformatoria a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. <http://www.ant.gob.ec/index.php/ant/base-legal/ley-organica-reformatoria-a-la-ley-organica-de-transporte-terrestre-transito-y-seguridad-vial>: [Recuperado el 13 de noviembre del 2016]
- Bielza de Ory, V., (1984): Geografía General, Vol. 11: Geografía Humana. <http://www.ingeba.org/lurralde/lurranet/lur15/15sanchez.pdf>: [Recuperado el 26 de septiembre del 2016]
- Boris, D. et al. (2010). *Validación de métodos y determinación de la incertidumbre de la medición*. (1 ed.). Chile.
- Buendía, L., et, at., (2001). *Métodos de investigación en Psicopedagogía*. Madrid: McGraw-Hill.
- Cal., R, et al. , (2007). *Ingeniería de tránsito*. México D.F., México: Alfaomega grupo editor.
- Castillo Bautista, R. (2009). Hipótesis de la investigación. <http://www.eumed.net/rev/cccss/04/rcb2.pdf>: [Recuperado el 13 de septiembre del 2016]
- Chacón, José, (n.d.). Una introducción a la estadística inferencial. <http://esta2.galeon.com/Temas1-3.pdf>: [Recuperado el 21 de abril del 2017]
- EPMMOP (2010). *Estudio para el diseño conceptual del sistema integrado de transporte masivo de Quito y factibilidad de la primera línea de Metro de Quito*. Quito

- ESRI, (2016). Network Analyst. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/about-the-network-analyst-tutorial-exercises.htm>: [Recuperado el 21 de abril del 2017]
- FAO, (2014). Ordenamiento Territorial Rural. <http://www.fao.org/3/a-i4195s.pdf>: [Recuperado el 26 de septiembre del 2016]
- Huerta, J. et al. (n/d). Sistemas de información geográfica. https://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/.../Ponencia_130.pdf: [Recuperado el 26 de Septiembre del 2016]
- INMOBILIAR. (2015). Plataformas Gubernamentales: Servicio público de calidad para Quito. <http://www.inmobiliar.gob.ec/plataformas-gubernamentales-servicio-publico-de-calidad-para-quito/>: [Recuperado el 26 de septiembre del 2016]
- Instituto Geográfico Nacional (IGN), (n/d). Cartografía y Bases Geográficas. Recuperado el 13 de septiembre del 2016. Obtenido en línea: <https://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesBDGintro.do>
- Martínez, P., (2014). *Contenedor Cultura*. Quito
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2009). Plan Maestro de Movilidad para el Distrito Metropolitano de Quito. <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/118765-opac>: [Recuperado el 30 de agosto del 2016]
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, (2003). *Plan de Uso y Ocupación del Suelo*. Quito

- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Plan de desarrollo 2012 – 2022. http://www.emaseo.gob.ec/documentos/lotaip_2012/s/plan_de_desarrollo_2012_2014.pdf: [Recuperado el 23 de agosto del 2016]
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito., (n/d). Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas. Glosario de términos. http://www.epmmop.gob.ec/epmmop/images/Pdf/Glosario_Movilidad.pdf: [Recuperado el 13 de septiembre del 2016]
- NTE-INEN 2 205: 2010. (2010). *Vehículos automotores. Bus urbano*. (1 ed.). Quito.
- Organización de las Naciones Unidas (2015). Objetivos de desarrollo sostenible. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>: [Recuperado el 23 de agosto del 2016.]
- Pájaro, D. (2002). *La formulación de la hipótesis*. México.
- Plan Nacional del Buen Vivir, (2013). Objetivos del plan nacional del buen vivir. <http://documentos.senplades.gob.ec/Plan%20Nacional%20Buen%20Vivir%202013-2017.pdf>: [Recuperado el 23 de agosto del 2016]
- Rodríguez, R. et al., (2005). Estadística industrial. <http://taylor.us.es/componentes/mcalle/MetodosEstadisticosIngenieria/Libros/Libro.EstadisticaIndustrialParaIngenieros.pdf>: [Recuperado el 11 de febrero del 2017]
- RTE INEN 004:2012. (2012). Semáforos. (1 ed.). Quito.

- Secretaría de Movilidad (2015). Diagnóstico de la movilidad en el distrito metropolitano de Quito para el plan metropolitano de desarrollo territorial (PMOT). <http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wpcontent/uploads/documentos/pdf/diagnosticomovilidad.pdf>: [Recuperado el 23 de agosto del 2016]
- Supo, J. (2015). Bioestadística. <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formula-para-cc3a1lculo-de-la-muestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf>: [Recuperado 11 de febrero del 2017]
- Trafficware, Ltd. (2011). *Synchro Studio 8 User Guide*. (1 ed.). Florida, EE.UU.
- Velasco, X. (2014). METODOS DE INVESTIGACION CIENTIFICA. http://www.ecotec.edu.ec/documentacion%5Cinvestigaciones%5Cdocentes_y_directivos%5Carticulos/4937_Fcevallos_00004.pdf: [Recuperado el 13 de septiembre del 2016]
- Secretaria de Movilidad, (2015). *Visión estratégica de la movilidad para el distrito metropolitano de Quito 2015 – 2030*. Quito.
- Vizcaíno, L. (2011). Control estadístico de procesos. (1 ed.). Cali, Colombia.
- Wachs, M. et.al. (2000). *High capacity manual (HCM)*. Washington, Estados Unidos.