



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

TEMA:

**“METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO DEL
TRANSPORTE PÚBLICO URBANO. APLICACIÓN A LA CIUDAD DE
AMBATO”**

Proyecto de Trabajo de Titulación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Gestión de procesos integrados de diseño y manufactura utilizando sistemas computacionales

AUTOR: Lenin Bladimir Toaza Pomboza

TUTOR: Ing. John Reyes Vásquez, Mg.

Ambato – Ecuador

Julio 2017

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO DEL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO. APLICACIÓN A LA CIUDAD DE AMBATO, del señor TOAZA POMBOZA LENIN BLADIMIR, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato Julio de, 2017

EL TUTOR

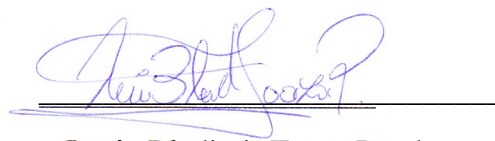


Ing. John Paúl Reyes Vásquez Mg.

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente Proyecto de Investigación titulado: “METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO DEL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO. APLICACIÓN A LA CIUDAD DE AMBATO”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato Julio, 2017



Lenin Bladimir Toaza Pomboza

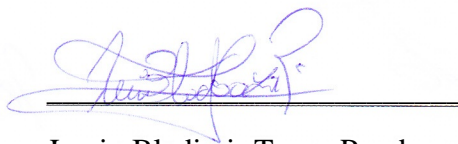
CC: 1804384186

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato Julio, 2017



Lenin Bladimir Toaza Pomboza

CC: 1804384186

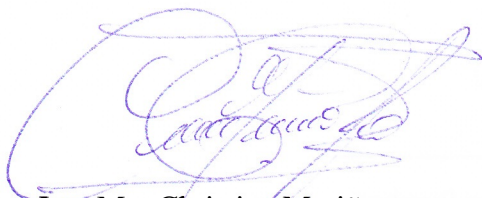
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Mg. Christian Mariño e Ing. Mg. Jéssica López, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO DEL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO. APLICACIÓN A LA CIUDAD DE AMBATO”, presentado por el señor TOAZA POMBOZA LENIN BLADIMIR de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Mg. Pilar Urrutia

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Ing. Mg. Christian Mariño

DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Mg. Jéssica López

DOCENTE CALIFICADORA

DEDICATORIA

Mamá, Papá..... ¡Gracias!

*Siempre me han dicho que la
mejor herencia que me
pueden dejar es la
educación.*

*Por fin comprendo que no
hay mejor legado*

AGRADECIMIENTO

*A los que me vieron caer, a los que me vieron levantar.
A los que fueron testigos de mi evolución personal, espiritual y profesional.
A todos los que me crucé en mi vida ambulante.*

*“Nadie adquiere una visión amplia,
saludable y generosa si se queda en
una esquina de la Tierra toda su
vida”*

Mark Twain

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
RESUMEN	XV
ABSTRACT.....	XVI
INTRODUCCIÓN	XVII
CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA.....	1
1.1. Tema	1
1.2. Planteamiento del Problema	1
1.3. Delimitación.....	3
1.4. Justificación	4
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. Objetivo General:	4
1.5.2. Objetivos Específicos:.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes Investigativos	6
2.2. Fundamentación Teórica.....	10
2.2.1. Transporte	10

2.2.1.1.	Modos de Transporte	10
2.2.1.2.	Transporte Terrestre Automotor	10
2.2.2.	Modelos de Transporte.....	13
2.2.2.1.	Clasificación entre modelos Estadísticos y Explicativos	14
2.2.2.2.	Clasificación según sus Características de Concepción	14
2.2.2.3.	Según el Objetivo que buscan	17
2.2.3.	Toma de Decisiones	19
2.2.3.1.	Toma de Decisiones Multicriterio	21
2.2.3.2.	Proceso Analítico Jerárquico (AHP)	22
2.3.	Propuesta de Solución.....	29
CAPÍTULO III.....		30
METODOLOGÍA		30
3.1.	Modalidad de Investigación.....	30
3.1.1.	Investigación Bibliográfica	30
3.1.2.	Investigación de Campo	30
3.2.	Población y Muestra	30
3.3.	Recolección de Información	31
3.4.	Procesamiento y Análisis de Datos.....	31
3.5.	Desarrollo del Proyecto	31
CAPÍTULO IV		33
DESARROLLO DE LA PROPUESTA		33
4.1.	Esquema Jerárquico del Modelo.....	33
4.1.1.	Determinación de Criterios y Subcriterios.....	33
4.1.1.1.	Tráfico	33
4.1.1.2.	Impacto Ambiental	36
4.1.1.3.	Impacto Social	41

4.1.1.4.	Impacto Económico.....	45
4.1.2.	Identificación de Alternativas	47
4.1.2.1.	Revisión de las Ciudades con Mejor Índice	50
4.1.2.2.	Alternativas Seleccionadas	52
4.1.2.3.	Valores de los Subcriterios de las Alternativas	53
4.1.3.	Árbol de Jerarquías.....	58
4.2.	Determinación de Prioridades.....	60
4.2.1.	Prioridad de los Criterios respecto al Objetivo	60
4.2.2.	Prioridad de los Subcriterios respecto a los Criterios	61
4.2.3.	Prioridad de las Alternativas respecto a las Subcriterios	62
4.3.	Determinación de la Consistencia y Vectores Propios	63
4.4.	Selección de Alternativa y Análisis	66
4.5.	Aplicación de la Alternativa Seleccionada	69
4.5.1.	Descripción Preliminar de la movilidad en Curitiba.....	69
4.5.2.	Modelación de Transporte.....	70
4.5.3.	Aplicación en Ambato.....	77
4.5.3.1.	Limitaciones del Modelo.....	78
4.5.3.2.	Datos Utilizados	78
4.5.3.3.	Simulación y Análisis.....	79
4.6.	Vinculación al Proyecto de Investigación DIDE.....	84
	CAPÍTULO V.....	86
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
5.1.	Conclusiones.....	86
5.2.	Recomendaciones	88
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
	ANEXOS	94

1.	Tabla Ranking Urban Mobility Index 2.0.....	94
2.	Conversión de unidades y escalas de los subcriterios, de cada ciudad.....	96
3.	Priorización y consistencia de criterios, subcriterios y alternativas	97
4.	Solución del modelo jerárquico AHP en SuperDecisions	105
5.	Estudio de conteo de tráfico.....	113
6.	Medición de velocidad media y tiempo de desplazamiento	127
7.	Ficha de observación sobre las características de la vía	131
8.	Horarios y frecuencias de TP que circulan por la Av. 13 de Abril.....	132
9.	Simulación en VISSIM.....	137
10.	Resultados de la simulación.....	141
11.	Certificado del DIDE.....	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplos prácticos en América Latina de estrategias	6
Tabla 2. Escala fundamental de comparación por pares de Saaty.....	26
Tabla 3. Porcentajes máximos del ratio de consistencia.....	27
Tabla 4. Valores de consistencia aleatoria.....	29
Tabla 5. Juicios de valor para el Tipo de combustible basado en la tabla de Saaty.	38
Tabla 6. Límite de emisiones EURO	39
Tabla 7. Nivel de emisión diésel para la regulación US EPA	39
Tabla 8. Emisiones máximas en las normativas vigentes EURO VI y EPA 2010	39
Tabla 9. Juicios de valor para emisión contaminantes basado en la tabla de Saaty.	40
Tabla 10. Rango de tiempo de ascenso por persona según la tecnología de recaudo.....	44
Tabla 11. Indicadores empleados para la selección multicriterio	46
Tabla 12. Criterios de evaluación del índice de Movilidad urbana 2.0	48
Tabla 13. Ciudades del tercer grupo y con índices de movilidad urbana más altos.	49
Tabla 14. Ciudades seleccionadas para el estudio	52
Tabla 15. Valores promedio obtenidos para los subcriterios en Singapur.....	54
Tabla 16. Valores promedio obtenidos para los subcriterios en Santiago de Chile.....	55
Tabla 17. Valores promedio obtenidos para los subcriterios en Montreal	56
Tabla 18. Valores promedio obtenidos para los subcriterios en Curitiba.....	58
Tabla 19. Matriz de comparación pareada de los criterios	61
Tabla 20. Matriz de comparación pareada de los sub criterios respecto a C1. Tráfico ..	62
Tabla 21. Valores de los subcriterios C11. Tiempo de viaje	63
Tabla 22. Valores del subcriterio C21. Tipo de combustible	63
Tabla 23. Matriz de comparación pareada de C21. Tipo de Combustible.....	63
Tabla 24. Vector propio de C11. Tiempo de viaje.....	64
Tabla 25. Vector propio de C12. Velocidad de operación.....	64
Tabla 26. Priorización general de alternativas respecto a C21. Tipo de combustible	65
Tabla 27. Consistencias del modelo jerárquico	66
Tabla 28. Resumen de las prioridades de las alternativas.....	67
Tabla 29. Priorización total de las alternativas	67
Tabla 30. Líneas y operadoras a través de la avenida 13 de Abril	81

Tabla 31. Volumen de vehículos	82
Tabla 32. Tiempo de retraso en segundos.....	83
Tabla 33. Longitud de cola en metros y tiempo parado en segundos	83
Tabla 34. Rangos de calificación de LOS.....	83
Tabla 35. Resultados de la simulación.....	84
Tabla 36. Indicadores de sostenibilidad energética y medioambiental	85
Tabla 37. Reducción de emisión de contaminantes	85
Tabla 38. Comparativas entre los sistemas de transporte	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo clásico de transporte de cuatro etapas.....	18
Figura 2. Proceso de toma de decisiones.....	20
Figura 3. Fases del proceso analítico jerárquico.....	23
Figura 4. Esquema jerárquico.....	24
Figura 5. Intervalo entre vehículos.....	35
Figura 6. Cantidad de emisiones de la normativa EPA y EURO.....	40
Figura 7. Referencia de las 84 ciudades de análisis de <i>Future of Urban Mobility</i>	47
Figura 8. Índice de movilidad urbana 2.0.....	49
Figura 9. Localización geográfica de las ciudades seleccionadas.....	53
Figura 10. Localización de Singapur.....	53
Figura 11. Localización de Santiago de Chile.....	55
Figura 12. Localización de Montreal en Canadá.....	56
Figura 13. Localización de Curitiba en Brasil.....	57
Figura 14. Árbol de jerarquías para la selección del modelo de transporte.....	59
Figura 15. Ingreso de datos C11. Tiempo de viaje en SuperDecisions.....	64
Figura 16. Ingreso de datos C12. Velocidad de operación en SuperDecisions.....	65
Figura 17. Ingreso de datos C21. Tipo de combustible en el software SuperDecisions.....	65
Figura 18. Síntesis de alternativa más factible.....	68
Figura 19. Análisis de sensibilidad del modelo jerárquico.....	69
Figura 20. Localización del área de estudio en ArcGIS.....	77
Figura 21. Mapa de simulación de tráfico en VISSIM.....	82

RESUMEN

El presente estudio examina los resultados de modelos de transporte de cuatro ciudades con alto índice de movilidad urbana con el fin de estimar el tráfico del transporte público urbano en la ciudad de Ambato. La alternativa óptima es seleccionada mediante el método de decisión multicriterio denominado Procesos de Jerarquía Analítica (por sus siglas en inglés, AHP), siendo necesaria la revisión literatura científica para establecer los criterios a analizar, los mismos que son: tráfico, impacto ambiental, impacto social e impacto económico. El resultado del modelo AHP define a la ciudad de Curitiba como la mejor alternativa con el 31,8% frente a Singapur con el 27,6%, Santiago de Chile con el 18,2%, Montreal con el 22,9%; con su modelo de transporte de cuatro pasos: generación, distribución, reparto modal y asignación de viajes. Para demostrar la aplicación práctica del método propuesto, es aplicado en una de las vías principales de la ciudad de Ambato mediante la simulación en el paquete informático VISSIM.

Palabras clave: Decisión Multicriterio, AHP, Modelo de Transporte, Estimación de tráfico, Transporte público.

ABSTRACT

The present research examines the results of four cities transport models with high urban mobility index in order to estimate urban public transport traffic in the city of Ambato. The optimal model is selected using the Analytical Hierarchy Process (AHP) multicriteria making decision method, with scientific research necessary to establish the analysis criteria. The selected criteria for analysis are traffic, environmental impact, social impact and economic impact. The results from the AHP method show that the best option is the model implemented in Brazil's Curitiba with 31,8% versus Singapore with 27,6%, Santiago de Chile with 18,2% and Montreal with 22,9%, whose transport model is the Multimodal Four Steps Model: trip generation, trip distribution, mode choice route assignment. In order to demonstrate the practical application of the proposed method, it has been applied in this research in one of the main roadways in Ambato using VISSIM software for simulation.

Key words: Multicriteria making decision, AHP, Transport Model, Traffic estimating, Public Transport.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se refiere a la búsqueda de una metodología para la estimación del tráfico de transporte público, ya que el tráfico vehicular en las ciudades causa reducción en la velocidad de viaje, irregularidades en la operación del transporte público y como consecuencia para los pasajeros significa tiempo perdido tanto productivo y de descanso. Debido a la congestión, la accesibilidad a puntos de destino especialmente aquellos localizados en el centro de las ciudades, se ve amenazada.

El transporte definido como el desplazamiento desde un lugar de origen a un lugar de destino usando un medio, ya sea vehículo, bicicleta o caminando, contribuye a la extensión urbana y la descentralización de las ciudades, por lo que, las ciudades se han dado cuenta que la clave para la reducción de estos problemas es causar un cambio en las conductas de movilidad de las personas para reducir el uso de vehículos privados y fortalecer el uso del transporte público, bicicletas y caminatas.

Para analizar esta problemática es necesario considerar un enfoque multicriterio, ya que el transporte constituye un tópico complejo de estudio. Por lo tanto se revisan investigaciones similares actualizadas para establecer puntos de partida en los criterios a analizarse y el método a utilizarse. Con la bibliografía revisada se establece el método de solución al problema, la forma de recolección de información y el proceso del desarrollo del proyecto.

Las alternativas de metodologías analizadas en este estudio presentan un alto índice de movilidad urbana, y además favorece a abordar una perspectiva global respecto a su localización geográfica, ya que corresponden a ciudades distribuidas mundialmente. La aplicación de la metodología se basa en otra con buenos resultados en materia de sostenibilidad urbana, lo que ayuda también a la evolución del transporte.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema

METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO DEL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO. APLICACIÓN A LA CIUDAD DE AMBATO.

1.2. Planteamiento del Problema

El transporte constituye un factor importante para el desarrollo económico y social de la comunidad, permitiendo el desplazamiento de las personas entre los diferentes asentamientos masivos, ya sean países o ciudades.

El transporte urbano, cuyo término se refiere al tipo de transporte que se da dentro de la zona urbana de una ciudad, constituye una ayuda para el desplazamiento de la población entre diferentes puntos de interés, ya sea lugar de trabajo, centros de diversión o descanso. El aumento de la población eleva el nivel de congestión vehicular, haciendo difícil el tránsito motorizado. Es así como en grandes urbes a nivel mundial es casi imposible el tránsito vehicular, como un claro ejemplo está la ciudad de Beijing en China cuyo volumen de tráfico diario se incrementó en 190% desde 1986 con menos de 9 millones de pasajeros hasta el 2008 con más de 26 millones de pasajeros [1].

Un estudio desarrollado por una compañía fabricante de sistemas de navegación reveló el Índice de Tráfico TomTom para 2016, el cual mide la congestión en las carreteras de 295 ciudades de todo el mundo. Las cifras del índice de tráfico se basan en mediciones de la velocidad de base de datos históricos de tráfico de TomTom. Estas mediciones de velocidad se utilizan para calcular los tiempos de viaje en los segmentos de carretera individuales y redes enteras. Teniendo como las ciudades más congestionadas a México

D.F. con un 59% de tiempo de viaje extra, seguida por Bangkok con 57%, Estambul con 50%, Río de Janeiro con 47% y Moscú con 44% [2].

En América Latina los indicadores de motorización son bajos pero con alto crecimiento. Los países reportan crecimientos anuales de vehículos motorizados entre el 4% (Paraguay) y 10% (Bolivia), especialmente generados por aumento en el número de vehículos ligeros. En el caso de Colombia, el crecimiento de las motocicletas es explosivo (14.7% anual) [3].

En Ecuador existe un incremento en los vehículos reservados al transporte de personas. El grado de motorización se mantiene bajo aunque se haya incrementado de un promedio de aprox. 40 vehículos/1000 habitantes en 1996 a un promedio de aprox. 65 vehículos/1000 habitantes en 2009, teniendo en cuenta que las provincias con mayor grado de motorización son Pichincha con 110, Azuay con 107 y Tungurahua con 87 [4].

Según información preliminar del proyecto Segunda Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (II CN) las emisiones de CO₂ (dióxido de carbono) por transporte en 1990 fueron de 7,1 Mt (megatoneladas) CO₂, al año 2000 habían crecido a 9,5 Mt CO₂ y en el año 2006 eran ya 12,7 Mt CO₂. Así en un período de 16 años las emisiones de CO₂ relacionadas al transporte han crecido casi un 80% [4]. Se puede afirmar que la expansión del transporte no se da de forma sostenible, generando una serie de problemas ambientales como por ejemplo el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero, la contaminación atmosférica a nivel local, la contaminación sonora y los accidentes de tránsito.

En la ciudad de Ambato la congestión vehicular está incrementando en los últimos años, sobre todo en las horas pico es fácil notar el embotellamiento de automotores que se produce en la zona céntrica de la ciudad. Este problema, debido a la ubicación de las oficinas municipales en esta zona; como medida de solución se decidió trasladar el Ilustre Municipio de Ambato y otras oficinas administrativas y municipales al sector de Huachi Chico, pero el constante crecimiento automotor provoca que este problema se expanda hasta este sector.

Actualmente 430 buses de transporte público urbano transitan en la ciudad, los cuales no superan los 10 años de fabricación y 5000 vehículos al año se agregan al parque

automotor, si se mantiene esta tendencia en los próximos 5 años el transporte público podría perder participación en la gente y los congestionamientos llegarán a niveles insospechados [5].

Se puede ratificar que en la ciudad de Ambato se tiene un plan de movilidad y transporte público inadecuado debido al crecimiento descontrolado de la población así como su sector motorizado; también se debe a la geografía montañosa e irregular de la ciudad, pues las únicas vías por las que puede acceder al centro de la ciudad el transporte público urbano es a través de la Av. Atahualpa – 13 de Abril – 12 de Noviembre, Indoamérica; del mismo modo se debe a que tiene una definición urbana centralizada la cual hace que la mayor parte de los viajes tengan como destino el centro de la ciudad donde se ubican bancos, un circuito importante de mercados y las instituciones públicas . Todo esto genera consecuencias como la congestión vehicular, contaminación ambiental por emisiones de CO₂ y ruido, accidentes de tránsito y obviamente usuarios del servicio de transporte público insatisfechos [6].

Hasta la actualidad no se ha desarrollado un estudio técnico de la capacidad en el sistema de transporte público planteando una metodología adecuada previamente seleccionada mediante técnicas de toma de decisiones en base a resultados obtenidos en otras urbes, sino, solamente se ha recurrido a un método clásico que no asegura la mínima desviación entre el modelamiento y la realidad.

1.3. Delimitación

Área académica: Industrial y Manufactura.

Línea de investigación: Manufactura.

Sublíneas de investigación: Gestión de procesos integrados de diseño y manufactura utilizando sistemas computacionales.

Delimitación Espacial: La presente investigación se desarrolla en el sistema de transporte público urbano de la ciudad de Ambato.

Delimitación Temporal: La presente investigación se desarrolla en los seis meses posteriores al 15 de septiembre de 2016, fecha de aprobación del Proyecto por parte del Consejo Directivo de Facultad y de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Técnica de Ambato y del CES.

1.4. Justificación

Como se menciona en el planteamiento del problema, el transporte contribuye al desarrollo económico, pues éste hace posible el acceso a diferentes recursos, bienes e insumos que permitan satisfacer las necesidades de la población. Si el sector transporte se maneja empíricamente no se puede ayudar a la población a su desarrollo económico, es por este motivo que el presente proyecto favorece una administración técnica y adecuada de este sector.

Entre los nuevos conocimientos que el proyecto aporta se encuentran las condiciones actuales en las que se desarrolla la transportación urbana en la ciudad de Ambato, características de funcionamiento de las diferentes rutas, frecuencias de salida y llegada de vehículos; tiempos de recorrido, el flujo de pasajeros y la demanda del sistema.

El proyecto de investigación beneficia principalmente a la autoridad municipal, es decir GADMA (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato), porque es quien coordina, controla y regula el trabajo de las líneas de transporte. A otro grupo beneficiario pertenecen las empresas que brindan el servicio de transporte público, porque la evaluación permite la toma de decisiones para la mejora de su organización. Por último resulta beneficiada también la ciudadanía, ya que son los usuarios o clientes de este servicio público brindado.

El presente proyecto representa un gran impacto para la ciudad de Ambato, debido a que se desarrolla por primera vez un estudio técnico actualizado mediante una adecuada metodología de estimación de tráfico sobre el sistema de transporte público urbano en la mencionada ciudad.

El estudio es factible porque se dispone de los recursos necesarios, tanto humanos, económicos, tecnológicos y bibliográficos suficientes, adecuados y actualizados para la realización del mismo.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General:

Plantear una metodología para la estimación del tráfico del transporte público urbano aplicada a la ciudad de Ambato.

1.5.2. Objetivos Específicos:

- Analizar las metodologías utilizadas para flujo de transporte público urbano en otras ciudades.
- Evaluar las metodologías para seleccionar técnicamente la más adecuada, factible y adaptable a la ciudad de Ambato.
- Aplicar la metodología seleccionada en una muestra del sistema de transporte público urbano en Ambato.
- Vincular los resultados de este trabajo al proyecto de investigación DIDE “Planificación y Optimización de un Sistema integral de transporte electrificado y movilidad urbana sostenible en la ciudad de Ambato”.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos

La cobertura en América Latina sobre asuntos de transporte ha sido escasa, en la revista “*Journal of Transport Geography*” de 787 artículos de investigaciones publicados hasta el 2012, solamente doce artículos son desarrollados en Latinoamérica. Una causa puede ser la falta de financiación proporcionada por los gobiernos de América Latina, las empresas, y organizaciones para que los académicos estudien los problemas de transporte. El estudio de los problemas del transporte en Medellín, Colombia, o del norte de México, por ejemplo, presenta desafíos diferentes en comparación con la investigación en Toronto, Canadá, o Europa oriental [7].

A pesar de ello algunos gobiernos locales y nacionales en la región están adoptando estrategias para cambiar los paradigmas hacia una trayectoria de crecimiento más sostenible. Estos cambios de paradigmas se pueden resumir en tres tipos de acciones: evitar viajes motorizados largos e innecesarios, cambiar la tendencia de crecimiento de vehículos de motor, y mejorar la tecnología y gestión operativa de las actividades de transporte [8]. La Tabla 1 presenta los tres grupos de paradigmas con ejemplos prácticos en América Latina.

Tabla 1. Ejemplos prácticos en América Latina de estrategias [8]

	Estrategia	Actividad/Proyecto	Ejemplo
Evitar viajes motorizados largos e innecesarios	Desarrollo urbano de uso mixto y denso	Renovación de distritos históricos y centros de la ciudad	Quito (rehabilitación del centro histórico) Guayaquil (recuperamiento del centro de la ciudad)
		Planes maestros, Integración del uso de suelo y planificación de transporte.	Curitiba (Plan Director); Rosario (Plan Urbano), Ciudades brasileñas y colombianas (planes de requerimientos bajo leyes de desarrollo urbano)
	Uso de tecnologías de información	Tele-work, reuniones virtuales a través de conectividad mejorada y acceso a internet.	Tecnologías de la información y agendas de conectividad en varios países de la región.

	para reducir viajes		
Cambiar motorización individual hacia tránsito, ciclismo y caminata	Mejorar facilidades para ciclismo y caminata	Recuperación de aceras invadidas y espacios público	Buenos Aires (calles peatonales Florida y Lavalle), Santiago (peatonización del centro Huérfanos y Ahumada), Bogotá (Plan de espacios públicos para toda la ciudad), Quito (peatonización del centro histórico)
		Rehabilitación de las aceras del malecón con diseño adecuado, urbanismo y mobiliario.	Guayaquil (Malecón 2000 y Estero Salado), Rio de Janeiro (Paseos en Ipanema, Copacabana)
		Ciclo vías y estacionamiento de bicicletas seguro	Bogotá, Medellín, León, Buenos Aires, Varias ciudades chilenas (introducción de rutas de ciclismo permanentes, ciclo vías; parqueo seguro en estaciones de tránsito)
	Sistemas de transporte público mejorados	BRT	Curitiba, Quito, Bogotá, León, México DF, Guayaquil, Pereira, Guadalajara, Estado México, Bucaramanga, Barranquilla, Medellín, Mérida, Buenos Aires
		Sistemas integrados	São Paulo, Santiago, Cali, Medellín, León, (Bogotá en preparación)
		Metro	Santiago, Sao Paulo, Rio de Janeiro, Porto Alegre, Belo Horizonte, Caracas, Los Teques, Valencia, Maracaibo, México, Monterrey, Guadalajara, Concepción
		Teleféricos	Caracas, Medellín, Manizales, Rio de Janeiro (Cali en preparación)
	Desincentivo al uso de vehículos individuales de motor	Impuestos a combustibles y registros	Altos impuestos a combustibles (en orden descendente): Perú, Brasil, Uruguay, Paraguay, Colombia, Chile, Argentina, México and Bolivia (Ecuador y Venezuela provee subsidios)
		Restricciones administrativas (usando número de placas)	El Alto, Sao Paulo, Santiago, Bogotá, Medellín, Pereira, Quito, México, Guadalajara, Pachuca, Puebla, Toluca
		Peajes urbanos	Santiago (Costanera Norte), Lima, Buenos Aires
Mejorar tecnología y gestión de transporte	Combustibles limpios y bajos en carbono	Eliminación de Plomo, reducción de Azufre, uso de biocombustibles. Gas natural comprimido (CNG) y Gas Licuado de petróleo (GLP).	Plomo eliminado en todos los países de América Latina. Programa de Etanol en Brasil, Reducción de Azufre en Chile, CNG en Lima y en los sistemas BRT en Medellín
		Estándares de Economía del Combustible	En desarrollo en México
	Vehículos limpios y bajos en carbono. Carros y caminos seguros	Híbridos (Motor de combustión interna - eléctrico), Trolebuses	Guadalajara, México DF, Quito, Mérida, Rosario, Mendoza
		Programa de Evaluación de vehículos nuevos en Latino América	Brasil, Argentina and México
	Comando y control. Gestión mejorada	Programas de Inspección Técnica, incluidos los controles de contaminantes atmosféricos	Chile, México, Colombia
		Redes de control de tráfico, despacho centralizado y control de servicios de tránsito	Sistemas integrados en Brasil, Gestión centralizada de tráfico en varias ciudades (más notable en Sao Paulo, Monterrey, Cali, Medellín)

En una evaluación de las redes de transporte público PTN (por sus siglas en inglés) primero se define una serie de rutas como candidatas basado en (i) sus niveles iniciales de saturación en términos de volumen a las ratios de capacidad y (ii) la sobrecarga en términos del aumento de la saturación que ocurre debido a la interrupción. Luego el efecto de aumento de la capacidad es evaluado para cada ruta candidata mediante la comparación de los impactos de interrupción con y sin aumento de la capacidad [9].

Un estudio recopila información acerca de los viajes mensuales que realizan las cinco cooperativas que operan de lunes a domingo en Ambato en sus 22 líneas; teniendo que la cooperativa Tungurahua realiza 18907 viajes, seguida por la cooperativa Vía Flores con 5978 viajes, luego la cooperativa Jerpazsol con 5572 viajes, seguida por Los Libertadores con 5040 viajes, por último Unión Ambateña con 996 viajes al mes. Todas estas rutas tienen una frecuencia de tiempo entre 5 y 10 minutos [10], pero a pesar de la cantidad de recorridos hay rutas más rentables que otras y en las cuales existe mayor número de dificultades y en donde por obvias razones los problemas con el servicio también deberían agudizarse, sobre los cuales implementar planes de mejora. La mayor concurrencia de usuarios es hacia la ruta Terremoto (32.1%), seguida de la línea a Montalvo (11.2%), Picaihua con (10.2%), Pinllo con (9.9%), la línea de Letamendi (8.9%), San Antonio (7.6%) [11].

Ahora bien, el interés por la congestión vehicular en Medellín, ciudad del vecino país Colombia ha motivado a la Secretaría de Movilidad de esta zona a lanzar un programa bandera que busca ofrecer un servicio que mejore la calidad y cuidado del medioambiente, sea más eficiente y seguro para el usuario. Entre las actividades de este programa constan el control de las frecuencias, horarios y paradas de los buses; implementar vehículos, paraderos y estaciones accesibles y amigables con el ambiente; mostrar información del recorrido de cada una de las rutas a través de tableros en los paraderos y aplicativos para Smartphone; efectuar subidas y bajadas de pasajeros solamente en paradas predeterminadas ubicadas a 400 metros entre sí; mejorar las vías e infraestructura vial; desarrollar una imagen institucional unificada; el pago del pasaje con dinero electrónico para facilitar el pago de todos los sistemas de transporte [12].

Estimar la demanda para un sistema de transporte público es una de las tareas más complicadas de la ingeniería de transporte. El proceso de estimación de demanda en

general toma como herramienta el modelo de cuatro etapas. Las etapas del modelo son: 1) Generación: en esta etapa se determinan los orígenes y destinos de los viajes en la zona de estudio. De forma paralela se clasifican los viajes por motivos (trabajo, estudio, entre otros). 2) Distribución: en esta etapa se distribuyen los viajes, entre los orígenes y los destinos, generalmente con un modelo gravitacional. 3) Selección modal: en esta etapa se estima la cantidad de viajes entre orígenes y destinos que utilizarán un modo de transporte particular, por ejemplo vehículo privado. La forma de selección modal normalmente responde a la metodología “logit”. 4) Asignación: esta es la última etapa del modelo y asigna los viajes de un origen a un destino, en un modo de transporte, a una ruta en particular. Para la asignación, normalmente se utiliza el principio de Wardrop, que establece que las personas (en general conductores en Estados Unidos) seleccionarán la ruta con el menor tiempo de viaje [13].

Por otro lado la modelización de la capacidad de las líneas de transporte público urbano permite evaluar el tiempo de permanencia en paradas como parámetro más influyente en la capacidad, mediante tres métodos: selección de la metodología de cálculo; método de captación de datos y diseño de muestreo comprobando que el número de pasajeros subidos es determinante en el tiempo de permanencia del autobús en la parada de líneas para lo cual como solución se puede cambiar el método de pago a uno sin contacto en las paradas [14].

Las ciudades a menudo tienen variantes en la integración del transporte público, pero es difícil determinar cuál es la mejor opción. La decisión puede ser más fácil al hacer una evaluación de las variantes del sistema integrado de transporte público urbano mediante el uso de métodos multicriterios a la ayuda de decisiones. Un ejemplo es el uso del método AHP para ayudar al sistema integrado de transporte público urbano en la ciudad de Cracow [15].

El enfoque multicriterio a un problema puede dar resultados diferentes en comparación con un enfoque de un solo criterio. El enfoque ANP, como método de toma de decisiones multicriterio garantiza la implementación de enlaces reales y relaciones que existen entre los elementos del modelo [16].

2.2. Fundamentación Teórica

2.2.1. Transporte

El transporte es un sistema organizacional y tecnológico del sector terciario que apunta a trasladar personas y mercancías de un lugar (origen) a otro (destino) para balancear el desfase espacial y temporal entre los centros de oferta y demanda. Lo anterior plantea el problema de realizar este traslado en forma eficiente y sustentable [17].

2.2.1.1. Modos de Transporte

Existe varios modos de transporte agrupados en tres principales: terrestre, fluvial y marítimo; y aéreo.

- a) **Transporte Aéreo:** Es un servicio que permite el traslado de un lugar a otro a personas o un determinado cargamento mediante la utilización de aeronaves. Los fines de este tipo de transporte son comerciales, en el caso de tener fines militares sería considerado como una actividad dentro de la logística [18].
- b) **Transporte Terrestre:** Se conoce también como rodoviario, autotransporte o automotor, es un modo de transporte que se caracteriza por el uso de vías de superficie terrestre acondicionadas para el movimiento de vehículos de un lugar a otro.
- c) **Transporte Acuático:** Conocido también como hidrovial o acuaviario es el tipo de transporte que se da en todas las aguas navegables ya sea ríos, lagos, canales y mar mediante la utilización de buques de diferentes características para el traslado ya sea de pasajeros, carga o ambos [19].
 - **Transporte Marítimo.** Es el transporte acuático que se efectúa en mares y lagos de agua salobre.
 - **Transporte Fluvial.** Es aquel que se efectúa en ríos y lagos de agua dulce.

2.2.1.2. Transporte Terrestre Automotor

La Ley Orgánica de Transporte terrestre, Tránsito y Seguridad Vial[20] define al transporte terrestre automotor como un “servicio esencial y una actividad económica estratégica del Estado, que consiste en la movilización libre y segura de personas o de bienes de un lugar a otro, haciendo uso del sistema vial nacional, terminales terrestres y

centros de transferencia de pasajeros y carga en el territorio ecuatoriano”. Esta misma ley ha clasificado al transporte terrestre de acuerdo con su servicio: a) Público; b) Comercial; y, c) Por cuenta propia y d) Particular.

a) Transporte Público.

Servicio que puede ser prestado por el Estado u otorgado mediante contrato de operación a compañías o cooperativas legalmente constituidas. Comprende también al que se presta mediante tranvías, metros, teleféricos, funiculares y otros similares y será servido a través de rutas, cables o fajas transportadoras preestablecidas. El transporte público puede operar en los siguientes ámbitos: urbano, intraprovincial, interprovincial e internacional.

- **Urbano:** Es aquel que opera solamente en la zona urbana de las cabeceras cantonales.
- **Intracantonal:** Es aquel que opera en las cabeceras cantonales incluyendo los que se encuentran fuera del sector urbano. Los contratos de operación de estos servicios están atribuidos a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos o a la Agencia Nacional en los cantones que no hayan asumido la competencia, con sujeción a las políticas y resoluciones de la Comisión Nacional del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.
- **Intraprovincial:** Es aquel que opera dentro de los límites provinciales. Los contratos de operación, están atribuidos a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Regionales o la Agencia Nacional, en aquellas provincias que no formaren parte de una región, con sujeción a las políticas y resoluciones de la Agencia Nacional de Regulación y Control del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.
- **Interprovincial:** Es aquel que opera, bajo cualquier tipo, dentro de los límites del territorio nacional. Los contratos de operación están atribución a la Comisión Nacional del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.
- **Internacional:** Es aquel que opera, bajo cualquier modalidad, fuera de los límites del país, teniendo como origen el territorio nacional y como destino un país extranjero o viceversa. Los contratos de operación están atribuidos a la Comisión

Nacional del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, de conformidad con lo establecido en los Tratados, Convenios Internacionales, la Ley Orgánica de Transporte Terrestre y su Reglamento.

b) Transporte Comercial

Es el servicio que se presta a terceras personas a cambio de una contraprestación económica, siempre que no sea colectivo o masivo. En este grupo se ubica el transporte escolar e institucional, taxis, tricimotos, carga pesada, carga liviana, mixto, y turístico.

c) Transporte por Cuenta Propia

Este servicio satisface necesidades de movilización de personas o bienes, dentro del ámbito de las actividades comerciales exclusivas de las personas naturales y/o jurídicas, mediante el uso de su propio vehículo o flota privada. Es el transporte que utilizan las empresas para la distribución de sus diferentes productos.

d) Transporte Particular

El transporte particular es aquel que satisface las necesidades propias de transporte de sus propietarios sin fines de lucro.

Además los medios de transporte terrestre pueden ser clasificados de acuerdo a la norma INEN 2656 [21] de la siguiente manera:

a) Categoría L: Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.

b) Categoría M: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros. Entre los automotores de esta categoría se encuentran:

- **Microbús.** Vehículo orientado al transporte de pasajeros, con un espacio interno para la circulación de pasajeros (corredor central). El número de plazas puede ser hasta 26.
- **Minibús.** Vehículo orientado al transporte de pasajero, con un espacio interno para la circulación de pasajeros (corredor). El número de plazas puede ser hasta 60.

- **Bus.** Vehículo destinado al transporte de pasajeros con un espacio interno para la circulación de pasajeros (corredor central). El número de plazas puede ser hasta 90.
 - **Articulado.** Formado por dos o más secciones rígidas, articuladas entre sí, en el cual los comportamientos de pasajeros de cada sección se intercomunican, de manera que los pasajeros pueden desplazarse libremente por ellos.
- c) **Categoría N:** Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancías.
- d) **Categoría O:** Remolques.

2.2.2. Modelos de Transporte

Son herramientas de análisis, predicción y apoyo general a la toma de decisiones en la planificación del transporte tanto público como privado, principalmente en países desarrollados y en vías de desarrollo que proporciona un marco sistemático para representar cómo la demanda de viajes cambia en respuesta a diferentes supuestos de entrada. Se busca principalmente minimizar los tiempos de viaje y aseguramiento de la calidad del servicio de transporte público, aunque generalmente es suficiente con obtener una reducción de la congestión de las vías de tránsito o una mejora en la utilización del transporte público [22].

Algunos modelos de viajes buscan representar de manera comprensiva múltiples aspectos interrelacionados del comportamiento de los viajes regionales, tales como las actividades que realizan las personas, dónde y cuándo ocurren estas actividades y cómo la gente llega a estas actividades. Otros modelos tienen un alcance más limitado, abordando un mercado de transporte más pequeño, como los viajes relacionados con el aeropuerto, los viajes dentro de un corredor o un distrito particular de una ciudad. El tipo de modelo de viaje que es apropiado usar depende de las preguntas particulares que se hacen por los tomadores de decisiones.

Los modelos de viaje se utilizan para proporcionar evaluaciones objetivas de las ventajas y desventajas de las diferentes alternativas. Estas alternativas pueden incluir inversiones de capital, políticas, configuraciones de uso del suelo, supuestos socioeconómicos y

demográficos, y muchos otros factores. Al ejecutar el modelo de viaje con diferentes conjuntos de suposiciones de entrada que representan estas alternativas, los analistas pueden evaluar las diferencias entre alternativas utilizando una amplia gama de métricas y pueden ayudar a responder a las preguntas clave de los tomadores de decisiones.

A continuación se identifican algunos tipos amplios de modelos utilizados en la planificación del transporte, formando tres grupos grandes: estadísticos y explicativos, según sus características de concepción y según el objetivo que buscan.

2.2.2.1. Clasificación entre modelos Estadísticos y Explicativos

Es la clasificación más simple que existe:

- a) Los modelos **estadísticos** o empíricos se basan en una relación estadística previamente establecida cuyos coeficientes se determinan con ajustes a los datos observados describiendo la movilidad actual (conocida por encuestas). Estos modelos que se pueden aplicar de una manera fácil, presentan el gran inconveniente de prohibir toda reflexión prospectiva sobre la evolución de los comportamientos de los usuarios, ya que las relaciones estadísticas no buscan reproducirlas y los coeficientes así determinados no pueden normalmente reflejar ninguna significación. La calidad de los ajustes obtenidos es muy a menudo una ilusión.
- b) Los modelos **explicativos**, a diferencia de los anteriores, se basan en un análisis detallado de los datos; se avanza una explicación del sistema y ésta se formaliza bajo una forma matemática. Los parámetros, ajustados a los datos actuales, tienen entonces una significación y se puede reflejar en su evolución futura en función de las modificaciones posibles de los comportamientos. Estos modelos son más difíciles de aplicar y sobretodo de ajustar, pero son mejores para las previsiones y para la planificación ya que permiten plantear diferentes hipótesis.

2.2.2.2. Clasificación según sus Características de Concepción

En esta clasificación es conveniente tomar ciertos criterios para identificar los modelos. De acuerdo con su agregación o la forma en que los agentes económicos hacen su elección. En base al primer criterio, según el nivel de agregación bajo el cual se tienen en cuenta los comportamientos económicos se tienen modelos agregados y desagregados.

- Los modelos agregados se relacionan con modelos macro-económicos y estudian la elección del modo de transporte a través de los volúmenes o partes de tráfico observadas. Estos modelos permiten analizar los desplazamientos entre zonas geográficas de origen y de destino sin tener en cuenta las particularidades de los viajeros en el interior de cada zona. Las características de los viajeros están representadas por distribuciones del conjunto de la población.
- Los modelos desagregados se relacionan con modelos microeconómicos y se refieren a los comportamientos individuales. Buscan explicar, bajo una forma probabilística, las actitudes de elección de los individuos, cuyo comportamiento está ligado a fenómenos aleatorios.

En base al segundo criterio, según la manera en que la elección es efectuada por parte de los agentes económicos se tienen modelos secuenciales y directos.

- Los modelos secuenciales presumen que las diferentes elecciones se hacen sucesivamente por el individuo. Cada aspecto de la cadena de decisión se estudia separadamente por una formulación adecuada. Se calcula primero el tráfico global, de todos los modos, entre dos zonas antes de afectar, con una operación diferente, la parte que repercute a cada modo.
- Los modelos directos, aunque entienden que las elecciones pueden ser sucesivas, suponen que la decisión es un todo. Buscan integrar en una sola ecuación todo el proceso de elección. Estos modelos conducen directamente al cálculo del tráfico de cada modo. Se puede reconstruir el tráfico global como suma de los tráficos de cada modo.

En base a los criterios antes mencionados se presentan cuatro tipos de modelos:

a) Modelos Agregados Secuenciales

Describen y prevén más particularmente los flujos de tráfico global entre dos zonas geográficas. Luego afectan las partes de estos flujos de los diferentes modos interviniendo en la relación. Cuando las zonas geográficas son numerosas, una última parte se reserva a la afectación de estos flujos en el conjunto de la red. Se puede distinguir cuatro etapas sucesivas:

- La generación de tráfico que tiene por objeto el cálculo del número de desplazamientos efectuados por una persona.

- La distribución de tráfico que corresponde a la repartición espacial de los desplazamientos.
- La elección modal que permite afectar los desplazamientos a los diversos modos con presencia.
- La afectación sobre la red

b) Modelos Agregados Directos

Precisan en una sola ecuación, los análisis de generación-distribución y la repartición modal. Habitualmente la forma en que tratan la generación y la distribución es parecida a los modelos agregados secuenciales (teniendo en cuenta variables demográficas o socioeconómicas que describen los polos), pero se diferencian por el tratamiento de la elección modal.

Esto genera tres tipos de modelos agregados directos:

- Modelos de elección de modo específico, que calculan modo por modo el tráfico correspondiente.
- Modelos de elección de modo abstracto que estudian la demanda relativa a los modos definidos únicamente en términos de características de servicio.
- Modelos de repartición modal que distinguen en una misma ecuación la función generación y la función de elección modal.

c) Modelos Desagregados Secuenciales

Presentan dos ventajas. La primera es que parece que tienen mejor en cuenta los procesos de elección individual, por la manera en que los datos están tomados y utilizados en la construcción del modelo. La segunda es que las técnicas de desagregación parecen más aptas para predecir los fenómenos de comportamiento y aplicarlos en la planificación.

Se han desarrollado principalmente para ayudar a la determinación modal, ya que la generación y la distribución de tráfico están tratadas de forma relativamente clásica. La elección modal, inicialmente, era una elección binaria entre dos modos concurrentes. Se podría usar una elección más compleja. Las principales características de estos modelos son:

- El uso de técnicas de calibración en las que cada observación individual se trata como un punto y no como el interior de un agregado, temporal o demográfico.

- La manera como son tratadas las características de las diferentes alternativas así como las del usuario.
- El uso de funciones matemáticas específicas.

d) Modelos Desagregados Directos

El usuario no se supone que toma su decisión en una secuencia de elección (¿viajar o no?, ¿por qué modo? ¿a qué destino?), sino que la toma simultáneamente. Este principio ya desarrollado en los modelos agregados directos se ha aplicado a los modelos desagregados, estos últimos constituyen para algunos el mejor acercamiento a las elecciones de los individuos. En la parte central de estos modelos se encuentra el análisis de la repartición modal, que se suele tratar como un acercamiento de tipo logístico [23].

2.2.2.3. Según el Objetivo que buscan

a) Modelos de Planificación por Bosquejos

Son los modelos más simples de tránsito. Estas herramientas están diseñadas para producir estimaciones aproximadas de la demanda de tránsito donde la información “orden de magnitud” es todo lo que se requiere. Estos modelos son típicamente simples y fáciles de implementar, requieren menos datos y con frecuencia se implementan usando herramientas de software comunes como las hojas de cálculo y sistemas de información geográfica (GISs). Aunque estas herramientas son menos costosas al implementar y aplicar, no pueden proveer un nivel de detalle requerido para analizar ciertos tipos de políticas e inversiones y no pueden proporcionar información de salida detallada [24].

b) Modelos de Planificación Estratégica

Son a menudo estrechos en alcance pero incorporan detalles significativos en áreas específicas de análisis. Estos modelos a menudo son usados donde hay un deseo de analizar varios escenarios rápidamente e implementados usando herramientas software y hardware básicos; estos modelos son menos costosos de implementar y aplicar [24].

c) Modelos Basados en Viajes o Modelos de 4 pasos

Estos modelos utilizan el viaje individual como unidad fundamental de análisis. Son ampliamente utilizados en la práctica para apoyar análisis de transporte y toma de decisiones a nivel regional, sub regional y proyectos. Son los conocidos modelos de

“cuatro pasos” porque generalmente incluyen cuatro componentes principales. Los primeros componentes, generación de viajes estiman el número de viajes producidos y atraídos por cada zona (estas zonas representan colectivamente la geografía del área modelada). El segundo paso, distribución de viaje conecta dónde se producen los viajes y dónde son atraídos. El tercer paso, elección de modo determina el modo de viaje, tal como automóvil o tránsito, utilizado para cada viaje, mientras que el cuarto paso de asignación predice las instalaciones o rutas de red específicas utilizadas para cada viaje [24]. Es considerado el modelo clásico de transporte, que resulta de la práctica en los 60, pero que ha permanecido relativamente inalterada. Estas cuatro etapas son:

- 1) Generación de viajes. Se predice la cantidad de viajes producidos o atraídos a una zona T_i .
- 2) Distribución. Se distribuyen los viajes T_i que emanan de una zona entre los distintos destinos, obteniéndose los T_{ij} , cantidad de viajes desde la zona i hasta la zona j .
- 3) Reparto modal. Para cada T_{ij} se decide el modo de transporte a utilizar, teniendo como resultado los valores T_{ijm} .
- 4) Asignación. Se asignan los viajes T_{ijm} a los distintos arcos de la red, a través de caminos razonables entre los extremos del viaje [25].

El modelo de cuatro pasos se puede observar esquematizado en la Figura 1.

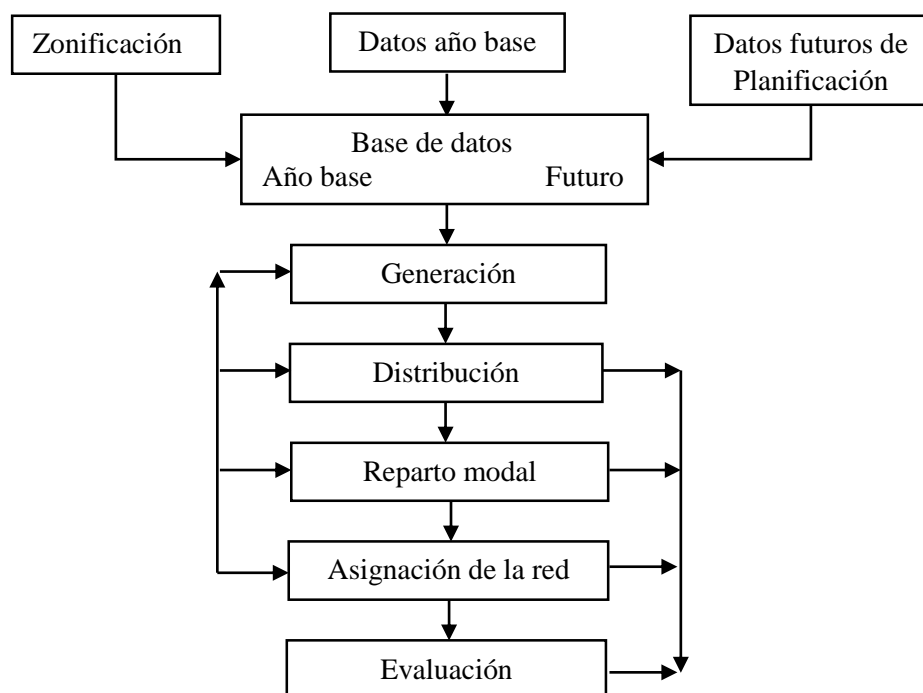


Figura 1. Modelo clásico de transporte de cuatro etapas [25].

d) Modelos Basados en Actividades

Estos modelos han llegado a ser ampliamente utilizados en la práctica. Comparte algunas similitudes con el tradicional modelo de 4 pasos. Sin embargo estos modelos incorporan algunos avances significativos sobre los modelos de 4 pasos, como la representación explícita de restricciones realistas de tiempo y espacio, y los vínculos entre las actividades y los viajes para una persona así como para múltiples personas en un hogar. Estos vínculos permiten representar de manera más realista el efecto de las condiciones de transporte en opciones de actividad y transporte [24].

Una premisa fundamental de los modelos de viaje basados en la actividad es que la demanda de viajes se deriva de las necesidades y deseos de las personas de participar en las actividades. En algunos casos estas actividades pueden ocurrir dentro de sus hogares, pero en muchos casos estas actividades se encuentran fuera de sus hogares, lo que resulta en la necesidad de viajar. Los modelos basados en la actividad se basan en teorías conductuales sobre cómo las personas toman decisiones sobre la participación en la actividad en presencia de limitaciones, incluyendo decisiones sobre dónde participar en actividades, cuándo participar en actividades y cómo llegar a estas actividades.

2.2.3. Toma de Decisiones

Es un proceso en el cual un individuo escoge entre dos o más alternativas, estos individuos son denominados tomadores de decisiones, los cuales pueden ser de distintos niveles jerárquicos de una organización. El hecho de comparar alternativas demuestra la necesidad de aplicar mediciones que permitan emplear criterios de comparación. Estos criterios se miden en escalas diferentes (distancia, tiempo, peso, masa, etc.), por lo que es necesario convertir estas unidades en una abstracta válida para todas las escalas. También existen variables intangibles, las cuales son imposibles cuantificar con aspectos políticos, sociales y ambientales.

El proceso de decisión conlleva determinado riesgo implícito, el cual depende de los datos considerados. Es decir a mayor precisión en la información a considerar, menor riesgo supondrá la decisión tomada. De acuerdo a lo dicho, se puede establecer la siguiente consideración:

- Toma de decisiones bajo certidumbre: se conocen todos los datos de forma determinista.

- Toma de decisiones bajo riesgo: los datos son descritos mediante relaciones de probabilidad.
- Toma de decisiones bajo incertidumbre: cuando no se puede determinar el peso o relevancia de los datos considerados.

El proceso sistemático está comprendido de cuatro etapas: información, diseño, elección e implementación. En la fase de información se identifica y plantea el problema. La fase de diseño se construye un modelo en base a suposiciones que simplifiquen la realidad, se indican las posibles alternativas y se determina el criterio o criterios a tener en cuenta, aclarando de esta forma si va a abordar un criterio único o criterios múltiples. La fase de selección implica la solución propuesta para el modelo y por último cuando la alternativa seleccionada se considera como ajustada a la realidad, se implementa [26]. La Figura 2 esquematiza el proceso de toma de decisiones.

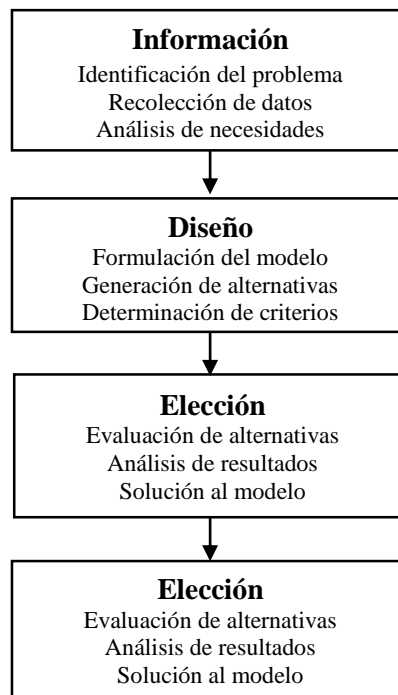


Figura 2. Proceso de toma de decisiones [26].

Por mucho tiempo la toma de decisiones tuvo una perspectiva monocriterio, es decir se basa en un solo criterio de decisión, el económico concretamente. El problema es que este tipo de formulación ofrece una visión reducida y poco forzada a la realidad, pues no se toman en cuenta otros criterios que puedan entrar en conflicto con el escogido. Esta idea ha ido perdiendo importancia y poniéndose a favor del enfoque multicriterio el cual tiene en cuenta diversos criterios.

2.2.3.1. Toma de Decisiones Multicriterio

La Decisión Multicriterio es definida como el “conjunto de aproximaciones, métodos, modelos, técnicas y herramientas dirigidas a mejorar la calidad integral de los procesos de decisión seguidos por los individuos y sistemas, esto es a mejorar la efectividad, eficacia y eficiencia de los procesos de decisión y a incrementar el conocimiento de los mismos” [27].

A lo largo de la historia se han desarrollado gran cantidad de métodos y se ha clasificado de manera concreta en dos grandes grupos: métodos multicriterio continuos o multiobjetivos y discretos.

- a) **Decisión Multicriterio Continuo.** Cuando se presentan aquellos problemas multicriterios que muestran un conjunto infinito de soluciones factibles y conduce a un número infinito de alternativas. En este grupo se encuentra la Programación Multiobjetivo, la Programación compromiso y la Programación por metas
- b) **Decisión Multicriterio Discreto.** Cuando el número de alternativas es finito. En este grupo se encuentran métodos como Ponderación Lineal (Scoring), Utilidad Multiatributo (MAUT), Electre, Promethee, Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP) y el Proceso Analítico en Red (Analytic Network Process, ANP).
 - **Ponderación Lineal (Scoring):** se utiliza cuando no se dispone de mucha información, en escenarios de incertidumbre. Este método se basa en la asignación de pesos a los distintos criterios. Se representa una función de valor para cada una de las alternativas. Es un método fácil de utilizar y muy empleado.
 - **Utilidad Multiatributo (MAUT):** se representa una función de utilidad para cada atributo, a continuación se añaden a una función multiatributo de forma aditiva o multiplicativa. Este método demanda un alto nivel de información para poder construir la función de utilidad multiatributo.
 - **Relaciones de Superación:** estos métodos se basan en las comparaciones binarias de alternativas, comparaciones dos a dos de las alternativas, criterio a criterio. En este grupo destaca el método ELECTRE y el Método PROMETHEE.

- **Proceso Analítico Jerárquico (AHP):** este método consiste básicamente en descomponer un problema en una estructura jerárquica, con al menos 3 niveles básico (meta u objetivo, criterios y alternativas). Este método proporciona una visión general del problema y fácil de entender.
- **Proceso Analítico en Red (ANP):** es una generalización de AHP en la cual ya permite considerar todas las interrelaciones, influencias y realimentaciones de todos los elementos entre ellos, pasando a ser AHP el modelo más sencillo de ANP. La principal característica de ANP es que permite incluir relaciones de interdependencia y realimentación entre elementos del sistema [28].

La red de ANP está conformada por Componentes, Nodos o Clusters y cada uno de ellos comprende una serie de Elementos. Las relaciones entre Componentes, nodos o clusters se llama Interdependencias y las relaciones entre Elementos dentro de un nodo, realimentación [29].

2.2.3.2. Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

El Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*, AHP) fue formulado por Thomas L. Saaty en 1980, como respuesta a problemas concretos de toma de decisiones en el Departamento de Defensa de los EEUU, siendo al presente un clásico en el mundo empresarial donde es utilizado en casi todos los ámbito para tomar decisiones de cierta complicación. El potencial del método se debe a que se adecúa a distintas situaciones, su cálculo es sencillo gracias a softwares existentes y puede utilizarse de manera grupal e individual. Este método pondera tanto los criterios como las distintas alternativas utilizando matrices de comparación pareadas [29].

Una de las principales ventajas de este método es que se pueden incluir los aspectos cualitativos que, generalmente se quedan fuera del análisis debido a su complejidad para ser medidos, pero que pueden considerarse importantes. Además permite organizar de manera gráfica y eficiente la información respecto al problema.

Gracias a sus características, este método de toma de decisiones puede aplicarse en una gran variedad de escenarios o situaciones, desde decisiones de la vida privada hasta el nivel empresarial. En el campo organizacional se puede aplicar en la planificación estratégica, planificación territorial, planificación por escenarios, selección, calificación

y promoción de personal, selección de productos y servicios, selección de proveedores, asignación de recursos, selección de rutas de transporte, localización de instalaciones, decisiones de marketing, determinación de portafolio de inversión, evaluaciones de planes, formulación de políticas, gestión ambiental, análisis costo-beneficio, formulación de estrategias de mercado, etc.

En la resolución de problemas de decisión mediante el método AHP se puede identificar las fases que se observan en la Figura 3, las cuales previamente deben ser preparadas mediante la definición de los participantes o grupo de trabajo, la identificación de la cantidad y calidad de información, establecimiento de tiempos y otros recursos asociados con el proceso.

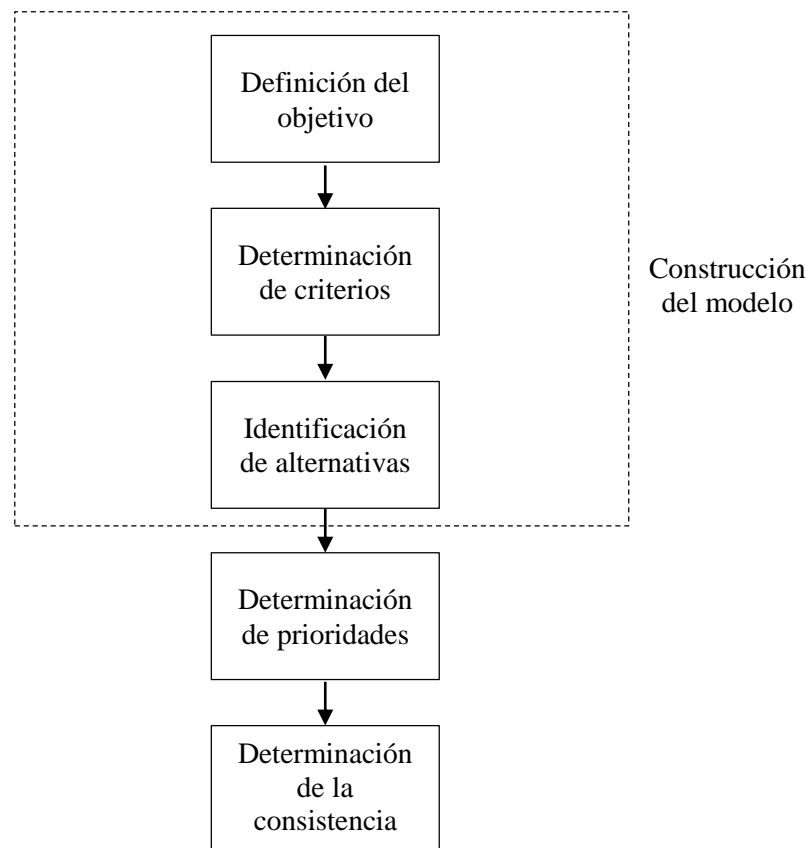


Figura 3. Fases del proceso analítico jerárquico [28].

a) **Construcción del Modelo**

La organización jerárquica facilita la comprensión y visualización de todos los elementos de un problema, agruparlos según su importancia e influencia en conjuntos a niveles distintos, comprender las relaciones existentes entre cada uno de ellos y cómo afecta cada

elemento a la totalidad del problema. La jerarquía básica está formada por tres elementos: meta u objetivo general, criterios y alternativas, pero generalmente los criterios contienen subcriterios lo que provoca añadir otro nivel a la jerarquía. La Figura 4 muestra el esquema jerárquico del modelo AHP.

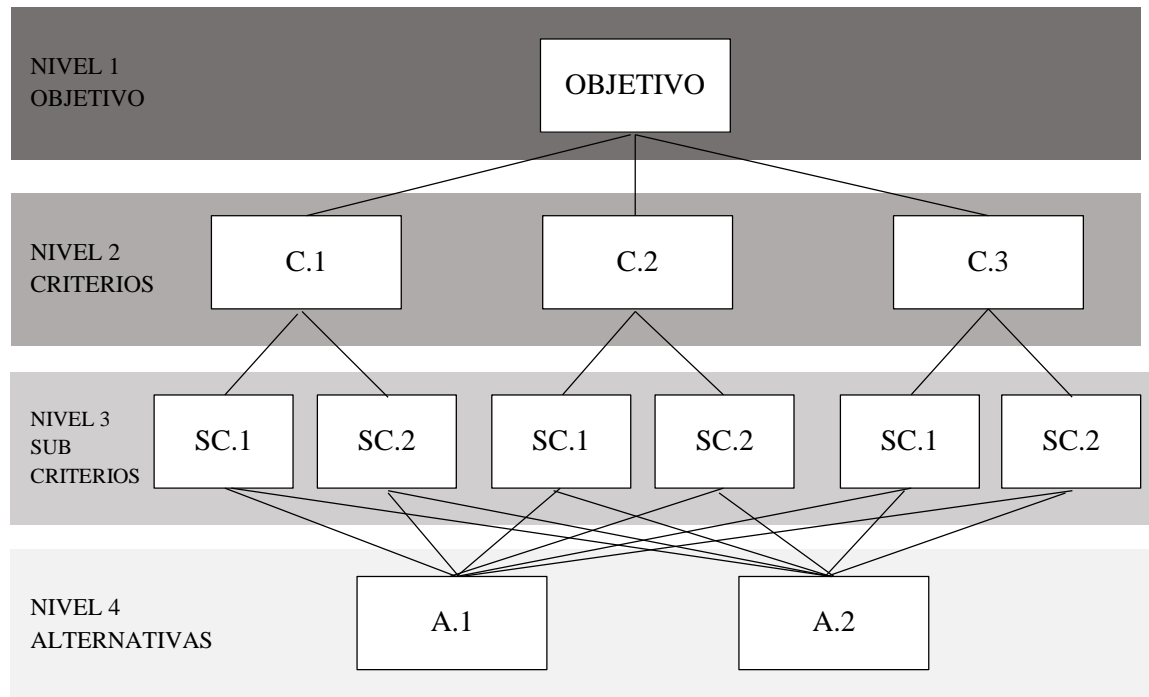


Figura 4. Esquema jerárquico

Definición del Objetivo o Meta

El objetivo o meta describe lo que el tomador de decisiones o grupo quiere alcanzar, al escoger entre una de las alternativas que se plantean. En la jerarquía el objetivo se sitúa en el nivel superior, independiente del resto de niveles [28].

Determinación de Criterios y Subcriterios

Los criterios constituyen los indicadores o factores que el tomador de decisiones, considera que son esenciales para analizar el problema en base a su experiencia o fundamentación científica. Estos se pueden representar en un único nivel de la jerarquía, pero si es necesario detallarlos mejor, se pueden insertar tantos niveles como sean necesarios de subcriterios entre las alternativas y la fila superior de criterios.

Los criterios o subcriterios se comparan entre sí, mediante comparaciones pareadas (dos a dos), para determinar cómo influyen en el elemento superior (criterio-objetivo;

subcriterio-criterio). Cuando los subcriterios de un nivel se comparan entre sí, en función de todos los criterios del nivel superior se estructura una jerarquía completa, pero si no se comparan en función de todos los criterios del nivel superior, se puede decir que se estructura una jerarquía incompleta [28].

En ciertos casos los criterios contienen valores numéricos, por lo que no es necesario la utilización de la matriz pareada, sino simplemente la ponderación en base a sus valores. Estas variables pueden ser directas e inversas.

- **Variables Directas:** Son aquellas en que si su valor aumenta, la apreciación también lo hace. Por ejemplo en un inmueble urbano, si aumenta su superficie también aumenta el precio.
- **Variables Inversas:** Son aquellas en que si su valor disminuye, la apreciación aumenta y viceversa. Por ejemplo en un inmueble urbano, mientras menos distancia al centro, aumenta el precio.

Para la utilización de los criterios adecuadamente se debe transformar todas las variables en directas. Existen dos formas: transformación por la inversa y transformación por la diferencia a una constante.

La transformación por la inversa, consiste en sustituir la variable por su inversa. Esto es la variable explicativa inversa x_i sería sustituida por la correspondiente explicativa directa $1/x_i$. Esta transformación tiene el inconveniente de no poder ser utilizada cuando la variable toma el valor cero en alguno de los activos de referencia 0 datos comparables.

La transformación por la diferencia a una constante consiste en sustituir la variable x_i por la diferencia con una constante K cuyo valor debe ser superior que el mayor valor posible de la variable. Esta transformación $(k-x_i)$ comúnmente realizada en Valoración tiene el inconveniente que según la constante k que se elija varía el resultado obtenido.

Identificación de Alternativas

Son las posibles soluciones que puede tener el problema en cuestión de las que se debe escoger una, la cual permita cumplir el objetivo planteado o acercarse lo más posible a él. La elección no implica que la alternativa elegida sea la óptima para resolver el problema, pero si la mejor de entre todas las que se dispone para satisfacer el objetivo. Las

alternativas también se comparan por pares en función de los criterios y subcriterios considerados [30].

b) Determinación de Prioridades

En esta etapa se asigna el grado de importancia de cada criterio, subcriterio y alternativa mediante comparaciones por pares de juicios de valor expresados en forma numérica basada en la escala fundamental propuesta por Saaty que se puede apreciar en la Tabla 2.

Tabla 2. Escala fundamental de comparación por pares de Saaty [31].

Valor	Escala verbal	Definición
1	Igual	Ambos elementos son de igual importancia.
3	Moderada	Moderada importancia de un elemento sobre otro.
5	Fuerte	Importancia fuerte de un elemento sobre otro.
7	Muy fuerte	Importancia demostrada de un elemento sobre otro.
9	Extrema	Importancia absoluta de un elemento sobre otro.
2,4,6,8	Valores intermedios	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar.

La manera más adecuada de representar las comparaciones es a través de una matriz, que refleja de forma simple cuales son los elementos dominantes y los dominados. Esta matriz recibe el nombre de matriz de comparaciones pareadas.

La matriz A de comparaciones pareadas es un matriz cuadrada $n \times n$, en la que a_{ij} , expresa la preferencia en valor numérico, del elemento de la fila i cuando se compara con el elemento de la columna j , para $i = 1, 2, 3, \dots, n$ y $j = 1, 2, 3, \dots, n$ por lo que cuando $i=j$ el valor de $a_{ij} = 1$, pues se está comparando el elemento consigo mismo.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

La construcción de la matriz se basa en cuatro axiomas:

- **Axioma 1: Reciprocidad.** Hace referencia a la condición de juicios recíprocos.

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (1)$$

- **Axioma 2: Homogeneidad.** Los elementos comparados son del mismo orden o nivel jerárquico.
- **Axioma 3: Dependencia.** Existe dependencia jerárquica entre los elementos de dos niveles jerárquicos.
- **Axioma 4: Consistencia.** Cuando la matriz de comparaciones pareadas es perfectamente consistente se cumple que $a_{jk} * a_{kj} = a_{ij}$ para todo $i, j, k = 1, 2, 3, \dots, n$.

c) Determinación de la Consistencia

De acuerdo al Axioma 4, las matrices de comparación pareadas deben ser consistentes y también es el paso previo al cálculo del vector propio [32]. La razón de consistencia (CR) se determina mediante el cociente entre el Índice de Consistencia real de la matriz (IC) y el Índice de Consistencia Aleatorio (IA).

$$CR = \frac{IC}{IA} \quad (2)$$

Se considera que existe consistencia cuando no se superan los porcentajes que aparecen en la Tabla 3. Si la razón de consistencia supera estos valores se revisan los juicios [33].

Tabla 3. Porcentajes máximos del ratio de consistencia [29]

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

Índice de Consistencia IC

Cuando una matriz A es totalmente consistente, el valor de la suma normalizada de cada una de sus filas y el valor de la suma de sus elementos de cada una de las columnas son recíprocos. Para calcular el índice de consistencia se sigue el siguiente procedimiento, primero se normalizan por la suma los elementos de la matriz A:

$$A_{normalizada} = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum_{n=1}^n a_{n1}} & \frac{a_{12}}{\sum_{n=2}^n a_{n2}} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum_{n=1}^n a_{nn}} \\ \frac{a_{21}}{\sum_{n=1}^n a_{n1}} & \frac{a_{22}}{\sum_{n=1}^n a_{n2}} & \dots & \frac{a_{2n}}{\sum_{n=1}^n a_{nn}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum_{n=1}^n a_{n1}} & \frac{a_{n2}}{\sum_{n=1}^n a_{n2}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum_{n=1}^n a_{nb}} \end{bmatrix}$$

Tras obtener la matriz normalizada, se obtiene la prioridad relativa de cada uno de los elementos comparados, promediando cada una de las filas de la matriz normalizada.

$$\begin{aligned} \frac{a_{11}}{\sum_{n=1}^n a_{n1}} + \frac{a_{12}}{\sum_{n=2}^n a_{n2}} + \dots + \frac{a_{1n}}{\sum_{n=1}^n a_{nn}} &= b_1 \\ \frac{a_{21}}{\sum_{n=1}^n a_{n1}} + \frac{a_{22}}{\sum_{n=1}^n a_{n2}} + \dots + \frac{a_{2n}}{\sum_{n=1}^n a_{nn}} &= b_2 \\ &\vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum_{n=1}^n a_{n1}} + \frac{a_{n2}}{\sum_{n=1}^n a_{n2}} + \dots + \frac{a_{nn}}{\sum_{n=1}^n a_{nn}} &= b_n \end{aligned}$$

El conjunto de b_i promediados forma un vector columna que se denomina vector media de sumas o vector de prioridades globales B.

$$B = \left[\frac{b_1}{n} \quad \frac{b_2}{n} \quad \dots \quad \frac{b_n}{n} \right]^T$$

El producto de la matriz original A por el vector de prioridades B resulta en una matriz columna denominada vector fila C.

$$A * B = C = [c_1 \quad c_2 \quad \dots \quad c_n]^T \quad (3)$$

Se realiza el cociente entre los elementos de las matrices vector fila total C y B, y se obtiene otro vector columna D.

$$\frac{C}{B} = D \quad (4)$$

Al sumar y promediar los elementos dará λ_{max}

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (5)$$

Conocida la λ_{max} se calcula el Índice de Consistencia

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (6)$$

Índice de Consistencia Aleatoria IA

Es el índice de consistencia de una matriz que se han realizado de forma aleatoria. Este valor varía según el número de elementos que se comparan tal y como se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores de consistencia aleatoria [31].

Tamaño de la matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consistencia aleatoria	0,00	0,00	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

2.3. Propuesta de Solución

Como resultado de la presente investigación se obtiene una metodología propicia para la estimación del tráfico de transporte público urbano en la ciudad de Ambato en base a resultados de los modelos de transporte ya aplicados en otras ciudades.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Modalidad de Investigación

El proyecto es una investigación aplicada, para el cumplimiento de propósitos fundamentales como resolver problemas prácticos que otorgue el desarrollo de la investigación mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la formación profesional. También se emplea las modalidades de investigación de campo e investigación bibliográfica.

3.1.1. Investigación Bibliográfica

La modalidad empleada es la investigación bibliográfica - documental debido a que se sustenta en la consulta de documentos como libros, revistas científicas, registros, periódicos, folletos y tesis similares para profundizar y adquirir los conocimientos necesarios en el desarrollo de este proyecto de investigación.

3.1.2. Investigación de Campo

La modalidad del proyecto también es de campo ya que permite obtener información real del lugar de los hechos, a fin de recopilar datos necesarios para el desarrollo del proyecto. Pues para su aplicación es necesario trasladarse a las estaciones de parada del sistema de transporte.

3.2. Población y Muestra

La metodología de estimación de tráfico seleccionada en este estudio se aplica en el sistema de transporte público de la ciudad de Ambato, constituyendo la población de estudio todas las líneas de transporte público que circulan en la ciudad. Pero esta investigación se limita a la búsqueda de la metodología, por lo que se aplica solamente

en una porción o muestra de la ciudad a manera de demostración. Esta muestra forma la Av. 13 de Abril – Atahualpa entre las calles Juan León Mera y Av. Los Shyris considerada una de las más importantes para el transporte ya que circulan quince líneas autobuses.

3.3. Recolección de Información

Para el desarrollo del presente proyecto es necesario recopilar información de documentos, artículos científicos y tesis para establecer indicadores o criterios y las alternativas. También se recurre a documentos proporcionados por el GADMA para establecer la situación actual del sistema de transporte. Por último se realizan observaciones y levantamiento de información técnica.

3.4. Procesamiento y Análisis de Datos

Una vez obtenida la información necesaria para la ejecución del proyecto, los datos recopilados son revisados de forma ordenada con la finalidad de plantear mecanismos para la solución del problema mediante:

- Análisis de metodologías de toma de decisiones.
- Análisis de criterios a usar en el método multicriterio AHP.
- Análisis de las alternativas a usar en el método multicriterio AHP.
- Análisis de metodologías de estudios de transporte de las alternativas en base a los indicadores.
- Interpretación de los resultados obtenidos del modelo AHP.
- Interpretación de los resultados obtenidos del modelo de transporte aplicado en Ambato.

3.5. Desarrollo del Proyecto

1. Recolección de información de metodologías de estudio de sistemas de transporte público a nivel nacional o mundial.

2. Recolección de información de metodologías de tomas de decisiones.
3. Análisis y selección de la metodología de toma de decisiones.
4. Análisis de criterios a usar en el método multicriterio AHP.
5. Análisis de las alternativas a usar en el método multicriterio AHP.
6. Construcción del Modelo Jerárquico Multicriterio AHP para la tomar de decisiones en el software SuperDecisions.
7. Priorización de criterios y subcriterios y ponderación de variables respecto con los subcriterios.
8. Análisis, comparación y selección del modelo de transporte del sistema de transporte público.
9. Selección de la red vial transporte público urbano de la ciudad de Ambato donde se aplica el modelo escogido.
10. Aplicación del método seleccionado al transporte público de la ciudad de Ambato.
11. Interpretación de los resultados para el establecimiento de conclusiones y recomendaciones.
12. Elaboración del informe final.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En base al proceso de toma de decisiones de la Figura 2, la fase de información se ha desarrollado en el capítulo uno, por lo que se procede a la fase de diseño mediante el método multicriterio AHP en base al esquema jerárquico de la Figura 4.

4.1. Esquema Jerárquico del Modelo

El objetivo del modelo jerárquico es el mismo planteado en el presente proyecto de investigación: Plantear una metodología para la estimación del tráfico del transporte público urbano aplicada a la ciudad de Ambato. Se considera necesaria la revisión bibliográfica para establecer los criterios, subcriterios y alternativas de análisis en el modelo jerárquico.

4.1.1. Determinación de Criterios y Subcriterios

En un sistema de transporte público intervienen diferentes factores que pueden afectar su desenvolvimiento y desarrollo. Por ello, para el análisis es necesario establecer criterios en categorías y luego establecer subcriterios e indicadores de acuerdo a cada criterio. Los criterios seleccionados para el modelo jerárquico son cuatro: Tráfico, Impacto Ambiental, Impacto Social e Impacto Económico. El primero se refiere a la operación vehicular del sistema de transporte público, el segundo hace referencia al compromiso de la flota de transporte público con el ambiente, el tercero se refiere a la relación entre el transporte público y la población y el último describe el desenvolvimiento del sistema desde un punto de vista económico.

4.1.1.1. Tráfico

Este criterio hace referencia a las variables del proyecto de transporte basándose en la demanda de los pasajeros y los parámetros de operación de los vehículos. Estos

parámetros deben buscar la optimización de la operación del servicio de transporte, es decir, que la oferta de vehículos en circulación no sature la operación e impacte en el tiempo de viaje. A su vez, este criterio contiene cinco subcriterios.

a) Tiempo de viaje

Este subcriterio protege a las necesidades sociales de los pasajeros del transporte público urbano, es decir, el esfuerzo para acortar el tiempo de viaje desde el origen al destino y corresponde al tiempo medio de viaje en transporte público [34]. Es una variable cuantitativa inversa, en otras palabras, mientras mayor es el tiempo de viaje, menor es su apreciación y se mide generalmente en minutos.

b) Velocidad de operación

Este subcriterio también conocido como velocidad comercial corresponde a la velocidad media de viaje entre un paradero origen y otro destino, incluyendo todas las detenciones intermedias [35]. Es una variable cuantitativa directa y el cálculo del índice se muestra a continuación:

$$V = \frac{L}{t_o} \tag{7}$$

Donde:

L = longitud total de la ruta

T_o = tiempo gastado para cubrir la ruta completa desde su punto inicial al final, incluyendo tiempo gastado en las paradas.

c) Tiempo de espera

Este subcriterio es el lapso entre la llegada del pasajero al paradero y el momento que logra abordar un autobús. En el caso más ideal el tiempo medio de espera de los pasajeros que llegan al paradero es exactamente igual al tiempo medio entre autobuses denominado intervalo [36]. Es una variable cuantitativa inversa y se calcula por medio de la expresión:

$$T = \alpha * i \tag{8}$$

Donde:

i = el intervalo de tiempo entre autobuses

$a = \frac{1}{2} < a < 1$, parámetro usado para modelar el efecto de la variabilidad del tiempo entre pasadas de autobuses.

Intervalo

El intervalo es el espacio en tiempo que existe entre el paso de un vehículo y el vehículo siguiente como se ejemplifica en la Figura 5.

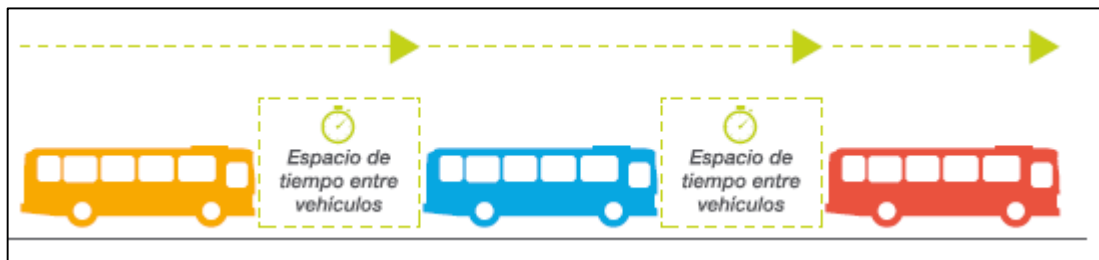


Figura 5. Intervalo entre vehículos

Se calcula en función de la frecuencia tomando en consideración la siguiente fórmula:

$$i = \frac{1}{f} \text{ o } \frac{60}{f} \quad [\text{tiempo}] \quad (9)$$

Donde:

i = intervalo en unidad de tiempo (horas o minutos)

f = frecuencia de vehículos expresada en unidades de tiempo

60= Factor de conversión de horas a minutos

- **Intervalo mínimo.** Es la menor cantidad de tiempo que puede transcurrir entre el paso de los vehículos, por las limitaciones físicas del proyecto, tales como la capacidad del carril o de la vialidad. Es decir, con un intervalo menor a 60 segundos, una vialidad o un corredor de BRT con carril confinado, se puede saturar y ocasionar filas de autobuses, generando un retraso operacional en el corredor.
- **Intervalo máximo.** El valor máximo de tiempo que transcurre entre el paso de vehículos, impactando en el tiempo que el usuario tendrá que esperar para poder abordar el siguiente vehículo.

Frecuencia de paso

Es un valor numérico que indica la cantidad de vehículos que circulan por un punto determinado del corredor o ruta en un determinado espacio de tiempo, generalmente una hora. La fórmula con la cual se obtiene este indicador, se muestra a continuación:

$$F = \frac{PPMD}{Capacidad\ veh\acute{u}culo} \left[\frac{unidades}{tiempo} \right] \quad (10)$$

Donde:

PPMD = Pasajeros en el punto de máxima demanda

Capacidad veh\acute{u}culo = Capacidad del veh\acute{u}culo, cantidad de pasajeros que puede transportar

d) Pasajeros por kil\u00f3metro (IPK)

Este subcriterio representa la relaci\u00f3n de los pasajeros transportados al n\u00famero total de kil\u00f3metros recorridos. Cuanto mayor sea esta relaci\u00f3n es la mayor eficiencia del transporte de pasajeros que representa [35], es decir es una variable cuantitativa directa. Se calcula de la siguiente manera:

$$IPK = \frac{pax}{kil\u00f3metros\ recorridos} \quad (11)$$

Donde:

IPK= \u00cdndice de pasajeros por kil\u00f3metro

Pax= la cantidad de pasajeros transportados en el per\u00edodo de an\u00e1lisis

e) Ocupaci\u00f3n vehicular

Este subcriterio se refiere a la cantidad promedio de pasajeros que se tiene por veh\acute{u}culo en un determinado periodo de tiempo y secci\u00f3n; es decir, este indicador se\u00f1ala la cantidad de pasajeros que se tienen por veh\acute{u}culo en un kil\u00f3metro [37]. Es una variable cuantitativa directa. Se expresa en pasajeros/veh\acute{u}culo y se obtiene de dividir la cantidad de pasajeros en el periodo de an\u00e1lisis entre la capacidad ofrecida, tal y como se muestra en la siguiente f\u00f3rmula:

$$Ocupaci\u00f3n\ vehicular = \frac{Pax_{periodo\ de\ an\u00e1lisis}}{Capacidad\ ofrecida} \left[\frac{pasajeros}{veh\acute{u}culo} \right] \quad (12)$$

Donde:

Ocupaci\u00f3n vehicular = la cantidad de pasajeros por veh\acute{u}culo

Pax_{periodo de an\u00e1lisis}= la cantidad de pasajeros que circulan por el punto y periodo de an\u00e1lisis

Capacidad ofrecida= indicador definido anteriormente

4.1.1.2. Impacto Ambiental

Este criterio se refiere al impacto que el proyecto de transporte tiene con el medio ambiente teniendo en cuenta los requisitos para minimizar los efectos nocivos de sobre el

medio ambiente. Determina el nivel de variabilidad de emisión de óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, hidrocarburos, óxidos de carbón y ruido. Contiene cuatro subcriterios que son:

a) Tipo de combustible

Este subcriterio se refiere al combustible o fuente de energía que utilizan los vehículos de transporte público para su funcionamiento, existiendo hasta la actualidad existen cinco tipos de combustibles. Es una variable cualitativa, por lo que se desarrolla una escala de acuerdo a sus características amigables al ambiente de 1 a 5, siendo 5 más amigable al medio ambiente.

- **Gasolina (1):** La gasolina, por su parte, está destinada a ser un comburente ideal para los ejemplares que no realizan recorridos muy largos o que no son conducidos durante lapsos prologados.
- **Diésel (2):** es un combustible líquido compuesto fundamentalmente por parafinas enfocado en tareas de transporte de personas o mercadería, recorrer distancias largas o cortas, dependiendo de la actividad profesional, durante extensas jornadas.
- **Gas Natural Comprimido (GNC) (3):** es una mezcla de gases, compuesta principalmente por metano. Asimismo, el gas natural puede contener dióxido de carbono, etano, propano, butano y nitrógeno, entre otros gases. Está presente en yacimientos fósiles y es posible obtenerse a partir de la descomposición de la materia orgánica. Este proceso es promovido en plantas de tratamiento especializadas que producen el denominado biogás. Para que el gas natural pueda ser empleado como combustible, es necesario almacenarlo a altas presiones (entre 200 – 250 bar). Una de las ventajas del uso de este combustible es que su precio es menor que el del diésel.
- **Vehículos híbridos con motores diésel/eléctrico (4):** los autobuses híbridos son aquellos que utilizan un motor de combustión interna (diésel) combinado con un motor eléctrico, es por eso que se denominan diésel/eléctrico. El funcionamiento de este tipo de motores es que, cuando se inicia la aceleración y para romper la inercia, se emplea el motor eléctrico, y una vez que se gana velocidad, el motor de combustión entra en operación, generando así un menor consumo de

combustible en el inicio de la marcha. De igual manera en el momento que el motor de combustión se encuentra funcionando, se realiza la carga de las baterías del motor eléctrico. El motor eléctrico tiene una ventaja adicional, que hace que los híbridos produzcan mucho menos ruido en el contexto urbano. Este tipo de motores son recomendables para proyectos en los que se tiene una situación equilibrada entre aceleramientos y velocidad constante, para lograr el estado óptimo de carga de baterías y de consumo de combustible. Estas situaciones son comunes en rutas con paradas cercanas o en lugares con alta congestión, debido a que constantemente se frena y se inicia el motor, por lo que una de las ventajas es que si los vehículos se operan correctamente, puede lograr una reducción del consumo de combustible del 30%, lo que puede reducir los costos de operación y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

- **Autobús completamente eléctrico (5):** Este utiliza un motor eléctrico para su propulsión.

Para emitir los juicios de valor de este subcriterio es necesario adaptar la tabla de Saaty, por lo que queda constituida como se ve en la Tabla 5.

Tabla 5. Juicios de valor para el Tipo de combustible basado en la tabla de Saaty.










Valor	Escala verbal	Definición
1	Igual	Ambos elementos tienen el mismo tipo de combustible
3	Moderada	Variación en <u>un nivel</u> de un tipo de combustible a otro. Ejemplo: Gasolina (1) a diésel (2).
5	Fuerte	Variación en <u>dos niveles</u> de un combustible a otro. Ejemplo: Gasolina (1) a Gas Natural comprimido (3).
7	Muy fuerte	Variación en <u>tres niveles</u> de un combustible a otro. Ejemplo: Gasolina (1) a Híbrido (4)
9	Extrema	Variación en <u>cuatro niveles</u> de un combustible a otro. Ejemplo: Gasolina (1) a Eléctrico (5)

b) Emisiones contaminantes

Este subcriterio se refiere a las emisiones producidas por los vehículos, las cuales son monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y material particulado (MP). A nivel internacional se tienen dos principales normas ambientales para emisiones de autobuses que son desarrolladas por European Commission o Euro Standards y Environmental Protection Agency o EPA Standards. Las vigentes son EURO VI en gramos por kilowatt- hora y EPA 2010 en gramos por caballo de fuerza al freno –

hora respectivamente. En la Tabla 6 y Tabla 7 se puede apreciar los niveles permitidos por cada norma. En cambio la Tabla 8 indica la comparación entre ambas normas.

Tabla 6. Límite de emisiones EURO [37]

EURO STD	Año de aplicación de la regulación	NOx (g/kW-hr)		PM (g/kW-hr)		Dispositivos de postratamientos que se requieren
		ESC	ETC	ESC	ETC	
EURO I	1992-1995	8.0	-	0.36	-	
EURO II	1996-1998	7.0	-	0.15	-	
EURO III	1999-2004	5.0	-	0.10	0.16	
EURO IV	2005-2007	3.5	-	0.02	0.03	  
EURO V	2008-2013	2.0	-	0.02	0.03	 
EURO VI	2014-2018	0.400	0.460	0.010	0.010	   



























 Recirculación de gases de escape
  Filtro de partículas de diésel
  Reducción catalítica selectiva
  Líquido para escape de diésel

Tabla 7. Nivel de emisión diésel para la regulación US EPA [37]

EPA STD	Año de aplicación de la regulación	NOx (g/kW-hr)		PM (g/kW-hr)		Dispositivos de postratamientos que se requieren
		ESC	ETC	ESC	ETC	
EPA 07	2007-2009	2.5	-	0.01	-	 
EPA 10	2010-2012	0.2	-	0.01	-	   
EPA 13	2013	0.2	-	0.01	-	   
EPA 14	2014-2015	0.2	-	0.01	-	   
EPA 16	2016	0.2	-	0.01	-	   
EPA 17	2017-2019	0.2	-	0.01	-	   





 Recirculación de gases de escape
  Filtro de partículas de diésel
  Reducción catalítica selectiva
  Líquido para escape de diésel

Tabla 8. Emisiones máximas en las normativas vigentes EURO VI y EPA 2010 [38],[39]

Norma	CO (g/kW-hr)	HC (g/Kw-hr)	NOx (g/Kw-hr)	PM (g/Kw-hr)
Euro VI	1.5	0.13	0.4	0.01
	CO (g/bhp-hr)	HC (g/bhp-hr)	NOx (g/bhp-hr)	PM (g/bhp-hr)
EPA 2010	15.5	0.14	0.20	0.01

En la Figura 6 se muestra la comparación y evolución entre ambas normativas en base a los niveles de NOx y Material Particulado.

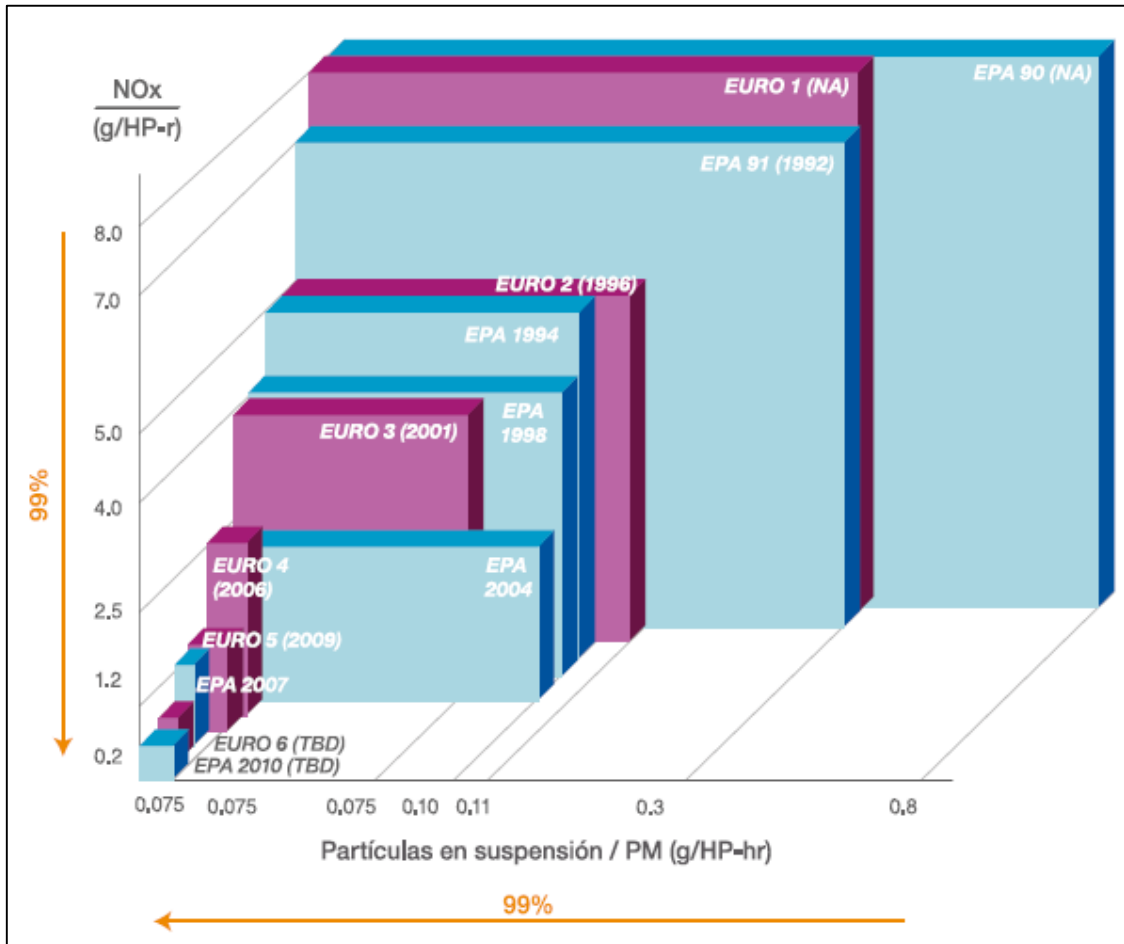


Figura 6. Cantidad de emisiones de la normativa EPA y EURO [37]

Esta variable es de tipo cualitativa y mientras más actualizada sea la normativa, mayor valor debe tener en una escala de 1 a 5. El juicio de valor es una adaptación de la tabla de Saaty de la siguiente manera en la Tabla 9.

Tabla 9. Juicios de valor para emisión contaminantes basado en la tabla de Saaty.

Valor	Escala verbal	Definición
1	Igual	Ambos elementos tienen la misma normativa
3	Moderada	Variación en <u>un nivel</u> de la normativa. Ejemplo: Euro II (1) a Euro III (2).
5	Fuerte	Variación en <u>dos niveles</u> de la normativa. Ejemplo: Euro II (1) a Euro IV (3).
7	Muy fuerte	Variación en <u>tres niveles</u> de la normativa. Ejemplo: Euro II (1) a Euro V (4).
9	Extrema	Variación en <u>cuatro niveles</u> de la normativa. Ejemplo: Euro II (1) a Euro IV (3).

c) Emisión de ruido

Este subcriterio también es considerado como fuente contaminante a la atmósfera y por ende también existe una normatividad para el control y las exigencias máximas permitidas para fuentes móviles terrestres [40].

Son varios los factores que contribuyen al ruido provocado por el tráfico: los motores y sistemas de propulsión de los vehículos, el revestimiento de las carreteras, los neumáticos y el ruido aerodinámico que aumenta en función de la velocidad. Por eso la norma ecuatoriana NTE INEN 1668 regula que un nivel máximo de ruido de 88 dB [41]. Es una variable cuantitativa inversa medida en dB(A).

d) Rendimiento

Este subcriterio es la relación que existe entre la cantidad de kilómetros recorridos por vehículo de combustible o de energía. Este indicador en condiciones normales de operación, calcula la cantidad de kilómetros circulados por una unidad de combustible de propulsión. Se puede expresar en kilómetros/litro o kilómetros/kwh. Es una variable cuantitativa directa.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Kilómetro}}{\text{Unidad de energía}} \quad (13)$$

Donde:

Rendimiento = cantidad de kilómetros recorridos por vehículos de energía o combustible

Kilómetros = cantidad de kilómetros recorridos

Unidad de energía = unidad de energía que emplee el vehículo

4.1.1.3. Impacto Social

El criterio Impacto Social toma en consideración el impacto que causa una un proyecto de transporte desde el punto de vista del beneficio social. Este criterio contiene cinco subcriterios que se describe a continuación:

a) Seguridad y confort

El subcriterio para la seguridad y el confort de los pasajeros también tiene un papel importante en la elevación de la tendencia pública a utilizar los autobuses y crear justicia social por lo que se puede decir que es una variable cualitativa directa [35]. Este criterio

se expresa por el número de puntos obtenidos por los expertos que caracterizan el nivel de seguridad vial y de la situación en el sistema de transporte público urbano [34].

b) Accesibilidad

Este subcriterio hace referencia a la combinación de elementos del espacio construido que permiten el acceso, desplazamiento y uso para personas con discapacidad, así como el acondicionamiento del mobiliario para que se adecue a las necesidades de las personas con distintos tipos y grados de discapacidad.

Asimismo, se dice que el diseño universal hace referencia a productos, entornos, programas y servicios que puedan utilizar todas las personas, en la mayor edad posible, sin necesidad de adaptación, ni diseño especializado. El diseño universal no excluirá las ayudas técnicas para grupos particulares de personas con discapacidad cuando se necesiten, con base en los siguientes principios: uso equitativo, uso flexible, uso simple o intuitivo, información perceptible, tolerancia al error, mínimo esfuerzo físico y adecuado tamaño de aproximación y uso

Dentro del acceso a los vehículos de transporte se tienen dos tipos:

- **Acceso por escaleras:** este tipo de acceso es el más común en la mayoría de los vehículos de transporte y consiste en que los usuarios tienen que utilizar de dos a tres escalones para poder acceder al vehículo de transporte. El uso de escalones interfiere en el tiempo de recorrido, ya que por lo general se tiene un promedio de 0.5 segundos por escalón por persona adicional al tiempo de acceso al vehículo.
- **Acceso a nivel:** este tipo de acceso es cuando el usuario sólo da un paso y se encuentra al interior del vehículo; es decir, no cuenta con escalones para el acceso. Éste se puede realizar por ambos lados del autobús; cuando es del lado izquierdo, generalmente se requiere de una plataforma que ponga al mismo nivel la estación y el autobús.

Para el acceso de personas con sillas de ruedas, se tienen:

- **Rampa:** este tipo de dispositivos son empleados cuando la altura entre el autobús y el suelo no es tan elevada, por lo general son plegables y no quitan demasiado espacio.

- **Elevador:** consiste en un elevador hidráulico, operado generalmente por el conductor del vehículo, este tipo de dispositivos requieren un diseño especial en la carrocería y de igual manera quitan espacio al interior del vehículo ya sea de asientos o pasajeros de pie.

c) **Recaudo**

Este subcriterio comprende los mecanismos de cobro, validación y distribución del pago por el servicio de transporte. Para la elección de vehículos, consideramos solamente el mecanismo de cobro y validación, que son los pasos que da el usuario para poder acceder al sistema. La definición de este tipo de mecanismo impacta directamente en los tiempos de traslado.

Los mecanismos de cobro y validación del sistema de recaudo seleccionado varían el tiempo que se tarda una persona en abordar el vehículo. Este tiempo en suma, se tiene en cuenta en el tiempo de recorrido de los vehículos, lo que impacta directamente al número de vehículos que se requieren para el proyecto.

Los mecanismos de cobro y validación que se tienen son los siguientes:

- **Acceso sin cobro:** este tipo se da generalmente en estaciones de transbordo o cuando se tiene cobro anticipado (en el acceso de la estación).
- **Inspección visual:** en este tipo de cobro, el usuario muestra al operador un boleto ya sea en papel o por medio de algún dispositivo móvil en donde se vea que el pago ya fue realizado.
- **Boleto o ficha:** en este tipo de recaudo el usuario deposita en una alcancía, el boleto o la ficha, que le permite acceder al viaje.
- **Monto exacto:** en este tipo de recaudo, el usuario deposita en una alcancía el monto exacto del valor de su pasaje, es uno de los sistemas de cobro más común, ya que no se tienen que adquirir previamente boletos o fichas para poder hacer uso del sistema.
- **Validador mecánico de boletos:** este tipo de sistema de recaudo implica la adquisición previa de un boleto magnético y al momento de acceder al vehículo lo inserte en la máquina validadora, puede que ésta regrese el boleto, dependiendo del tipo de viaje que se realice.

- **Tarjetas de banda magnética:** este tipo de sistema de recaudo es cuando se emplean para el cobro de pasajes las tarjetas bancarias, implica tener una terminal para poder realizar la transacción de manera rápida.
- **Tarjeta inteligente:** para este tipo de sistema de cobro, se emplea el uso de un validador, donde el usuario aproxima su tarjeta, para que se le realice el cobro, de igual manera este tipo de sistema es uno de los más usados.
- **Cobro directo por operador:** este tipo de sistema de cobro es el más empleado por la facilidad y el bajo costo que implica, aunque no se tiene un control del ingreso que se genera.

A continuación en la Tabla 10 se pueden observar los rangos de tiempo de acceso por persona según el tipo de recaudo:

Tabla 10. Rango de tiempo de ascenso por persona según la tecnología de recaudo [37]

Tipo de sistema de recaudo	Rango observado (segundo por persona)	Tiempo sugerido para el diseño (s/p)
Acceso sin cobro	1.75 - 2.5	1.75
Inspección visual	1.6 - 2.6	2.00
Boleto o ficha	2.9 - 5.1	3.00
Monto exacto	3.1 - 8.4	4.50
Validador mecánico de boletos	3.5 - 4.0	4.00
Tarjetas de banda magnética	3.7 - 6.5	5.00
Tarjeta inteligente	2.5 - 3.2	2.75
Cobro directo por operador	3.0 - 7.0	4.10

d) Tipo de estaciones

Las estaciones son los espacios delimitados físicamente en los que se realiza el ascenso y el descenso de los usuarios. Dependiendo del volumen de demanda de los usuarios, se define el tamaño de la estación o parada, así como a las características del proyecto, es un subcriterio cualitativo. Por lo tanto, las estaciones inciden directamente en la selección de vehículos. Existen dos tipos de estaciones:

- **Al centro de la vía:** ubicadas en el centro de la vía, el acceso a éstas es por cruces semaforizados o por puentes peatonales. En la mayoría de los casos, se restringen las vueltas a la izquierda del tránsito general, ganando con esto

velocidad en la operación. En este tipo de estaciones, el acceso al vehículo puede ser del lado derecho o del lado izquierdo.

- **En la banqueta:** ubicadas del lado derecho de la vía, generalmente el sistema de recaudo se encuentra a bordo del vehículo. Cuando se tienen estaciones de este tipo, la velocidad de operación se ve afectada, dado que es imposible restringir las vueltas a la derecha del tránsito general. En este tipo de estaciones, el acceso a los vehículos es del lado derecho.

e) **Tecnología**

Existen otros tipos de tecnología que pueden ser opcionales al momento de solicitar un vehículo de transporte público; es decir, son aditamentos que no vienen instalados de línea de producción, pero que si se solicitan se pueden agregar al producto final. Es un subcriterio cualitativo cuyo valor aumenta mientras se dispone de mayor tecnología. La mayoría de este tipo de accesorios son elementos del tipo tecnológico a bordo del vehículo para el control, regulación y gestión del sistema. Se pueden encontrar:

- **Número y ubicación de cámaras de video vigilancia:** el número de cámaras depende de lo que se quiera monitorear, ya sea comportamientos del operador, comportamiento y seguridad de los usuarios, accidentes viales o todo junto.
- **Tipo y transmisión de GPS:** el tipo de GPS y la transmisión de datos, dependen del software y hardware de monitoreo que se implemente, generalmente sólo se deja la preparación para la instalación de estos equipos.
- **Tipo de información al usuario:** se puede decir que se tienen diferentes niveles de información al usuario, que sería desde una información básica que indica la ruta que cubre el vehículo, hasta un robusto sistema de información que informa la siguiente parada, el tiempo estimado de recorrido, etc. De igual manera, el tipo de información al usuario con el que contará el vehículo, depende en gran medida de las necesidades del proyecto de lo que el cliente solicite.

4.1.1.4. Impacto Económico

Este criterio es de vital importancia, ya que conocer e implementar con anterioridad un modelo financiero o una planificación estratégica de la inversión a realizar, dependiendo de las fuentes de energía que se pueden implementar para el sistema de transporte público

colectivo en la ciudad. Además en este factor se asume ciertos parámetros que permiten considerar si la inversión de capital, es recuperable a n años y si la rentabilidad anual esperada se alcanza dentro de las expectativas de cualquier negocio.

a) Costo del sistema

El subcriterio está asociado con el costo de la implementación y el punto de la infraestructura de línea para el transporte público urbano. Incluye los costos de construcción de nuevos tramos de carreteras (calles, vías de ferrocarril) para el transporte público urbano, el costo de la construcción de nuevas estaciones, el costo de construcción de intercambiadores de transporte integrados, los costes de material móvil, los costos asociados con el equipo en paradas / información del vehículo [15]. Es un subcriterio cuantitativo inverso.

b) Costes de viaje

Se puede definir también como la tarifa y es el valor pagado que realiza el pasajero por el uso del transporte. Para el transportista este valor debe cubrir su costo de operación más su ganancia, es un subcriterio cuantitativo inverso [42]. La ecuación básica de la tarifa que debe ser cobrada por el transportista es:

$$\sum_i \text{tarifa}_i * \text{pasajeros}_i = \text{Costo} + \text{utilidad} \tag{14}$$

Donde:

Tarifa: tarifa válida para el viaje i

Pasajeros: números de pasajeros en el viaje i

Costo: costo de operación total

Utilidad: ganancia del transportista.

En la Tabla 11 se puede observar los criterios y subcriterios y su tipo de variable:

Tabla 11. Indicadores empleados para la selección multicriterio

Categoría	Indicadores	Tipo y unidad
C1. Tráfico	C11. Tiempo de viaje	Cuantitativo (min)
	C12. Velocidad de operación	Cuantitativo (km/h)
	C13. Tiempo de espera	Cuantitativo (min)
	C14. Pasajeros por kilómetro (IPK)	Cuantitativo (pas/km)
	C15. Ocupación vehicular	Cuantitativo (% , pas/vehíc)
	C21. Tipo de combustible	Cualitativo

C2. Impacto ambiental	C22. Emisión de contaminantes	Cualitativo
	C23. Emisión de ruido	Cuantitativa (dB(A))
	C24. Rendimiento	Cuantitativa (Km/litro)
C3. Impacto social	C31. Seguridad y confort	Cualitativo
	C32. Accesibilidad	Cualitativo
	C33. Recaudo	Cualitativo
	C34. Tipo de estaciones	Cualitativo
	C35. Tecnología	Cualitativo
C4. Impacto Económico	C41. Costo del sistema	Cuantitativo (USD)
	C42. Costo de viaje	Cuantitativo (USD)

4.1.2. Identificación de Alternativas

Para la selección de las ciudades a utilizar como alternativas en la presente investigación, se toma en cuenta el estudio “Future of Urban Mobility” [43], el cual evalúa 84 ciudades de todo el mundo separado en tres grupos. El grupo más grande es el grupo Megacity del grupo de Liderazgo Climático C40, una red de ciudades del mundo comprometidas con el cambio climático. El siguiente es el grupo de 24 ciudades seleccionadas en base a que representan las mayores metrópolis determinadas por la participación del PIB de la región y la población, que no son miembros del grupo C40. Este incluye no menos de seis ciudades en China y cuatro en India. El grupo final está formado por ciudades más pequeñas con buenas prácticas, que son útiles como modelos para otros. Europa domina este grupo con 14 de los 20 lugares. Las ciudades se pueden apreciar en la Figura 7.

	Americas 22		Europe, Middle East & Africa 33			Asia Pacific 29		
"Megacities"- cluster of C40 Cities Climate Leadership Group 40	USA/Canada Chicago Houston Los Angeles New York Philadelphia Toronto Washington D.C.	Latin America Bogota Buenos Aires Caracas Lima Mexico City Rio de Janeiro Sao Paulo	Europe Athens Berlin Istanbul	London Madrid Moscow Warsaw	Paris Rome Warsaw	Asia Bangkok Delhi Dhaka Hanoi Ho Chi Minh Hong Kong Jakarta Karachi Mumbai Seoul Tokyo	Africa Addis Ababa Cairo Johannesburg Lagos	Pacific Melbourne Sydney
World's largest cities determined by GDP share¹⁾ 24	Atlanta Boston Dallas Miami		Europe Barcelona Lisbon St. Petersburg	Middle East Baghdad Tehran		Ankara Bangalore Beijing Chennai Guangzhou Hyderabad Kolkata Lahore Manila Osaka Shanghai Shenzhen Tianjin Wuhan		
Smaller cities with good practices 20	Portland Montreal	Curitiba Santiago de Chile	Amsterdam Copenhagen Frankfurt Prague Stuttgart Brussels	Munich Stockholm Vienna Zurich Nantes Hanover	Helsinki Dubai	Kuala Lumpur Singapore		

Figura 7. Referencia de las 84 ciudades de análisis de *Future of Urban Mobility* [43].

El índice de movilidad evalúa las ciudades antes mencionadas, basado en 19 criterios. Once de estos, están relacionados con la madurez de la ciudad en términos de su infraestructura existente, desde la partición modal del transporte público a la penetración de la tarjeta inteligente. Estos indicadores constituyen 58 posibles puntos de un máximo de 100 disponibles. Los otros 42 puntos están basados en el rendimiento, con categorías que incluyen el nivel de emisiones de CO2 relacionadas con el transporte y el tiempo medio de viaje al trabajo. Los criterios se muestran a continuación en la Tabla 12.

Tabla 12. Criterios de evaluación del índice de Movilidad urbana 2.0 [43]

Madurez [max. 58 puntos]		Rendimiento [max. 42 puntos]	
Criterios	Peso	Criterios	Peso
1. Atractivo financiero del transporte público	4	12. Transporte relacionado con emisiones CO2	4
2. Porcentaje del transporte público en reparto modal	6	13. Concentración de NO2	4
3. Porcentaje de modos “cero emisión” en reparto modal	6	14. Concentración de PM10	4
4. Densidad de carretera	4	15. Muertes relacionadas a transporte	6
5. Densidad de redes de rutas de bicicletas	6	16. Incremento del porcentaje del transporte público en reparto modal	6
6. Densidad de aglomeración urbana	2	17. Incremento del porcentaje de modos “cero emisión” en reparto modal	6
7. Penetración de tarjeta inteligente	6	18. Tiempo medio de viaje al trabajo	6
8. Rendimiento de bicicletas compartidas	6	19. Densidad de vehículos registrados	6
9. Rendimiento de autos compartidos	6		
10. Frecuencia de transporte público	6		
11. Iniciativas del sector público	6		

Los resultados del Índice de Movilidad Urbana 2.0 que se aprecian en la Figura 8 muestran que la puntuación media global es de 43,9 puntos, lo que significa que, en promedio, las 84 ciudades alcanzan menos de la mitad del potencial que se podía alcanzar hoy al aplicar las mejores prácticas en todas las operaciones. Sólo 11 ciudades superan los 52 puntos (el 20% del rango de puntuación). La puntuación más alta (58,2 puntos) fue para Hong Kong, seguido de cerca por Estocolmo (57,4 puntos) y Ámsterdam (57,2 puntos).

Dieciséis de las ciudades encuestadas están por debajo de la media. Mientras que la mayoría de estas se encuentran en economías en desarrollo, cuatro están en Estados Unidos (Atlanta, Dallas, Houston y Miami) nuevas pruebas de que la adicción de los estadounidenses al combustible barato está obstaculizando el desarrollo de modelos de movilidad sostenible. En el extremo opuesto del espectro, las ciudades con calificaciones por encima del promedio, dos están en Europa. Las excepciones en este grupo son Hong Kong, la ciudad con el ecosistema de movilidad más integrado y sostenible del mundo y Singapur. Se puede ver la lista completa en el Anexo 1.

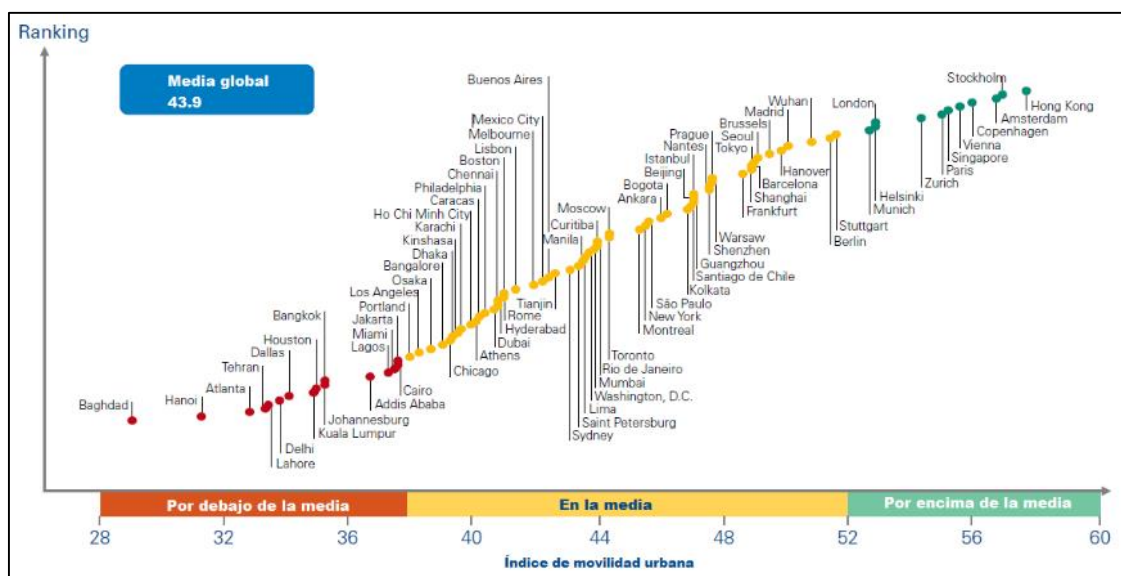


Figura 8. Índice de movilidad urbana 2.0 [43]

Los criterios a tomar en cuenta para una selección preliminar de las ciudades de análisis son: a) el índice de movilidad urbana debe estar en la media o por encima y; b) las ciudades deben estar en el tercer grupo (20 ciudades) de la muestra de referencia. 19 ciudades cumplen estos prerequisites y se señalan en la Tabla 13.

Tabla 13. Ciudades del tercer grupo y con índices de movilidad urbana más altos.

Grupo	Rankin	Ciudad	Índice movilidad
Por encima de la media	2	Stockholm	57,4
	3	Amsterdam	57,2
	4	Copenhague	56,4
	5	Vienna	56,0
	6	Singapore	55,6
	8	Zurich	54,7
	10	Helsinki	53,2
	11	Munich	53,0
En la media	12	Stuttgart	51,9
	16	Hanover	50,1
	17	Brussels	49,7
	22	Frankfurt	48,8
	23	Prague	47,8
	25	Nantes	47,7
	30	Santiago de Chile	47,1
	36	Montreal	45,4
	39	Curitiba	44,0
	56	Dubai	40,6
68	Portland	37,8	

4.1.2.1. Revisión de las Ciudades con Mejor Índice

Estocolmo: 57,4 puntos, puesto 2 de los 84 en todo el mundo, primero de los 19 en Europa Occidental. La capital sueca destaca por tener una de las mejores Redes de ciclo vías: su red de carriles de bicicleta es la tercera más densa del mundo, con 4.041km de carriles por 1.000 km². Tiene una alta tasa de iniciativas del sector público, y su tarjeta inteligente multi-modal SL-Access tiene una penetración de 0,64 tarjetas per cápita. Como resultado de esta, se sitúa por encima de la media para las emisiones relacionadas con el transporte, con una de las concentraciones más bajas de dióxido de nitrógeno y partículas (NO₂ y PM₁₀) en el aire en el mundo. Es más, su tasa de mortalidad relacionada con el tráfico está entre las más bajas de la encuesta.

Ámsterdam: 57,2 puntos, puesto 3 de los 84 en todo el mundo, segundo de los 19 en Europa Occidental. Hay un coche para sólo uno de cada tres ciudadanos en Ámsterdam, lo que lo hace muy por debajo de la media de Europa Occidental de 0,45 vehículos per cápita. El ciclismo, por otro lado, tiene una participación muy elevada en la distribución modal (33%) gracias en parte a una densa red de carriles para ciclistas que ocupa 3.502 km por 1.000 km². Además, presenta el segundo mejor rendimiento de vehículos compartidos (1219 vehículos compartidos por millón de ciudadanos) y no es de extrañar que las emisiones de CO₂ relacionadas con el transporte sean significativamente más bajas que la media de Europa Occidental (844 kg per cápita por año en Ámsterdam comparado con la media europea de 1.330 kg en Europa Occidental en su conjunto).

Copenhague: 56.4 puntos, puesto 4 de 84 en todo el mundo, tercero de 19 en Europa Occidental. La capital danesa cuenta con el sistema de movilidad urbana más seguro del mundo, con 4,1 muertes por millón de ciudadanos. También tiene la tasa de penetración más baja de los automóviles en Europa occidental a 0,24 por habitante, y el uso del transporte individual está en disminución. Esto, junto con el hecho de que cuenta con una densa red de ciclovía, ayuda a explicar por qué sus emisiones de CO₂ relacionadas con el transporte están significativamente por debajo de la media europea a 812 kg per cápita, en comparación con una media de 1330 kg en Europa Occidental.

Viena: 56,0 puntos, puesto 5 de los 84 en todo el mundo, cuarto de los 19 en Europa Occidental. Junto a Zúrich, el sistema de transporte público de Viena tiene la mayor

proporción de viajes en Europa Occidental, con un 39% de viajes realizados en sus servicios. Ha sido pionera en el uso de una nueva generación de motores de gas licuado de petróleo (GPL) en su flota de autobuses, cuyas emisiones caen más del 50% por debajo de la norma EU-5. También tiene número por debajo del promedio de automóviles privados per cápita y fomenta el ciclismo. Una iniciativa innovadora en este sentido es *Bike City*, una urbanización equipada con ascensores extra grandes para dar cabida a bicicletas y espacio limitado para aparcamiento. El efecto combinado de todo esto es aire limpio, con una concentración particularmente baja de NO₂ y PM₁₀.

Singapur: 55.6 puntos, puesto 6 de 84 en todo el mundo, segundo de 28 en Asia Pacífico. Con una densidad de población de 7.300 habitantes por kilómetro cuadrado, el transporte público de Singapur es altamente desarrollado; representando no menos del 48% de la división modal, y la penetración de la tarjeta de movilidad es de 2,9 tarjetas per cápita. Gracias, al menos en parte, a los altos impuestos y derechos, la propiedad del automóvil se ha reducido a 0,18 coches per cápita y el uso de automóviles también se desmotiva a través de los precios de congestión, que cobra más conductores por el uso de carreteras durante horas pico.

Zúrich: 54.7 puntos, puesto 8 de 84 en todo el mundo, sexto de 19 en Europa occidental. El centro bancario suizo consideró que la participación de la mezcla modal del transporte público aumentó en cinco puntos porcentuales entre 2005 y 2010 al 39%, poniendo a Zúrich junto a Viena como la ciudad con mejor desempeño en Europa Occidental. Su estrategia de "buena práctica" en materia de movilidad urbana ha llevado a una densa red de carriles de ciclovía (3.700 km por mil kilómetros cuadrados) y el tercer mejor coche compartido del mundo después de Stuttgart y Ámsterdam, con 1.064 coches compartidos por millón de ciudadanos.

Helsinki: 53,2 puntos, puesto 9 de los 84 en todo el mundo, séptimo de los 19 en Europa Occidental. La red de ciclovía más densa del mundo se encuentra en Helsinki, que cuenta con un total de 1.000 km de carriles segregados para bicicletas, o 4.678 km por mil kilómetros cuadrados de área urbana. El camino de 1.3 km Baana para ciclistas y peatones, fue utilizado por 320.000 ciclistas en un período de seis meses en 2012. La ciudad también cuenta con una alta penetración de su tarjeta de viaje HSL a 0,9 tarjetas per cápita, con el resultado de que Helsinki tiene una baja concentración de NO₂ y PM₁₀.

Múnich: 53 puntos, puesto 11 de los 84 en todo el mundo, noveno de los 19 en Europa Occidental. El nivel de los modos de “cero emisión” en la capital de la división modal de Bavaria es un impresionante 42%. Una contribución significativa a esto ha sido la Campaña de Bicicletas de Capital de Múnich, que tiene una visión de convertir a Múnich en la ciudad amistosa a la bicicleta más grande de Alemania. Entre 2002 y 2012, la participación del ciclismo en la división modal subió del 10% al 17%, ayudada por la creación de una densa red de ciclovías que ahora se extiende a 3.862 km por mil kilómetros cuadrados. Múnich también está disfrutando de un sistema de transporte público multimodal denso y de alta calidad, especialmente por ferrocarril (tranvía, metro, S-bahn).

4.1.2.2. Alternativas Seleccionadas

De las 19 ciudades anteriormente mencionadas se seleccionan cuatro con un buen desenvolvimiento en el transporte público por buses, ya que la mayoría mantiene sistemas avanzados de metros y subterráneos. Las ciudades seleccionadas son: Singapur, Santiago de Chile, Montreal y Curitiba como se ve en la Tabla 14.

También es necesario aclarar por qué simplemente no se tomaron en cuenta las cuatro ciudades con el mejor índice; en el apartado anterior se menciona una breve descripción de estas ciudades como Estocolmo, Ámsterdam; las cuales están en puestos más altos por sus iniciativas ambientales y otras particiones modales de transporte como por ejemplo ciclovías o tranvías, y este estudio se enfoca al transporte público urbano, específicamente autobuses.

Tabla 14. Ciudades seleccionadas para el estudio

Grupo	Rankin	Ciudad	Índice movilidad
Por encima de la media	6	Singapur	55,6
En la media	30	Santiago de Chile	47,1
	36	Montreal	45,4
	39	Curitiba	44,0

De las cuatro ciudades, tres son americanas y una es asiática, dos se encuentra en América del Sur y una en América del Norte. La localización geográfica de las ciudades se presenta en la Figura 9.

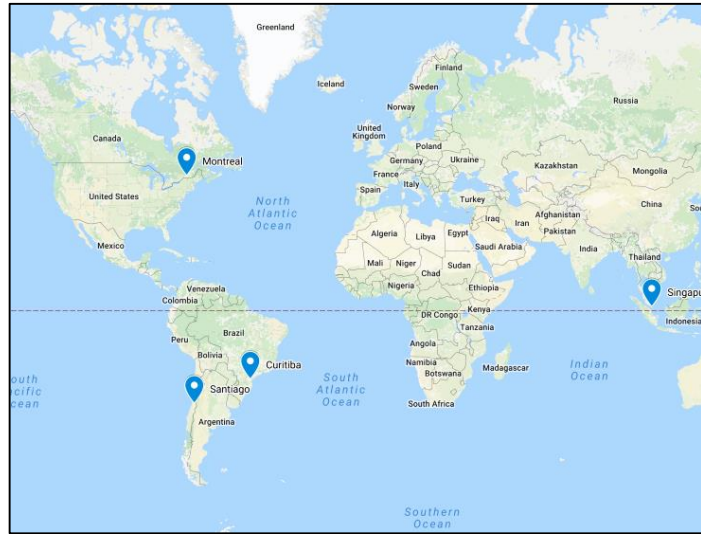


Figura 9. Localización geográfica de las ciudades seleccionadas

4.1.2.3. Valores de los Subcriterios de las Alternativas

Con los criterios expuestos, se desarrolla una recopilación bibliográfica en informes, planes y otros documentos de transporte de las cuatro ciudades alternativas anteriormente seleccionadas al fin del año.

a) Singapur

Es una ciudad – estado que se encuentra ubicado en la región insular de Asia en la península de Malasia siendo el país más pequeño del Sudeste Asiático con 697 km². El sistema de transporte público está regulado por la “*Land Transport Authority*” (Autoridad de Transporte Terrestre), que supervisa los tres modos principales de transporte público. La regulación de tarifas y reglamentos están bajo la competencia de un órgano independiente, el Consejo de transporte público, mientras TransitLink, establecido por la SBS Transit, SMRT trenes y autobuses de SMRT, ayuda a crear un sistema multimodal integrado con un modo común de la tarifa de pago, plataforma de información y una red física sin la duplicación de servicios. La localización geográfica de Singapur se muestra en la Figura 10.



Figura 10. Localización de Singapur

En la Tabla 15 aparecen los valores obtenidos de los subcriterios para Singapur.

Tabla 15. Valores promedio obtenidos para los subcriterios en Singapur.

Categoría	Indicadores	Valor
C1. Tráfico	C11. Tiempo de viaje	19,93 min [44]
	C12. Velocidad de operación	28,9 km/h [44]
	C13. Tiempo de espera	9 min [44]
	C14. Pasajeros por kilómetro (IPK)	3,601 pas/km [44]
	C15. Ocupación vehicular	63,21% [45]
C2. Impacto ambiental	C21. Tipo de combustible	Diésel [46]
	C22. Emisión de contaminantes	EURO V [46]
	C23. Emisión de ruido	76 dB(A) estado dinámico al exterior [46]
	C24. Rendimiento	2,35 km/litro [46]
C3. Impacto social	C31. Seguridad y confort	9,0 (escala de 1 a 10) [45]
	C32. Accesibilidad	- Piso bajo [47]
	C33. Recaudo	Tarjeta inteligente a bordo[47]
	C34. Tipo de estaciones	Al centro de la vía y a la banqueta [47]
	C35. Tecnología	Ubicación GPS [47] Wi-Fi
C4. Impacto Económico	C41. Costo del sistema	1.536.000 SGD [47]
	C42. Costo de viaje	1,34 SGD [47]

b) Santiago de Chile

Santiago es la capital de Chile y de la región metropolitana, está ubicado a 567 m.s.n.m. y cubre una superficie de 641,4 km². El sistema de transporte público denominado Transantiago está formado de manera física y tarifaria por la totalidad de los buses de transporte público operados por siete empresas concesionarias, además del metro de Santiago que se paga mediante un único medio llamado Tarjeta bip! Este sistema cubre 680 km² de zonas urbanas de la Región Metropolitana teniendo alrededor de 6,1 millones de personas como usuarios. Este sistema está contenido en el Plan Maestro de Transporte Santiago 2025 (PMTS 2025), el cual es el instrumento de planificación de transporte metropolitano para Santiago por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile. A continuación se muestra los valores obtenidos para esta ciudad con los indicadores. La Figura 11 indica la ubicación geográfica de Santiago en Chile.



Figura 11. Localización de Santiago de Chile

En la Tabla 16 se muestran los valores obtenidos de los subcriterios para Santiago.

Tabla 16. Valores promedio obtenidos para los subcriterios en Santiago de Chile

Categoría	Indicadores	Valor
C1. Tráfico	C11. Tiempo de viaje	59,2 min [48]
	C12. Velocidad de operación	20,84 km/h [49]
	C13. Tiempo de espera	7,5 min [48]
	C14. Pasajeros por kilómetro (IPK)	2,1 pas/km [49]
	C15. Ocupación vehicular	95,5% [49]
C2. Impacto ambiental	C21. Tipo de combustible	Diésel [50]
	C22. Emisión de contaminantes	EURO III [49]
	C23. Emisión de ruido	80 dB(A) estado dinámico al exterior [51]
	C24. Rendimiento	2,4 km/litro [52]
C3. Impacto social	C31. Seguridad y confort	4,3 (escala de 1 a 10) [49]
	C32. Accesibilidad	- Rampas de acceso [53] - Piso bajo - Señalización Braille
	C33. Recaudo	Tarjeta inteligente a bordo [53]
	C34. Tipo de estaciones	A la banqueta con refugio
	C35. Tecnología	Impedimento circular con puertas abiertas Cámaras de seguridad Ubicación GPS [53]
C4. Impacto Económico	C41. Costo del sistema	571511 UF [54]
	C42. Costo de viaje	640 CLP [49]

c) Montreal

Montreal es una ciudad canadiense de la provincia de Quebec ubicada a una altitud media de 31 m.s.n.m. cubre una superficie de 498 km². El órgano público encargado de administrar el sistema de transportes públicos de Montreal es la “*Société de Transport de Montreal*” - STM (Sociedad de Transportes de Montreal), el cual elaboró el Plan Estratégico 2020 de Transporte. Consta de 361 líneas de autobuses con una flota de 1680, de los cuales 8 son híbridos y 140 articulados, y un sistema de metro que posee 71 kilómetros de longitud y 68 estaciones, todas con acceso a las líneas de autobús. El plan estratégico mantiene como prioridades la expansión del servicio y mejora de la red de transporte público. La Figura 12 muestra la localización geográfica de Montreal en Canadá.



Figura 12. Localización de Montreal en Canadá

La Tabla 17 presenta los valores obtenidos de los subcriterios para Montreal.

Tabla 17. Valores promedio obtenidos para los subcriterios en Montreal

Categoría	Indicadores	Valor
C1. Tráfico	C11. Tiempo de viaje	90 min [55]
	C12. Velocidad de operación	17,9 km/h [55]
	C13. Tiempo de espera	4 min [55]
	C14. Pasajeros por kilómetro (IPK)	3,4 pas/km [55]
	C15. Ocupación vehicular	0,976 [55]
C2. Impacto ambiental	C21. Tipo de combustible	Gas natural, Biodiesel, Híbrido [55]
	C22. Emisión de contaminantes	EURO V [56]

	C23. Emisión de ruido	72 dB(A) [56]
	C24. Rendimiento	2,22 km/lit [56]
C3. Impacto social	C31. Seguridad y confort	8,0 (escala de 1 a 10) [57]
	C32. Accesibilidad	- Rampas de acceso - Exención de pagos - Buses únicos para personas con capacidad reducida [57]
	C33. Recaudo	Tarjeta inteligente a bordo[57]
	C34. Tipo de estaciones	A la banqueta con refugio [57]
	C35. Tecnología	- Cámaras de seguridad - Ubicación GPS [57]
C4. Impacto Económico	C41. Costo del sistema	1,4 millones CAD[57]
	C42. Costo de viaje	3,25 CAD [57]

d) Curitiba

Curitiba, capital del estado de Paraná en Brasil ocupa una superficie de 432km² contiene el sistema denominado “*Rede Integrada de Transporte*” (Red Integrada de transporte). El sistema de transporte actualmente está bajo la administración de URBS (Urbanización de Curitiba S.A.) el cual se encarga también del sistema tarifario. Por otro lado, el “*Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba*” IPPUC (Instituto de Investigación y Planeamiento Urbano en español) es el encargado del planeamiento y monitoreo urbano de la ciudad y a la vez se encarga de diferentes estudios de proyectos de movilidad urbana en la ciudad. La Figura 13 exhibe la ubicación de Curitiba.



Figura 13. Localización de Curitiba en Brasil

La tabla 18 presenta los valores obtenidos de los subcriterios para Curitiba.

Tabla 18. Valores promedio obtenidos para los subcriterios en Curitiba

Categoría	Indicadores	Valor
C1. Tráfico	C11. Tiempo de viaje	39 min [58]
	C12. Velocidad de operación	19,75 km/h [59]
	C13. Tiempo de espera	6 min [58]
	C14. Pasajeros por kilómetro (IPK)	2,19 pas/km [58]
	C15. Ocupación vehicular	0,71023 [60]
C2. Impacto ambiental	C21. Tipo de combustible	Biodiésel B100, Híbridos [61]
	C22. Emisión de contaminantes	EURO V [61]
	C23. Emisión de ruido	77 dB(A) [62]
	C24. Rendimiento	2,43 km/l [61]
C3. Impacto social	C31. Seguridad y confort	5,4 (escala de 1 a 10) [60]
	C32. Accesibilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Rampas de acceso - Piso bajo - Señalización Braille - Exención de pagos - Puertas y plataformas elevadoras eléctricas - Buses únicos para personas con capacidad reducida [60]
	C33. Recaudo	Tarjeta inteligente, pago en la parada [60]
	C34. Tipo de estaciones	A la banqueta con refugio, al centro de la vía [60]
	C35. Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> - Cámaras de seguridad - Acceso a internet - Cargadores USB - Ubicación GPS [60]
C4. Impacto Económico	C41. Costo del sistema	81.368.882,00 BRL [63]
	C42. Costo de viaje	3,30 BRL [58]

4.1.3. Árbol de Jerarquías

El árbol de jerarquías muestra la estructura jerárquica del presente modelo en cuatro niveles: el primero es el objetivo; en el segundo nivel se encuentran los cuatro criterios; en el tercer nivel están los subcriterios de cada criterio, que suman 16 en total; y en el cuarto nivel se encuentran las cuatro alternativas. La jerarquía que representa el problema es una jerarquía incompleta como se observa en la Figura 14.

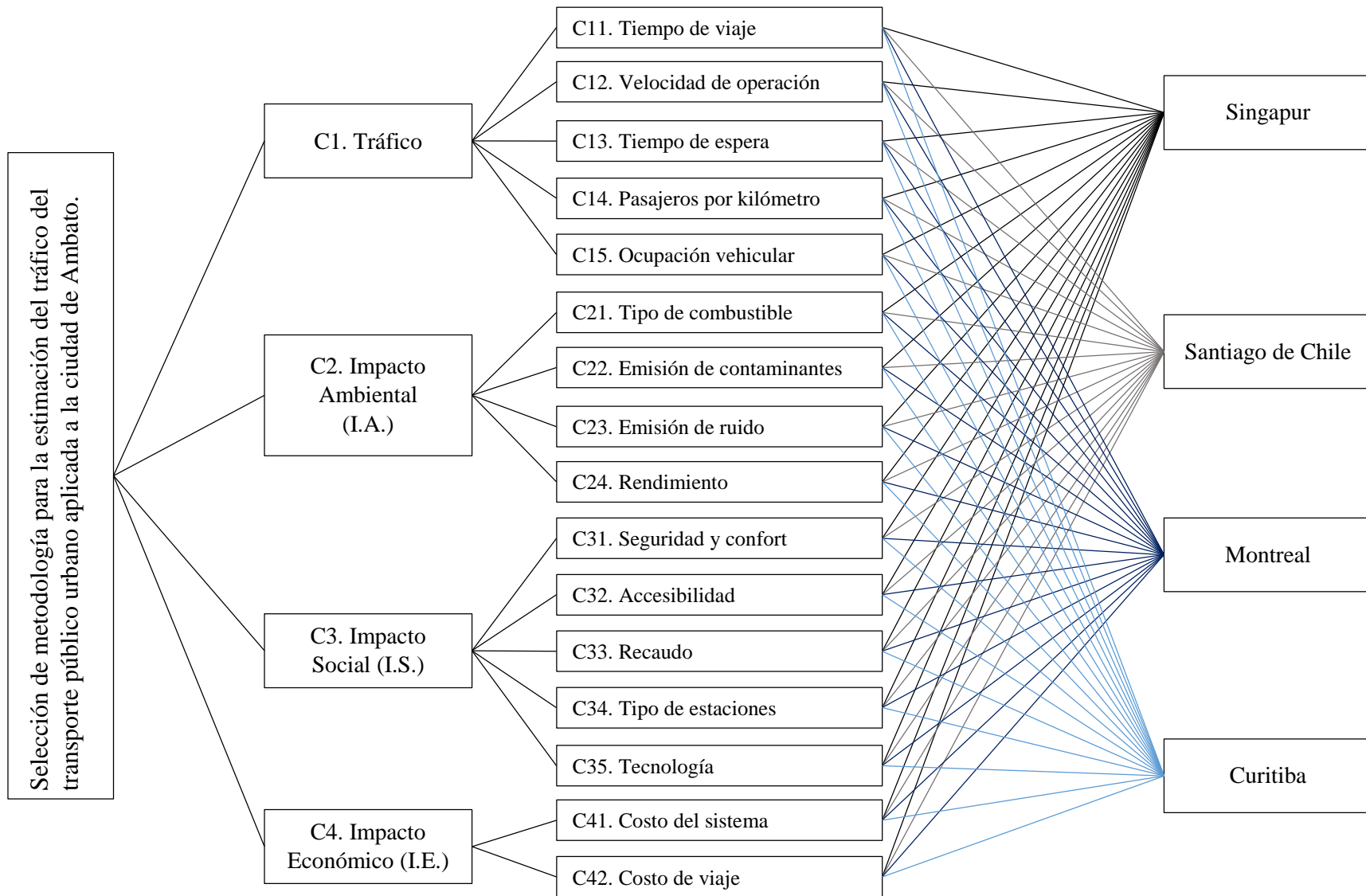


Figura 14. Árbol de jerarquías para la selección del modelo de transporte

4.2. Determinación de Prioridades

Después de construir el modelo se determinan las prioridades e importancia de cada criterio y subcriterio mediante comparaciones pareadas entre los elementos de cada nivel. Cuando se determina la ponderación de todos los criterios y subcriterios, se valora los atributos de las alternativas descritos por cada subcriterio, la priorización de los subcriterios respecto con las alternativas son cuali-cuantitativas debido a la característica de cada subcriterio. Para facilitar la evaluación AHP se utiliza el software SuperDecisions que permite la solución de problemas de Decisión Multicriterio.

4.2.1. Prioridad de los Criterios respecto al Objetivo

La prioridad de los criterios se establece usando la tabla de Saaty (Tabla 2). Los juicios de valor se basan en las metas del GADMA para la mejora del transporte público [6].

- **Eficiencia y Desarrollo Económico:** que se maximicen los beneficios a los usuarios del sistema de transporte en su conjunto, y los servicios que se presten a la sociedad sea a los menores costos y en los menores tiempos.
- **Protección del Medio Ambiente:** que las intervenciones en el sistema de transporte y movilidad minimicen la contaminación global, menores emisiones de gases, no se incorporen barreras que impidan el desplazamiento de las personas y que se conserve el patrimonio de la ciudad. Que el impacto que se produzca en las futuras generaciones minimice el efecto invernadero, la ocupación del suelo y el agotamiento de los recursos naturales.
- **Ciudad Habitable:** que se respete las áreas residenciales, se aumente e incentive la movilidad a pie y en bicicleta, se aumenten y mejoren los espacios peatonales.
- **Seguridad Vial:** que el sistema de transporte y movilidad sean seguros y las alternativas planteadas reduzcan el número y gravedad de los accidentes de tránsito y se disminuya la tasa de muertes en este sentido.
- **Equidad e Integración Social:** que los grupos más vulnerables tengan la adecuada accesibilidad, conectividad e integración al sistema de transporte y movilidad de forma equitativa; con altos niveles de calidad, confort, frecuencias adecuadas, cobertura y horarios adecuados en los servicios de transporte público. La

integración será tanto modal, como de los servicios urbanos, parroquiales, cantonales, provinciales y regionales.

La Tabla 19 presenta la matriz de comparaciones pareadas de los criterios del modelo de decisión en base al objetivo. Es una matriz de 4x4.

Tabla 19. Matriz de comparación pareada de los criterios

Objetivo	C1. Tráfico	C2. I.A.	C3. I.S.	C4. I.E.
C1. Tráfico	1	3	1	5
C2. I.A.	1/3	1	1	3
C3.I.S.	1	1	1	7
C4. I.E.	1/5	1/3	1/7	1

4.2.2. Prioridad de los Subcriterios respecto a los Criterios

La prioridad de los subcriterios se establece usando la tabla de Saaty (Tabla 2). Los juicios de valor se basan en las políticas del Municipio de Ambato para la mejora del transporte público [6].

- Implementación de medidas que contribuyan al mejoramiento del Transporte Público (TP).- Medidas se enfoquen en fortalecer y mantener estándares definidos. (i) Implementación de Rutas de uso exclusivo para buses.
- Optimización de rutas y frecuencias.
- Un Sistema de TP flexible, con paradas a nivel, buses que permitan acceso a personas con necesidades de movilización especiales.
- Operación con caja de compensación y sistema tarifado con tarjeta inteligente y cobro en el bus de fácil comprensión para el usuario y sistema de seguimiento de la operación GPS.
- Adecuado nivel de servicio ofrecido a los usuarios para evitar que se cambien a otro modo de transporte, menos eficiente para la ciudad; por ejemplo: frecuencia de los servicios (tiempo de espera no más de 15 minutos), confiabilidad del servicio, pasajeros parados por m² (máximo 6 pasajeros parados /m², conforme norma INEN 2205), sistema de información de rutas y frecuencias, acceso a las

paradas (no caminar más de 10 minutos), distancia entre paradas (entre 300 m – 600 m);.

- Tiempo de viaje en bus (no más de 30 minutos).
- Otros usuarios de vehículo privado, deberían pagar más por el uso de espacio; por ejemplo: a través del incremento del costo de los estacionamientos tanto en la vía como fuera de vía (públicos como privados).
- Integración de los servicios urbanos, parroquiales y regionales; a través de terminales, paradas compartidas, rutas parcialmente compartidas en tramos que por condiciones físicas u otras condiciones técnicas así lo ameriten.
- Continuo mejoramiento del sistema de TP, a través de la innovación para mantener una imagen positiva.
- Terminales con acceso a estacionamientos “Park & Ride” para influir en la demanda de los vehículos livianos y que utilicen el TP.

La Tabla 20 describe la matriz de comparaciones pareadas de los cinco subcriterios respecto con el criterio C1.Tráfico, a manera de ejemplo. Las matrices de todos los criterios se pueden apreciar en el Anexo 3.

Tabla 20. Matriz de comparación pareada de los sub criterios respecto a C1. Tráfico

C1. Tráfico	C11	C12	C13	C14	C15
C11	1	3	5	5	3
C12	1/3	1	1/2	3	3
C13	1/5	1/2	1	5	2
C14	1/5	1/3	1/5	1	1/3
C15	1/3	1/3	1/2	3	1

4.2.3. Prioridad de las Alternativas respecto a las Subcriterios

Las priorizaciones de las alternativas respecto con cada subcriterio tienen juicios de valor de acuerdo a los consultados previamente en el apartado 4.1.2.3. Estas pueden ser cualitativas y cuantitativas. En la Tabla 21 se presenta la ponderación cuantitativa del subcriterio C11. Tiempo de viaje ya que los valores están definidos en minutos.

Tabla 21. Valores de los subcriterios C11. Tiempo de viaje

Alternativa	C11. Tiempo de viaje (min)
Singapur	19,93
Santiago	59,2
Montreal	90
Curitiba	39

Cuando la priorización es cualitativa es necesario adaptar la Tabla de Saaty, para transformar la ponderación en cuantitativa. Por ejemplo en la Tabla 22 se aprecia que el subcriterio C21. Tipo de combustibles tiene priorización cualitativa ya que los combustibles pueden ser Gasolina, Gas Natural, Diésel, Híbrido o Eléctrico y en la Tabla 23 se aprecia la matriz de comparación pareada del subcriterio basándose en la Tabla de Saaty de acuerdo a qué combustible es más amigable al ambiente. La priorización de los catorce subcriterios se desarrolla de la misma manera y se observa en el Anexo 3.

Tabla 22. Valores del subcriterio C21. Tipo de combustible

Alternativa	C21. Tipo de combustible
Singapur	Diésel
Santiago	Diésel
Montreal	Gas natural
Curitiba	Híbrido

Tabla 23. Matriz de comparación pareada de C21. Tipo de Combustible

C21	Singapur	Santiago	Montreal	Curitiba
Singapur	1	1	1/3	1/5
Santiago	1	1	1/3	1/5
Montreal	3	3	1	1/3
Curitiba	5	5	3	1

4.3. Determinación de la Consistencia y Vectores Propios

Siguiendo el proceso, se determina la consistencia de los criterios y los vectores propios de cada matriz. Como los subcriterios están en diferentes unidades (minutos, kilómetros, etc.) es necesario normalizar las matrices para encontrar sus vectores propios. Si la priorización es cuantitativa se pueden presentar dos casos: la variable es directa, en este caso simplemente se normalizan los valores; si la variable es inversa, se invierte la

variable y se normalizan los valores; estos valores normalizados son los vectores propios. En la Tabla 24 se puede observar el subcriterio C11. Tiempo de viaje como ejemplo de variable cuantitativa inversa y en la Figura 15 se ve el ingreso de los datos en correspondientes a Tiempo de viaje en el software SuperDecisions.

Tabla 24. Vector propio de C11. Tiempo de viaje

Alternativa	C11 Tiempo de viaje (min)	Inversa	Normalizada	Vector propio
Singapur	19,93	0,0502	0,4833	0,4833
Santiago	59,2	0,0169	0,1627	0,1627
Montreal	90	0,0111	0,1070	0,1070
Curitiba	39	0,0256	0,2470	0,2470
SUMA	208,13	0,1038	1	

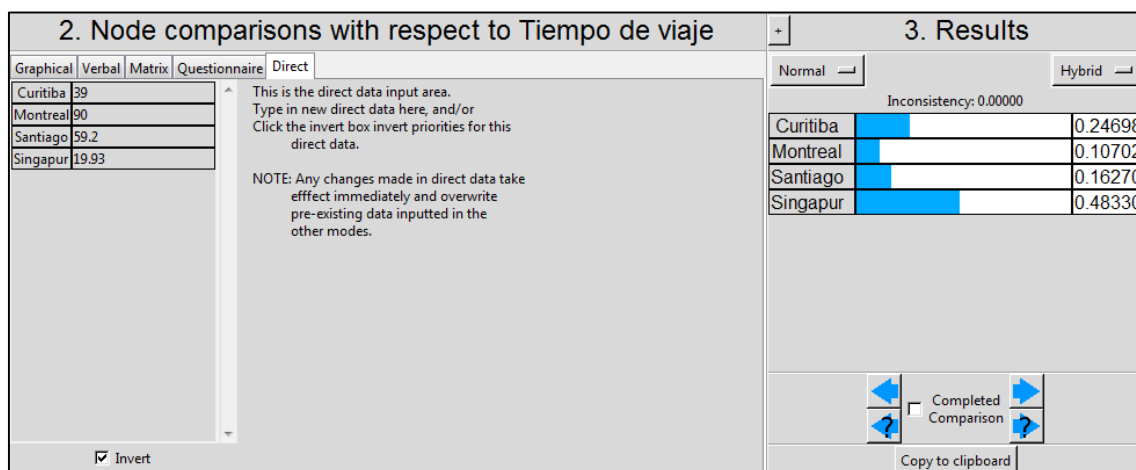


Figura 15. Ingreso de datos C11. Tiempo de viaje en SuperDecisions

En la Tabla 25 se aprecia el subcriterio C12. Velocidad de operación como ejemplo de variable cuantitativa directa y el ingreso de datos en el software SuperDecisions se detalla en la Figura 16.

Tabla 25. Vector propio de C12. Velocidad de operación

Alternativa	C12. Velocidad de operación (km/h)	Normalizada	Vector propio
Singapur	28,9	0,3307	0,3307
Santiago	20,84	0,2385	0,2385
Montreal	17,9	0,2048	0,2048
Curitiba	19,75	0,2260	0,2260
SUMA	87,39	1	

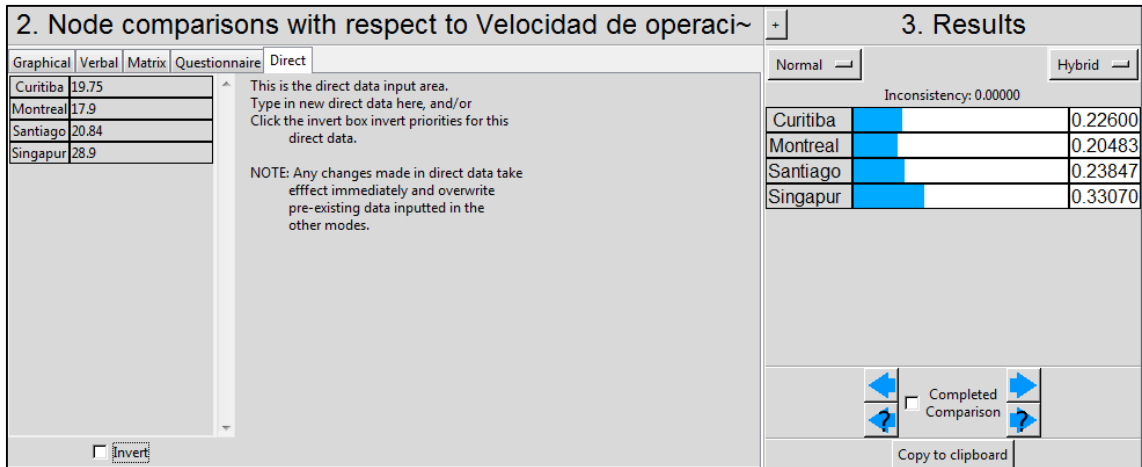


Figura 16. Ingreso de datos C12. Velocidad de operación en SuperDecisions

Si la priorización es cualitativa se normaliza la matriz y se determina el vector propio y por último se comprueba la consistencia. En la Tabla 26 se muestra el subcriterio C21. Tipo de combustible como ejemplo de la priorización cualitativa, además se comprueba su consistencia 1,63% menor a 9%. El ingreso de datos en el software se detalla en la Figura 17.

Tabla 26. Priorización general de alternativas respecto a C21. Tipo de combustible

C21	Singapur	Santiago	Montreal	Curitiba	Normalizada				Vector propio
Singapur	1	1	1/3	1/5	0,10	0,10	0,07	0,12	0,095
Santiago	1	1	1/3	1/5	0,10	0,10	0,07	0,12	0,095
Montreal	3	3	1	1/3	0,30	0,30	0,21	0,19	0,249
Curitiba	5	5	3	1	0,50	0,50	0,64	0,58	0,56
SUMA	10,00	10,00	4,67	1,73	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CR	1,63%								

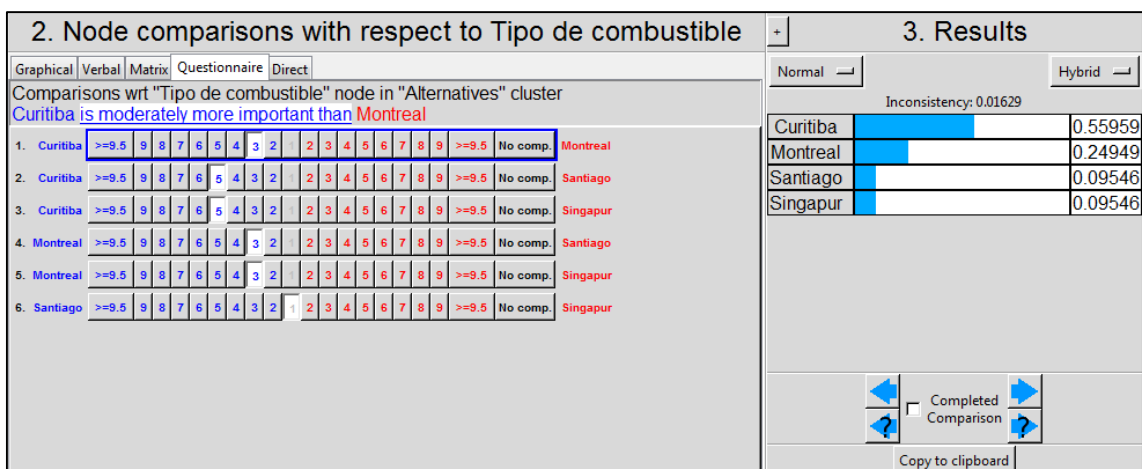


Figura 17. Ingreso de datos C21. Tipo de combustible en el software SuperDecisions

Se comprueba que las consistencias están dentro de los límites aceptables <10%. El resumen de las CR del modelo jerárquico se indica en la Tabla 27. Además, se muestra la consistencia promedio por cada nivel del modelo.

Tabla 27. Consistencias del modelo jerárquico

Objetivo	CR	Criterio	CR	Subcriterio	CR
Metodología estimación de tráfico	5,69%	C1. Tráfico	9,14%	C11. Tiempo de viaje	0%
				C12. Velocidad de operación	0%
				C13. Tiempo de espera	0%
				C14. Pasajeros por kilómetro (IPK)	0%
				C15. Ocupación vehicular	0%
		C2. Impacto ambiental	6,40%	C21. Tipo de combustible	1,63%
				C22. Emisión de contaminantes	0%
				C23. Emisión de ruido	0%
				C24. Rendimiento	0%
		C3. Impacto social	9,53%	C31. Seguridad y confort	0%
				C32. Accesibilidad	6,15%
				C33. Recaudo	0%
				C34. Tipo de estaciones	4,95%
				C35. Tecnología	3,85%
		C4. Impacto Económico	0%	C41. Costo del sistema	0%
C42. Costo de viaje	0%				
Promedio	5,69%	Promedio	6,26%	Promedio	1,03%

Por último se aprecia que la CR de todo el modelo es 7%. El ingreso de todos los datos del modelo jerárquico evaluado en SuperDecisions se puede observar en el Anexo 4.

4.4. Selección de Alternativa y Análisis

Una vez establecidos todos los vectores propios de todas las alternativas respecto a los subcriterios, se desarrolla la síntesis del modelo jerárquico. En la Tabla 28 se pueden observar las ponderaciones de cada criterio, subcriterio y alternativa. Para obtener la priorización total de cada alternativa simplemente se multiplica cada subcriterio por las ponderaciones de sus criterios superiores y se suman las filas tal y como se muestra en la Tabla 29.

Tabla 28. Resumen de las prioridades de las alternativas

	C1. Tráfico (0,400)					C2. Impacto Ambiental (0,207)				C3. Impacto Social (0,331)					C4. Impacto Económico (0,062)	
	C11 (0,474)	C12 (0,166)	C13 (0,203)	C14 (0,051)	C15 (0,106)	C21 (0,110)	C22 (0,444)	C23 (0,382)	C24 (0,063)	C31 (0,272)	C32 (0,452)	C33 (0,082)	C34 (0,033)	C35 (0,161)	C41 (0,833)	C42 (0,167)
Singapur	0,483	0,331	0,168	0,319	0,193	0,095	0,313	0,251	0,25	0,337	0,063	0,167	0,327	0,081	0,473	0,307
Santiago	0,163	0,239	0,202	0,186	0,292	0,095	0,063	0,238	0,255	0,161	0,194	0,167	0,142	0,269	0,029	0,298
Montreal	0,107	0,205	0,378	0,301	0,298	0,249	0,313	0,264	0,236	0,3	0,153	0,167	0,095	0,106	0,473	0,121
Curitiba	0,247	0,226	0,252	0,194	0,217	0,56	0,313	0,247	0,259	0,202	0,59	0,5	0,436	0,544	0,026	0,275

Tabla 29. Priorización total de las alternativas

	C1. Tráfico					C2. Impacto Ambiental				C3. Impacto Social					C4. I. Economic.		Σ
	C11	C12	C13	C14	C15	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C35	C41	C42	
Singapur	0,092	0,022	0,014	0,007	0,008	0,002	0,029	0,020	0,003	0,030	0,009	0,005	0,004	0,004	0,024	0,003	0,276
Santiago	0,031	0,016	0,016	0,004	0,012	0,002	0,006	0,019	0,003	0,014	0,029	0,005	0,002	0,014	0,001	0,003	0,178
Montreal	0,020	0,014	0,031	0,006	0,013	0,006	0,029	0,021	0,003	0,027	0,023	0,005	0,001	0,006	0,024	0,001	0,229
Curitiba	0,047	0,015	0,020	0,004	0,009	0,013	0,029	0,020	0,003	0,018	0,088	0,014	0,005	0,029	0,001	0,003	0,318

La síntesis del modelo jerárquico resuelto en SuperDecisions demuestra que Singapur posee un 27,6% de prioridad a ser seleccionada, Santiago mantiene el 18,8%, Montreal el 22,9% y Curitiba el 31,8% siendo esta última la que tiene el porcentaje más alto y mantenido una consistencia promedio de 7% como se puede ver en la Figura 18.

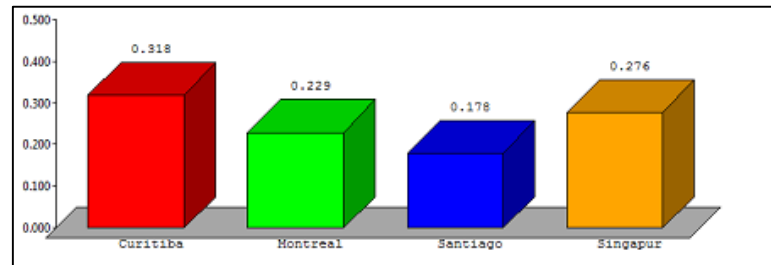


Figura 18. Síntesis de alternativa más factible

Para efectuar un análisis más completo es necesario recurrir a la Figura 19 en la que se muestra un análisis de sensibilidad del modelo. Este análisis permite al tomador de decisiones considerar otras posibles alternativas en caso de variar la ponderación de los criterios. En este modelo se puede observar que en el criterio tráfico la alternativa con mayor priorización es Singapur con 36% y por debajo se encuentra Curitiba con el 24%, pues su sistema de transporte público mantiene mejores frecuencias de paso y menor tiempo recorrido lo que permite satisfacer su demanda de pasajeros. En el criterio ambiental, la ciudad con mayor prioridad es Curitiba con 31%, pues en su plan maestro de movilidad se enfoca en la sostenibilidad y sustentabilidad. También en el criterio social predomina Curitiba con 46% ya que busca la integración de personas con discapacidad, para lo cual se requiere también tecnología. Pero se puede notar que mientras más tecnología busque, mayor inversión se necesita, es por eso que en el criterio económico Curitiba ocupa el último puesto con el 7% y Singapur el primero con el 45%, pues la flota de Singapur no dispone de mucha tecnología incluso la mayoría no es accesible para personas con alguna discapacidad.

Curitiba es la alternativa seleccionada pues a pesar que su sistema de transporte público tiene un alto costo, su modelo de transporte ha obtenido buenos resultados tomando en cuenta que si se prioriza el criterio social, seguiría dominando frente a las otras alternativas, por ende se busca aplicar este modelo de transporte en la ciudad de Ambato. Como segunda opción también se puede adaptar el modelo de transporte de Singapur, pues es el que más prioridad tiene en el criterio tráfico y además está en segundo lugar respecto al objetivo.

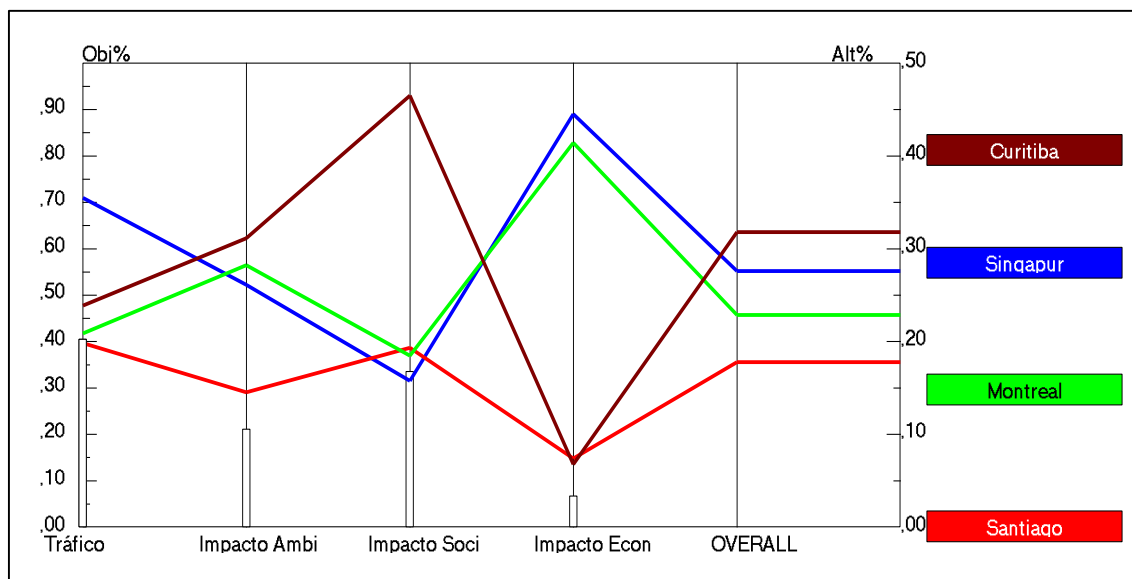


Figura 19. Análisis de sensibilidad del modelo jerárquico

4.5. Aplicación de la Alternativa Seleccionada

Después que la alternativa Curitiba ha sido seleccionada, el siguiente paso es aplicar el modelo de transporte a la ciudad de Ambato, para lo cual es necesario efectuar una revisión bibliográfica de su plan de movilidad y el modelo de transporte.

4.5.1. Descripción Preliminar de la movilidad en Curitiba

Curitiba es la capital de Paraná, uno de los tres estados que conforman la región sur de Brasil, está ubicada a 945 m.s.n.m. consta de un área de 434,967 km², formada por 75 barrios y 26 municipios, incluida la capital, con una población de 3.261.168 habitantes.

En los últimos 30 años, Curitiba se ha centrado en la planificación urbana; hoy en día, mientras que otras ciudades se molestan en estructurar sus planes maestros, la capital de Paraná se mueve hacia extender sus servicios y soluciones para su región metropolitana. Lo mismo sucede con el transporte público, que ya llega a 13 ciudades de los alrededores.

Curitiba tiene su territorio de 432 kilómetros cuadrados, casi totalmente ocupada, lo que conduce al Ayuntamiento a planificar y ejecutar acciones en un enfoque metropolitano, con el fin de mantener y aumentar el nivel de calidad de vida ya conquistada.

La integración metropolitana de Curitiba se hace cargo de una tradición de anticipar soluciones a los problemas ambientales y urbanos, como en los años 70 y 80. En ese momento, caracterizado por tasas de crecimiento de la población de hasta el 5,7% por

año, la capital se ha establecido como referencia mundial en infraestructura urbana, en el transporte público, el cuidado del medio ambiente y la asistencia social.

En 2004 fue consolidado el Plano Director de Curitiba como orientación y control del desenvolvimiento integrado del Municipio, que incluyó la elaboración de seis Planos Sectoriales para Políticas Públicas locales en áreas de desenvolvimiento social, transporte y movilidad, vivienda de interés social, seguridad y defensa social, desenvolvimiento económico y medio ambiente.

Con el fin de adaptar los principios de la planificación del transporte y movilidad, fue preparado el Plan de Movilidad Urbana y Transporte Integrado “*Planmob*” por técnicos de la Prefectura Municipal de Curitiba, bajo la coordinación del Instituto de Investigación y Planificación Urbana de Curitiba - IPPUC, y la participación de diferentes entidades componentes establecidos por el Consejo Técnico Consejo Asesor IPPUC - CONSECON, así como el seguimiento y apoyo técnico del equipo consultor de la Fundación Getúlio Vargas. Este plan tiene como objetivo establecer políticas y directrices relativas a la movilidad urbana, buscando la participación de la ciudadanía e inclusión social con un escenario a 2020 que incluye revisiones periódicas.

La elaboración de PlanMob tiene un enfoque metropolitano y está organizada en cuatro temas: Accesibilidad, Circulación y Sistema viario, Sistemas de Transporte Colectivo y Comercial, Sistema de Transporte de Cargas. En cambio en términos metodológicos fue elaborado en cuatro etapas principales: Diagnóstico y Análisis, Elaboración de Escenarios y Alternativas, Propuesta Preliminar y Propuesta Final. En el diagnóstico se realizó el levantamiento de la información y realización de estudios, luego se estructuraron escenarios y plantearon alternativas con un horizonte a 2020; en base a los estudios realizados se desarrolló la versión preliminar de Planmob y finalmente se presentó la versión final en 2008.

4.5.2. Modelación de Transporte

El IPPUC, contrató al consorcio “Movilidade RMC – Curitiba”, dirigido por COMAP consultora para la ejecución de la INVESTIGACIÓN DE ORIGEN Y DESTINO Y MODELACIÓN DE TRANSPORTE dirigido a la revisión del Plan de Movilidad-PlaMob-Curitiba. El objetivo de este estudio es desarrollar un modelo de transporte para

el núcleo urbano central, que será utilizado para revisar el Plan de Movilidad y desarrollar paquetes de inversión pública de transporte y de tránsito.

Entender la lógica y la necesidad de la población en el cumplimiento de sus demandas de movilidad consiste en la actualidad uno de los mayores retos en la formulación e implementación de políticas públicas urbanas. La gestión del territorio en regiones de urbanización intensa y conurbada requiere de conocimiento y diseño demandas de transporte para permitir una intervención precisa con el fin de proporcionar sistemas de transporte simplificados, seguros, de bajo costo y sostenibles. En este sentido las políticas públicas buscan:

- Reducir la necesidad de viajes motorizados y aumentar los viajes no motorizados, revertir el predominio histórico de autos y motos en peatones, ciclistas y transporte público;
- Abordar el tema de la movilidad urbana de manera integrada con el Plan Director, teniendo en cuenta las preguntas de donde vive la gente, trabaja, estudia, usan los servicios, entre otros;
- Pensar en el sistema del camino como un lugar donde hay movilidad urbana priorizando la seguridad y calidad de vida de los ciudadanos y no el libre flujo de tráfico vehicular;
- Valorizar la bicicleta y el caminar como importantes medios de transporte, integrándolos con los modos de transporte colectivos, reduciendo así el impacto ambiental de la movilidad urbana;
- Ofrecer movilidad a las personas con discapacidades y restricciones de movilidad, permitiendo el acceso de estas personas a la ciudad y servicios urbanos;
- Estructurar la gestión local, fortaleciendo el papel regulador de los órganos públicos gestores de servicios de transporte público y tránsito.

El modelo representa un retrato de la situación de movilidad en Curitiba en base a las herramientas de análisis de resultados, de manera que los levantamientos de información permiten la creación y análisis de diversos escenarios y simulaciones. El modelo consta de las siguientes etapas:

1. Levantamiento y Preparación de Informaciones Disponibles

En este paso se levanta y trata con toda la información disponible, además a todos los estudios, proyectos y propuestas, de alguna manera relacionados con el tema de la movilidad urbana, tales como: información cartográfica, red vial, información socioeconómica, uso y ocupación de suelo, desarrollo urbano, planes directores o maestros, estudios y proyectos, acciones ya aprobadas o en curso, marco legal y organización institucional, etcétera.

2. Investigación y Encuestas

En esta etapa de trabajo se aplica un conjunto de encuestas que guiará el desarrollo del modelo de transporte. Estas encuestas, detalladas a continuación, tiene como objetivos principales identificar los hábitos de movimiento de personas, medir el volumen de tráfico de vehículos en carreteras principales, evaluar el volumen de ocupación de estos vehículos, medir la velocidad a la que estos vehículos transitan, aumentar el volumen de pasajeros transportados por el sistema de autobuses de transporte público y finalmente recoger la opinión de la población con respecto a los servicios de transporte en la región.

2.1. Encuesta Origen Destino Domiciliario

La encuesta Origen – Destino Domiciliario tiene como objetivo aumentar el volumen y las características de los movimientos realizados por las personas en sus actividades diarias. Los hábitos de desplazamiento de las personas que viven y pasan por una región se investigan de manera que se pueda saber de dónde vienen, a dónde van, cómo van y cuando lo hacen. Conjuntamente con esta encuesta también se aplican preguntas, con los residentes de hogares, con el objetivo de evaluar el actual sistema de transporte, estableciendo así una encuesta de opinión. Las preguntas hacen referencia al grado de satisfacción con el transporte público, con el sistema de carreteras y el tráfico en general, además de enfrentar los problemas y las rutas no atendidas.

2.2. Encuesta Origen Destino en Lina de Cordón

Como la encuesta Origen – Destino domiciliar caracteriza los perfiles de viajes internos en la región de estudio, también se torna necesario la realización de encuestas para el conocimiento de desplazamientos externos a la región, pero que tiene un impacto directo en el sistema y en sus caminos. El instrumento adecuado para la identificación de estos

viajes externos se conoce como encuesta línea de contorno, que es realizada simultáneamente a las entrevistas domiciliarias y de ampo, junto con esta la Encuesta de Origen – Destino. El método para la aplicación de esta encuesta es entrevistar a conductores de vehículos de pasajeros y de carga, los pasajeros de vehículos que transitan en las vías que conectan la región con el estado. En estas entrevistas se levantan los datos de origen y destino de los viajes, los tiempos de viajes, los motivos y frecuencias de las mismas, así como las características de los vehículos.

2.3. Encuesta de Conteo y Ocupación Visual en línea de arqueo

El propósito de esta encuesta es evaluar el total de viajes internos, estimados a partir de la encuesta origen-destino domiciliar, permitiendo que sea validada la consistencia y adecuación de las entrevistas realizadas en toda la zona. La encuesta está constituida por conteos volumétricos clasificados (para automóviles, motocicletas, camiones, microbuses, buses urbanos y metropolitanos) utilizando la misma metodología que la encuesta de línea de contorno, contabilizando los vehículos por sentido de tráfico.

2.4. Encuesta de Velocidad Media

Las encuestas de velocidad media buscan establecer una velocidad media para tramos homogéneos del sistema vial. Estas velocidades son establecidas por categorías de vehículos y por fajas horarias. Con estas medidas es posible calcular las capacidades de fluidez del sistema vial.

2.5. Encuesta de Demanda de Transporte Colectivo – Billetaje

En esta encuesta son levantados los datos relativos al sistema de billetaje o facturación del transporte colectivo. La información es estratificada por tipo de líneas u operadoras, puntos de parada, periodos de día y de semana, así como un análisis del sistema en los últimos años.

3. Tratamiento y Análisis de Datos

Al cruzar los resultados de la encuesta Origen Destino con algunas variables, tales como las características socioeconómicas o aspectos físicos y urbanos del uso de suelos, es posible establecer proyecciones futuras para las necesidades de desplazamiento de la población. También es posible direccionar el desarrollo de la ciudad para la mejor

adaptación a esas necesidades. Establecidas estas correlaciones a través de variables explicativas (crecimiento poblacional, distribución de los ingresos familiares, localización espacial y cuantificación de los puestos de trabajo y plazas escolares) es posible estimar los cambios en el patrón de viajes de una población en el área de estudio contrarrestándose las funciones identificadas con proyecciones de las variables explicativas en escenarios futuros.

El uso de los resultados de las encuestas se da a través de modelos matemáticos de demanda y oferta de sistemas de transporte, incluyendo el transporte público e individual. Los modelos cuantitativos de previsión de demandas son modelos matemáticos probabilísticos, que permiten la estimación de la demanda para la implementación de nuevas infraestructuras o de la modificación de las condiciones operacionales del sistema de transporte existente.

3.1. Montaje de las matrices de Origen y Destino

Una vez concluidos los trabajos de campo y compilada la información de base disponible, con el respectivo adelgazamiento de zonificación final, es necesario calcular las matrices de origen y destino para la situación de referencia. El cálculo de las matrices está directamente relacionado con el análisis de los datos de demanda colectados por los trabajos de campo descritos anteriormente.

La principal fuente de información sobre la demanda de transporte utilizadas en el estudio son las entrevistas origen – destino domiciliario de población residente en el área de influencia estudio. Los datos resultantes de las encuestas domiciliarias son validados con otras fuentes de información relativas a los trabajos de campo, datos de fuentes secundarias (datos territoriales de población y localización de actividades).

3.2. Desarrollo del Modelo multimodal de Transporte

El modelo de transporte multimodal a desarrollarse tiene como objetivo principal servir de base de cálculo de las estimaciones de demanda para escenarios futuros. Para eso es necesario que en una primera fase el modelo refleje la realidad actual para garantizar una elevada confiabilidad en los cálculos de las estimaciones futuras. Para lograr los objetivos deseados, el modelo a ser desarrollado incluye todos los modos de transporte alternativo.

En la construcción del modelo de transporte se puede cargar la información relativa a oferta de transporte, tanto para el transporte individual o referente al transporte colectivo.

Es necesaria la adquisición de softwares para la realización de las simulaciones de tráfico previstas en el estudio. El contacto y adquisición del paquete “PTV Vision Panning & Simulation” compuesto por los softwares VISUM y VISSIM están a cargo de los modeladores. Después de instalados los softwares también es necesaria su capacitación a los técnicos modeladores.

El desarrollo del modelo de transporte se divide en tres etapas: generación, distribución y asignación de viajes. En un primer momento es estimada la cantidad de viajes que cada región produce y atrae. En secuencia, estos viajes se distribuyen entre las regiones con el fin de determinar el flujo entre cada origen y destino. Por último, los viajes se asignan a la red vial de acuerdo con el camino de menor tiempo entre pares origen- destino.

3.2.1. Generación de Viajes

La calibración del modelo requiere como punto de partida, la determinación de los viajes de generación y atracción de viajes para cada una de las zonas de la ciudad, sean realizadas por automóviles para viajes por motivos de ocio, trabajo o estudio. Los vectores de producción y atracción de viajes realizados por automóviles son determinadas de forma proporcional respectivamente a la población de cada barrio. De esa forma, cuanto mayor sea la población de un barrio, mayor será la cantidad de viajes de vehículos de pasajeros en esa zona.

3.2.2. Distribución de Viajes

En cuanto al número de viajes que son generadas y atraídas en cada zona es definida a partir de los vectores de viajes, conforme a la generación de viajes, es necesario determinar la distribución de los viajes entre zonas, es decir, determinar cuáles son los destinos y orígenes de cada viaje.

La distribución de viajes se realiza a través de un modelo del tipo gravitacional, en el que los viajes entre cada zona de origen y destino (q_{ij}) son estimadas en función de la generación de la zona de origen i , atracción de la zona de destino j e impedancia para el movimiento entre zonas de origen i y j (t_{ij}):

$$q_{ij} = f(P_i, A_j, f(t_{ij}))$$

$$f(t_{ij}) = a \cdot t_{ij}^b \cdot e^{c \cdot t_{ij}}$$

$$q_{ij} = \frac{P_i \cdot A_j}{f(t_{ij})} \quad (15)$$

La función de impedancia entre los pares OD envuelve el tiempo de desplazamiento y los parámetros a , b y c (definidos como $a=1$, $b=1$, $c=-1$). Así, el volumen relacionado a cada par OD es resultado de la multiplicación de los valores de generación de origen y atracción de destino, dividido para la respectiva impedancia. La matriz obtenida de este proceso es llamada matriz semilla, siendo el punto de partida para el ajuste del modelo con los volúmenes observados.

3.2.3. Asignación de Viajes

Las matrices semilla de viajes de automóviles y camiones se asignan a la red de simulación simultáneamente, considerado para efectos de ocupación de la red y cálculo de demora en los enlaces. El proceso de asignación es realizado varias veces con el fin de actualizar los tiempos de viaje entre zonas que a su vez interfiere en el cálculo de la impedancia utilizada en el proceso de distribución de viajes.

3.3. Calibración de la Red y Matriz OD

La calibración de los parámetros del modelo tiene como objetivo ajustar lo mejor posible la realidad observada (resultante de los trabajos de campo y del análisis de la información existente) a la imagen producida por el modelo. Siempre que sea posible la estimación de los valores de los parámetros son producidas con base al principio de “máxima verosimilitud” o el principio de “mínimos cuadrados”, es decir, se buscan los valores de los parámetros que minimicen la suma de los cuadrados de desviaciones entre los flujos observados y los estimados por el modelo. Esta calibración se realiza a través de “TFlowFuzzy”, una herramienta de “VISUM” que permite adaptar la búsqueda resultante del proceso de carga de la matriz final, los valores observados (secciones de red con volúmenes conocidos o estimados), teniendo en cuenta ciertas limitaciones en base las variables base del problema.

3.4. Aplicación del Modelo en Escenarios

La modelación de oferta futura es una fase principal del estudio del presente modelo, correspondiendo a la estimación del comportamiento de la demanda en escenarios futuros para diferentes escenarios de oferta de transporte, de evolución de patrones de movilidad en diferentes horizontes temporales.

El modelo de transporte es construido de forma que se tengan en cuenta todas las alternativas de oferta de servicios de transporte, apenas siendo necesario activar la oferta referente a cada escenario a analizar. De esta forma es posible analizar cualquier configuración de oferta de transporte.

4.5.3. Aplicación en Ambato

Para la aplicación del modelo de transporte de Curitiba en Ambato se debe tener en cuenta que la aplicación completa en la ciudad es un proceso complejo que demanda mayores recursos y tiempo. Además este estudio se limita a la investigación de una metodología de la estimación del tráfico, es por eso que solamente se implementa en un punto de interés de la ciudad basándose en mapas georreferenciados para lo cual se recurre al programa ArcGIS, el cual permite la recopilación de sistemas de información geográfica que ayudan en la planificación urbanística [64]. El mapa GIS de la zona de interés se muestra en la Figura 20.

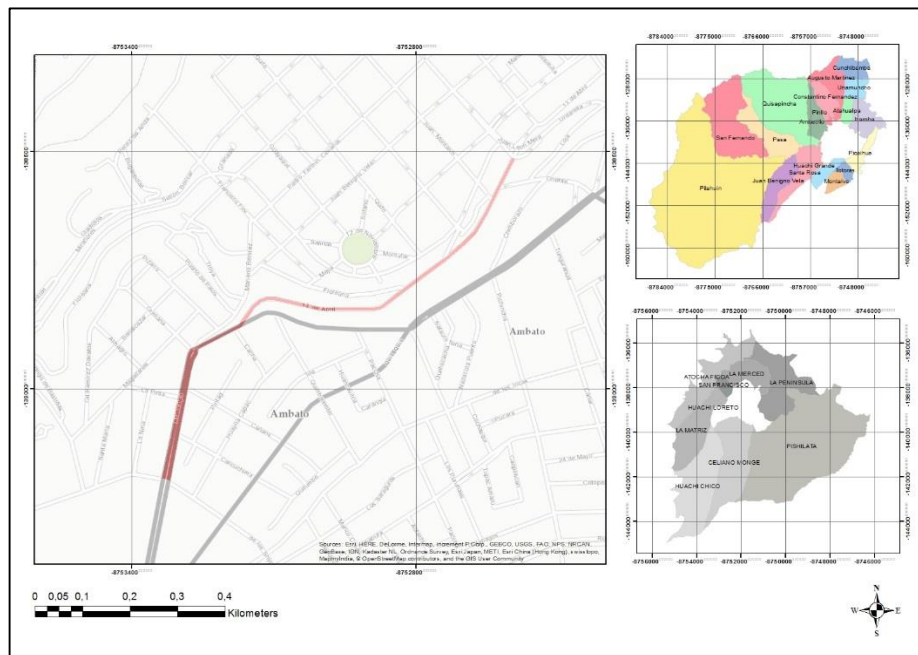


Figura 20. Localización del área de estudio en ArcGIS

Como se muestra en la Figura 20, el área de estudio comprende la Av. 13 de Abril - Atahualpa entre la calle Juan León Mera y la Av. Los Shyris. Esta vía presenta un papel importante en el sistema vial de Ambato pues, permite la conexión entre el centro de la ciudad y la zona sur, además constituye una de las vías con mayor aforo vehicular del sistema de transporte público urbano por la que circulan la mayor parte de las líneas de transporte.

4.5.3.1. Limitaciones del Modelo

Espacial

El tamaño de la red de análisis, mientras más grande la red mayor es el volumen de datos, mayor complejidad de calibración y mayor tiempo de estudio.

Volumen de datos

- Mientras mayor el volumen de datos, mayor el conteo de vehículos y la cantidad de los tiempos de desplazamientos, mayor calidad y precisión del modelo.
- Mayor volumen de datos, mayor costo y mayor tiempo requerido.

4.5.3.2. Datos Utilizados

- **Conteo volumétrico clasificado de vehículos en base al modelo de Curitiba**
El estudio de conteo se levantó mediante la ficha de observación de conteo de tráfico en la franja horaria de 17:00 - 20:00 en tres días (Lunes, Miércoles y Viernes) en las intersecciones Av. 13 de Abril y Juan León Mera, Av. 13 de Abril/Atahualpa y Av. Los Shyris, y Av. 13 de Abril/Atahualpa y Viaducto Yahaira. En las intersecciones existen diferentes flujos y los que no intervienen en la vía en estudio no son tomados en cuenta. Las fichas están disponibles en el Anexo 5.
- **Estudio de velocidad media y tiempo de desplazamiento en base al modelo de Curitiba**
Con este estudio se obtienen las velocidades y retrasos de los vehículos que circulan en el trayecto de la Av. 13 de Abril en ambos sentidos, realizando en un día un total de cuatro viajes. Las mediciones fueron realizadas conduciendo un

vehículo privado y abordando el transporte público utilizando un cronómetro haciendo anotaciones de los tiempos de viaje y tiempos detenidos. La ficha del estudio se puede apreciar en el Anexo 6.

- Características de las vías, señalización, programación de semáforos
Las características de las vías, la correspondiente señalización y temporización de semáforos se recopilaron mediante observación de campo, la cual se puede apreciar en el Anexo 7.
- Características de flujos, colas, conflictos existentes, puntos de transporte colectivo, etc.
Las características del flujo de los vehículos, puntos de transportes y otras características se realizó mediante observación de campo descrita en el Anexo 7. Las líneas de transporte, los horarios e intervalos están basadas en los Contratos de Operación del GADMA para el TP, que se puede apreciar en el Anexo 8.

4.5.3.3. Simulación y Análisis

VISSIM es un software de modelación microscópica basado en intervalos de tiempo y conductas de conducción que pueden ser usados para modelar y analizar el funcionamiento del tráfico urbano en varias condiciones. También muestra el movimiento de los vehículos en animaciones 2D y 3D. Es una herramienta efectiva para estimar la ingeniería de diseño de tráfico y planificar programas. En base a los estudios y demás información recopilada se ingresan los datos en el software VISSIM 9.0 para simular el modelo:

- Links: La construcción de la estructura vial de la Avenida 13 de Abril, correspondiente al número de carriles, ancho de los carriles y sentido de los mismos en base a una imagen georreferenciada de la vía. En sentido N-S la Av. 13 de Abril dispone de un carril, en la intersección con el viaducto Yahaira aumenta a dos carriles y al final se abre un tercer carril de giro a la izquierda. En el sentido S-N, la Av. Atahualpa tiene dos carriles y en la intersección con el viaducto Yahaira se elimina uno hasta su final. El ancho de cada carril es de 4 metros, mientras que en la zona de tres carriles se reduce a 3,5 metros.

- **Vehicle Inputs:** El punto de entrada de vehículos y el volumen de los mismos al sistema vial. La vía presenta tres entradas de vehículos: El primero en la Av. 13 de Abril sentido N–S con un volumen de 575 vehículos/hora, donde el 0,17% son camiones. El segundo punto de entrada es a través del viaducto Yahaira sentido S-N con un volumen de 538 vehículos/hora. El tercer punto de entrada es a través de la Av. Atahualpa sentido S-N con un volumen de 1857 vehículos/hora donde el 0,32% son camiones.
- **Vehicle Compositions:** Es la composición de vehículos que circulan por los vehicle inputs. En la avenida 13 de Abril y Avenida Atahualpa circulan vehículos, camiones y buses a una velocidad distribuida entre 17km/h y 25 km/h. A través del viaducto Yahaira ingresan solamente vehículos a una velocidad distribuida entre 17 km/h y 25 km/h.
- **Conflict Areas:** En la vía existen dos áreas de conflicto. La primera es en el punto de entrada de vehículos en el viaducto Yahaira, en donde estos son los que tienen preferencia para el cambio de vía. La segunda área de conflicto es al final de la Av. Atahualpa al inicio del tercer carril de giro a la izquierda, en donde los vehículos que van en sentido N-S tienen preferencia.
- **Signal Heads:** Se refiere a los semáforos y su correspondiente temporización. Existen dos: el primero se encuentra en la Avenida 13 de Abril sentido S-N cuyo ciclo es de 100 segundos, 38 segundos en verde, 2 segundos en amarillo y 60 segundos en rojo. El segundo semáforo se ubica en la Avenida Atahualpa cuyo ciclo es 100 segundos, está formado a su vez por dos semáforos, el primero que regula el giro de vehículos a la izquierda está programado para 20 segundos en verde y 78 segundos en rojo, el segundo que regula el trayecto sentido N-S está programado en 65 segundos en verde y 33 segundos en rojo, ambos con 2 segundos para el amarillo.
- **Vehicle Routes:** Se refiere a la decisión de los conductores que toman en una vía. En la Av. Atahualpa sentido S-N el 55% de vehículos ingresan en el viaducto Yahaira, mientras que el 45% restante continúa hacia la Av. 13 de Abril, teniendo en cuenta que camiones no pueden ingresar en el viaducto. En la Av. Atahualpa en la intersección con el viaducto Yahaira, el 70% de vehículos continúa en su

carril mientras que el 30% cambia al carril izquierdo. En el viaducto Yahaira en la intersección con la Av. Atahualpa, el 60% continúa en su carril mientras que el 40% restante cambia al carril derecho. En la Av. Atahualpa cerca al semáforo, el 70% continúa en su carril mientras que el 30% restante se cambia al carril izquierdo para girar a la intersección.

- Public Transport Stop. Son las paradas de transporte público que existen en la vía. En el sentido S-N existen cuatro paradas de buses, mientras que en el sentido N-S existen tres, abordando y desalojando 3 ± 3 pasajeros por parada.
- Public Transport Line. Son las líneas de transporte público que circulan por la vía. En la avenida 13 de Abril circulan cinco operadoras: Vía Flores, Tungurahua, Unión Ambateña, Los Libertadores y Jerpazsol mediante 15 líneas de transporte, nueve en sentido S-N y seis en sentido N-S como se puede observar en la Tabla 30. Los horarios de operación están comprendidos entre las 05h00 y 22h30 variando de acuerdo a las características de cada línea.

Tabla 30. Líneas y operadoras a través de la avenida 13 de Abril

Sentido	Operadora	Línea	Ruta	Total
S-N	Vía Flores	20	La Concepción Ex redondel de Izamba	1
	Tungurahua	6	La Libertad – Ingahurco - Miraflores	3
		8	Montalvo - Recreo	
		9	Terminal Terrestre – Huachi Progreso Izamba	
	Unión Ambateña	17	Picaihua – Cdla. España	2
		18	San Juan – El Pisque – Barrio Amazonas	
	Libertadores	2	La Florida – 4 Esquinas - Cashapamba	2
		3	La Península – Las Orquídeas	
Jerpazsol	21	Huachi Grande – Manzana de Oro – Puerto Arturo	1	
N-S	Tungurahua	6	La Libertad – Ingahurco - Miraflores	3
		8	Montalvo - Recreo	
		9	Terminal Terrestre – Huachi Progreso Izamba	
	Unión Ambateña	17	Picaihua – Cdla. España	1
	Libertadores	3	La Península – Las Orquídeas	1
	Jerpazsol	21	Huachi Grande – Manzana de Oro – Puerto Arturo	1
TOTAL				15

En VISSIM se simula la situación de tráfico actual comprendido entre las 18:30 y 18:40, intervalo de tiempo considerado dentro de la hora pico de la franja de la tarde, con un total de cinco simulaciones para promediar las varianzas. En la Figura 21 se puede apreciar el mapa de la situación del tráfico en simulación

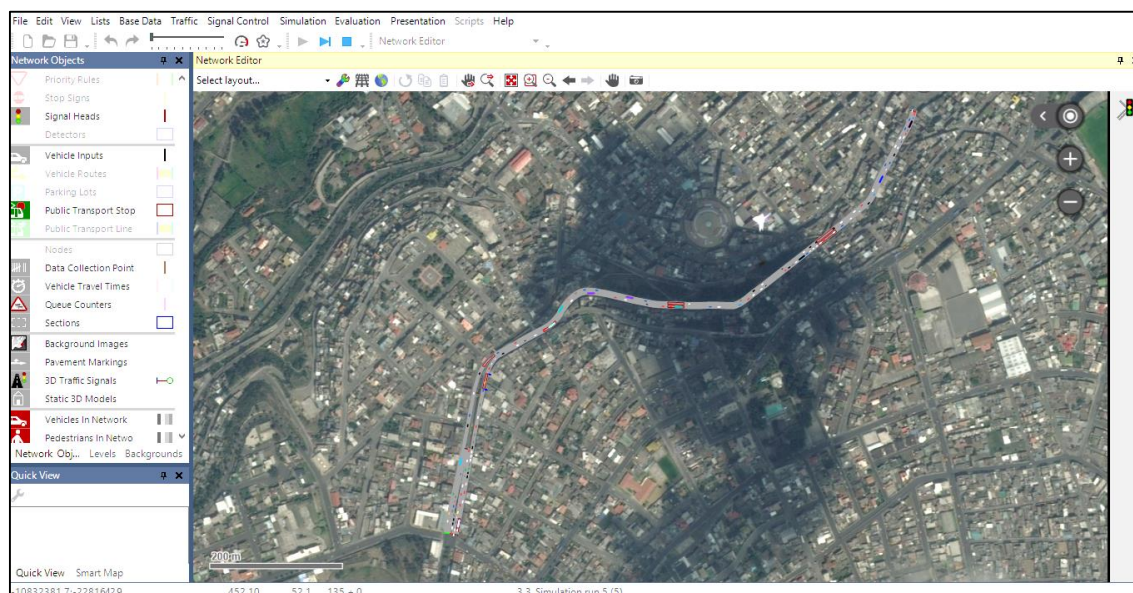


Figura 21. Mapa de simulación de tráfico en VISSIM

Después de la simulación microscópica del modelado se obtienen datos de estimación de tráfico como la velocidad de viaje promedio, tiempo de retraso y longitud de cola en las secciones de análisis de acuerdo a la repartición modal. En la Tabla 31 se pueden apreciar los resultados obtenidos del volumen vehicular.

Tabla 31. Volumen de vehículos

Movimiento	Autos	Buses	Total
Av. Atahualpa S-N	198	12	210
Av. Atahualpa N-S	88	6	95
Av. Atahualpa N-S (carril de giro)	30	0	30
Av. 13 de Abril – Av. Atahualpa	56	8	64
Av. Atahualpa – Av. 13 de Abril	98	12	110

El tiempo de retraso vehicular se comprende por la resta entre el tiempo de viaje teórico o ideal y el tiempo de viaje actual. El tiempo de viaje teórico o ideal es el tiempo de viaje en el que circula un vehículo por una vía si no hubiera otros vehículos y/o señales de control o algunas otras razones para detenerse. El tiempo de viaje actual es el tiempo que le toma recorrer al vehículo la vía tomando en cuenta los factores anteriores. En el caso

de los buses, el tiempo de viaje actual no incluye ningún tiempo de servicios de pasajeros del TP en las paradas [65]. El tiempo de retraso se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32. Tiempo de retraso en segundos

Movimiento	Autos	Buses	Total
Av. Atahualpa S-N	3,8	12,39	4,29
Av. Atahualpa N-S	5,28	8,53	5,51
Av. Atahualpa N-S (carril de giro)	38,15	0	38,15
Av. 13 de Abril – Av. Atahualpa	3,9	5,28	4,04
Av. Atahualpa – Av. 13 de Abril	2,27	1,51	2.19

La longitud de cola es la medida desde el primer vehículo hasta el último es estado estacionario, es decir cuando están demorados ya sea por un semáforo, o por el flujo vehicular. El tiempo parado es el tiempo que un vehículo permanece en una cola sin tomar en cuenta la detención del tráfico por las paradas de TP [65]. En la Tabla 33 se ve la longitud de cola y tiempo parado.

Tabla 33. Longitud de cola en metros y tiempo parado en segundos

Movimiento	Longitud de cola	Tiempo parado		
		Autos	Buses	Total
Av. Atahualpa S-N	0,18	0,52	0,36	0,51
Av. Atahualpa N-S	10,88	3,81	6,1	3,97
Av. Atahualpa N-S (carril de giro)	19,63	4,78	0	34,66
Av. 13 de Abril – Av. Atahualpa	15,2	2,6	3,87	2,73
Av. Atahualpa – Av. 13 de Abril	29,46	0,38	0,23	0,37

Basándose en las dos tablas anteriores VISSIM determina el nivel de servicio, es decir la calidad de la red del transporte. El nivel de servicio (LOS, por sus siglas en inglés) es un valor de densidad (unidades/millas/carril) que califica desde A a F de acuerdo al “*American Highway Capacity Manual*” del 2010 [65]. Los rangos de calificación de LOS se pueden ver en la Tabla 34 mientras que en la Tabla 35 se indican los valores LOS de la simulación.

Tabla 34. Rangos de calificación de LOS [65]

Calificación	Intersección señalizada	Intersección no señalizada
A	≤ 10	≤ 10
B	> 10 hasta 20	> 10 hasta 15
C	> 20 hasta 35	> 15 hasta 25
D	> 35 hasta 55	> 25 hasta 35
E	> 55 hasta 80	> 35 hasta 50
F	> 80	> 50

Tabla 35. Resultados de la simulación

Movimiento	Tiempo de retraso (s)	Longitud de cola (m)	LOS (general)	LOS (TP)
Av. Atahualpa S-N	4,29	0,18	A	B
Av. Atahualpa N-S	5,51	10,88	A	A
Av. Atahualpa N-S (carril de giro)	38,15	19,63	C	
Av. 13 de Abril – Av. Atahualpa	4,04	15,2	A	A
Av. Atahualpa – Av. 13 de Abril	2,19	29,46	A	A

De acuerdo con la Tabla 35 se puede decir que los tiempos de retraso y longitud de colas son pequeñas en las vías, pero altas en las intersecciones, la zona de mayor conflicto se presenta en el carril de giro a la izquierda en la Av. Atahualpa, pues el ensanchamiento de dos a tres carriles causa confusión en los conductores, lo que le causa el mayor tiempo de retraso. Por otro lado, la longitud de cola más larga se encuentra en la intersección Av. Atahualpa – Viaducto Yahaira – 13 de Abril, que puede ser causado por la reducción del ancho de la vía y el estacionamiento de vehículos al costado de la vía, haciendo difícil y lento el trayecto del transporte público.

Respecto al nivel de servicio, todos los puntos de análisis a excepción del carril de giro en la Avenida Atahualpa son calificados A, lo que quiere decir que tienen buen desenvolvimiento de transporte público y automóviles en conjunto. Mencionando solamente el transporte público se puede decir que también se desenvuelve de buena manera en esta zona de análisis, presentando un poco de dificultad únicamente en la Av. Atahualpa S-N, pues a esta zona ingresan vehículos desde la Av. Los Shirys y la parada de transporte público están cerca de la intersección.

4.6. Vinculación al Proyecto de Investigación DIDE

Este estudio se vincula al proyecto de investigación “Planificación y Optimización de un Sistema integral de transporte electrificado y movilidad urbana sostenible en la ciudad de Ambato” en el cumplimiento de su segundo objetivo “Evaluar experiencias de rutas de transporte electrificado y movilidad urbana sostenible en topografías complejas y su impacto en el ordenamiento urbano territorial” ya que se presenta un informe de las experiencias de sistemas de transporte electrificado basado en indicadores de sostenibilidad energética y medioambiental. A continuación en la Tabla 36 se presenta un cuadro comparativo de las experiencias de sistemas de transporte basado en indicadores de sostenibilidad energética y medioambiental.

Tabla 36. Indicadores de sostenibilidad energética y medioambiental

Alternativa	Tipo de combustible predominante	Emisión de contaminantes	Emisión de ruido dB (A)	Rendimiento (km/lit)
Singapur	Diésel	Euro V	76	2,35
Santiago	Diésel	Euro III	80	2,4
Montreal	Gas natural	Euro V	72	2,22
Curitiba	Híbrido	Euro V	77	2,43

La Tabla 36 demuestra que el mejor sistema de transporte es el de Curitiba, pues la mayor parte de su flota funciona con motores de combustión interna y motores eléctricos simultáneamente, el motor eléctrico para romper la inercia al momento del arranque y el motor a combustión para el resto de la marcha, lo que lo da el mayor rendimiento, siendo 3% mejor que Singapur, 1,23% mejor que Santiago y 8,64% mejor que Montreal.

En lo que se refiere a contaminantes del sistema de transporte público, en la Tabla 37 de puede verificar los cambios en las emisiones de contaminantes entre la ciudad de Curitiba y Ambato en g/kW-hr.

Tabla 37. Reducción de emisión de contaminantes

Ciudad	CO	HC	NOx	PM
Ambato (Euro III)	2.1	0.66	5.0	0.13
Curitiba (Euro V)	1.5	0.46	2.0	0.02
Reducción	28.57%	30.30%	60%	85.61%

El sistema de transporte eléctrico de Curitiba principalmente se compone del bus eléctrico chino BYD XY030 [66], con el cual se reduciría el consumo energético, el coste económico y el impacto medioambiental en la ciudad de Ambato [67] como se ve en la Tabla 38.

Tabla 38. Comparativas entre los sistemas de transporte [67]

	Consumo Energético TJ	Coste Económico, USD	Impacto Medioambiental, Tn CO2
Sistema de Transporte Fósil	511,28	3.733,163	34.165,35
Sistema de Transporte Electrificado Bus BYD	140,66	1.953,748	9.690,98
Reducción	72,47%	47,66%	71,64%

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las metodologías analizadas sobre el flujo de transporte público en este estudio demuestran que la mayoría de ciudades busca el progreso de la movilidad en el campo ambiental, promoviendo en sus planes estratégicos el uso de sistemas de transporte colectivo eléctricos o con reducida emisión de contaminantes. Las ciudades desarrolladas como Copenhague, Viena o Ámsterdam incluso apuntan a la movilidad no motorizada y en el peor de sus casos, motivan el uso de transporte colectivo y la reducción del transporte motorizado individual. Por otro lado, las ciudades aun no desarrolladas como Santiago de Chile, Curitiba, en donde es difícil este cambio de paradigma se busca mejorar el sistema de transporte público mediante la modelación.

La evaluación de las metodologías de las cuatro ciudades consideradas alternativas mediante el método de decisión multicriterio AHP permite seleccionar técnicamente la más adecuada, factible y adaptable a la ciudad de Ambato, pues se toma en cuenta criterios de tráfico, ambientales, sociales y económicos, determinando que la mejor ciudad es Curitiba obteniendo el 31,8% frente a Singapur con el 27,6%, Santiago con el 18,8% y Montreal con el 31,8%, a pesar que el costo de su sistema es el más alto respecto con las otras ciudades, aunque este costo se ve reflejado en su alto desenvolvimiento social referente a la accesibilidad de personas con movilidad reducida al sistema de transporte. El modelo de Curitiba es el multimodal de cuatro pasos, estructurado por la generación de viajes, la distribución de viajes, la elección del modo de viaje y la asignación de las rutas de la red de transporte.

El modelo multimodal de cuatro pasos de Curitiba aplicado en la ciudad de Ambato, en la vía 13 de Abril – Av. Atahualpa en Ambato permite estimar el tráfico de transporte público y además evalúa el nivel del servicio del mismo, determinando que a manera

general se obtiene una calificación A, la cual puede variar si se evalúa la red de transporte completa. El levantamiento de información mediante el estudio de conteo de tráfico y velocidad media de desplazamiento sirven como datos de entrada para la simulación del modelo en VISSIM. Los datos arrojados por la simulación permiten establecer estrategias futuras respecto al transporte público urbano en la ciudad.

La vinculación de este estudio al proyecto de investigación “Planificación y Optimización de un Sistema integral de transporte electrificado y movilidad urbana sostenible en la ciudad de Ambato” queda comprobada en su segundo objetivo, pues el cumplimiento de la normativa Euro V permitiría reducir la emisión de contaminantes en 28,57% para CO, 30,30% para HC, 60% para NOx, y 85,61% para PM. Además, la utilización de los vehículos eléctricos del sistema de transporte público de Curitiba basado en el bus chino BYD XY030, en la red de transporte completa de Ambato permitiría reducir el consumo energético anual de 511 TJ (toneladas Joules) a 140,66 TJ, es decir el 72,47%, un ahorro de 47,66% en el coste económico y la reducción del 71,64% en toneladas equivalentes de CO₂ emitidas a la atmósfera.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda tener conocimiento básico del idioma portugués, pues la información necesaria sobre el modelo de Curitiba, como estudios de velocidad, conteo de tráfico, informes y otras investigaciones se encuentra en este idioma. La información necesaria se puede encontrar en el portal web del IPPUC y de la *Rede Integrada de Transporte*.

Se debe tener en cuenta que para que el modelo sea más preciso se debe recopilar mayor volumen de datos, lo cual requiere mayores recursos humanos y tiempo. Los estudios de velocidad media y conteo de tráfico pueden realizarse por intersecciones de cada vía o tomando en cuenta origen – destino de vías principales, como se hizo en la Av. 13 de Abril en donde se tomó en cuenta solamente el origen y destino, dejando de lado las intersecciones pequeñas.

También se recomienda inducción del paquete informático VISSIM, pues a pesar que es una herramienta útil, puede causar problemas si no se ha adquirido el entrenamiento necesario; además es necesario aclarar que para la simulación del modelo completo en intervalos de tiempos grandes (meses, años) se requiere la adquisición de las licencias del software, puesto que la versión estudiante únicamente permite simular con ciertas limitaciones.

El software VISSIM permite la microsimulación del modelo, por lo que si se desea simular la red completa de la ciudad se debe usar el módulo VISUM del mismo fabricante, de esta manera, se exportan los datos entre VISSIM y VISUM de manera fácil, y tomando en cuenta que también se debe recibir inducción de este software. Una manera de adquirir la versión completa de estos softwares sin necesidad de comprar sus licencias de uso, es poniéndose en contacto con los proveedores para solicitar el software con objetivos investigativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] F. Liguang, Z. Haozhi, J. Yulin, and W. Zhaorong, "Evaluation on the Effect of Car Use Restriction Measures in Beijing," *51st Annual Transportation Research Forum*, Virginia, pp. 1–10, 2010.
- [2] TomTom, "TomTom Traffic Index 2016," 2016. [Online]. Available: <http://corporate.tomtom.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=961546>. [Accessed: 10-Jul-2016].
- [3] D. Hidalgo, "Transporte Sostenible Para América Latina: Situación actual y perspectivas," in *Foro de transporte sostenible para América Latina.*, 2011, p. 30.
- [4] A. Hubenthal, "Evaluación del sector transporte en Ecuador con miras a plantear medidas de mitigación al Cambio Climático," *United Nations Development Programme*, vol. 20, pp. 1–24, 2010.
- [5] El Telégrafo, "Ambato planea un transporte integrado para 2016," *El Telégrafo*, Ambato, 09-Jan-2014.
- [6] León y Godoy and Hidroplan, "Plan maestro de transporte y movilidad del cantón Ambato: Informe Final," Ambato, 2013.
- [7] D. J. Keeling, "Transport research challenges in Latin America," *Journal of Transport Geography*, vol. 29, pp. 103–104, 2013.
- [8] D. Hidalgo and C. Huizenga, "Implementation of sustainable urban transport in Latin America," *Research in Transportation Economics*, vol. 40, no. 1, pp. 66–77, 2013.
- [9] O. Cats and E. Jenelius, "Planning for the unexpected: The value of reserve capacity for public transport network robustness," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 81, pp. 47–61, 2015.
- [10] C. A. Pico, "Sistema de comunicación inalámbrica para la lectura de datos en el control de las rutas y tiempos del recorrido de buses urbanos de la ciudad de Ambato," Tesis de Pregrado Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2014.
- [11] J. V. Acosta, "La Servucción y su impacto en la Atención al usuario de la Cooperativa de Transporte Urbano Unión Ambateña de la ciudad de Ambato, Tesis de Pregrado" Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2012.
- [12] Alcaldía de Medellín, "¿Cómo funciona el Transporte Público de Medellín?" 2015. [Online]. Available: <https://www.medellin.gov.co/movilidad/transito-transporte/tpm>. [Accessed: 23-Jun-2016].
- [13] J. F. Arias, "Metodología para el proceso de evaluación de alternativas de sistema de transporte público," Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, 2015.

- [14] E. Moreno, M. Romana, and Ó. Martínez, “Capacidad y parámetros representativos encontrados en líneas de autobuses de transporte público urbano bajo distinta infraestructura y grado de reserva,” *X Congreso de Ingeniería del Transporte*, Granada, p. 16, 2012.
- [15] K. Nosal and K. Solecka, “Application of AHP method for multi-criteria evaluation of variants of the integration of Urban public transport,” *Transportation Research Procedia*, vol. 3, no. July, pp. 269–278, 2014.
- [16] I. Ivanović, D. Grujičić, D. Macura, J. Jović, and N. Bojović, “One approach for road transport project selection,” *Transport Policy*, vol. 25, pp. 22–29, 2013.
- [17] V. Islas and M. Lelis, “Análisis de los sistemas de transporte. Vol I: Conceptos básicos,” *Publicación Técnica*, vol. I, Sanfandila, 2008.
- [18] S. Peña, “Logística de la carga aérea: El caso de España,” Tesis de Pregrado, Universidad de León, León, 2014.
- [19] M. De Felippes, *Transporte*, vol. 1. Caracas: Impresos Mundo Gráfico, 2011.
- [20] Pleno de la Asamblea Constituyente del Ecuador, *Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial*, vol. 1. Quito, 2014.
- [21] Norma Técnica Ecuatoriana, “Clasificación vehicular NTE INEN 2656,” Ecuador, 2012.
- [22] A. Mauttone, *Modelos de demanda de transporte*, vol. 1. Montevideo: UR. FI – INCO, 2002.
- [23] C. Puig, “Previsiones de tráfico para los servicios regionales por ferrocarril de altas prestaciones,” Tesis de Pregrado, Universitat Politècnica de Catalunya, Cataluña, 2002.
- [24] J. Castiglione, M. Bradley, and J. Gliebe, *Activity-Based Travel Demand Models*, 2nd ed. Washington D.C.: National Academy of Sciences, 2014.
- [25] J. de D. Ortúzar and L. G. Willumsen, *Modelos de Transporte*, Segunda Ed. Cantabria, 2008.
- [26] P. E. Águila, “Asignación de presupuesto para una cartera de proyectos de conservación de caminos y puentes, usando la metodología del proceso analítico jerárquico AHP,” Tesis de Pregrado, Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, 2010.
- [27] J. Moreno-Jimenez, “Metodología Multicriterio en el Plan Nacional de Regadíos,” 1996.
- [28] A. Casañ, “La decisión multicriterio; Aplicación en la selección de ofertas competitivas en edificación,” Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2013.
- [29] J. Aznar and F. Guijarro, *Nuevos métodos de valoración: Modelos multicriterio*, 2nd ed. Valencia, 2012.
- [30] D. Aldás, I. Naranjo, L. Morales, S. Collantes, and J. Reyes, “Decisión multicriterio para el aprendizaje organizacional: Caso de estudio en el área de calidad,” *IV Congreso REDU*

- 2016, Quito, pp. 13–14, 2016.
- [31] T. L. Saaty, “The Analytic Hierarchy Process,” *McGraw-Hill Inc*, pp. 17–34, 1980.
- [32] J. P. Reyes, D. S. Aldas, L. A. Morales, and M. G. García, “Evaluación de la capacidad para montaje en la industria manufacturera de calzado,” *Ingeniería Industrial*, vol. 37, no. 1, pp. 14–23, 2016.
- [33] J. Reyes, “Modelo de decisión multicriterio para la selección de carrera universitaria,” *Investigación y Desarrollo*, vol. 6, no. 1, pp. 27–34, 2013.
- [34] K. Solecka, “Wielokryterialna ocena wariantów zintegrowanego systemu miejskiego transportu publicznego,” *Politechnika Krakowska*, 2013.
- [35] A. Soltani, E. Marandi, and Y. Ivaki, “Bus route evaluation using a two-stage hybrid model of Fuzzy AHP and TOPSIS,” *Journal of Transport Literature*, vol. 7, no. 3, pp. 34–58, 2013.
- [36] M. Cepeda, “Un modelo para la estimación del tiempo de espera en paraderos de transporte público,” *Obras y Proyectos: Revista de Ingeniería Civil*, vol. 2, pp. 36–44, 2006.
- [37] CTS EMBARQ México, *Guía Técnica de Selección de Vehículos para transporte público*, 1st ed. México D.F., 2015.
- [38] M. Williams and R. Minjares, “A technical summary of Euro 6/VI vehicle emission standards,” *The International Council on Clean Transportaion*, p. 12, 2016.
- [39] EPA, “U.S. EPA 2007/2010 Heavy-Duty Engine and Vehicle Standards and Highway Diesel Fuel Sulfur Control Requirements,” *Regulation*, 2010. [Online]. Available: <http://www.meca.org/regulation/us-epa-20072010-heavyduty-engine-and-vehicle-standards-and-highway-diesel-fuel-sulfur-control-requirements>. [Accessed: 01-Jan-2016].
- [40] D. E. Ceballos and J. V. Palacio, “Modelo de evaluación de la operación del transporte público colectivo en Medellín con diferentes tecnologías limpias,” Tesis de Maestría, Universidad de Medellín, Medellín, 2015.
- [41] INEN, *Vehículos de transporte público de pasajeros intrarregional, interprovincial e intraprovincial. Requisitos*. Ecuador, 2015, p. 34.
- [42] N. Llerena, “Programación Operacional en el Transporte Público Organizado,” *IX Encuentro de Matemáticas y sus Aplicaciones*, Quito, 2004.
- [43] F. J. Van Audenhove, L. Dauby, O. Korniiichuk, and J. Pourbaix, “The Future of Urban Mobility 2.0,” Bruselas, 2014.
- [44] LTA, “Singapore: Land Transport Statistics 2015,” Singapore, 2015.
- [45] LTA, “Quality of service standard,” 2016. [Online]. Available: <https://www.lta.gov.sg/content/ltaweb/en/public-transport/buses/lta-role-in-public-bus->

- services/quality-of-service--qos--standards--pre-bcm-.html. [Accessed: 21-Dec-2016].
- [46] LTA, “Land transport sustainability update,” Singapore, 2014.
- [47] LTA, “Land Transport Authority Annual Report 2015/16,” Singapore, 2015.
- [48] SECTRA, “Análisis del Sistema de Transporte para Unidades de Negocio 1,4, 6 y 7 al año 2018,” Santiago de Chile, 2016.
- [49] DTPM, “Informe de Gestión 2015 Sistema Transporte Público Metropolitano,” Santiago, 2015.
- [50] Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, *Plan Maestro de Santiago 2025*, Primera. Santiago de Chile, 2014.
- [51] Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, *Acuerdo N12-2016*. Chile, 2016.
- [52] DTPM, “Proyecto de Mejoramiento tecnológico en Buses del Sistema de Transporte Público de Santiago,” Santiago, 2014.
- [53] DTPM, “Accesibilidad del sistema,” 2016. [Online]. Available: <https://www.transantiago.cl/acerca-de-transantiago/accesibilidad-del-sistema>. [Accessed: 21-Dec-2016].
- [54] DTPM, “Resumen Financiero Transantiago 2015,” Santiago, 2015.
- [55] STM, “Complete table of sustainable Development Indicators 2011-2015,” Montreal, 2015.
- [56] STO, “Les Résultats,” *Bulletin d’information sur la mise à l’essai des bus hybrides à la STM*, Montreal, p. 1, 2009.
- [57] Société de transport de Montreal, “Budget 2015,” Montreal, 2014.
- [58] URBS, *Resolução DIR 004/2015*. Brasil, 2015.
- [59] IPPUC, “Medição de velocidade e tempo de deslocamiento de veículos,” Curitiba, 2015.
- [60] URBS, “Relatório de Gestão 2015,” Curitiba, 2015.
- [61] URBS, “Avaliação Comparativa de Novas Tecnologias para Operação no Transporte Colectivo de Curitiba,” Curitiba, 2015.
- [62] D. Santana and P. Zannin, “Occupational noise in bus stations - Case study in tube stations - Curitiba - Paraná Brazil,” *Raega*, vol. 37, pp. 110–130, 2016.
- [63] URBS, *Estatuto social 2015*. Brasil, 2015, p. 3.
- [64] R. S. Velasteguí, “Logística humanitaria en caso de eventos adversos para optimizar los recursos y ayuda disponible en el cantón Ambato,” Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.
- [65] PTV AG, “PTV VISSIM 9: User Manual,” vol. 1. Karlsruhe, p. 933, 2016.
- [66] URBS – Urbanization of Curitiba S.A., “Avaliação Comparativa de Novas Tecnologias para Operação no Transporte Coletivo de Curitiba,” Curitiba, 2015.

- [67] A. Rios, “Implicaciones energéticas y medioambientales de la integración de autobuses eléctricos en el sistema de transporte urbano de la ciudad de Ambato,” in *III Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología Salesiana del Ecuador*, 2016.

ANEXOS

1. Tabla Ranking Urban Mobility Index 2.0

Group	Rank	City	Index value
ABOVE AVERAGE GROUP	1	Hong Kong	58,2
	2	Stockholm	57,4
	3	Amsterdam	57,2
	4	Copenhagen	56,4
	5	Vienna	56,0
	6	Singapore	55,6
	7	Paris	55,4
	8	Zurich	54,7
	9	London	53,2
	10	Helsinki	53,2
	11	Munich	53,0
AVERAGE GROUP	12	Stuttgart	51,9
	13	Berlin	51,7
	14	Wuhan	51,1
	15	Madrid	50,3
	16	Hanover	50,1
	17	Brussels	49,7
	18	Seoul	49,3
	19	Tokyo	49,2
	20	Barcelona	49,1
	21	Shanghai	49,1
	22	Frankfurt	48,8
	23	Prague	47,8
	24	Warsaw	47,8
	25	Nantes	47,7
	26	Shenzhen	47,7
	27	Istanbul	47,2
	28	Beijing	47,2
	29	Guangzhou	47,2
	30	Santiago de Chile	47,1
	31	Kolkata	47,0
	32	Bogota	46,3
	33	Ankara	46,1
	34	São Paulo	45,7
	35	New York	45,6
	36	Montreal	45,4
	37	Moscow	44,4
	38	Toronto	44,4
	39	Curitiba	44,0

	40	Rio de Janeiro	44,0
	41	Mumbai	43,9
	42	Washington, D.C.	43,7
	43	Manila	43,6
	44	Lima	43,5
	45	Saint Petersburg	43,4
	46	Sydney	43,1
	47	Tianjin	42,6
	48	Buenos Aires	42,4
	49	Mexico City	42,2
	50	Melbourne	41,9
	51	Lisbon	41,3
	52	Boston	40,9
	53	Rome	40,9
	54	Chennai	40,7
	55	Hyderabad	40,7
	56	Dubai	40,6
	57	Philadelphia	40,3
	58	Caracas	40,1
	59	Athens	40,0
	60	Ho Chi Minh City	39,8
	61	Karachi	39,5
	62	Kinshasa	39,4
	63	Dhaka	39,2
	64	Chicago	39,1
	65	Bangalore	38,9
	66	Osaka	38,5
	67	Los Angeles	38,1
	68	Portland	37,8
BELOW AVERAGE GROUP	69	Jakarta	37,4
	70	Cairo	37,4
	71	Miami	37,3
	72	Lagos	37,1
	73	Addis Ababa	36,5
	74	Bangkok	35,0
	75	Johannesburg	35,0
	76	Houston	34,7
	77	Kuala Lumpur	34,6
	78	Dallas	33,8
	79	Delhi	33,5
	80	Lahore	33,1
	81	Tehran	33,0
	82	Atlanta	32,5
	83	Hanoi	30,9
	84	Baghdad	28,6

2. Conversión de unidades y escalas de los subcriterios, de cada ciudad

SINGAPUR

C41. Costo del sistema

1,41 SGD (Dólar de Singapur)	= 1 USD (Dólar americano)
1.536.000 SGD	= 1.091.297,28 USD

C42. Costo de viaje

1,41 SGD (Dólar de Singapur)	= 1 USD (Dólar americano)
1,34 SGD	= 0,95 USD

SANTIAGO DE CHILE

C41. Costo del sistema

1 UF (Unidad de Fomento)	= 40,38 USD (Dólar americano)
571511 UF	= 23.079.169,00 USD

C42. Costo de viaje

655,78 CLP (Pesos Chilenos)	= 1 USD (Dólar americano)
640 CLP	= 0,98 USD

MONTREAL

C41. Costo de sistema

1,34 CAD (Dólar canadiense)	= 1 USD (Dólar Americano)
1.044.266,00 USD	= 1,4 millones USD

C42. Costo de viaje

1,34 (Dólar canadiense)	= 1 USD (Dólar Americano)
3,25 CAD	= 2,42 USD

CURITIBA

C15. Ocupación vehicular

$$\frac{\text{Pasajeros transportados por día}}{\#Viajes * \text{Capacidad media de vehículo}} = \frac{1619647}{15203 * 150} = 0,71023$$

C41. Costo de sistema

0,318 BRL (Real brasileño)	= 1 USD (Dólar Americano)
81.368.882,00 BRL	= 25.887.510,00 USD

C42. Costo de viaje

0,318 BRL (Real brasileño)	= 1 USD (Dólar Americano)
3,30 BRL	= 1,06 USD

3. Priorización y consistencia de criterios, subcriterios y alternativas

Criterios respecto al objetivo

Anexo 3-1. Matriz de comparación pareada de los criterios, vectores propios y consistencia

Objetivo	C1. Tráfico	C2. I.A.	C3. I.S.	C4. I.E.	Normalizada				Vector propio
C1. Tráfico	1	3	1	5	0,39	0,56	0,32	0,31	0,400
C2. I.A.	1/3	1	1	3	0,13	0,19	0,32	0,19	0,207
C3.I.S.	1	1	1	7	0,39	0,19	0,32	0,44	0,331
C4. I.E.	1/5	1/3	1/7	1	0,08	0,06	0,05	0,06	0,062
SUMA	1	3	1	5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CR	5,69%								

Subcriterios respecto a los criterios

Subcriterios respecto a C1. Tráfico

Anexo 3-2. Matriz de comparación pareada de los criterios, vectores propios y consistencia

C1. Tráfico	C11	C12	C13	C14	C15	Normalizada					Vector propio
C11	1	3	5	5	3	0,48	0,58	0,57	0,35	0,25	0,474
C12	1/3	1	1/2	3	3	0,16	0,19	0,23	0,21	0,25	0,166
C13	1/5	1/2	1	5	2	0,10	0,10	0,11	0,35	0,17	0,203
C14	1/5	1/3	1/5	1	1/3	0,10	0,06	0,02	0,07	0,25	0,051
C15	1/3	1/3	1/2	3	1	0,16	0,06	0,06	0,02	0,08	0,106
SUMA	1	3	5	5	3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CR	9,28 %										

Subcriterios respecto a C2. Impacto Ambiental

Anexo 3-3. Matriz de comparación pareada de los criterios, vectores propios y consistencia

C2. I.A.	C21	C22	C23	C24	Normalizada				Vector propio
C21	1	1/3	1/5	2	0,11	0,16	0,06	0,13	0,110
C22	3	1	2	5	0,32	0,49	0,60	0,33	0,444
C23	5	1/2	1	7	0,53	0,25	0,30	0,47	0,382
C24	1/2	1/5	1/7	1	0,05	0,10	0,04	0,07	0,063
SUMA	9,50	2,03	3,34	15,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CR	6,38%								

Subcriterios respecto a C3. Impacto Social

Anexo 3-4. Matriz de comparación pareada de los criterios, vectores propios y consistencia

C3. I.S.	C31	C32	C33	C34	C35	Normalizada					Vector propio
C31	1	1/3	5	5	3	0,21	0,17	0,43	0,19	0,30	0,272
C32	3	1	5	9	3	0,63	0,51	0,43	0,33	0,30	0,452
C33	1/5	1/5	1	5	3	0,04	0,10	0,09	0,19	0,30	0,082
C34	1/5	1/9	1/5	1	1/7	0,04	0,06	0,02	0,04	0,01	0,033
C35	1/3	1/3	1/3	7	1	0,07	0,17	0,03	0,26	0,10	0,161
SUMA	4,73	1,98	11,53	27,00	10,14	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CR	9,81%										

Subcriterios respecto a C4. Impacto Económico

Anexo 3-5. Matriz de comparación pareada de los criterios, vectores propios y consistencia

C4. I. E.	C41	C42	Normalizada		Vector propio
C41	1	5	0,83	0,83	0,833
C42	1/5	1	0,17	0,17	0,167
SUMA	1,20	6,00	1,00	1,00	1,00
CR	0%				

Alternativas respecto a los subcriterios

C11. Tiempo de viaje

Anexo 3-6. Ponderación de alternativas respecto a C11. Tiempo de viaje

Alternativa	C11 (min)	Inversa	Normalizada
Singapur	19,93	0,0502	0,4833
Santiago	59,2	0,0169	0,1627
Montreal	90	0,0111	0,1070
Curitiba	39	0,0256	0,2470
SUMA	208,13	0,1038	1

C12. Velocidad de operación

Anexo 3-7. Ponderación de alternativas respecto a C12. Velocidad de operación

Alternativa	C12 (km/h)	Normalizada
Singapur	28,9	0,3307

Santiago	20,84	0,2385
Montreal	17,9	0,2048
Curitiba	19,75	0,2260
SUMA	87,39	1

C13. Tiempo de espera

Anexo 3-8. Ponderación de alternativas respecto a C13. Tiempo de espera

Alternativa	C13 (min)	Inversa	Normalizada
Singapur	9	0,1111	0,1681
Santiago	7,5	0,1333	0,2017
Montreal	4	0,2500	0,3782
Curitiba	6	0,1667	0,2521
SUMA	26,5	0,6611	1,0000

C14. Pasajeros por kilómetro

Anexo 3-9. Ponderación de alternativas respecto a C14. Pasajeros kilómetro

Alternativa	C14 (pas/km)	Normalizada
Singapur	3,601	0,3189
Santiago	2,1	0,1860
Montreal	3,4	0,3011
Curitiba	2,19	0,1940
SUMA	11,291	1,0000

C15. Ocupación vehicular

Anexo 3-10. Ponderación de alternativas respecto a C15. Ocupación vehicular

Alternativa	C15 (%)	Normalizada
Singapur	63,21	0,1931
Santiago	95,5	0,2918
Montreal	97,6	0,2982
Curitiba	71,02	0,2170
SUMA	327,33	1,0000

C21. Tipo de combustible

Anexo 3-11. Valores del subcriterio C21. Tipo de combustible

Alternativa	C21. Tipo de combustible
Singapur	Diésel
Santiago	Diésel

Montreal	Gas natural
Curitiba	Híbrido

Anexo 3-12. Priorización y consistencia de alternativas respecto a C21. Tipo de combustible

C21	Singapur	Santiago	Montreal	Curitiba	Normalizada				Vector propio
Singapur	1	1	1/3	1/5	0,10	0,10	0,07	0,12	0,095
Santiago	1	1	1/3	1/5	0,10	0,10	0,07	0,12	0,095
Montreal	3	3	1	1/3	0,30	0,30	0,21	0,19	0,249
Curitiba	5	5	3	1	0,50	0,50	0,64	0,58	0,56
SUMA	10,00	10,00	4,67	1,73	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CR	1,63%								

C22. Emisión de contaminantes

Anexo 3-13. Valores del subcriterio C22. Emisión de contaminantes

Alternativa	C22. Emisión de contaminantes
Singapur	Euro V
Santiago	Euro III
Montreal	Euro V
Curitiba	Euro V

Anexo 3-14. Priorización y consistencia de alternativas respecto a C22. Emisión de contaminantes

C22	Singapur	Santiago	Montreal	Curitiba	Normalizada				Vector propio
Singapur	1	5	1	1	0,31	0,31	0,31	0,31	0,313
Santiago	1/5	1	1/5	1/5	0,06	0,06	0,06	0,06	0,063
Montreal	1	5	1	1	0,31	0,31	0,31	0,31	0,313
Curitiba	1	5	1	1	0,31	0,31	0,31	0,31	0,313
SUMA	3,20	16,00	3,20	3,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CR	0%								

C23. Emisión de ruido

Anexo 3-15. Ponderación de alternativas respecto a C23. Emisión de ruido

Alternativa	C23 dB (A)	Inversa	Normalizada
Singapur	76	0,0132	0,2505
Santiago	80	0,0125	0,2379
Montreal	72	0,0139	0,2644
Curitiba	77	0,0130	0,2472
SUMA	305	0,0525	1,0000

C24. Rendimiento

Anexo 3-16. Ponderación de alternativas respecto a C24. Rendimiento

Alternativa	C24 (km/lit)	Normalizada
Singapur	2,35	0,2500
Santiago	2,4	0,2553
Montreal	2,22	0,2362
Curitiba	2,43	0,2585
SUMA	9,4	1,0000

C31. Seguridad y confort

Anexo 3-17. Ponderación de alternativas respecto a C31. Seguridad y confort

Alternativa	C31. (1-10)	Normalizada
Singapur	9,0	0,3371
Santiago	4,3	0,1610
Montreal	8,0	0,2996
Curitiba	5,4	0,2022
SUMA	26,7	1,0000

C32. Accesibilidad

Anexo 3-18. Valores del subcriterio C32. Accesibilidad

Alternativa	C32. Accesibilidad
Singapur	Piso bajo
Santiago	Rampas de acceso Piso bajo Señalización Braille
Montreal	Rampas de acceso Exención de pagos Buses únicos para personas con movilidad reducida
Curitiba	Rampas de acceso Piso bajo Exención de pagos Plataformas de acceso elevadoras eléctricas Buses únicos para personas con movilidad reducida

Anexo 3-19. Priorización y consistencia de alternativas respecto a C32. Accesibilidad

C32	Singapur	Santiago	Montreal	Curitiba	Normalizada				Vector propio
Singapur	1	1/3	1/3	1/7	0,07	0,05	0,05	0,09	0,063
Santiago	3	1	2	1/5	0,21	0,15	0,32	0,12	0,194
Montreal	3	1/2	1	1/3	0,21	0,07	0,16	0,20	0,153
Curitiba	7	5	3	1	0,50	0,73	0,47	0,60	0,590
SUMA	14,00	6,83	6,33	1,68	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CR	6,26%								

C33. Recaudo

Anexo 3-20. Valores del subcriterio C33 Recaudo

Alternativa	C33. Recaudo
Singapur	Tarjeta inteligente a bordo
Santiago	Tarjeta inteligente a bordo
Montreal	Tarjeta inteligente a bordo
Curitiba	Tarjeta inteligente externa

Anexo 3-21. Priorización y consistencia de alternativas respecto a C33. Recaudo

C33	Singapur	Santiago	Montreal	Curitiba	Normalizada				Vector propio
Singapur	1	1	1	1/3	0,17	0,17	0,17	0,17	0,167
Santiago	1	1	1	1/3	0,17	0,17	0,17	0,17	0,167
Montreal	1	1	1	1/3	0,17	0,17	0,17	0,17	0,167
Curitiba	3	3	3	1	0,50	0,50	0,50	0,50	0,500
SUMA	6,00	6,00	6,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CR	0%								

C34. Tipo de estaciones

Anexo 3-22. Valores del subcriterio C34. Tipo de estaciones

Alternativa	C34. Tipo de estaciones
Singapur	Al centro de la vía y a la banqueta
Santiago	A la banqueta con refugio
Montreal	A la banqueta con refugio
Curitiba	Al centro de la vía, a la banqueta con refugio

Anexo 3-23. Priorización y consistencia de alternativas respecto a C34. Tipo de estaciones

C34	Singapur	Santiago	Montreal	Curitiba	Normalizada				Vector propio
Singapur	1	3	4	1/2	0,28	0,40	0,40	0,23	0,327
Santiago	1/3	1	2	1/3	0,09	0,13	0,20	0,15	0,142
Montreal	1/4	1/2	1	1/3	0,07	0,07	0,10	0,15	0,095
Curitiba	2	3	3	1	0,56	0,40	0,30	0,46	0,436
SUMA	3,58	7,50	10,00	2,17	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CR	4,97%								

C35. Tecnología

Anexo 3-24. Valores del subcriterio C35. Tecnología

Alternativa	C35. Tecnología
Singapur	Ubicación GPS Wi-Fi
Santiago	Impedimento para circular con puertas abiertas Cámaras de seguridad Ubicación GPS
Montreal	Cámaras de seguridad Ubicación GPS
Curitiba	Cámaras de seguridad Acceso a internet Cargadores USB Ubicación GPS

Anexo 3-25. Priorización general de alternativas respecto a C35. Tecnología

C35	Singapur	Santiago	Montreal	Curitiba	Normalizada				Vector propio
Singapur	1	1/3	1/2	1/5	0,09	0,09	0,04	0,11	0,081
Santiago	3	1	3	1/2	0,27	0,27	0,26	0,27	0,269
Montreal	2	1/3	1	1/7	0,18	0,09	0,09	0,08	0,106
Curitiba	5	2	7	1	0,45	0,55	0,61	0,54	0,544
SUMA	11,00	3,67	11,50	1,84	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CR	3,90%								

C41. Costo del sistema

Anexo 3-26. Ponderación de alternativas respecto a C41. Costo del sistema

Alternativa	C41 (millones USD)	Inversa	Normalizada
-------------	--------------------	---------	-------------

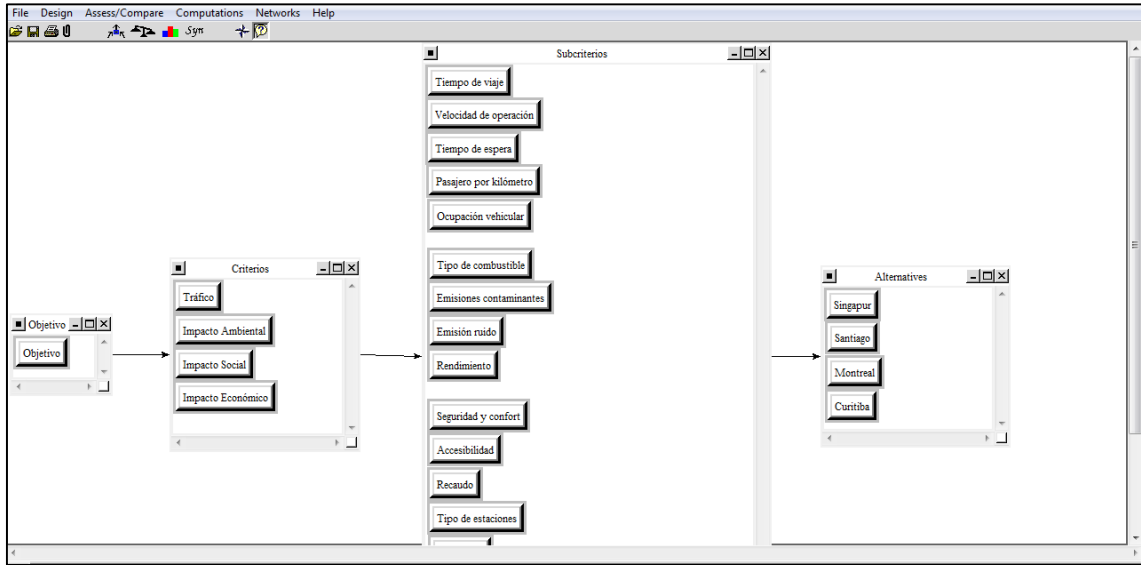
Singapur	1,4	0,7143	0,4729
Santiago	23,1	0,0433	0,0287
Montreal	1,4	0,7143	0,4729
Curitiba	25,9	0,0386	0,0256
SUMA	51,8	1,5105	1,0000

C42. Costo de viaje

Anexo 3-27. Ponderación de alternativas respecto a C42. Costo de viaje

Alternativa	C42 (USD)	Inversa	Normalizada
Singapur	0,95	1,0526	0,3069
Santiago	0,98	1,0204	0,2975
Montreal	2,42	0,4132	0,1205
Curitiba	1,06	0,9434	0,2751
SUMA	5,41	3,4297	1,0000

4. Solución del modelo jerárquico AHP en SuperDecisions



Anexo 4-1. Panel de vista de la jerarquía del modelo

2. Node comparisons with respect to Objetivo		3. Results	
<p>Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct</p> <p>Comparisons wrt "Objetivo" node in "Criterios" cluster</p> <p>Impacto Ambiental is moderately more important than Impacto Económico</p>		<p>Normal Hybrid</p> <p>Inconsistency: 0.05680</p>	
1. Impacto Ambient-	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Impacto Económi-		0.20657
2. Impacto Ambient-	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Impacto Social		0.06225
3. Impacto Ambient-	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Tráfico		0.33083
4. Impacto Económi-	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Impacto Social		0.40035
5. Impacto Económi-	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Tráfico		
6. Impacto Social	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Tráfico		

Anexo 4-2. Priorización de los criterios respecto al Objetivo

2. Node comparisons with respect to Tráfico		3. Results	
<p>Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct</p> <p>Comparisons wrt "Tráfico" node in "Subcriterios" cluster</p> <p>Tiempo de espera is equally to moderately more important than Velocidad de operación</p>		<p>Normal Hybrid</p> <p>Inconsistency: 0.09147</p>	
1. Ocupación vehi~	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Pasajero por ki~		0.10623
2. Ocupación vehi~	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Tiempo de esper~		0.05126
3. Ocupación vehi~	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Tiempo de viaje		0.20304
4. Ocupación vehi~	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Velocidad de op~		0.47351
5. Pasajero por ki~	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Tiempo de esper~		0.16596
6. Pasajero por ki~	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Tiempo de viaje		
7. Pasajero por ki~	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Velocidad de op~		
8. Tiempo de esper~	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Tiempo de viaje		
9. Tiempo de esper~	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Velocidad de op~		
10. Tiempo de viaje	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Velocidad de op~		

Anexo 4-3. Priorización de los subcriterios respecto a Tráfico

2. Node comparisons with respect to Impacto Ambiental										3. Results												
Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct										Normal Hybrid												
Comparisons wrt "Impacto Ambiental" node in "Subcriterios" cluster										Inconsistency: 0.06403												
Emisiones contaminantes is equally to moderately more important than Emisión ruido										Emisiones~ 0.44448												
1. Emisiones conta~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Emisión ruido	Emisión r~	0.38247
2. Emisiones conta~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Rendimiento	Rendimien~	0.06267
3. Emisiones conta~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Tipo de combust~	Tipo de c~	0.11038
4. Emisión ruido	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Rendimiento		
5. Emisión ruido	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Tipo de combust~		
6. Rendimiento	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Tipo de combust~		
Completed Comparison										Copy to clipboard												

Anexo 4-4. Priorización de los subcriterios respecto a Impacto Ambiental

2. Node comparisons with respect to Impacto Social										3. Results												
Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct										Normal Hybrid												
Comparisons wrt "Impacto Social" node in "Subcriterios" cluster										Inconsistency: 0.09535												
Accesibilidad is strongly more important than Recaudo										Accesibil~ 0.45219												
1. Accesibilidad	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Recaudo	Recaudo	0.08163
2. Accesibilidad	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Seguridad y con~	Seguridad y con~	0.27231
3. Accesibilidad	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Tecnología	Tecnología	0.16132
4. Accesibilidad	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Tipo de estacio~	Tipo de e~	0.03254
5. Recaudo	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Seguridad y con~		
6. Recaudo	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Tecnología		
7. Recaudo	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Tipo de estacio~		
8. Seguridad y con~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Tecnología		
9. Seguridad y con~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Tipo de estacio~		
10. Tecnología	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Tipo de estacio~		
Completed Comparison										Copy to clipboard												

Anexo 4-5. Priorización de los subcriterios respecto a Impacto Social

2. Node comparisons with respect to Impacto Económico										3. Results												
Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct										Normal Hybrid												
Comparisons wrt "Impacto Económico" node in "Subcriterios" cluster										Inconsistency: 0.00000												
Costo de sistema is strongly more important than Costo de viaje										Costo de ~ 0.83333												
1. Costo de sistem~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Costo de viaje	Costo de ~	0.16667
Completed Comparison										Copy to clipboard												

Anexo 4-6. Priorización de los subcriterios respecto a Impacto Económico

2. Node comparisons with respect to Tiempo de viaje

Graphical	Verbal	Matrix	Questionnaire	Direct
	Curitiba	39	<p>This is the direct data input area. Type in new direct data here, and/or Click the invert box invert priorities for this direct data.</p> <p>NOTE: Any changes made in direct data take effect immediately and overwrite pre-existing data inputted in the other modes.</p>	
	Montreal	90		
	Santiago	59.2		
	Singapur	19.93		

Invert

3. Results

Normal ← Hybrid ←

Inconsistency: 0.00000

	Curitiba	0.24698
	Montreal	0.10702
	Santiago	0.16270
	Singapur	0.48330

Completed Comparison

Copy to clipboard

Anexo 4-7. Priorización de las alternativas respecto a Tiempo de viaje

2. Node comparisons with respect to Velocidad de operaci~

Graphical	Verbal	Matrix	Questionnaire	Direct
	Curitiba	19.75	<p>This is the direct data input area. Type in new direct data here, and/or Click the invert box invert priorities for this direct data.</p> <p>NOTE: Any changes made in direct data take effect immediately and overwrite pre-existing data inputted in the other modes.</p>	
	Montreal	17.9		
	Santiago	20.84		
	Singapur	28.9		

Invert

3. Results

Normal ← Hybrid ←

Inconsistency: 0.00000

	Curitiba	0.22600
	Montreal	0.20483
	Santiago	0.23847
	Singapur	0.33070

Completed Comparison

Copy to clipboard

Anexo 4-8. Priorización de las alternativas respecto a Velocidad de operación

2. Node comparisons with respect to Tiempo de espera

Graphical	Verbal	Matrix	Questionnaire	Direct
	Curitiba	6	<p>This is the direct data input area. Type in new direct data here, and/or Click the invert box invert priorities for this direct data.</p> <p>NOTE: Any changes made in direct data take effect immediately and overwrite pre-existing data inputted in the other modes.</p>	
	Montreal	4		
	Santiago	7.5		
	Singapur	9		

Invert

3. Results

Normal ← Hybrid ←

Inconsistency: 0.00000

	Curitiba	0.25210
	Montreal	0.37815
	Santiago	0.20168
	Singapur	0.16807

Completed Comparison

Copy to clipboard

Anexo 4-9. Priorización de las alternativas respecto a Tiempo de espera

2. Node comparisons with respect to Pasajero por kilómetro

Graphical | Verbal | Matrix | Questionnaire | Direct

Curitiba	2.19
Montreal	3.4
Santiago	2.1
Singapur	3.6

This is the direct data input area.
Type in new direct data here, and/or
Click the invert box invert priorities for this direct data.

NOTE: Any changes made in direct data take effect immediately and overwrite pre-existing data inputted in the other modes.

Invert

3. Results

Normal | Hybrid

Inconsistency: 0.00000

Curitiba	0.19398
Montreal	0.30115
Santiago	0.18601
Singapur	0.31887

Completed Comparison

Copy to clipboard

Anexo 4-10. Priorización de las alternativas respecto a Pasajeros por kilómetro

2. Node comparisons with respect to Ocupación vehicular

Graphical | Verbal | Matrix | Questionnaire | Direct

Curitiba	71.02
Montreal	97.6
Santiago	95.5
Singapur	63.21

This is the direct data input area.
Type in new direct data here, and/or
Click the invert box invert priorities for this direct data.

NOTE: Any changes made in direct data take effect immediately and overwrite pre-existing data inputted in the other modes.

Invert

3. Results

Normal | Hybrid

Inconsistency: 0.00000

Curitiba	0.21697
Montreal	0.29817
Santiago	0.29175
Singapur	0.19311

Completed Comparison

Copy to clipboard

Anexo 4-11. Priorización de las alternativas respecto a Ocupación vehicular

2. Node comparisons with respect to Tipo de combustible

Graphical | Verbal | Matrix | Questionnaire | Direct

Comparisons wrt "Tipo de combustible" node in "Alternatives" cluster
Curitiba is moderately more important than Montreal

1. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Montreal
2. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Santiago
3. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur
4. Montreal	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Santiago
5. Montreal	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur
6. Santiago	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur

3. Results

Normal | Hybrid

Inconsistency: 0.01629

Curitiba	0.55959
Montreal	0.24949
Santiago	0.09546
Singapur	0.09546

Completed Comparison

Copy to clipboard

Anexo 4-12. Priorización de las alternativas respecto a Tipo de combustible

2. Node comparisons with respect to Emisiones contaminan~

Graphical | Verbal | Matrix | Questionnaire | Direct

Comparisons wrt "Emisiones contaminantes" node in "Alternatives" cluster
 Curitiba is equally as important as Montreal

1. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Montreal
2. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Santiago
3. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur
4. Montreal	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Santiago
5. Montreal	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur
6. Santiago	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur

3. Results

Normal | Hybrid

Inconsistency: 0.00000

Curitiba	0.31250
Montreal	0.31250
Santiago	0.06250
Singapur	0.31250

Completed Comparison

Copy to clipboard

Anexo 4-13. Priorización de las alternativas respecto a Emisiones contaminantes

2. Node comparisons with respect to Emisión ruido

Graphical | Verbal | Matrix | Questionnaire | Direct

Curitiba	77
Montreal	72
Santiago	80
Singapur	76

This is the direct data input area.
 Type in new direct data here, and/or
 Click the invert box invert priorities for this
 direct data.

NOTE: Any changes made in direct data take
 effect immediately and overwrite
 pre-existing data inputted in the
 other modes.

Invert

3. Results

Normal | Hybrid

Inconsistency: 0.00000

Curitiba	0.24721
Montreal	0.26438
Santiago	0.23794
Singapur	0.25047

Completed Comparison

Copy to clipboard

Anexo 4-14. Priorización de las alternativas respecto a Emisión de ruido

2. Node comparisons with respect to Rendimiento

Graphical | Verbal | Matrix | Questionnaire | Direct

Curitiba	2.43
Montreal	2.22
Santiago	2.4
Singapur	2.35

This is the direct data input area.
 Type in new direct data here, and/or
 Click the invert box invert priorities for this
 direct data.

NOTE: Any changes made in direct data take
 effect immediately and overwrite
 pre-existing data inputted in the
 other modes.

Invert

3. Results

Normal | Hybrid

Inconsistency: 0.00000

Curitiba	0.25851
Montreal	0.23617
Santiago	0.25532
Singapur	0.25000

Completed Comparison

Copy to clipboard

Anexo 4-15. Priorización de las alternativas respecto a Rendimiento

2. Node comparisons with respect to Seguridad y confort

Graphical | Verbal | Matrix | Questionnaire | Direct

Curitiba	5.4
Montreal	8
Santiago	4.3
Singapur	9

This is the direct data input area.
Type in new direct data here, and/or
Click the invert box invert priorities for this
direct data.

NOTE: Any changes made in direct data take
effect immediately and overwrite
pre-existing data inputted in the
other modes.

Invert

3. Results

Normal | Hybrid

Inconsistency: 0.00000

Curitiba		0.20225
Montreal		0.29963
Santiago		0.16105
Singapur		0.33708

Completed Comparison

Copy to clipboard

Anexo 4-16. Priorización de las alternativas respecto a Seguridad y confort

2. Node comparisons with respect to Accesibilidad

Graphical | Verbal | Matrix | Questionnaire | Direct

Comparisons wrt "Accesibilidad" node in "Alternatives" cluster
Curitiba is moderately more important than Montreal

1. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Montreal
2. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Santiago
3. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur
4. Montreal	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Santiago
5. Montreal	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur
6. Santiago	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur

3. Results

Normal | Hybrid

Inconsistency: 0.06153

Curitiba		0.59049
Montreal		0.15268
Santiago		0.19369
Singapur		0.06315

Completed Comparison

Copy to clipboard

Anexo 4-17. Priorización de las alternativas respecto a Accesibilidad

2. Node comparisons with respect to Recaudo

Graphical | Verbal | Matrix | Questionnaire | Direct

Comparisons wrt "Recaudo" node in "Alternatives" cluster
Curitiba is moderately more important than Montreal

1. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Montreal
2. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Santiago
3. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur
4. Montreal	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Santiago
5. Montreal	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur
6. Santiago	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur

3. Results

Normal | Hybrid

Inconsistency: 0.00000

Curitiba		0.50000
Montreal		0.16667
Santiago		0.16667
Singapur		0.16667

Completed Comparison

Copy to clipboard

Anexo 4-18. Priorización de las alternativas respecto a Recaudo

2. Node comparisons with respect to Tipo de estaciones

Graphical | Verbal | Matrix | Questionnaire | Direct

Comparisons wrt "Tipo de estaciones" node in "Alternatives" cluster
Curitiba is moderately more important than Montreal

1. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Montreal
2. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Santiago
3. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur
4. Montreal	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Santiago
5. Montreal	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur
6. Santiago	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur

3. Results

Normal | Hybrid

Inconsistency: 0.04954

Curitiba	0.43589
Montreal	0.09515
Santiago	0.14194
Singapur	0.32703

Completed Comparison
 Copy to clipboard

Anexo 4-19. Priorización de las alternativas respecto a Tipo de estaciones

2. Node comparisons with respect to Tecnología

Graphical | Verbal | Matrix | Questionnaire | Direct

Comparisons wrt "Tecnología" node in "Alternatives" cluster
Curitiba is very strongly more important than Montreal

1. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Montreal
2. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Santiago
3. Curitiba	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur
4. Montreal	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Santiago
5. Montreal	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur
6. Santiago	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Singapur

3. Results

Normal | Hybrid

Inconsistency: 0.03805

Curitiba	0.54383
Montreal	0.10623
Santiago	0.26885
Singapur	0.08109

Completed Comparison
 Copy to clipboard

Anexo 4-20. Priorización de las alternativas respecto a Tecnología

2. Node comparisons with respect to Costo de sistema

Graphical | Verbal | Matrix | Questionnaire | Direct

Curitiba	25.9
Montreal	1.4
Santiago	23.1
Singapur	1.4

This is the direct data input area.
 Type in new direct data here, and/or
 Click the invert box invert priorities for this
 direct data.

NOTE: Any changes made in direct data take
 effect immediately and overwrite
 pre-existing data inputted in the
 other modes.

Invert

3. Results

Normal | Hybrid

Inconsistency: 0.00000

Curitiba	0.02556
Montreal	0.47289
Santiago	0.02866
Singapur	0.47289

Completed Comparison
 Copy to clipboard

Anexo 4-21. Priorización de las alternativas respecto a Costo del sistema

2. Node comparisons with respect to Costo de viaje

Graphical

Verbal

Matrix

Questionnaire

Direct

Curitiba	1.06
Montreal	2.42
Santiago	0.98
Singapur	0.95

This is the direct data input area.
Type in new direct data here, and/or
Click the invert box invert priorities for this
direct data.

NOTE: Any changes made in direct data take
effect immediately and overwrite
pre-existing data inputted in the
other modes.

Invert

3. Results

Normal
Hybrid

Inconsistency: 0.00000

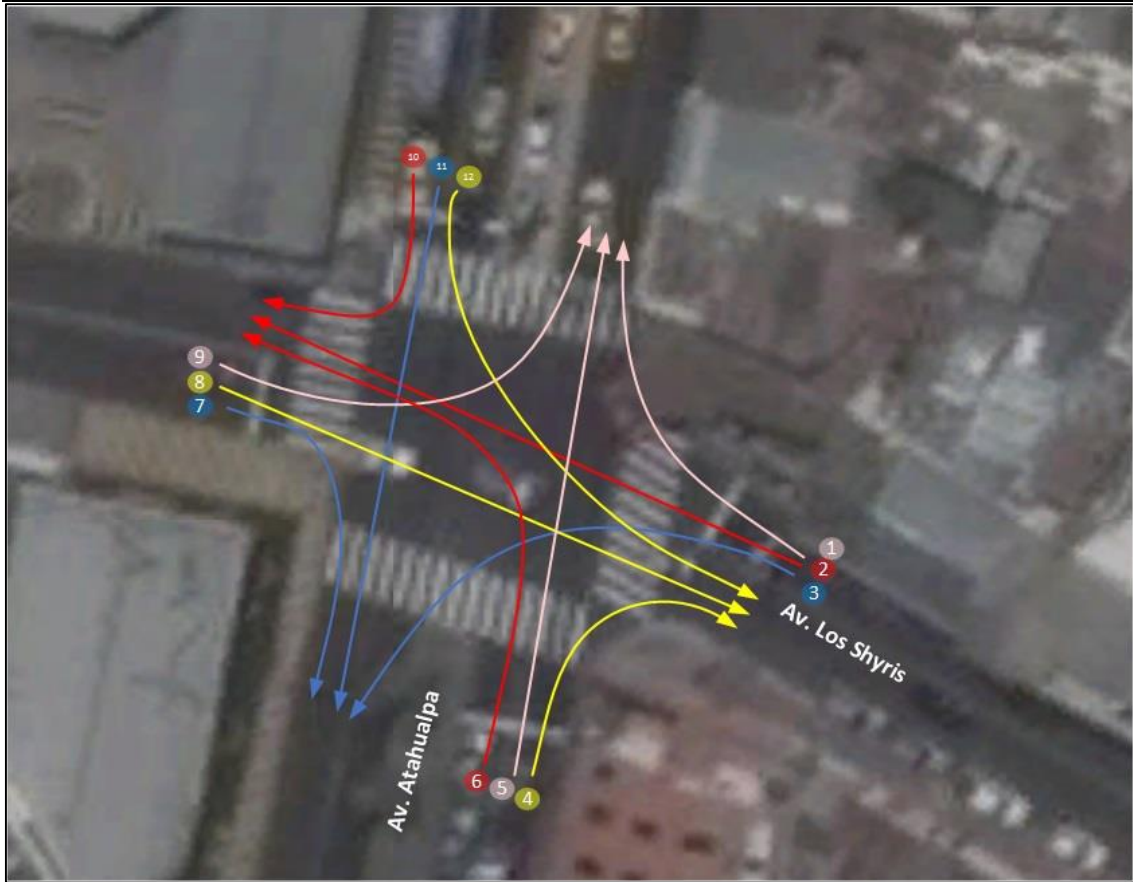
Curitiba		0.27507
Montreal		0.12049
Santiago		0.29752
Singapur		0.30692

Completed Comparison

Anexo 4-22. Priorización de las alternativas respecto a Costo de viaje

5. Estudio de conteo de tráfico

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL ESTUDIO DE CONTEO DE TRÁFICO			
Intersección	Av. 13 de Abril/Atahualpa x Av. Los Shyris			
Parroquia	La Matriz	Código	111	
Fecha	20/02/2017	Página	1 de 7	
Clima	Nublado			



Fuente: Google Earth

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL ESTUDIO DE CONTEO DE TRÁFICO		
Intersección	Av. 13 de Abril/Atahualpa x Av. Los Shyris		
Parroquia	La Matriz	Código	111
Fecha	20/02/2017	Página	2 de 7
Clima	Nublado		

Faja Horaria	FLUJO 01				FLUJO 02			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
06:00 - 06:15								
06:15 - 06:30								
06:30 - 06:45								
06:45 - 07:00								
07:00 - 07:15								
07:15 - 07:30								
07:30 - 07:45								
07:45 - 08:00								
08:00 - 08:15								
08:15 - 08:30								
08:30 - 08:45								
08:45 - 09:00								
TOTAL								
Media 15 min.								
Media hora								

Faja Horaria	FLUJO 01				FLUJO 02			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
17:00 - 17:15	152	1	1	154				
17:15 - 17:30	159	2		161				
17:30 - 17:45	166	2		168				
17:45 - 18:00	173	2	1	176				
18:00 - 18:15	185	1		186				
18:15 - 18:30	190	2		192				
18:30 - 18:45	187	2		189				
18:45 - 19:00	189	1	1	191				
19:00 - 19:15	165	1		166				
19:15 - 19:30	150	1	1	152				
19:30 - 19:45	138	1		139				
19:45 - 20:00	131		2	133				
TOTAL	1985	16	6	2007				
Media 15 min.	165	1	1	167				
Media hora	661	5	2	668				

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL			
	ESTUDIO DE CONTEO DE TRÁFICO			
Intersección		Av. 13 de Abril/Atahualpa x Av. Los Shyris		
Parroquia		La Matriz	Código	111
Fecha		20/02/2017	Página	3 de 7
Clima		Nublado		

Faja Horaria	FLUJO 03				FLUJO 04			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
06:00 - 06:15								
06:15 - 06:30								
06:30 - 06:45								
06:45 - 07:00								
07:00 - 07:15								
07:15 - 07:30								
07:30 - 07:45								
07:45 - 08:00								
08:00 - 08:15								
08:15 - 08:30								
08:30 - 08:45								
08:45 - 09:00								
TOTAL								
Media 15 min.								
Media hora								

Faja Horaria	FLUJO 03				FLUJO 04			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
17:00 - 17:15								
17:15 - 17:30								
17:30 - 17:45								
17:45 - 18:00								
18:00 - 18:15								
18:15 - 18:30								
18:30 - 18:45								
18:45 - 19:00								
19:00 - 19:15								
19:15 - 19:30								
19:30 - 19:45								
19:45 - 20:00								
TOTAL								
Media 15 min.								
Media hora								

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL ESTUDIO DE CONTEO DE TRÁFICO		
Intersección	Av. 13 de Abril/Atahualpa x Av. Los Shyris		
Parroquia	La Matriz	Código	111
Fecha	20/02/2017	Página	4 de 7
Clima	Nublado		

Faja Horaria	FLUJO 05				FLUJO 06			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
06:00 - 06:15								
06:15 - 06:30								
06:30 - 06:45								
06:45 - 07:00								
07:00 - 07:15								
07:15 - 07:30								
07:30 - 07:45								
07:45 - 08:00								
08:00 - 08:15								
08:15 - 08:30								
08:30 - 08:45								
08:45 - 09:00								
TOTAL								
Media 15 min.								
Media hora								

Faja Horaria	FLUJO 05				FLUJO 06			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
17:00 - 17:15	174	21		195				
17:15 - 17:30	182	22		204				
17:30 - 17:45	186	22		208				
17:45 - 18:00	198	23	2	223				
18:00 - 18:15	195	23	1	219				
18:15 - 18:30	215	22	1	238				
18:30 - 18:45	231	21		252				
18:45 - 19:00	193	22	1	216				
19:00 - 19:15	187	21		208				
19:15 - 19:30	179	22	1	202				
19:30 - 19:45	173	20		193				
19:45 - 20:00	168	20	2	190				
TOTAL	2281	259	8	2548				
Media 15 min.	190	21	1	212				
Media hora	760	86	3	849				

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL ESTUDIO DE CONTEO DE TRÁFICO		
Intersección	Av. 13 de Abril/Atahualpa x Av. Los Shyris		
Parroquia	La Matriz	Código	111
Fecha	20/02/2017	Página	5 de 7
Clima	Nublado		

Faja Horaria	FLUJO 07				FLUJO 08			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
06:00 - 06:15								
06:15 - 06:30								
06:30 - 06:45								
06:45 - 07:00								
07:00 - 07:15								
07:15 - 07:30								
07:30 - 07:45								
07:45 - 08:00								
08:00 - 08:15								
08:15 - 08:30								
08:30 - 08:45								
08:45 - 09:00								
TOTAL								
Media 15 min.								
Media hora								

Faja Horaria	FLUJO 07				FLUJO 08			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
17:00 - 17:15								
17:15 - 17:30								
17:30 - 17:45								
17:45 - 18:00								
18:00 - 18:15								
18:15 - 18:30								
18:30 - 18:45								
18:45 - 19:00								
19:00 - 19:15								
19:15 - 19:30								
19:30 - 19:45								
19:45 - 20:00								
TOTAL								
Media 15 min.								
Media hora								

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL ESTUDIO DE CONTEO DE TRÁFICO		
Intersección	Av. 13 de Abril/Atahualpa x Av. Los Shyris		
Parroquia	La Matriz	Código	111
Fecha	20/02/2017	Página	6 de 7
Clima	Nublado		

Faja Horaria	FLUJO 09				FLUJO 10			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
06:00 - 06:15								
06:15 - 06:30								
06:30 - 06:45								
06:45 - 07:00								
07:00 - 07:15								
07:15 - 07:30								
07:30 - 07:45								
07:45 - 08:00								
08:00 - 08:15								
08:15 - 08:30								
08:30 - 08:45								
08:45 - 09:00								
TOTAL								
Media 15 min.								
Media hora								

Faja Horaria	FLUJO 09				FLUJO 10			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
17:00 - 17:15	88			88				
17:15 - 17:30	95	1		96				
17:30 - 17:45	111	1	1	113				
17:45 - 18:00	115	1		116				
18:00 - 18:15	119	1		120				
18:15 - 18:30	118	1	1	120				
18:30 - 18:45	123	1		124				
18:45 - 19:00	121			121				
19:00 - 19:15	117		1	118				
19:15 - 19:30	109	1		110				
19:30 - 19:45	102			102				
19:45 - 20:00	91			91				
TOTAL	1309	7	3	1319				
Media 15 min.	109	1		110				
Media hora	436	3	1	440				

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL ESTUDIO DE CONTEO DE TRÁFICO		
Intersección	Av. 13 de Abril/Atahualpa x Av. Los Shyris		
Parroquia	La Matriz	Código	111
Fecha	20/02/2017	Página	7 de 7
Clima	Nublado		

Faja Horaria	FLUJO 11				FLUJO 12			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
06:00 - 06:15								
06:15 - 06:30								
06:30 - 06:45								
06:45 - 07:00								
07:00 - 07:15								
07:15 - 07:30								
07:30 - 07:45								
07:45 - 08:00								
08:00 - 08:15								
08:15 - 08:30								
08:30 - 08:45								
08:45 - 09:00								
TOTAL								
Media 15 min.								
Media hora								

Faja Horaria	FLUJO 11				FLUJO 12			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
17:00 - 17:15								
17:15 - 17:30								
17:30 - 17:45								
17:45 - 18:00								
18:00 - 18:15								
18:15 - 18:30								
18:30 - 18:45								
18:45 - 19:00								
19:00 - 19:15								
19:15 - 19:30								
19:30 - 19:45								
19:45 - 20:00								
TOTAL								
Media 15 min.								
Media hora								

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL		
	ESTUDIO DE CONTEO DE TRÁFICO		
Intersección	Av. 13 de Abril/Atahualpa x Viaducto Yahaira		
Parroquia	La Matriz	Código	112
Fecha	22/02/2017	Página	1 de 3
Clima	Parcialmente nublado		



Fuente: Google Earth

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL ESTUDIO DE CONTEO DE TRÁFICO		
Intersección	Av. 13 de Abril/Atahualpa x Viaducto Yahaira		
Parroquia	La Matriz	Código	112
Fecha	22/02/2017	Página	2 de 3
Clima	Parcialmente nublado		

Faja Horaria	FLUJO 01				FLUJO 02			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
06:00 - 06:15								
06:15 - 06:30								
06:30 - 06:45								
06:45 - 07:00								
07:00 - 07:15								
07:15 - 07:30								
07:30 - 07:45								
07:45 - 08:00								
08:00 - 08:15								
08:15 - 08:30								
08:30 - 08:45								
08:45 - 09:00								
TOTAL								
Media 15 min.								
Media hora								

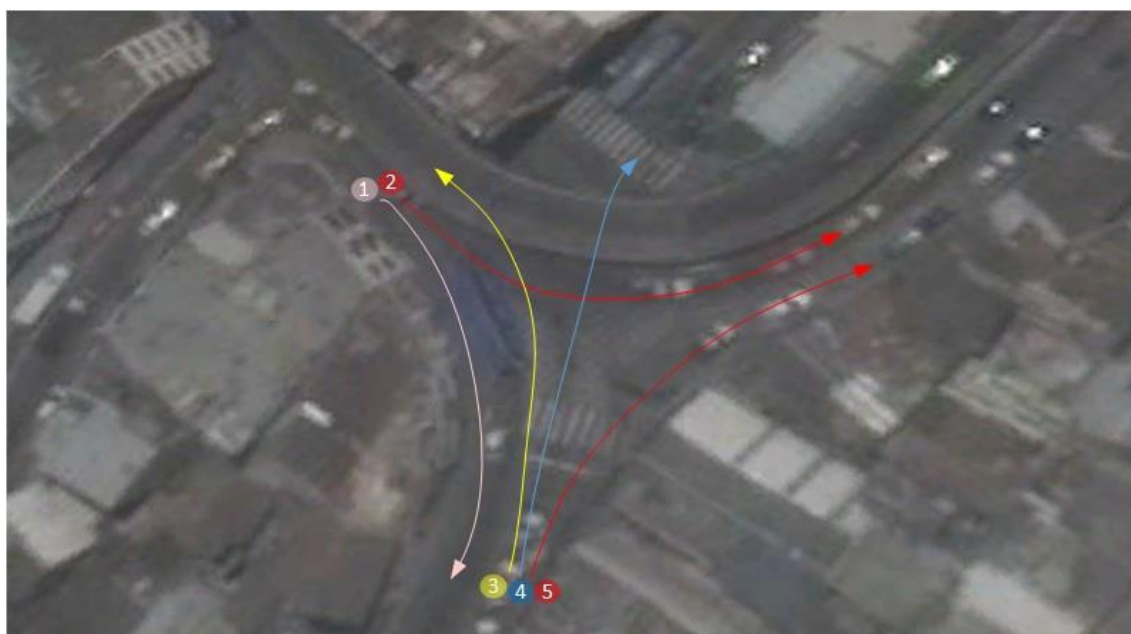
Faja Horaria	FLUJO 01				FLUJO 02			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
17:00 - 17:15					105			105
17:15 - 17:30					112			112
17:30 - 17:45					121			121
17:45 - 18:00					139			139
18:00 - 18:15					142			142
18:15 - 18:30					137			137
18:30 - 18:45					138			138
18:45 - 19:00					123			123
19:00 - 19:15					119			119
19:15 - 19:30					117			117
19:30 - 19:45					104			104
19:45 - 20:00					100			100
TOTAL					1457			1457
Media 15 min.					121			121
Media hora					485			485

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL ESTUDIO DE CONTEO DE TRÁFICO		
Intersección	Av. 13 de Abril/Atahualpa x Viaducto Yahaira		
Parroquia	La Matriz	Código	112
Fecha	22/02/2017	Página	3 de 3
Clima	Parcialmente nublado		

Faja Horaria	FLUJO 03				FLUJO 04			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
06:00 - 06:15								
06:15 - 06:30								
06:30 - 06:45								
06:45 - 07:00								
07:00 - 07:15								
07:15 - 07:30								
07:30 - 07:45								
07:45 - 08:00								
08:00 - 08:15								
08:15 - 08:30								
08:30 - 08:45								
08:45 - 09:00								
TOTAL								
Media 15 min.								
Media hora								

Faja Horaria	FLUJO 03				FLUJO 04			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
17:00 - 17:15	120			120	122	14	1	137
17:15 - 17:30	126			126	139	15		154
17:30 - 17:45	133			133	145	15		160
17:45 - 18:00	138			138	157	14		171
18:00 - 18:15	140			140	163	16		179
18:15 - 18:30	143			143	159	15		174
18:30 - 18:45	152			152	165	14		179
18:45 - 19:00	142			142	155	15		170
19:00 - 19:15	139			139	148	14		162
19:15 - 19:30	133			133	133	14		147
19:30 - 19:45	124			124	121	14	1	136
19:45 - 20:00	126			126	119	14		133
TOTAL	1616			1616	1726	174	1	1900
Media 15 min.	134			134	143	14		158
Media hora	538			538	575	58	1	633

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL		
	ESTUDIO DE CONTEO DE TRÁFICO		
Intersección	Av. 13 de Abril x Juan León Mera		
Parroquia	La Matriz	Código	113
Fecha	24/02/2017	Página	1 de 4
Clima	Parcialmente nublado		



Fuente: Google Earth

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL ESTUDIO DE CONTEO DE TRÁFICO		
Intersección	Av. 13 de Abril x Juan León Mera		
Parroquia	La Matriz	Código	113
Fecha	24/02/2017	Página	2 de 4
Clima	Parcialmente nublado		

Faja Horaria	FLUJO 01				FLUJO 02			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
06:00 - 06:15								
06:15 - 06:30								
06:30 - 06:45								
06:45 - 07:00								
07:00 - 07:15								
07:15 - 07:30								
07:30 - 07:45								
07:45 - 08:00								
08:00 - 08:15								
08:15 - 08:30								
08:30 - 08:45								
08:45 - 09:00								
TOTAL								
Media 15 min.								
Media hora								

Faja Horaria	FLUJO 01				FLUJO 02			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
17:00 - 17:15	122	14	1	137				
17:15 - 17:30	139	15		154				
17:30 - 17:45	145	15		160				
17:45 - 18:00	157	14		171				
18:00 - 18:15	163	16		179				
18:15 - 18:30	159	15		174				
18:30 - 18:45	165	14		179				
18:45 - 19:00	155	15		170				
19:00 - 19:15	148	14		162				
19:15 - 19:30	133	14		147				
19:30 - 19:45	121	14	1	136				
19:45 - 20:00	119	14		133				
TOTAL	1726	174	1	1900				
Media 15 min.	143	14		158				
Media hora	575	58	1	633				

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL ESTUDIO DE CONTEO DE TRÁFICO		
Intersección	Av. 13 de Abril x Juan León Mera		
Parroquia	La Matriz	Código	113
Fecha	24/02/2017	Página	3 de 4
Clima	Parcialmente nublado		

Faja Horaria	FLUJO 03				FLUJO 04			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
06:00 - 06:15								
06:15 - 06:30								
06:30 - 06:45								
06:45 - 07:00								
07:00 - 07:15								
07:15 - 07:30								
07:30 - 07:45								
07:45 - 08:00								
08:00 - 08:15								
08:15 - 08:30								
08:30 - 08:45								
08:45 - 09:00								
TOTAL								
Media 15 min.								
Media hora								

Faja Horaria	FLUJO 03				FLUJO 04			
	Auto	Bus	Camión	Total	Auto	Bus	Camión	Total
17:00 - 17:15	65	21		86	10			10
17:15 - 17:30	70	23		93	12			12
17:30 - 17:45	78	22	2	102	10			10
17:45 - 18:00	83	23		106	17			17
18:00 - 18:15	86	22		108	15			15
18:15 - 18:30	94	22		116	11			11
18:30 - 18:45	99	21		120	17			17
18:45 - 19:00	95	23		118	18			18
19:00 - 19:15	91	22		113	13			13
19:15 - 19:30	88	22	1	111	10			10
19:30 - 19:45	75	21		96	11			11
19:45 - 20:00	72	21		93	12			12
TOTAL	996	263	3	1262	156			156
Media 15 min.	83	21		105	13			13
Media hora	332	87	2	420	53			53

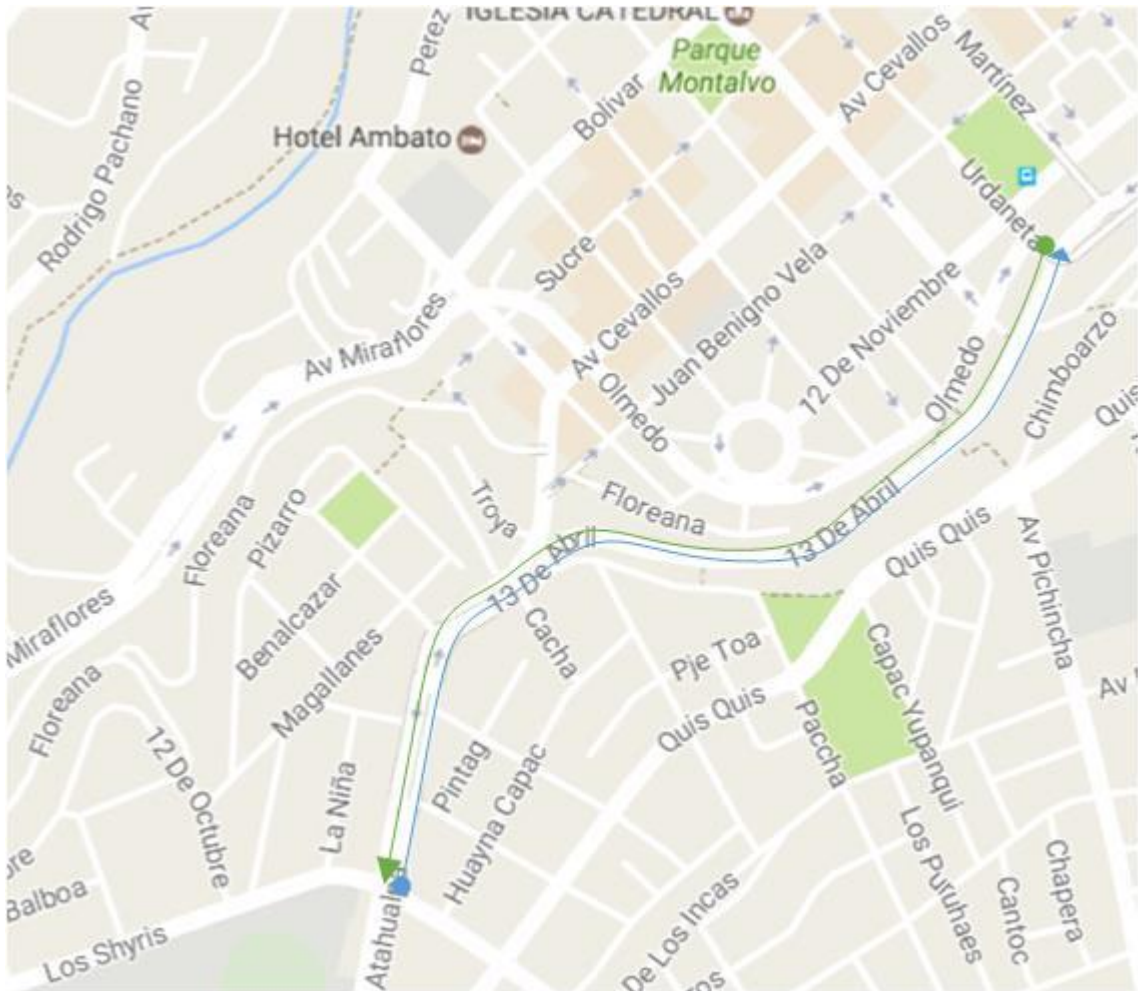
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL ESTUDIO DE CONTEO DE TRÁFICO		
Intersección	Av. 13 de Abril x Juan León Mera		
Parroquia	La Matriz	Código	113
Fecha	24/02/2017	Página	4 de 4
Clima	Parcialmente nublado		

FLUJO 05				
Faja Horaria	Auto	Bus	Camión	Total
06:00 - 06:15				
06:15 - 06:30				
06:30 - 06:45				
06:45 - 07:00				
07:00 - 07:15				
07:15 - 07:30				
07:30 - 07:45				
07:45 - 08:00				
08:00 - 08:15				
08:15 - 08:30				
08:30 - 08:45				
08:45 - 09:00				
TOTAL				
Media 15 min.				
Media hora				

FLUJO 05				
Faja Horaria	Auto	Bus	Camión	Total
17:00 - 17:15	3		1	4
17:15 - 17:30	1			1
17:30 - 17:45	2			2
17:45 - 18:00	5			5
18:00 - 18:15	4		1	5
18:15 - 18:30	5			5
18:30 - 18:45	11			11
18:45 - 19:00	7			7
19:00 - 19:15	5		2	7
19:15 - 19:30	7			7
19:30 - 19:45	4			4
19:45 - 20:00	2		2	4
TOTAL	56		6	62
Media 15 min.	4			5
Media hora	18		2	20

6. Medición de velocidad media y tiempo de desplazamiento

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL</p> <p>ESTUDIO DE MEDICIÓN DE VELOCIDAD Y TIEMPO DE VIAJE</p>		
Ruta	Av. 13 de Abril entre Juan León Mera y Av. Los Shyris		
Parroquia	La Matriz	Código	211
Fecha	27/02/2017	Página	1 de 4
Clima	Parcialmente nublado		



Fuente: Google Maps

Sentido Sur – Norte	Sentido Norte – Sur
Inicio: Av. Atahualpa x Av. Los Shyris	Inicio: Av.13 de Abril x Juan León Mera
Fin: Av. 13 de Abril x Juan León Mera	Fin: Av. Atahualpa x Av. Los Shyris

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL ESTUDIO DE MEDICIÓN DE VELOCIDAD Y TIEMPO DE VIAJE		
Ruta	Av. 13 de Abril entre Juan León Mera y Av. Los Shyris		
Parroquia	La Matriz	Código	211
Fecha	27/02/2017	Página	2 de 4
Clima	Parcialmente nublado		

SÍNTESIS

Sentido: Sur - Norte				Extensión de ruta: 1,1 km		
Faja Horaria	Vehículo	Clima	Velocidad media (km/h)	Tiempo total de viaje	Tiempo total detenido	Tiempo por congestión
07:00 – 09:00	Auto					
07:00 – 09:00	Bus					
17:00 – 20:00	Auto					
17:00 – 20:00	Bus	Nublado	18.06	03:39.19	01:15.37	00:00.00

Sentido: Norte – Sur				Extensión de ruta: 1,1 km		
Faja Horaria	Vehículo	Clima	Velocidad media (km/h)	Tiempo total de viaje	Tiempo total detenido	Tiempo por congestión
07:00 – 09:00	Auto					
07:00 – 09:00	Bus					
17:00 – 20:00	Auto					
17:00 – 20:00	Bus	Nublado	24.83	03:39.19	01:15.37	00:00.00

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL ESTUDIO DE MEDICIÓN DE VELOCIDAD Y TIEMPO DE VIAJE		
	Ruta	Av. 13 de Abril entre Juan León Mera y Av. Los Shyris	
Parroquia	La Matriz	Código	211
Fecha	27/02/2017	Página	3 de 4
Clima	Parcialmente nublado		

Sentido	S-N	Vehículo	BUS	Faja horaria	17:00– 20:00
Hora:		Descripción			
17:14:00		00:00:00.00		Inicio Av. Atahualpa	
		00:00:08.29		Parada de Bus	
		00:00:13.32		Arranque	
		00:00:41.67		Parada de bus	
		00:00:48.91		Arranque	
		00:01:22.89		Parada de bus	
		00:01:29.46		Arranque	
		00:02:00.19		Parada de bus	
		00:02:08.79		Arranque	
		00:02:38.76		Para de bus	
		00:03:26.32		Arranque	
17:17.39		00:03:39.19		Final calle 13 de Abril	
Tiempo total de viaje		03:39.19			
Tiempo total detenido		01:15.37			
Velocidad media (con tiempo total detenido)		18.06 km/h			
Velocidad media (sin tiempo total detenido)		27.53 km/h			

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL ESTUDIO DE MEDICIÓN DE VELOCIDAD Y TIEMPO DE VIAJE		
Ruta	Av. 13 de Abril entre Juan León Mera y Av. Los Shyris		
Parroquia	La Matriz	Código	211
Fecha	27/02/2017	Página	4 de 4
Clima	Parcialmente nublado		

Sentido	N-S	Vehículo	BUS	Faja horaria	17:00– 20:00
Hora:		Descripción			
17:50:00		00:00:00.00		Inicio Av. Atahualpa	
		00:01:58.89		Parada de Bus	
		00:02:10.09		Arranque	
		00:02:39.48		Final calle 13 de Abril	
17:17.39					
Tiempo total de viaje		02:39.48			
Tiempo total detenido		00:11.20			
Velocidad media (con tiempo total detenido)		24.83 km/h			
Velocidad media (sin tiempo total detenido)		26.70 km/h			

7. Ficha de observación sobre las características de la vía

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL ESTUDIO DE CARACTERÍSTICAS DE VÍAS, SEMAFORIZACIÓN Y DEMÁS ESTRUCTURA		
Ruta	Av. 13 de Abril entre Juan León Mera y Av. Los Shyris		
Parroquia	La Matriz	Código	311
Fecha	28/02/2017	Página	1 de 1
Clima			

Característica	Sentido	Número	Descripción
Ancho de vías	S-N	Un carril	4,5 metros/carril
		Dos carriles	4,2 metros/carril
	N-S	Un carril	4,5 metros/ carril
		Dos carriles	4,2 metros/carril
		Tres carriles	3,4 metros/carril
Estaciones de parada de bus	S-N	5	<ul style="list-style-type: none"> - Frente a la estación de servicio Ballesteros - Frente al cruce peatonal por encima del viaducto Yahuirá - Frente a escalinatas peatonales para descender el viaducto Yahuirá - Frente a escalinatas para descender a la plaza cívica Urbina - Frente a escalinatas para descender a la Cruz Roja
	N-S	3	<ul style="list-style-type: none"> - Frente a escalinatas para descender a la Cruz Roja - Frente a escalinatas para descender a la plaza cívica Urbina - Frente al cruce peatonal por encima del viaducto Yahuirá
Temporización de semáforos	S-N	1	En la intersección Av. 13 de Abril y Juan León Mera (00:38 verde, 00:02 amarillo, 00:60 rojo)
	N-S	1	En la intersección Av. Atahualpa y Av. Los Shyris (01:05 verde, 00:02 amarillo, 00:30 rojo)
Señalización		-	Estaciones de parada

8. Horarios y frecuencias de TP que circulan por la Av. 13 de Abril

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL HORARIOS Y FRECUENCIAS DE TP URBANO			
Ruta	Av. 13 de Abril entre Juan León Mera y Av. Los Shyris				
Parroquia	La Matriz	Código	411		
Fecha	28/02/2017	Página	1 de 5		
Clima					

SENTIDO SUR – NORTE

Vía Flores

Operadora	Línea	Ruta	Día	Horario	Intervalo (min)
Vía Flores	20	La Concepción – La Concepción – Ex redondel de Izamba	Lunes a Domingo	05h00 – 05h50	10
				05h50 – 08h30	3
				08h30 – 11h30	4
				11h30 – 14h00	3
				14h00 – 19h10	4
				19h10 – 22h30	10

Tungurahua

Operadora	Línea	Ruta	Día	Horario	Intervalo (min)
Tungurahua	6	La Libertad – Ingahurco - Miraflores	Lunes a Viernes	06h00 – 07h40	8
				07h40 – 11h30	10
				11h30 – 13h30	8
				13h30 – 17h30	10
				17h30 – 19h00	8
				19h00 – 20h00	15

Operadora	Línea	Ruta	Día	Horario	Intervalo (min)
Tungurahua	8	Montalvo – El Recreo	Lunes a Sábado	06h00 – 07h40	5
				07h40 – 11h30	7
				11h30 – 13h30	6
				13h30 – 19h00	7
				19h00 – 20h00	10
				20h00 – 20h30	15
				20h30 – 22h10	20
			Domingos	06h10 – 08h00	6
				08h00 – 17h00	7

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL HORARIOS Y FRECUENCIAS DE TP URBANO		
Ruta	Av. 13 de Abril entre Juan León Mera y Av. Los Shyris		
Parroquia	La Matriz	Código	411
Fecha	28/02/2017	Página	2 de 5
Clima			

Operadora	Línea	Ruta	Día	Horario	Intervalo (min)
Tungurahua	9	Terminal Terrestre – Huachi Progreso – Izamba – Quillán	Lunes a Sábado	06h00 – 06h40	4
				60h40 – 12h30	5
				12h30 – 14h00	4
				14h00 – 19h00	5
				19h00 – 20h00	10
				20h00 – 21h00	15
			Domingos	21h00 – 22h00	20
				06h10 – 08h00	6
			08h00 – 17h00	7	

Unión Ambateña

Operadora	Línea	Ruta	Día	Horario	Intervalo (min)
Unión Ambateña	17	Picaihua – Centro - Cdla. España	Lunes a Sábado	06h10 – 08h00	5
				08h00 – 18h02	7
				18h02 – 19h02	10
				20h20 – 21h00	20
				21h00 – 22h30	30
				20h00 – 21h00	15
			Domingos	21h00 – 22h00	20
				06h10 – 08h00	20
			08h00 – 17h00	14	

Operadora	Línea	Ruta	Día	Horario	Intervalo (min)
Unión Ambateña	18	San Juan – El Pisque – Barrio Amazonas	Lunes a Viernes	06h10 – 08h30	10
				08h30 – 11h30	12
				11h30 – 13h00	10
				13h00 – 16h50	12
				16h50 – 19h00	10
			21h00 – 22h00	20	
			Sábados y Domingos	06h10 – 19h00	15

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL HORARIOS Y FRECUENCIAS DE TP URBANO		
Ruta	Av. 13 de Abril entre Juan León Mera y Av. Los Shyris		
Parroquia	La Matriz	Código	411
Fecha	28/02/2017	Página	3 de 5
Clima			

Los Libertadores

Operadora	Línea	Ruta	Día	Horario	Intervalo (min)
Los Libertadores	2	La Florida – 4 Esquinas - Cashapamba	Lunes a Domingo	06h00 – 07h20	4
				07h25 – 19h00	5

Operadora	Línea	Ruta	Día	Horario	Intervalo (min)
Los Libertadores	3	La Península – Las Orquídeas	Lunes a Sábado	06h10 – 06h40	5
				06h40 – 19h00	8
			Domingos	06h10 – 06h40	5
				06h40 – 13h00	5

Jerpazsol

Operadora	Línea	Ruta	Día	Horario	Intervalo (min)
Jerpazsol	21	Huachi Grande – Manzana de Oro – Puerto Arturo	Lunes a Domingo	06h00 – 22h30	5

SENTIDO NORTE – SUR

Tungurahua

Operadora	Línea	Ruta	Día	Horario	Intervalo (min)
Tungurahua	6	La Libertad – Ingahurco - Miraflores	Lunes a Viernes	06h00 – 07h40	8
				07h40 – 11h30	10
				11h30 – 13h30	8
				13h30 – 17h30	10
				17h30 – 19h00	8
				19h00 – 20h00	15

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL HORARIOS Y FRECUENCIAS DE TP URBANO		
Ruta	Av. 13 de Abril entre Juan León Mera y Av. Los Shyris		
Parroquia	La Matriz	Código	411
Fecha	28/02/2017	Página	4 de 5
Clima			

Operadora	Línea	Ruta	Día	Horario	Intervalo (min)
Tungurahua	8	Montalvo – El Recreo	Lunes a Sábado	06h00 – 07h40	5
				07h40 – 11h30	7
				11h30 – 13h30	6
				13h30 – 19h00	7
				19h00 – 20h00	10
				20h00 – 20h30	15
				20h30 – 22h10	20
			Domingos	06h10 – 08h00	6
				08h00 – 17h00	7

Operadora	Línea	Ruta	Día	Horario	Intervalo (min)
Tungurahua	9	Terminal Terrestre – Huachi Progreso – Izamba – Quillán	Lunes a Sábado	06h00 – 06h40	4
				06h40 – 12h30	5
				12h30 – 14h00	4
				14h00 – 19h00	5
				19h00 – 20h00	10
				20h00 – 21h00	15
				21h00 – 22h00	20
			Domingos	06h10 – 08h00	6
				08h00 – 17h00	7

Unión Ambateña

Operadora	Línea	Ruta	Día	Horario	Intervalo (min)
Unión Ambateña	17	Picahua – Centro - Cdla. España	Lunes a Sábado	06h10 – 08h00	5
				08h00 – 18h02	7
				18h02 – 19h02	10
				20h20 – 21h00	20
				21h00 – 22h30	30
				20h00 – 21h00	15
				21h00 – 22h00	20
			Domingos	06h10 – 08h00	20
				08h00 – 17h00	14

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL HORARIOS Y FRECUENCIAS DE TP URBANO		
Ruta	Av. 13 de Abril entre Juan León Mera y Av. Los Shyris		
Parroquia	La Matriz	Código	411
Fecha	28/02/2017	Página	5 de 5
Clima			

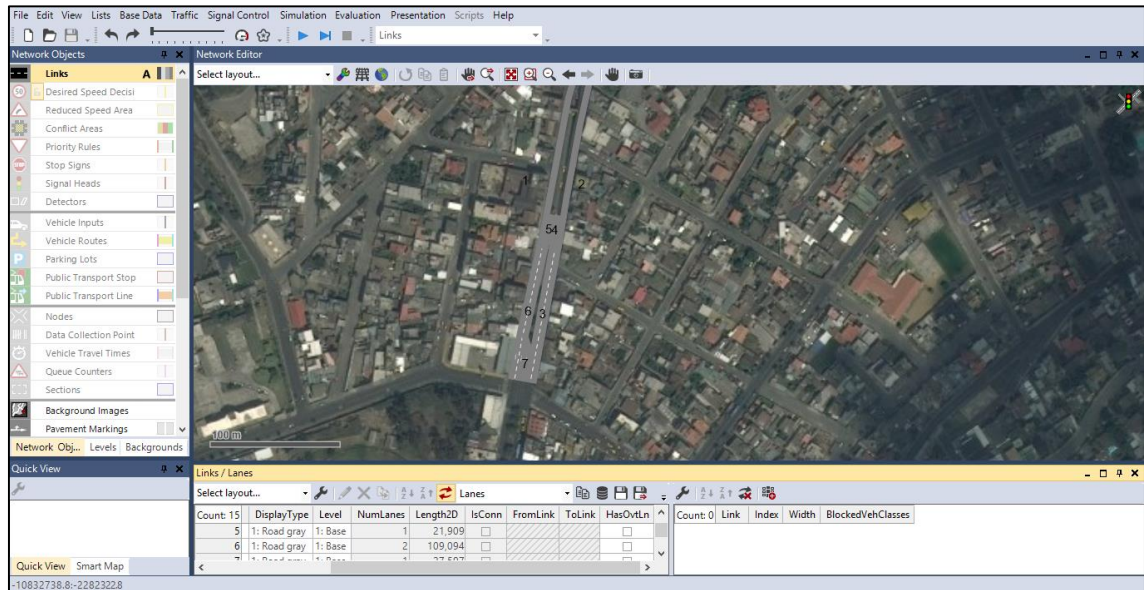
Los Libertadores

Operadora	Línea	Ruta	Día	Horario	Intervalo (min)
Los Libertadores	3	La Península – Las Orquídeas	Lunes a Sábado	06h10 – 06h40	5
				06h40 – 19h00	8
			Domingos	06h10 – 06h40	5
				06h40 – 13h00	5

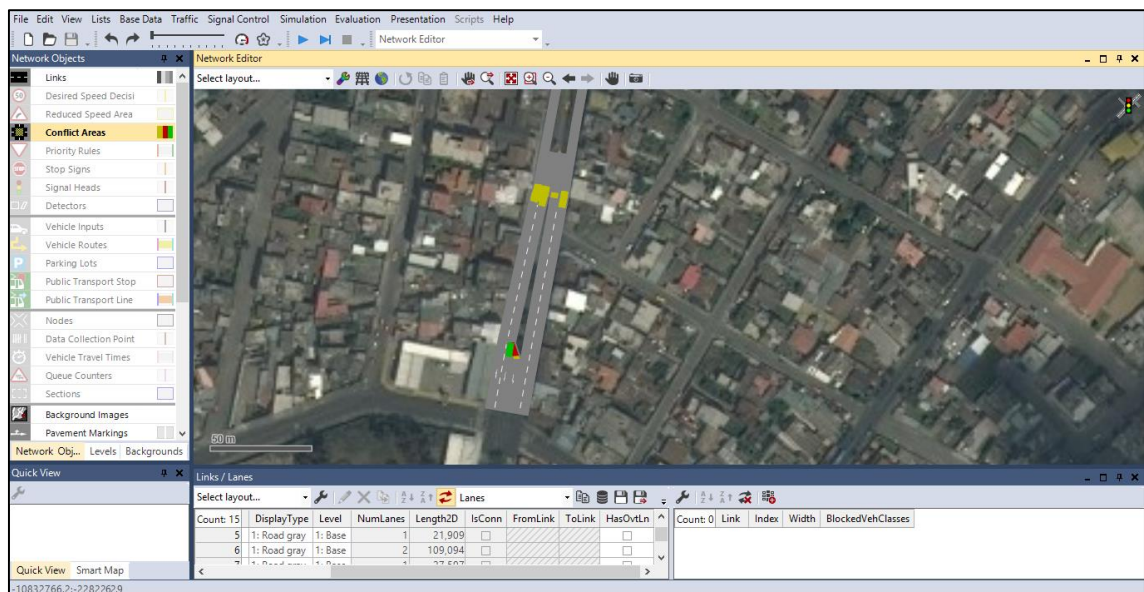
Jerpazsol

Operadora	Línea	Ruta	Día	Horario	Intervalo (min)
Jerpazsol	21	Huachi Grande – Manzana de Oro – Puerto Arturo	Lunes a Domingo	06h00 – 22h30	5

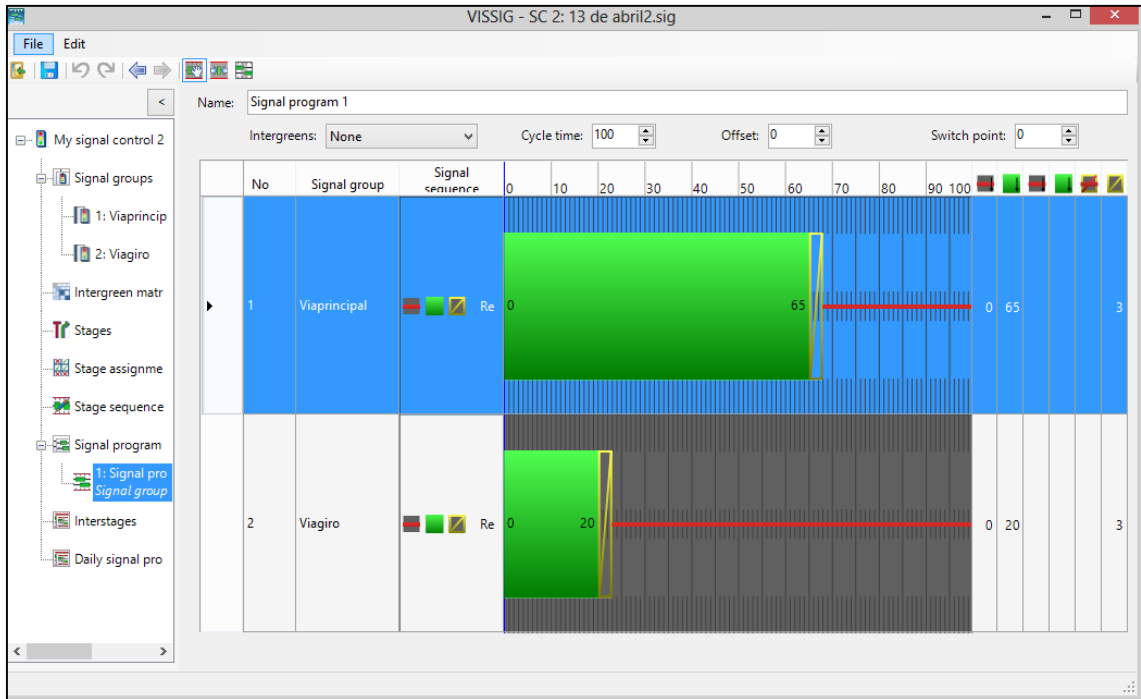
9. Simulación en VISSIM



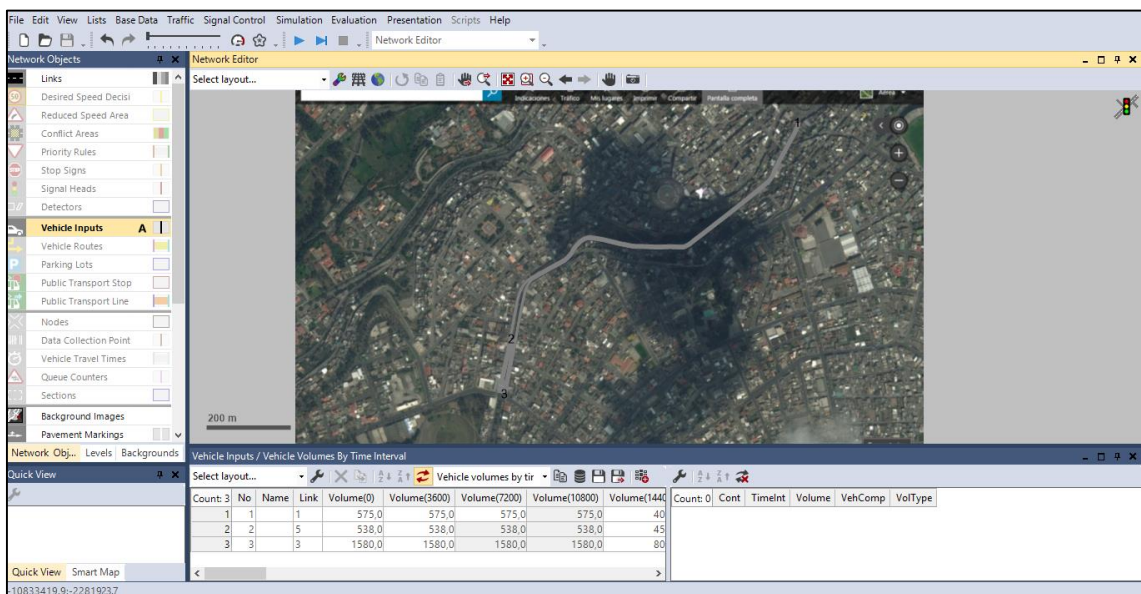
Anexo 9-1. Links (Vías)



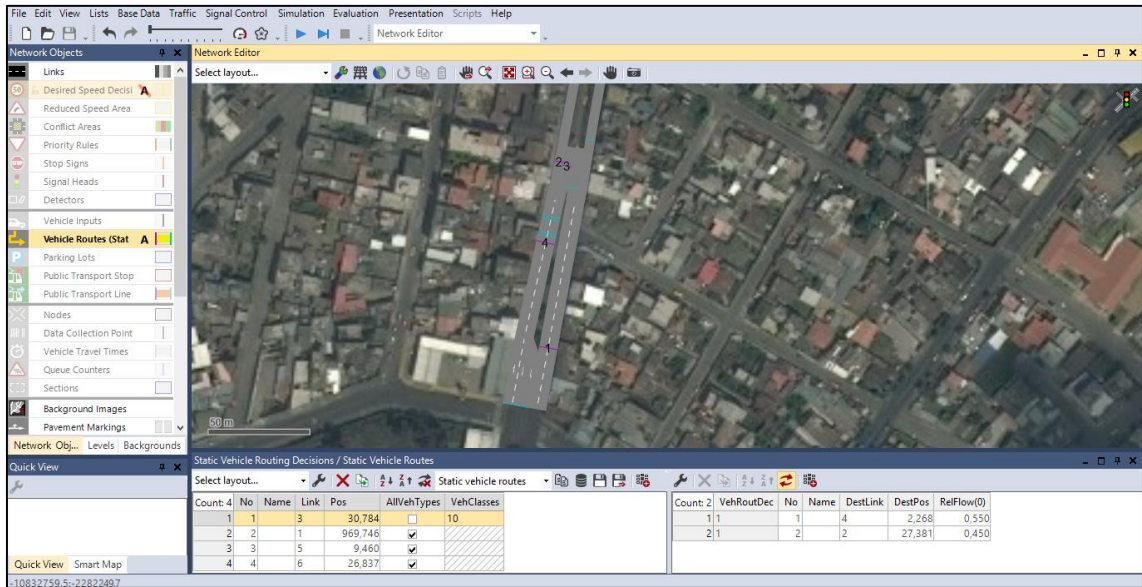
Anexo 9-2. Conflict Areas (Zonas de conflictos)



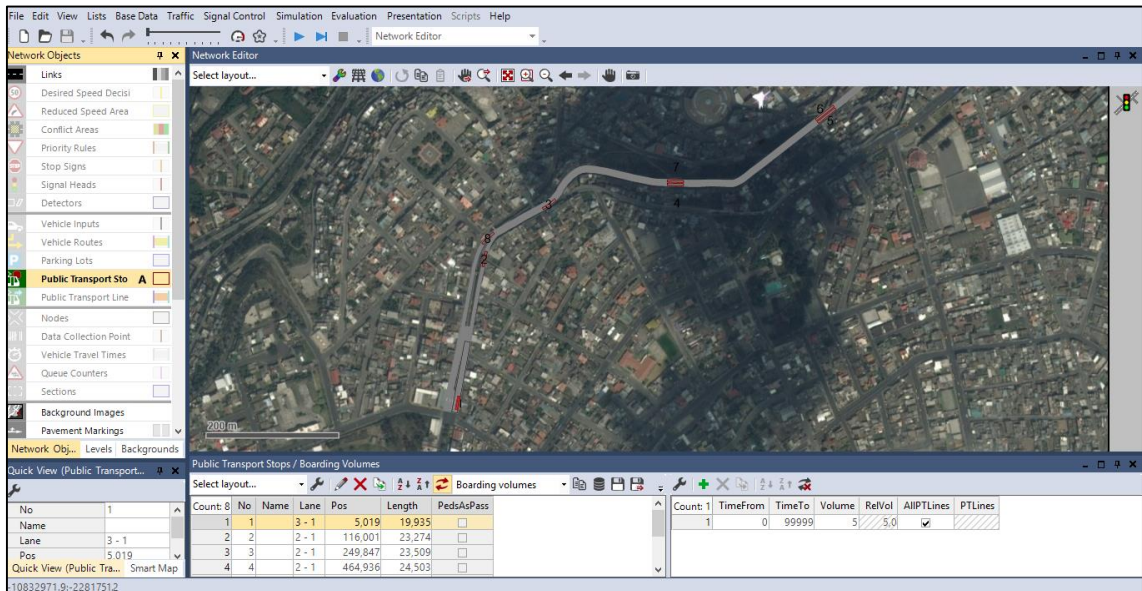
Anexo 9-3. Control signal programs (Programación semáforos)



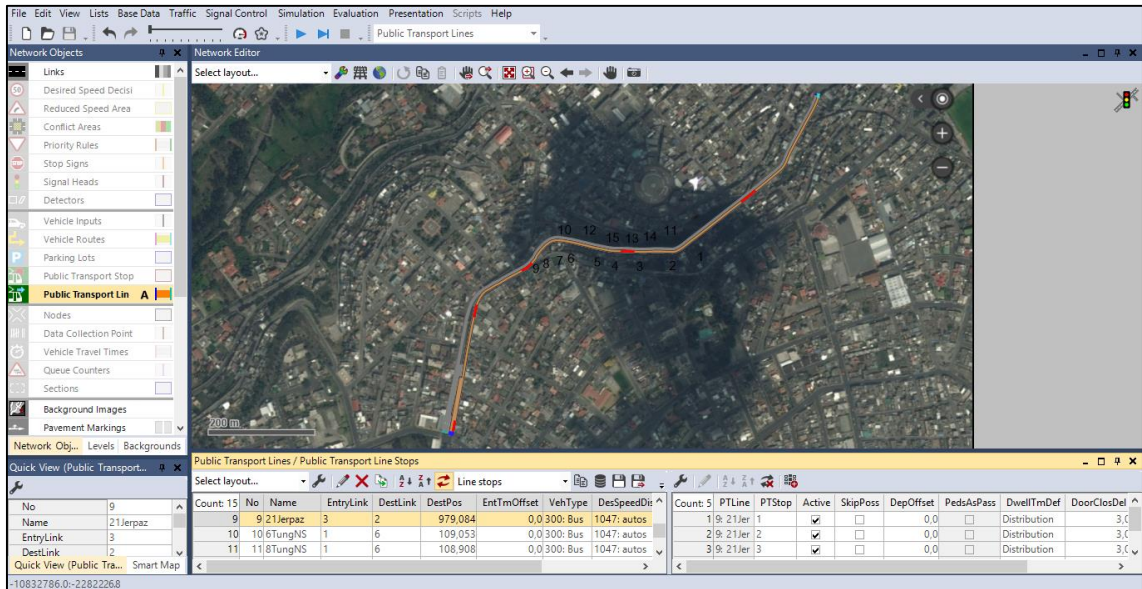
Anexo 9-4. Vehicle inputs (Zonas de ingreso de vehículos)



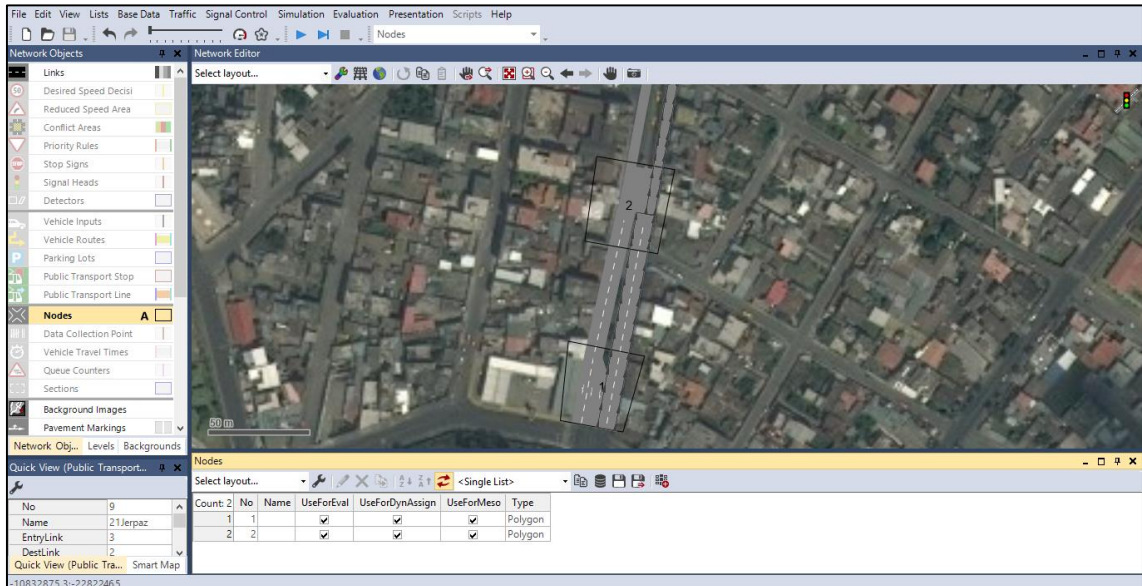
Anexo 9-5. Vehicle routing decisions (Decisiones de rutas de vehículos)



Anexo 9-6. Public Transport Stops /Boarding volumes (Paradas de TP/Volumes de abordaje)



Anexo 9-7. Public Transport Lines (Líneas de transporte público)



Anexo 9-8. Nodes (Nodos de recolección de datos)

10. Resultados de la simulación

SIMR N	TIMEIN T	MOVEMENT	QLEN	QLENMA X	VEHS(ALL)	VEHS(10)	VEHS(30)	LOS(ALL)	LOS(10)	LOS(30)	VEHDELAY(AL L)	VEHDELAY(1 0)	VEHDELAY(3 0)	STOPDELAY(AL L)	STOPDELAY(1 0)	STOPDELAY(3 0)	STOPS(AL L)	STOPS(10)	STOPS(30)
1	0-600	1-3@0.2-3@29.2	0,17	12,61	207	195	12	LOS_A	LOS_A	LOS_B	4,52	4,06	12,07	0,52	0,54	0,32	0,33	0,34	0,25
1	0-600	1-6@80.0-6@108.8	19,58	138,4	111	105	6	LOS_A	LOS_A	LOS_A	6,33	6,4	5,05	4,64	4,67	4	0,33	0,34	0,17
1	0-600	1-10004@5.6-7@27.4	29,02	110,27	28	28	0	LOS_D	LOS_D	LOS_A	38,52	38,52		35,18	35,18		0,75	0,75	
1	0-600	1	16,26	138,4	346	328	18	LOS_A	LOS_A	LOS_A	7,85	7,75	9,73	4,65	4,82	1,55	0,37	0,37	0,22
1	0-600	2-1@959.7-6@6.7	8,51	93,87	77	69	8	LOS_A	LOS_A	LOS_A	3,39	3,26	4,52	1,57	1,51	2,09	0,25	0,25	0,25
1	0-600	2-3@102.3-2@24.0	44,92	114,52	103	91	12	LOS_A	LOS_A	LOS_A	0,91	1,03	0	0,02	0,03	0	0,05	0,05	0
1	0-600	2	26,71	114,52	180	160	20	LOS_A	LOS_A	LOS_A	1,97	1,99	1,81	0,68	0,67	0,83	0,13	0,14	0,1
2	0-600	1-3@0.2-3@29.2	0,18	12,61	208	196	12	LOS_A	LOS_A	LOS_B	3,3	2,69	13,3	0,29	0,29	0,32	0,24	0,22	0,5
2	0-600	1-6@80.0-6@108.8	12,74	101,18	86	79	7	LOS_A	LOS_A	LOS_A	5,34	5,19	7,02	3,82	3,78	4,35	0,31	0,3	0,43
2	0-600	1-10004@5.6-7@27.4	8,66	73,05	33	33	0	LOS_C	LOS_C	LOS_A	34,8	34,8		31,31	31,31		0,79	0,79	
2	0-600	1	7,19	101,18	327	308	19	LOS_A	LOS_A	LOS_B	7,01	6,77	10,99	4,35	4,51	1,8	0,31	0,3	0,47
2	0-600	2-1@959.7-6@6.7	0	0	54	46	8	LOS_A	LOS_A	LOS_A	0,63	0,74	0	0,04	0,05	0	0,02	0,02	0
2	0-600	2-3@102.3-2@24.0	10,05	106,76	101	89	12	LOS_A	LOS_A	LOS_A	0,96	0,99	0,74	0,02	0,03	0	0,04	0,04	0
2	0-600	2	5,02	106,76	155	135	20	LOS_A	LOS_A	LOS_A	0,85	0,9	0,45	0,03	0,04	0	0,03	0,04	0
3	0-600	1-3@0.2-3@29.2	0,14	12,61	222	210	12	LOS_A	LOS_A	LOS_B	4,49	4,1	11,22	0,4	0,41	0,22	0,25	0,25	0,25
3	0-600	1-6@80.0-6@108.8	9,62	72,18	98	91	7	LOS_A	LOS_A	LOS_B	6,94	6,35	14,51	5,04	4,61	10,58	0,36	0,34	0,57
3	0-600	1-10004@5.6-7@27.4	3,2	44,05	31	31	0	LOS_C	LOS_C	LOS_A	33,97	33,97		30,08	30,08		0,87	0,87	
3	0-600	1	4,32	72,18	351	332	19	LOS_A	LOS_A	LOS_B	7,78	7,51	12,43	4,32	4,33	4,04	0,33	0,33	0,37
3	0-600	2-1@959.7-6@6.7	0	0	68	60	8	LOS_A	LOS_A	LOS_A	0,42	0,47	0	0	0	0	0	0	0

3	0-600	2-3@102.3-2@24.0	34,43	106,83	113	101	12	LOS_A	LOS_A	LOS_A	2,65	2,77	1,62	0,55	0,57	0,39	0,32	0,35	0,08
3	0-600	2	17,22	106,83	181	161	20	LOS_A	LOS_A	LOS_A	1,81	1,92	0,97	0,34	0,36	0,24	0,2	0,22	0,05
4	0-600	1-3@0.2-3@29.2	0,18	12,61	213	202	11	LOS_A	LOS_A	LOS_B	4,23	3,75	13,1	0,37	0,36	0,61	0,26	0,26	0,36
4	0-600	1-6@80.0-6@108.8	1,59	20,11	76	71	5	LOS_A	LOS_A	LOS_A	3,22	3,45	0	2,39	2,56	0	0,16	0,17	0
4	0-600	1-10004@5.6-7@27.4	46,78	111,7	35	35	0	LOS_D	LOS_D	LOS_A	50,56	50,56		46,84	46,84		0,8	0,8	
4	0-600	1	16,18	111,7	324	308	16	LOS_A	LOS_A	LOS_A	9	9	9,01	5,86	6,15	0,42	0,3	0,3	0,25
4	0-600	2-1@959.7-6@6.7	67,5	308,42	57	51	6	LOS_C	LOS_B	LOS_C	15,23	14,45	21,89	12,05	11,43	17,26	0,51	0,47	0,83
4	0-600	2-3@102.3-2@24.0	3,96	71,99	114	103	11	LOS_A	LOS_A	LOS_A	1,64	1,74	0,64	0,2	0,22	0	0,09	0,1	0
4	0-600	2	35,73	308,42	171	154	17	LOS_A	LOS_A	LOS_A	6,17	5,95	8,14	4,15	3,93	6,09	0,23	0,22	0,29
5	0-600	1-3@0.2-3@29.2	0,21	12,61	198	186	12	LOS_A	LOS_A	LOS_B	4,89	4,41	12,24	0,96	1	0,33	0,4	0,4	0,42
5	0-600	1-6@80.0-6@108.8	10,87	86,58	102	94	7	LOS_A	LOS_A	LOS_B	5,71	5	16,07	3,95	3,43	11,59	0,3	0,29	0,57
5	0-600	1-10004@5.6-7@27.4	10,49	69,21	25	25	0	LOS_C	LOS_C	LOS_A	32,91	32,91		29,88	29,88		0,68	0,68	
5	0-600	1	7,19	86,58	325	305	19	LOS_A	LOS_A	LOS_B	7,3	6,93	13,65	4,12	4,11	4,48	0,39	0,39	0,47
5	0-600	2-1@959.7-6@6.7	0	0	65	56	8	LOS_A	LOS_A	LOS_A	0,51	0,58	0	0	0	0	0	0	0
5	0-600	2-3@102.3-2@24.0	53,93	114,5	120	108	12	LOS_A	LOS_A	LOS_A	4,79	4,81	4,54	1,05	1,08	0,78	0,38	0,4	0,25
5	0-600	2	26,96	114,5	185	164	20	LOS_A	LOS_A	LOS_A	3,28	3,37	2,73	0,68	0,71	0,47	0,25	0,26	0,15
AVG	0-600	1-3@0.2-3@29.2	0,18	12,61	210	198	12				4,29	3,8	12,39	0,51	0,52	0,36	0,3	0,29	0,36
AVG	0-600	1-6@80.0-6@108.8	10,88	83,69	95	88	6				5,51	5,28	8,53	3,97	3,81	6,1	0,29	0,29	0,35
AVG	0-600	1-10004@5.6-7@27.4	19,63	81,65	30	30	0				38,15	38,15		34,66	34,66		0,78	0,78	
AVG	0-600	1	10,23	102,01	335	316	18				7,79	7,59	11,16	4,66	4,78	2,46	0,34	0,34	0,36
AVG	0-600	2-1@959.7-6@6.7	15,2	80,46	64	56	8				4,04	3,9	5,28	2,73	2,6	3,87	0,15	0,15	0,22
AVG	0-600	2-3@102.3-2@24.0	29,46	102,92	110	98	12				2,19	2,27	1,51	0,37	0,38	0,23	0,18	0,19	0,07
AVG	0-600	2	22,33	150,21	174	155	19				2,82	2,83	2,82	1,18	1,14	1,53	0,17	0,17	0,12
STDDEV	0-600	1-3@0.2-3@29.2	0,02	0	9	9	0				0,6	0,67	0,84	0,26	0,28	0,14	0,07	0,07	0,11

STDDE V	0-600	1-6@80.0-6@108.8	6,46	43,25	14	13	1				1,41	1,21	6,7	1,01	0,88	4,87	0,08	0,07	0,26
STDDE V	0-600	1-10004@5.6-7@27.4	18,02	29	4	4	0				7,25	7,25		7,13	7,13		0,07	0,07	
STDDE V	0-600	1	5,59	25,23	13	13	1				0,76	0,89	1,9	0,7	0,8	1,73	0,04	0,04	0,12
STDDE V	0-600	2-1@959.7-6@6.7	29,47	133,76	9	9	1				6,38	6,01	9,49	5,25	4,98	7,54	0,22	0,21	0,36
STDDE V	0-600	2-3@102.3-2@24.0	21,73	17,71	8	8	0				1,61	1,6	1,79	0,44	0,45	0,35	0,16	0,17	0,11
STDDE V	0-600	2	11,68	88,53	12	12	1				2,07	1,95	3,1	1,68	1,58	2,57	0,09	0,09	0,11
MIN	0-600	1-3@0.2-3@29.2	0,14	12,61	198	186	11				3,3	2,69	11,22	0,29	0,29	0,22	0,24	0,22	0,25
MIN	0-600	1-6@80.0-6@108.8	1,59	20,11	76	71	5				3,22	3,45	0	2,39	2,56	0	0,16	0,17	0
MIN	0-600	1-10004@5.6-7@27.4	3,2	44,05	25	25	0				32,91	32,91		29,88	29,88		0,68	0,68	
MIN	0-600	1	4,32	72,18	324	305	16				7,01	6,77	9,01	4,12	4,11	0,42	0,3	0,3	0,22
MIN	0-600	2-1@959.7-6@6.7	0	0	54	46	6				0,42	0,47	0	0	0	0	0	0	0
MIN	0-600	2-3@102.3-2@24.0	3,96	71,99	101	89	11				0,91	0,99	0	0,02	0,03	0	0,04	0,04	0
MIN	0-600	2	5,02	106,76	155	135	17				0,85	0,9	0,45	0,03	0,04	0	0,03	0,04	0
MAX	0-600	1-3@0.2-3@29.2	0,21	12,61	222	210	12				4,89	4,41	13,3	0,96	1	0,61	0,4	0,4	0,5
MAX	0-600	1-6@80.0-6@108.8	19,58	138,4	111	105	7				6,94	6,4	16,07	5,04	4,67	11,59	0,36	0,34	0,57
MAX	0-600	1-10004@5.6-7@27.4	46,78	111,7	35	35	0				50,56	50,56		46,84	46,84		0,87	0,87	
MAX	0-600	1	16,26	138,4	351	332	19				9	9	13,65	5,86	6,15	4,48	0,39	0,39	0,47
MAX	0-600	2-1@959.7-6@6.7	67,5	308,42	77	69	8				15,23	14,45	21,89	12,05	11,43	17,26	0,51	0,47	0,83
MAX	0-600	2-3@102.3-2@24.0	53,93	114,52	120	108	12				4,79	4,81	4,54	1,05	1,08	0,78	0,38	0,4	0,25
MAX	0-600	2	35,73	308,42	185	164	20				6,17	5,95	8,14	4,15	3,93	6,09	0,25	0,26	0,29