



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

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

TEMA:

“MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA EXTERNALIDADES NEGATIVAS
DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DE LA CIUDAD DE
AMBATO”.

MODALIDAD: Proyecto de Investigación

Trabajo presentado previo la obtención del título de Ingeniera Industrial en
Procesos de Automatización

ÁREA: Industrial y Manufactura

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Construcción, Estructuras, Vías y Transporte

AUTOR: Mayra Stephanie Barahona Sánchez

TUTOR: Ing. John Paul Reyes Vasquez, Mg.

Ambato - Ecuador

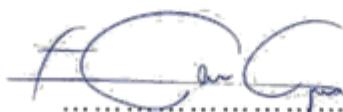
Enero 2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema “MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA EXTERNALIDADES NEGATIVAS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DE LA CIUDAD DE AMBATO”, realizado por la señorita Mayra Stephanie Barahona Sánchez, 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 le informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites 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 la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato enero, 2020

EL TUTOR

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'JRV', is written over a horizontal dotted line.

Ing. John Reyes Vasquez, Mg.

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

El presente trabajo de investigación titulado: “MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA EXTERNALIDADES NEGATIVAS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DE LA CIUDAD DE AMBATO”, es absolutamente original, autentico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato enero, 2020



.....
Mayra Stephanie Barahona Sánchez

C.I. 1804254413

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 regularidades de la Universidad.

Ambato enero, 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Mayra Stephanie Barahona Sánchez', is written over a horizontal dotted line.

Mayra Stephanie Barahona Sánchez

C.I. 1804254413

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los docentes Ing. Christian Ortiz, Ing. Edisson Jordán Hidalgo revisó y aprobó el informe final del trabajo de graduación titulado “MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA EXTERNALIDADES NEGATIVAS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DE LA CIUDAD DE AMBATO”, presentado por la señorita Mayra Stephanie Barahona Sánchez, 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. Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg.
Presidenta del Tribunal



Ing. Edisson Jordán Hidalgo
Docente Calificador



Ing. Christian Ortiz
Docente Calificador

DEDICATORIA

*A mi **madre**, que con su amor, trabajo y apoyo incondicional ha sabido guiar mi camino con valores y humildad, motivándome a seguir su ejemplo de valentía y superación para alcanzar mis sueños. Gracias por su esfuerzo y paciencia.*

Mayra Stephanie Barahona Sánchez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su infinita bondad, el regalo de la salud y la fuerza para disfrutar la vida y sus experiencias.

A mi madre, por su confianza, enseñanzas, cariño y cada una de las palabras de aliento en el momento justo.

A mi familia por la seguridad que me brindan, el soporte en los momentos difíciles y las alegrías compartidas.

A mis docentes y amigos quienes no solo me han dado catedra para vivir, sino han templado mi alma para las dificultades, formándome como profesional y un ser humano con ética y valores.

Mayra Stephanie Barahona Sánchez

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO	xii
CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1 Contextualización del problema.....	1
1.1.2 Estado del Arte.....	1
1.1.3 Fundamentación Teórica.....	3
Ingeniería del Transporte	3
Costos generados por el transporte	5
Externalidades del Transporte.....	5
Redes de Transporte.....	9
Modelos de optimización de transporte	12
Modelos y modelado	18
Software para modelos de optimización	19
Selección del software para modelos de optimización	22
1.2 Objetivos	24
CAPITULO II.- METODOLOGÍA	25
2.1 Materiales.....	25
2.1.1 Microsoft Excel.....	25
2.1.2 Expert Choice.....	25
2.1.3 LINGO	26
2.2 Métodos.....	27
2.2.1 Modalidad de la investigación	27
2.2.2 Población y muestra	28
2.2.3 Recolección de información.....	28
2.2.4 Procesamiento y análisis de datos	29

2.2.5	Desarrollo del Proyecto.....	29
CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN		30
3.1	Análisis y discusión de resultados.....	30
3.1.1	Levantamiento de información general del sistema de transporte	30
3.1.2	Parámetros a considerar en el desarrollo del modelo	42
3.1.3	Planteamiento del modelo matemático	58
3.1.4	Selección del software.....	61
3.1.5	Programación y solución del modelo matemático en el software.....	67
3.1.6	Interpretación de resultados	73
CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		76
4.1	Conclusiones	76
4.2	Recomendaciones.....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		78
ANEXOS.....		82

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Representación del headway.....	8
Fig. 2. Elementos de un diagrama de red.....	9
Fig. 3. Interfaz del sistema AMPL.....	20
Fig. 4. Interfaz del sistema GAMS.....	21
Fig. 5. Interfaz de LINGO.....	22
Fig. 6. Interfaz de Expert Choice.....	24
Fig. 7. Características de la licencia LINGO	26
Fig. 8. Interfaz de Expert Choice	32
Fig. 9. Rotulación de las líneas de transporte público urbano de Ambato.....	34
Fig. 10. Red de representación del transporte público urbano de Ambato	36
Fig. 11. Promedio de pasajeros en hora pico	39
Fig. 12. Porcentaje de autos por marca del transporte público de Ambato.....	45
Fig. 13. Asientos de plástico inyectado.....	46
Fig. 14. Características del tráfico.....	56
Fig. 15. Diagrama del Proceso Analítico Jerárquico.....	63
Fig. 16. Asignación de criterios y alternativas.....	63
Fig. 17. Valoración de los criterios	64
Fig. 18. Resultado de la valoración de los criterios	64
Fig. 19. Valoración de las alternativas para el criterio facilidad de adquisición	65
Fig. 20. Resultado del software Expert Choice.....	65
Fig. 21. Detalle del resultado del software Expert Choice.....	66
Fig. 22. Grafica de sensibilidad resultante	67
Fig. 23. Grafica de sensibilidad con variación en la ponderación de criterios.....	67
Fig. 24. Ventana “status” para monitoreo de la resolución del modelo.....	70
Fig. 25. Ventana resultado del análisis de sensibilidad en LINGO.	72

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Costos del transporte de carretera.	5
Tabla 2. Métodos de optimización.	10
Tabla 3. Modelos de optimización de transporte y sus características	17
Tabla 4. Escala de ponderación aplicada al método AHP	23
Tabla 5. Descripción de los puntos sectorizados.	31
Tabla 6. Líneas del transporte público urbano de la ciudad de Ambato	35
Tabla 7. Descripción y numeración de nodos del sistema de transporte de Ambato.	37
Tabla 8. Distancia entre nodos del sistema de transporte de Ambato.....	38
Tabla 9. Frecuencia y headway de operación del sistema de transporte de Ambato.	40
Tabla 10. Demanda de pasajeros entre los nodos preestablecidos.....	41
Tabla 11. Características de un bus tipo.....	43
Tabla 12. Marcas del parque automotor bus tipo.....	44
Tabla 13. Características de carrocería	45
Tabla 14. Costo capital de un bus tipo.	47
Tabla 15. Detalle de seguros e impuestos cancelados anualmente	49
Tabla 16. Análisis del salario mínimo sectorial de choferes.....	50
Tabla 17. Costo del mantenimiento de una unidad	51
Tabla 18. Costo de lubricantes	52
Tabla 19. Costo total de operación de una unidad por hora.....	53
Tabla 20. Sueldo básico mensual	54
Tabla 21. Headway calculado para cada una de las líneas.....	75

RESUMEN EJECUTIVO

El desenvolvimiento del transporte dentro de las ciudades es un pilar fundamental en el progreso de la humanidad. Las externalidades que se presentan en la movilidad, lejos de ser simples problemas aledaños, se conforman como puntos clave de optimización y estudio para una correcta prestación de los servicios de transporte desde una perspectiva costo-beneficio. En la ciudad de Ambato bajo el control de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, el transporte público de pasajeros se desarrolla por buses de cinco operadoras; Tungurahua, Unión, Jerpazol, Libertadores y Vía Flores, reguladas por contratos de operación que establecen los parámetros esenciales del sistema.

Con énfasis en la generación de una movilidad sostenible y un enfoque prioritario en el transporte público urbano, esta investigación identifica variables del sistema reflejadas en términos monetarios y elabora un modelo de optimización para externalidades negativas orientado al manejo óptimo de frecuencias de operación. El modelo integra los requerimientos de demanda, la calidad del servicio, coeficientes monetarios representativos y consideraciones directas de las externalidades.

Para la programación del modelo se optó por LINGO, software de optimización matemático que permite manejar gran cantidad de información. La solución arrojada por el software determina un rubro de \$ 48616,04 como el menor costo total para la operación del sistema de transporte por hora, con una demanda de aproximadamente 25188 personas. Se obtienen también las consideraciones individuales del headway para cada una de las rutas, donde se considera que un 68,18% de las líneas debe disminuir sus frecuencias en relación al contrato de operación vigente, un 22,73% debe aumentarlas y el 9,09% mantenerlas.

ABSTRACT

Transportation operability in cities is a mainstay for the progress of humanity development. Mobility presents externalities that are not simple embedded problems, on the other hand, they are key points for optimization and analysis in the correct provision of transport services with a cost-benefit perspective. Ambato mass public transport is developed by buses of five transport cooperatives; Tungurahua, Unión, Jerpazol, Libertadores and Vía Flores. The routes are regulated by Transit, Transportation and Mobility Directorate, through operational contracts which define the essential parameters of the system.

Emphasizing in the generation of sustainable mobility for urban public transport, this research identifies the system variables reflected in monetary terms. Also considering optimal management of operating frequencies, it develops an optimization model for negative externalities.

For development of model's programming software LINGO was chosen. It allows to handle a large amount of information. The software solution determines a value of \$ 48616,04 as the lowest total cost for the operation of the transport system per hour, with an approximate demand of 25188 people. Individual headway considerations are also obtained for each of the routes. The solution considers that 68,18% of the lines must decrease their frequencies in relation to the current operating contract, 22,73% must increase them and 9,09% maintain them.

CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Contextualización del problema

El cantón Ambato, como una ciudad en desarrollo enfrenta graves problemas relacionados con el sistema de transporte público, debido al mal manejo de diversos factores externos que afectan a la movilidad. El transporte urbano dejó de lado la coordinación administrativa como parte esencial del desarrollo, dando origen a la priorización del dinero y olvidando externalidades negativas como; los accidentes de tránsito, el tráfico, la contaminación y el ruido. El transporte debe encaminarse a la sustentabilidad y sostenibilidad, llevando a las externalidades a ser reflejadas en términos monetarios que puedan ser analizados desde una perspectiva costo-beneficio.

Debido a la geografía de Ambato el uso de autobuses de transporte masivo es el principal método de traslado, por lo cual es fundamental otorgar información actualizada sobre el sentir de los usuarios y los costos que implica la movilidad general. La convicción de que las externalidades negativas causan ineficiencias en la asignación de capacidades y recursos, hace necesario sintetizar los aspectos monetarios y los relacionados con la seguridad ambiental. La aplicación de un modelo matemático otorgara un punto de referencia esencial en la búsqueda de una economía de movilidad eficiente, con seguridad social, y conservación del medio ambiente.

1.1.2 Estado del Arte

Las externalidades asociadas con el uso de automóviles en la actualidad son un tema de interés mundial, ya que incluyen la contaminación local y global, la dependencia del petróleo, la congestión vehicular y la vida humana misma [1]. La contaminación, ruido, tráfico y otros factores aún no han sido explícitamente examinados por décadas en la literatura económica, sin embargo, se tiene claro que el crecimiento urbano es un fenómeno importante que tiene lugar en una escala sin precedentes, impactando a la sociedad y el medio en el cual se desarrolla. A mayor crecimiento, aumenta también

la necesidad de movilización haciendo de los vehículos una fuente crucial de externalidades negativas y positivas [2][3].

La discusión de fondo de la idea económica de las externalidades proporciona una visión conceptual del término dentro del marco de la teoría costo–beneficio. Si al estudio del transporte, parte de la estructura urbana, no se le incorporan externalidades en los precios se puede afirmar que se ha asignado implícitamente un valor de cero, un número incorrecto, ya que varios son los efectos que pueden tornarse en valores económicos representativos contrarios al beneficio del uso vehicular [4]. Al inicio de los años ochenta se realizan los primeros estudios de sistemas de transporte masivo, y en la última década se han implantado a las externalidades como puntos clave de estudio.

Los investigadores han aplicado diferentes métodos matemáticos para optimizar el costo del transporte, teniendo en cuenta principalmente el efecto nocivo que este proporciona al medio ambiente por la emisión de gases de efecto invernadero y residuales [5]. Ceder y Wilson y posteriormente Ceder, Golany y Tal, estudian el diseño general de sistemas de transporte desde la arquitectura de las redes, pasando por el análisis de frecuencias para unidades, hasta la asignación de horarios y personal para operar el sistema [6]. Dentro de la temática Baaj y Mahmassani enfocan su estudio en las formulaciones matemáticas del problema de diseño de redes de tránsito (TNDP), buscando configuraciones de rutas de tránsito y frecuencias apropiadas [7].

El transporte abarca un gran porcentaje de la economía mundial, debido a las inversiones de movilidad pública, mantenimiento y construcción de carreteras. El uso de modelos matemáticos aplicados al estudio de frecuencias e itinerarios del transporte fue, es y será experimentado en búsqueda de minimizar efectos dañinos, promoviendo el uso limitado de recursos con calidad de servicio [4].

Ngamchai¹, Lovell y Eranki, han desarrollado modelos matemáticos orientados al subsistema táctico, considerando que en la mayoría de ciudades en desarrollo ya existen redes de transporte que requieren optimizar frecuencia de sus servicios e itinerarios de operación [8][9]. Otros modelos como el desarrollado por Mauttone A. agrupan el diseño general del conjunto de recorridos y valores de frecuencias, en una forma de optimizar los beneficios del usuario y los operadores sintetizando la

información geográfica y demanda [10]. Los autores coinciden en que la aplicación de modelos de optimización del transporte se orienta a disminuir el costo de operación logística y por ende a la reducción de externalidades negativas presentadas en el servicio de movilidad.

Actualmente la Universidad Técnica de Ambato como aliado importante en búsqueda de una movilidad sostenible en la ciudad, desarrolla el proyecto denominado “Impacto socioambiental de las externalidades del transporte público urbano en Ambato. Modelo de optimización” aprobado mediante la resolución 0318-CU-P-2018. El proyecto se asocia a la ardua labor realizada, mostrando puntos de referencia en la búsqueda de una economía eficiente, con seguridad social, y conservación del medio ambiente [11].

1.1.3 Fundamentación Teórica

Ingeniería del Transporte

La ingeniería de transporte abarca diversos tipos de movilidad; área, marítima, ferroviaria y terrestre. En lo que consiste al transporte de carretera, se orienta a la planeación, diseño, ejecución y administración de proyecto orientados a mejorar las vías y los sistemas de transporte públicos. Teniendo claro la concepción integral de la movilidad, con una visión orientadora de la capacidad de acoplarla al ordenamiento territorial y desarrollo urbano, se usan métodos y metodologías que permiten la integración de sistemas de valor al alcance de individuos [12].

Las actividades desarrolladas en el proceso de planeación de transporte urbano, se agrupan en tres subsistemas; el subsistema estratégico se encarga del diseño de la red conjuntamente con la asignación de demandas, el subsistema táctico determina la flota con su frecuencia e itinerarios de servicio, y el subsistema de planificación operacional maneja la asignación de vehículos y operadores [13].

- **Subsistema Estratégico**

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), entidad encargada de implementar el Plan Estratégico de Movilidad del Ecuador (PEM), señala como una de las principales metas la reducción de los tiempos de viaje en el transporte público de pasajeros. También se considera el establecimiento de una política de tarifas y

subsidios con objetivos claros, en la búsqueda bienestar socioeconómico con una aplicación directa a la eficiencia y la efectividad en la utilización de los recursos [14].

En la ciudad de Ambato actualmente está implantado un sistema de transporte, en donde se tiene en cuenta los motivos y demanda de destinos locales para los cuales fue necesario o deseable realizar viajes (rutas). Los terminales de transferencia o en este caso las paradas del sistema están situadas en puntos clave, mismos que permiten el acceso de la población para varias actividades como la educación, el comercio y la actividad laboral.

- **Subsistema Táctico**

Si las rutas ya se encuentran establecidas, para el funcionamiento de un sistema de transporte público se debe contemplar también la adecuación de las frecuencias de la red y coordinación de horarios para el servicio, garantizando así la coherencia del sistema y tiempos de transferencia cortos [15]. Una administración pública del transporte debe orientarse a optimizar recursos, considerando las externalidades, y sin afectar a los beneficios de un transporte a tarifa accesible.

En el caso de la ciudad de Ambato, los vehículos prestan el servicio público con la autonomía de circulación que le da la operación en manos de su propietario, afiliado a una cooperativa que firma un contrato previo con restricciones de horario, pero sin una programación especial por parte de la entidad gubernamental responsable de las rutas. El desafío del transporte público urbano de la ciudad se encuentra en el cálculo de paso de frecuencias de unidades (buses), ya que el mismo debe mantener un equilibrio entre las necesidades demandadas y las ofertas de viaje proporcionadas, aumentando la calidad de servicio y minimizando la cantidad de vehículos.

- **Subsistema de planificación operacional**

La planificación operacional de un Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) es trascendental ya que repercute en la disminución de los tiempos de viaje esperados, impactando en la calidad y el costo del servicio, al aumentar la confianza en sus usuarios, disminuyendo la preferencia a otro tipo de transporte [14].

Normalmente los recursos son manejados por entidades gubernamentales, que en conjunto a sus colaboradores permiten el funcionamiento y desarrollo de sistema, con

vehículos asignados y personas cargo de los mismos. En el caso de transporte público urbano de la ciudad de Ambato al estar manejado por socios de cooperativas, la asignación de unidades y personal se rige estrictamente a políticas empresariales individuales, por lo cual no se considerará un time table programado para cada unidad asociada a la cooperativa.

Costos generados por el transporte

El transporte es un eslabón estratégico para la satisfacción de necesidades sociales y económicas, y justifica el interés de su estudio desde un punto de vista económico. Es necesario notar que los efectos de una acción determinada no siempre están reflejados en los precios de un mercado, el efecto externo de algunas de las variables no depende del propio beneficiario, más bien de un agente externo decisor, creando desigualdad entre costos y valoraciones que afectan a la utilidad de un servicio [1]. Los costos de transporte pueden ser fijos y variables, en la Tabla 1 se observa de una manera más detallada su clasificación.

Tabla 1. Costos del transporte de carretera.

		Costos Fijos	Costos Variables
Costos Privados	Costes Internos	Precio de Adquisición	Combustible
		Permisos de circulación	Impuestos por circulación
		Mantenimiento fijo	Mantenimiento Variable
Costos Sociales o Públicos	Costos Administrativos	Construcción de vías	Mantenimiento Vial
		Planificación	Planes de Movilidad
		Construcción	Iluminación y Seguridad
	Costos Sociales o Externalidades	Biodiversidad y Paisaje	Accidentes
		Ocupación de espacios	Ruido
			Congestión
		Uso de energía	Contaminación Ambiental
Cambio Climático			

Externalidades del Transporte

Los costos sociales o externalidades del transporte pueden ser definidas como decisiones de consumo, que pueden llegar a afectar o beneficiar a terceros, sin que los mismos participen en una acción directa. El transporte urbano posee externalidades positivas y negativas, entre las positivas se destaca la plusvalía del sector al cual transporte urbano tiene acceso, mientras que las externalidades negativas, se

relacionan principalmente con la contaminación y congestión vehicular [2].

En la actualidad el enfoque en las externalidades negativas, y la necesidad de controlarlas, ha generado diversos instrumentos que pueden agruparse principalmente en dos tipos:

- **Regulación:** Se considera a la aplicación de normas técnicas relativas a los vehículos o a los combustibles utilizados en los mismos, teniendo como objetivo la limitación de emisiones de gases dañinos al medio ambiente [16].
- **Instrumentos económicos o de mercado:** Buscan acercar el coste privado al coste social, con el cobro de tarifas individuales que parecen aceptarse de forma a la necesidad de internalizar los efectos externos del transporte, se maneja un punto estricto en el cual no es posible imponer costos a terceros que luego no son compensados [16].

La importancia de las externalidades del transporte terrestre está vinculados principalmente a los accidentes de tránsito, la contaminación del aire, el cambio climático, el ruido y la congestión vehicular.

- **Accidentes de tránsito**

Los accidentes ocasionados por el transporte terrestre son considerados en una de las principales causas de lesiones, discapacidades y muertes en algunos países en desarrollo. La aplicación de normativas como; la limitación de velocidad, la legislación sobre la conducción en estado de embriaguez, la ingeniería de carreteras y las normas de seguridad de los vehículos, han disminuido considerablemente el número de accidentes, aunque es necesario desarrollar diversas estrategias que permitan reducirlos aún más [5].

El costo social que acarrea un accidente de tránsito permite cuantificar los costos directos como son; costos médicos, daños a la propiedad, costos administrativos de juzgados, policías y costos de seguros, pero también permite identificar aquellos costos indirectos como son; los costos por pérdida de productividad asociada a las víctimas; y la productividad de un bien dañado. En 2017 a causa de accidentes de tránsito, se registró un costo social al sistema de transporte de \$ 60218,14, y un costo social total de \$ 2032155,92, al suscitarse 56 accidentes de tránsito en vehículos del transporte

público urbano de Ambato, que dieron como resultado 3 fallecidos, 614 personas con heridas leves y considerables y 200 individuos ingresados al IESS por motivo directo de la emergencia [17].

Una unidad de servicio trabaja con la convicción de un beneficio común, sin embargo, varias condiciones, incluidas las de la carretera, las actitudes de los peatones y los conductores, la combinación de vehículos y otros parámetros relevantes, se relacionan directamente con la presencia del riesgo y la probabilidad de ocurrencia. Se hace necesario controlar el servicio en factores de capacidad y velocidad de circulación planificada para evitar una combinación de vehículos peligrosa en el transcurso de un día.

- **Ruido**

Organismos internacionales han incluido al ruido dentro de los temas ambientales de investigación prioritaria, por su incremento paralelo al aumento de la movilidad urbana. El ruido urbano es un problema, ya que puede causar desde incomodidad, hasta problemas de salud debido a los efectos físicos y psicológicos que ocasiona [16]. El coste social externo de ruido procedente del sistema de transporte se puede cuantificar principalmente por una disposición a pagar (DAP) para la reducción del nivel de ruido, teniendo en cuenta que el ruido aceptable es de 55 dB (A). Se estima que existe una probabilidad de 0,5 de que un individuo promedio esté dispuesto a pagar una cantidad máxima de \$ 19,72 anualmente por la conservación del silencio en la ciudad de Ambato [18].

Con la simple afirmación que con menos unidades de servicio público en un tramo específico se puede disminuir el ruido, es correcto mencionar que la aplicación de frecuencias y tiempos específicos de circulación de unidades, lejos de conformarse como una estrategia administrativa, son la clave de minimización de emisiones sonoras desde la fuente.

- **Congestión Vehicular**

A medida que aumenta el tránsito, se reducen cada vez más la velocidad de circulación, ya que un vehículo al involucrarse en el tránsito experimenta su propia demora, pero simultáneamente aumenta la demora de todos los demás que se encuentran

circulando[3]. Para realizar un análisis de los costos por congestión vehicular se tiene en cuenta la distribución de la ciudad de Ambato y las rutas que manejan las cooperativas de transporte público urbano. El procesamiento y análisis de la información de las condiciones operativas del tránsito vehicular, con la consideración de horarios, generan las características de una red de transporte y las esperas que experimentan los usuarios al utilizar la misma en su traslado [19].

En cuanto al transporte público urbano, es necesario recalcar que la presencia de dos unidades de la misma ruta en el mismo nodo, causa conflictos de fluidez de la circulación vehicular y un desequilibrio en el factor de carga de las unidades, reflejando directamente incomodidad de los pasajeros en su traslado. En el transporte masivo público, como clave para no saturar el sistema es necesario considerar el “headway”, siendo este una medición de distancia o tiempo entre dos vehículos o unidades que cumplen la misma ruta. En la Fig.1 se puede evidenciar la representación del headway.

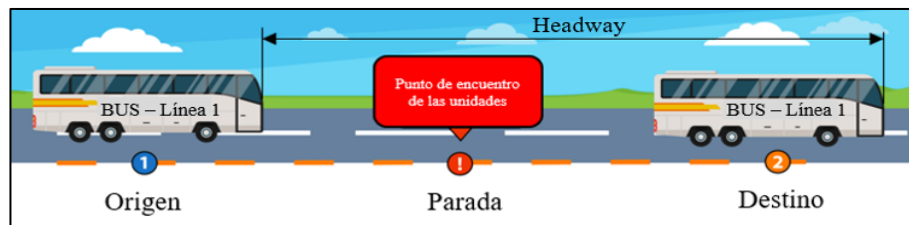


Fig. 1. Representación del headway.

En caso de utilizar un tiempo como headway, se puede afirmar que, si se considera un período específico de funcionamiento de una ruta y se divide este para el headway, se obtendrá la frecuencia de operación de dicha ruta [10].

- **Contaminación del aire y cambio climático**

Un patrón caótico de movilidad urbana, y una mayor demanda de servicios de transporte, hace supuestamente necesaria la presencia de un número mayor de unidades generadoras de emisiones contaminantes. El coste social externo debido a la contaminación del aire y el cambio climático procedente del sistema de transporte por carretera, se construye a partir de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), al ser estos quienes aumentan la temperatura media del planeta, provocando perturbaciones malignas en el clima y en la atmósfera [20]. El transporte de carretera juega un papel fundamental al ser el que consume más del 32% de la energía final,

provocada de la quema de combustibles fósiles [21].

El principal GEI emitido por el transporte es el CO₂, pero también hay otros como el metano (CH₄, N₂O, HFCs, PFCs ó SF₆). Los estudios sobre costes del cambio climático pueden dividirse en tres tipologías: estudios basados en costes de reposición, en valoración contingente y en costos evitados. El tratar sobre costos evitados implica una búsqueda del desarrollo sostenible, reduciendo emisiones, sin embargo, el migrar un sistema completo de transporte público al uso de energías más limpias implica un cambio abrupto que requiere de una elevada inversión [22]. Mediante mejoras en la frecuencia de uso las unidades de transporte público, sin dejar de lado un servicio de calidad se busca controlar el costo en una de las principales fuentes.

En cuanto al costo por mitigación de la contaminación del aire, generada por los buses de transporte público urbano la ciudad de Ambato, se puede mencionar que en recientes estudios se estableció un valor de \$ 16,36 por individuo, de acuerdo con el valor obtenido del análisis de la disponibilidad a pagar DAP. En cuanto a una valoración general del coste social la cantidad se elevaría a \$ 1 190 164,55, valor correspondiente al 0,05% del PIB del cantón Ambato [22].

Redes de Transporte

Las redes de transporte proporcionan un poderoso apoyo visual y conceptual para mostrar las relaciones entre las componentes de un sistema. Se encuentran compuestas principalmente por enlaces y nodos, mismos que son denominados de manera específica; las paradas reciben el nombre de nodos de la red y cada una de las flechas que aparecen entre los nodos, son denominados arcos de red. El arco de un número a otro $1 \rightarrow 2$, puede representarse como un par (1,2) [23]. La Fig. 2 muestra los elementos de un diagrama de red.

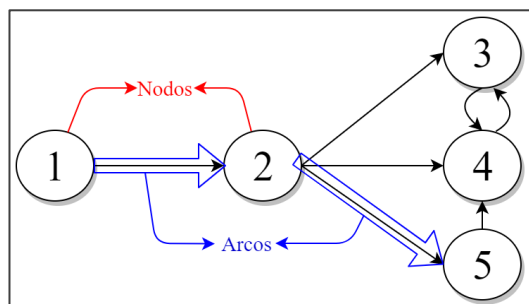


Fig. 2. Elementos de un diagrama de red [23].

Un avance importante ha sido notorio en cuanto a la optimización de redes dentro de la Investigación de Operaciones. Entre los cinco tipos más importantes de resolución de problemas de red se encuentran; el de la ruta más corta, el del árbol de mínima expansión, el del flujo máximo, el problema del flujo de costo mínimo y el método CPM de trueques entre tiempo y costo. Varios de estos modelos de optimización son en realidad tipos especiales de problemas de programación lineal y no lineal [23].

Un modelo debe equilibrar la necesidad de contemplar varios detalles con la factibilidad de encontrar una técnica de solución adecuada, para lo cual la selección de un método depende de las características de los datos del estudio. Al modelar se realizan procesos estructurados de análisis y detección de la relación entre datos, permitiendo el desarrollo o uso de algoritmos específicos con métodos esenciales nombrados anteriormente y mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Métodos de optimización.

Métodos de Optimización	Métodos Clásico	Lineal
		Lineal Entera Mixta
		No Lineal
		Estocástica
		Dinámica
	Métodos Metaheurísticos	Algoritmos Evolutivos
		Búsquedas Heurísticas

Al hablar de optimizar, se busca encontrar una alternativa de decisión que permita mejorar un determinado sistema. Los modelos matemáticos buscan ayudar a establecer mejores políticas y actuaciones respetos a casos específicos de estudio, como es el caso de las externalidades negativas del transporte público urbano de la ciudad de Ambato.

Entre los componentes para el desarrollo de un modelo matemático de optimización, se tienen la función objetivo con el propósito del estudio (maximización o minimización), las variables ya sean estas dependientes o independientes y las restricciones que limitan el modelo [23].

- **Programación lineal**

La común aplicación de la programación lineal, abarca el problema general de asignar de forma óptima los recursos limitados a actividades que compiten entre sí por ellos. Se usa un modelo matemático para describir el problema, con la característica de que

todas las funciones matemáticas del modelo deben ser funciones lineales, involucrando una planeación de actividades detallada para obtener un resultado óptimo. Cualquier problema cuyo modelo matemático se ajuste al formato general del modelo de programación lineal, es un problema de programación lineal [24]. Se muestra un modelo general y sus supuestos básicos.

1. Minimizar o maximizar en la función objetivo:

$$\min(Z) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

$$\max(Z) = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n$$

2. Posee restricciones funcionales con desigualdad en sentido mayor o igual que:

$$a_{1i}x_1 + a_{2i}x_2 + \dots + a_{ni}x_n \geq b_i \quad \text{para todos los valores de } i$$

3. Contiene restricciones funcionales en forma de ecuación:

$$a_{1i}x_1 + a_{2i}x_2 + \dots + a_{ni}x_n = b_i \quad \text{para todos los valores de } i$$

4. Variables de decisión con y sin la restricción de no negatividad:

$$x_j \text{ no esta restringida en su signo} \quad \text{para todos los valores de } j$$

$$x_j \geq 0 \quad \text{para todos los valores de } j$$

En cuanto a símbolos generales a breves rasgos se puede mostrar que:

Z = valor de la medida global de desempeño

x_j = nivel de la actividad j (para $j = 1, 2, \dots, n$)

c_j = incremento en Z que se obtiene aumentando una unidad en el nivel de j

b_i = cantidad de recurso i disponible para asignarse a las actividades i

a_{ij} = cantidad del recurso i consumido por cada unidad de la actividad j

- **Programación no lineal**

La programación no lineal se compone con un tema bastante amplio en la cual se puede definir como objetivo el encontrar $(x = x_1, x_2, \dots, x_n)$ para maximizar o minimizar $f(x)$, sujeta a; $g_i(x) \leq b_i$ (para $i=1, 2, \dots, m$) y $x \geq 0$. Donde $f(x)$ y $g_i(x)$ son funciones dadas de n variables de decisión, suponiendo que estas funciones son diferenciables en todas partes o corresponden a funciones lineales por partes [23].

La diversidad de problemas de programación no lineal depende de las características de las funciones $f(x)$ y $g_i(x)$. Uno de los problemas más comunes se presenta por

elasticidad de precios, en donde la cantidad de un producto que se puede vender tiene relación inversa con el precio que se cobra por él. También pueden surgir no linealidades al considerar que el costo marginal puede variar al producir otra unidad de un producto dado. Igualmente se considera a las restricciones sobre recurso $g_i(x)$, como una no linealidad si el uso del recurso correspondiente no es estrictamente proporcional a los niveles de los respectivos productos [23].

En los sistemas de transporte se debe determinar un plan para el traslado de bienes de un origen a un destino determinado. Con la programación lineal se coloca un precio específico por unidad a trasladar independientemente de la cantidad enviada, sin embargo, al profundizar en el tema se puede notar que este costo no es fijo, ya que varias veces se posee descuentos por grandes volúmenes. En consecuencia, la función no lineal $C(x)$ correspondiente a una función lineal por partes al considerar la variante del costo marginal [23]. En el caso de un sistema de transporte, el costo de enviar bienes de un origen i a un destino j , está dado por una función no lineal $C_{ij}(x_{ij})$, por lo cual la función objetivo a minimizar corresponde a;

$$f(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}(x_{ij})$$

Aun con función objetivo no lineal, se pueden presentar restricciones lineales que se ajusten al modelo.

Modelos de optimización de transporte

El planificar el correcto funcionamiento de unidades de transporte masivo, incorpora análisis estratégicos, tácticos y operacionales, que engloban varios costos a ser considerados. Si bien se promociona al uso del transporte público como opción adecuada para evitar la congestión por vehículos particulares, este debe cumplir con un servicio de calidad mediante la movilización de determinadas unidades en un tiempo establecido.

Dada la cantidad de variantes en un problema de optimización de transporte, se consideran modelos que incorporan entre sus variables de decisión; el costo y estructura de la red, la demanda, las frecuencias de las unidades, y el interés de operadores y usuarios. Los modelos presentados centran su atención en la función

objetivo y las mínimas restricciones requeridas.

- **Modelo Ceder y Wilson (1986)**

Ceder y Wilson desarrollan su trabajo desde la perspectiva del usuario con un sistema que debe cumplir con la demanda, relacionando parámetros como nivel de frecuencia, la cobertura de servicio, y la comodidad del vehículo. Por el contrario, también manejan la perspectiva institucional desde la cual se procura obtener el mayor beneficio económico posible por la prestación del servicio. Los autores presentan un modelo en dos fases, cuya formulación depende una etapa de la otra [10], [25]. En la primera fase se determinan los recorridos y en la segunda las frecuencias. Al enfocarse la presente investigación en optimizar las externalidades, sin manipular mayormente el sistema, se presenta la formulación propuesta para la función objetivo y las restricciones de la segunda fase:

$$\min(Z) = a_1 \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} (tv_{ij} - t_{ij}^*) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n tt_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n te_{ij} \right) + a_2 \sum_{r_k \in R} f_k t_k$$

Sujeto a;

$$\frac{tv_{ij}}{t_{ij}^*} \leq 1 + \alpha_{ij} \quad \forall r_k \in R$$

$$t_{min} \leq t_k \leq t_{max} \quad \forall r_k \in R$$

$$|R| \leq r_{max}$$

$$f_k \geq f_{min} \quad \forall r_k \in R$$

$$\sum_{r_k \in R} f_k t_k \leq W_{max} \quad \forall r_k \in R$$

$$R \subseteq \Omega$$

$$f_k \in \mathbb{R}^+$$

Donde:

d_{ij} , cantidad de viajes demandados por unidad de tiempo desde el nodo i hacia j

tv_{ij} , tiempo de viaje en vehículo del nodo i al nodo j

t_{ij}^* , tiempo del camino más corto entre los nodos i y j

tt_{ij} , tiempo de transbordo percibidos por los usuarios que viajan de i a j

f_k , frecuencia de buses (pasadas por unidad de tiempo) operando en el recorrido r_k

t_k , duración total (ida y vuelta) del recorrido r_k

te_{ij} , tiempo de espera percibido por los usuarios que viajan de i a j

a_1 y a_2 , reflejan los coeficientes para la conversión de unidades entre los diferentes objetivos

f_{min} , corresponde al valor mínimo establecido para las frecuencias

W_{max} , es un valor establecido para los buses operando en forma simultánea (flota)

α_{ij} , se interpreta como el desvío máximo permitido para el tiempo de viaje en vehículo, de los pasajeros que viajan de i a j en la solución R , con respecto al tiempo del camino más corto entre i y j en la red

t_{min} y t_{max} , son duraciones de recorridos mínima y máxima respectivamente

r_{max} , es un valor que indica una máxima cantidad de recorridos en la solución R

Las dos fases del modelo hacen posible su flexibilidad y aplicabilidad, teniendo en cuenta consideraciones operacionales de un sistema complejo [6].

- **Modelo de Baaj y Mahmassani (1991)**

El modelo usa el análisis TRUST (Transit Route Analyst) y el algoritmo de mejora de ruta (RIA) son aplicados de forma que se propone minimizar costos en una combinación de objetivos de usuarios y operadores. Se considera la minimización de los tiempos de viaje (espera, en vehículo y transbordo) para todo par de nodos (i, j) de la red G . Se usa coeficientes de ponderación para realizar la conversación de unidades, priorizando a los clientes representados por la cantidad de buses necesarios para cubrir todos los recorridos de R con una cantidad determinada frecuencias [7], [10]. La formulación es:

$$\min(Z) = a_1 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij}(tv_{ij} + te_{ij} + tt_{ij}) + a_2 \sum_{r_k \in R} f_k t_k$$

Sujeto a;

$$f_k \geq f_{min} \quad \forall r_k \in R$$

$$LF_k = \frac{\phi_k^*}{f_k CAP} \leq LF_{max} \quad \forall r_k \in R$$

$$\sum_{r_k \in R} f_k t_k \leq W_{max}$$

$$R \subseteq \Omega$$

$$f_k \in \mathbb{R}^+$$

Donde:

LF_k es el factor de carga o utilización crítica en el recorrido r_k

Φ_k^* es el máximo flujo por arco en el recorrido r_k

CAP es la capacidad de pasajeros sentados en una unidad (bus)

LF_{max} es el máximo factor de carga permitido

El modelo proporciona un enfoque de desarrollo continuo y mejora a través de la inclusión de conocimientos adicionales y construcciones algorítmicas propias. Se busca la mejora de rutas adicionales y realizar pruebas computacionales extensas previas a la implantación de sistemas extensos [7].

- **Modelo de Ngamchai y Lovell (2003)**

Se plantea un modelo mediante simplificaciones asumidas por coeficientes en relación dinero por unidad de tiempo. Igualmente se maneja la asignación todo o nada que permite satisfacer la demanda, sin elevar los costos del sistema. Los componentes del modelo y mejora están bien identificados; en la construcción de la población se utiliza una estimación inicial, armando la matriz de demanda origen-destino. Posteriormente se generan los recorridos, adicionando, sustrayendo y seleccionando puntos de transbordo para de esta forma proceder a la aplicación del algoritmo [8], [10]. La formulación propuesta es:

$$\min(Z) = \frac{2C_v}{V} \sum_{k=1}^R \frac{d_k}{h_k} + \frac{\gamma_v}{V} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N q_{ij} D_{ij} + \frac{\gamma_w}{2} \sum_{k=1}^R \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N q_{ij} \alpha_{ijk} h_k$$

Sujeto a;

$$R \subseteq \Omega$$

$$f_k \in \mathbb{R}^+$$

Con la hipótesis de asignación todo o nada se puede derivar una expresión para el headway, de tal modo que será representado como:

$$h_k \geq \min \left\{ \sqrt{\frac{4 d_k C_v}{V \gamma_w \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m q_{ij} \alpha_{ijk}}}, h_{max} \right\}$$

Donde:

R representa al conjunto de líneas, N el conjunto de nodos, Ω_k el conjunto de arcos por los que circulan los buses de la línea k y r_k al conjunto de rutas que deben ser coordinadas con el recorrido de la línea k .

Dentro de los coeficientes de costo presentados y valores establecidos para el modelo se tiene:

C_v , costo de operación de una unidad (bus) por hora

γ_v , coeficiente que refleja el valor subjetivo de los usuarios por el tiempo de viaje en vehículo

γ_w , coeficiente que refleja el valor subjetivo del tiempo de espera percibido por los usuarios

V , velocidad promedio de los buses en la red

d_k , longitud del recorrido de la línea k

D_{ij} , longitud del camino más corto de un conjunto de rutas factible entre el origen i y el destino j

$Q = \{q_{ij}\}$ Las demandas de origen-destino pueden representarse como una matriz simétrica Q donde q_{ij} es la demanda de pasajeros desde el origen i hasta el destino j . Las entradas diagonales son 0 y si $i \neq j$ siempre se evidenciara que $q_{ij} = q_{ji}$. Se asume que los usuarios elegirán la ruta a su destino, basándose en el camino más corto, al ser considerada una velocidad constante del sistema

h_k , headway de la ruta manejada por la línea k

α_{ijk} , es igual a 1 si el flujo $i - j$ comienza su ruta en la línea k , o si es transferido a la misma, 0 en caso contrario.

- **Modelo de Fan y Machemehl (2004)**

Este modelo se basa en el modelo de Baaj y Mahmassani, y agrega el término de demanda no satisfecha a la función objetivo. Se aumentan restricciones relacionadas con la frecuencia máxima, la máxima duración de un recorrido, y máxima cantidad de recorridos [10]. La formulación es la siguiente:

$$\min(Z) = a_1 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} t_{ij} + a_2 \sum_{r_k \in R} f_k t_k + a_3 D_{NS} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij}$$

Sujeto a;

$$f_{min} \leq f_k \leq f_{max} \quad \forall r_k \in R$$

$$LF_k = \frac{\phi_k^*}{f_k CAP} \leq LF_{max} \quad \forall r_k \in R$$

$$\sum_{r_k \in R} N_k \leq W_{max}$$

$$t_{min} \leq t_k \leq t_{max} \quad \forall r_k \in R$$

$$|R| \leq r_{max}$$

$$R \subseteq \Omega$$

$$f_k \in \mathbb{R}^+$$

Donde:

D_{NS} , es la proporción del total de la demanda no satisfecha

ϕ_k^* , flujo crítico del recorrido r_k

LF_{max} , factor de carga

N_k , cantidad de buses necesarios para operar en cada recorrido r_k

El algoritmo parte de un conjunto de recorridos candidatos, a partir del cual se selecciona un subconjunto que constituye la solución inicial. Genera un conjunto de recorridos con gran carnalidad enfocándose en los recorridos mínimos.

En la Tabla 3 se presenta un resumen con las principales características de los modelos mostrados.

Tabla 3. Modelos de optimización de transporte y sus características

Modelo	Nivel	Objetivos	Consideraciones
Ceder y Wilson (1986)	Estratégico	Determinación de recorridos óptimos	Diferencia entre tiempos reales y óptimos de viaje, espera y transbordos
	Táctico	Establecimiento de frecuencias	
Baaj y Mahmassani (1991)	Táctico	Minimización del tamaño de la flota	Tiempos de viaje, espera y transbordos
Ngamchai y Lovell (2003)	Táctico	Optimización de frecuencias	Demanda, costo de operación, headway y distancia entre nodos
Fan y Machemehl (2004)	Estratégico	Mejor diseño de rutas	Considera el número de unidades y el flujo crítico entre orígenes y destinos
	Táctico	Mejores frecuencias	

Modelos y modelado

Si bien un modelo es una representación matemática simplificada de un problema complejo, también debe poseer un equilibrio los detalles requeridos en el modelo y las técnicas de solución posibles para desarrollarlo. En el caso de modelos de optimización, para su desarrollo y documentación, es necesario considerar varias etapas [24].

- **Identificación del Problema**

En esta etapa se recolecta información sobre la problemática existente, permitiendo la definición de recursos y elementos en términos concretos que puedan ser representados por ecuaciones matemáticas. Los datos obtenidos en esta etapa son de vital importancia, ya que determinarán el realismo y la aplicabilidad de las soluciones encontradas.

- **Especificación matemática y formulación**

Se compone la escritura matemática del problema, con sus respectivas ecuaciones, variables, parámetros, función objetivo y restricciones. También se analiza el tamaño y tipo de problemática, teniendo en cuenta que el tamaño podría variar de acuerdo a la evolución del código de optimización.

- **Resolución**

Se trata de la implementación misma del algoritmo, con diferentes métodos de solución. Se puede encontrar una solución suficientemente satisfactoria.

- **Verificación y validación**

Se maneja principalmente con la eliminación de errores en la codificación, depurando y verificando datos sin cambiar la estructura del modelo planteado. Es necesario comprobar la validez de las simplificaciones y es posible también abordar el refinamiento matemático, de modo que se obtenga una formulación del problema más eficaz

- **Interpretación y análisis de resultados**

En esta etapa se proponen soluciones, dando a conocer a detalle el comportamiento del modelado. El desarrollo de un análisis de sensibilidad y verificar los escenarios posibles, permitirá detectar soluciones alternativas suficientemente atractivas.

Software para modelos de optimización

Actualmente se manejan varias alternativas de software específicos para modelos de optimización y resolución de problemas en la Investigación de Operaciones. Normalmente en problemas complejos es necesario el manejo de lenguajes algebraicos de modelado, por la fácil de indexación de variables y ecuaciones, que permiten cambiar sin dificultad las dimensiones del modelo. Entre los programas para resolución de modelos optimización más conocidos, se puede mencionar a; AMPL, CEPLEX /MPL y LINGO [23].

- **AMPL**

El sistema AMPL (A Mathematical Programming Language) es una herramienta de modelado sofisticada, que promueve un desarrollo rápido y resultados confiables, en todo el ciclo de vida del modelado de optimización: desarrollo, prueba, implementación y mantenimiento. Usa datos de optimización, variables, objetivos y restricciones; mediante un lenguaje de comandos para explorar modelos y analizar resultados. Posee un amplio soporte para conjuntos y operadores de conjuntos, otorgándole una gran flexibilidad, con una síntesis general y natural para expresiones aritméticas, lógicas y condicionales. Igualmente posee funciones de programación no lineal con valores primarios y duales [26].

Maneja un entorno de comando interactivo con varias opciones de procesamiento, incluyendo bucles y comandos if-then-else. AMPL está disponible para muchos sistemas operativos de 32 y 64 bits, incluyendo Linux, Mac OS X, algunos Unix y Windows. La licencia de un usuario AMPL permite que el producto se ejecute en cualquier número de procesos simultáneos, en una computadora designada por un usuario designado y un ID de usuario. No es permitido compartir el ID de usuario, ya que está expresamente prohibido por el acuerdo de licencia. El costo del paquete con una licencia estándar de uso individual es de \$ 4000,00, sin embargo, se puede acceder a la lista de precios académicos que posee todas las funciones sin límites arbitrarios a un valor de \$600,00 [26].

En cuanto a interoperabilidad, AMPL se compone como una herramienta de fácil acceso ya que permite involucrar la adquisición de datos con un direccionamiento a varios programas entre esos los incluidos en el paquete de Microsoft Office. En cuando

a la eficiencia podemos recalcar que AMPL con la ayuda de solvers específicos y gratuitos como; CPLEX, GUROBI, KNITRO y MINOS llega a realizar modelos matemáticos de todo tipo con una rapidez y utilización de recursos impecable [27]. AMPL es bien conocido por la naturalidad de su sintaxis y una interfaz sencilla que permite la programación de grandes modelos. En la Fig. 3 se aprecia su interfaz principal en conjunto con la pantalla que se otorga al correr un modelo.

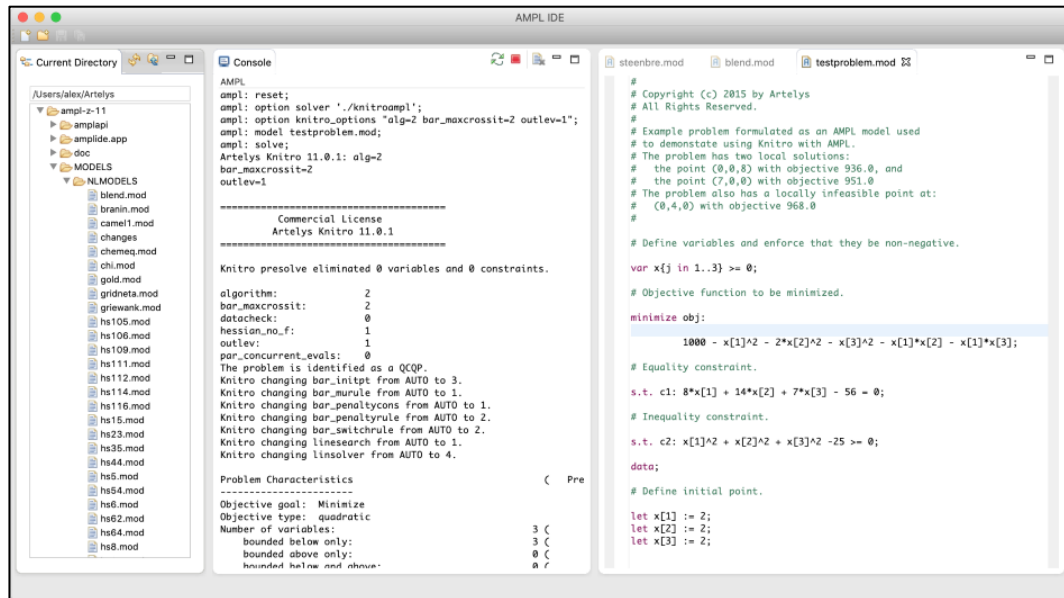


Fig. 3. Interfaz del sistema AMPL [26].

- **GAMS**

GAMS (General Algebraic Modeling System) fue el primer sistema de software en combinar el lenguaje del álgebra matemática con los conceptos de programación tradicionales, logrando resolver eficientemente problemas de optimización. Al pasar de los años se ha diseñado para modelar y resolver problemas lineales, no lineales y de optimización entera mixta, con un lenguaje de modelización sencillo, en el cual el usuario puede escribir en un editor la formulación del modelo matemático, y luego aplica un solver para desarrollar completamente el modelo. GAMS ofrece facilidades de escribir un modelo independientemente de los datos e incluir datos de varias fuentes, como ASCII, Excel o Access, generando una alta libertad de operación y óptima interoperabilidad [28].

GAMS utiliza solvers complementarios como; CPLEX, LINDO, y MINOS. Las licencias se basan en el número de usuarios requeridos, y su valor de adquisición

empresarial varía entre los \$3200,00 y \$ 12800,00 con restricciones en el número de variables manejadas. Para la academia GAMS cuenta con el paquete de GAMS/LINDO a un costo de \$1920,00 en el cual no existe un limitante por variables de operación [28].

Los modelos son totalmente portátiles entre plataformas. Un modelo puede ser escrito una vez y ser ejecutado en Windows, Linux, Mac OS X, SOLARIS, Sparc Solaris e IBM Power AIX. GAMS ofrece la opción de plantillas modelo para el desarrollo de problemas de manera sencilla. En la Fig. 4 se puede apreciar la interfaz general que maneja el software.

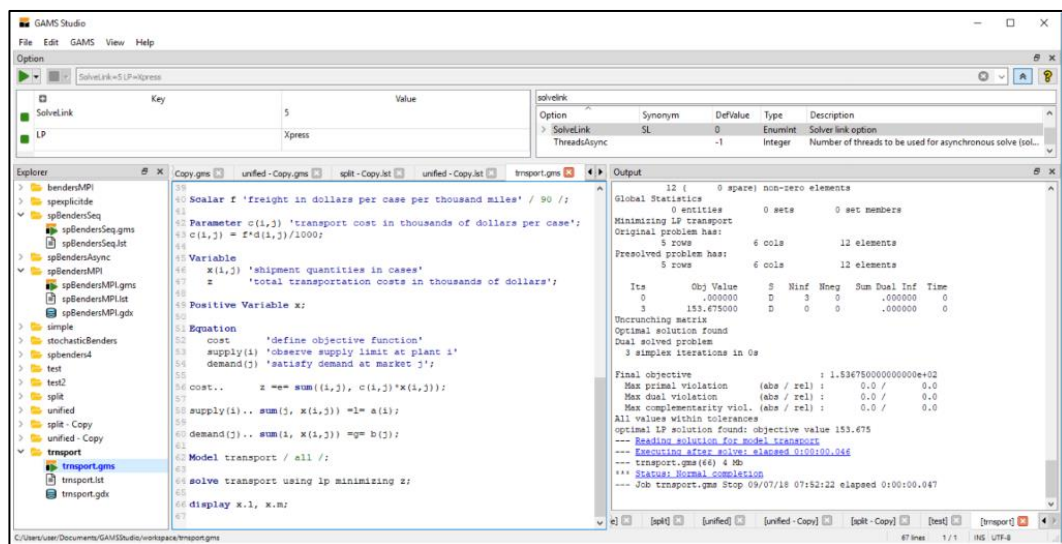


Fig. 4. Interfaz del sistema GAMS [28].

- **LINGO**

LINGO (LINEar Generalize Optimizer) es una herramienta diseñada para la construcción y resolución rápida, fácil y eficiente de modelos de optimización lineal, no lineal, cuadrático, enteros, entre otros. Su ventaja principal se da al permitir expresar modelos de una manera directa e intuitiva usando sumas y variables suscritas o la interoperabilidad que permite crear modelos al extraer información directamente de bases de datos y hojas de cálculo. Los problemas en LINGO son expresados en menos de una sola página de forma eficiente, con una serie de restricciones similares escritas en una sola declaración compact que permite un manejo global de forma sencilla [29].

LINGO posee una amplia gama de solucionadores integrados, mismos que permiten una formulación y selección automática, orientada siempre a la búsqueda de la mejor solución independiente del tipo de modelo. No es necesario cargar solucionadores por separado ya que LINGO seleccionara el adecuado y lo procesara para obtener la solución óptima. Su interfaz es sencilla y bastante intuitiva lo que permite desarrollar modelos con versatilidad, sin dejar de lado la eficiencia [29].

LINDO Systems para LINGO ofrece dos tipos de licencias; las licencias estándar apropiadas para uso individual, comercial y gubernamental tienen un valor de \$4995,00 sin restricción en la cantidad de variables y las licencias educativa con las mismas características a un valor de \$1195,00 [29]. La Universidad Técnica de Ambato cuenta al momento con una licencia educativa para el desarrollo de proyectos en el área de Investigación de Operaciones. En la Fig. 5 se ve la interfaz de LINGO.

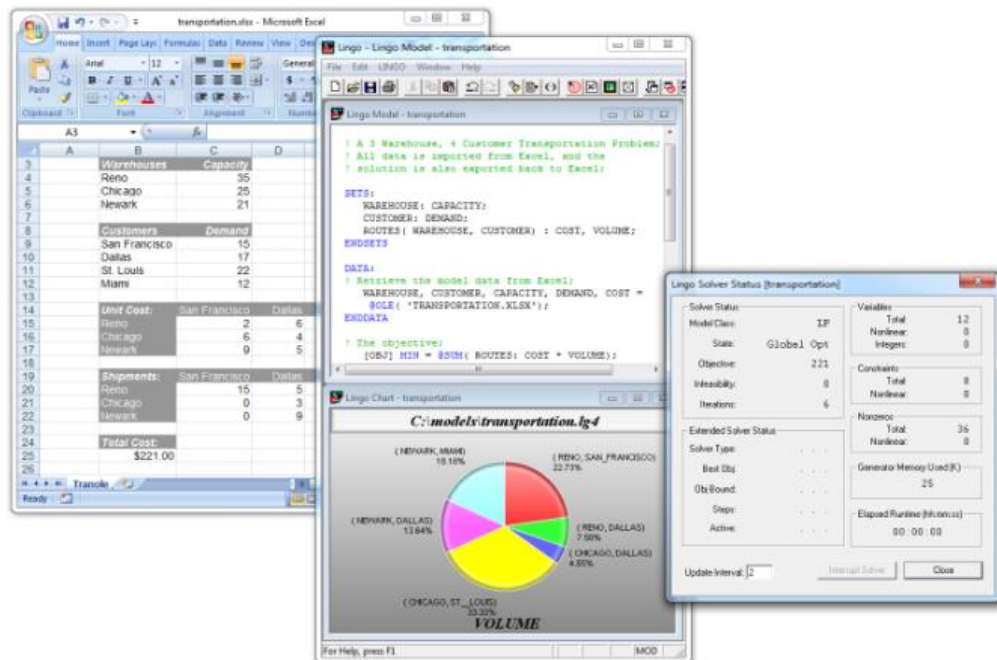


Fig. 5. Interfaz de LINGO [29].

Selección del software para modelos de optimización

Para seleccionar el software a utilizar por la variedad y características existentes, se hace necesario la aplicación de un proceso de toma de decisiones. Método matemático cuantitativo que permitirá argumentar la decisión tomada de acuerdo a la finalidad con la cual va a ser utilizado el programa. En el proceso de toma de decisión se requiere; definir el problema, identificar las alternativas, determinar los criterios, evaluar las

alternativas y elegir una de las opciones propuestas.

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) dentro de la toma de decisiones, permite otorgar valores cuantitativos a factores subjetivos (sentimientos, ideas, emociones, etc.). El AHP presenta una robustez conceptual y matemática, al aplicarse mediante matriz de comparaciones paritarias entre alternativas [30].

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

En la matriz A, a_{12} representa la importancia relativa entre la alternativa 1 y 2, mientras que a_{1n} representa dicha importancia entre las alternativas 1 y n, afirmando así que la matriz A se compone como una matriz recíproca, en donde los valores en la parte superior de la diagonal principal son recíprocos para los valores de debajo de la misma [30]. En la Tabla 4. se representa la importancia de las alternativas utilizando la escala de puntuación desarrollada en la década de 1970 por el Dr. Thomas Saaty, para reflejar la forma en que las personas realmente piensan.

Tabla 4. Escala de ponderación aplicada al método AHP

Significado	Ponderación
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible.	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

El proceso de toma de decisiones puede ser desarrollado por Expert Choice, software especializado que permite implementar modelos de decisión multicriterio, y cuya evolución a través de los años, lo han convertido en una herramienta analítica poderosa, que incorporar tanto factores cualitativos y cuantitativos, que permiten dar prioridad a los objetivos, evaluar alternativas y alinear las metas. Expert Choice posee una interfaz básica en la cual se define la meta, se adicionan los criterios y las

alternativas, para desarrollar el cálculo de prioridades y obtener una elección de la alternativa más valorada respecto a niveles jerárquicos, teniendo en cuenta un índice de inconsistencia aceptable (menor al 10%). Expert Choice combina herramientas de equipo colaborativo y técnicas matemáticas comprobadas, con un proceso que permite: la complejidad de la estructura, medir la importancia de objetivos y alternativas en competencia, sintetizar información y realizar análisis hipotéticos y de sensibilidad. El software es intuitivo, está estructurado de una manera fácil de usar. Al final del proceso, las decisiones son plenamente conscientes de cómo y por qué se tomó la decisión, con resultados significativos, fáciles de comunicar y procesables [31]. En la Fig.6 se puede evidenciar la interfaz de Expert Choice.

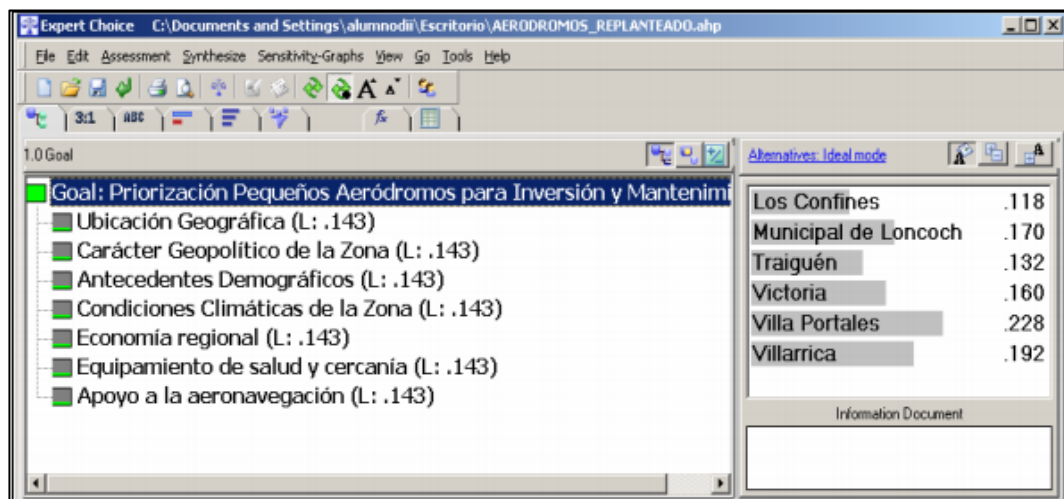


Fig. 6. Interfaz de Expert Choice [32].

1.2 Objetivos

Objetivo general

Experimentar un modelo de optimización para las externalidades negativas del servicio de transporte público urbano de la ciudad de Ambato.

Objetivos específicos

- Identificar las variables requeridas para la representación de las externalidades socioambientales del transporte público urbano de la ciudad de Ambato.
- Plantear un modelo de optimización para las externalidades negativas aplicado al transporte público urbano de la ciudad de Ambato.
- Implementar en un software el modelo matemático planteado.

CAPITULO II.- METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Microsoft Excel

Excel es conocida como la hoja de cálculo incorporada dentro del paquete Microsoft Office, pensada para realizar trabajos diversos, que permite realizar numerosas operaciones, pero también facilitar muchos trabajos como la; elaboración de gráficos y tablas, creación de calendarios, informes detallados, etc. Posee una interfaz rápida y efectiva, que permite realizar tareas de forma práctica y sencilla, reduciendo tiempos de trabajo y organizando la información de manera efectiva [33].

Excel a lo largo de sus versiones incorpora más aditamentos que lejos de convertirlo en un software complicado, lo componen como una herramienta de acceso fácil con la funcionalidad integrada a la obtención y transformación de los datos, para sintetizar información en un solo lugar. Claramente la principal ventaja de Excel es la facilidad para desarrollar la clasificación y el registro de datos, de tal modo que en la presente investigación será utilizada para incorporar toda la información de las rutas de transporte [33]. Se usa la herramienta de Excel incorporada en el paquete de Microsoft Office Professional Plus 2019, misma que posee nuevas funciones, elementos visuales mejorados y facilidades en el uso compartido de información.

2.1.2 Expert Choice

Expert Choice es un software específico para llevar a cabo el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Cuando los elementos de una decisión son difíciles de cuantificar o comparar se requiere de un soporte modelado que permita seleccionar la mejor opción. El software usa características cuantitativas y cualitativas, haciendo posible combinar la experiencia e intuición, otorgando información valiosa que se permite priorizar opciones para llevar a cabo la selección [31].

En la presente investigación Expert Choice es utilizado para seleccionar la mejor opción de software, para programar el modelo matemático de optimización, teniendo en cuenta que las características del modelo pueden variar durante su ejecución, y que es necesaria la flexibilidad e interoperabilidad de los datos, para una programación clara y sintetizada.

2.1.3 LINGO

Para la programación del modelo matemático de optimización se tuvo que elegir entre tres programas diferentes, que poseen características específicas de eficiencia, interoperabilidad, facilidad de adquisición e interfaz. Posterior a un análisis de los criterios se obtuvo que la mejor opción para programar el modelo es el software LINGO. Esta investigación usa la versión de LINGO 10.0, correspondiente a una licencia educacional con variables ilimitadas.

LINGO es una aplicación capaz de resolver modelos de programación matemática, cuyos documentos poseen extensión .lg4 perteneciente al archivo en el cual está escrito el modelo, y documentos con extensión .lgr en los cuales se escribe la solución. En la Fig. 7 se pueden visualizar las características de la versión de LINGO instalada para el desarrollo del proyecto.

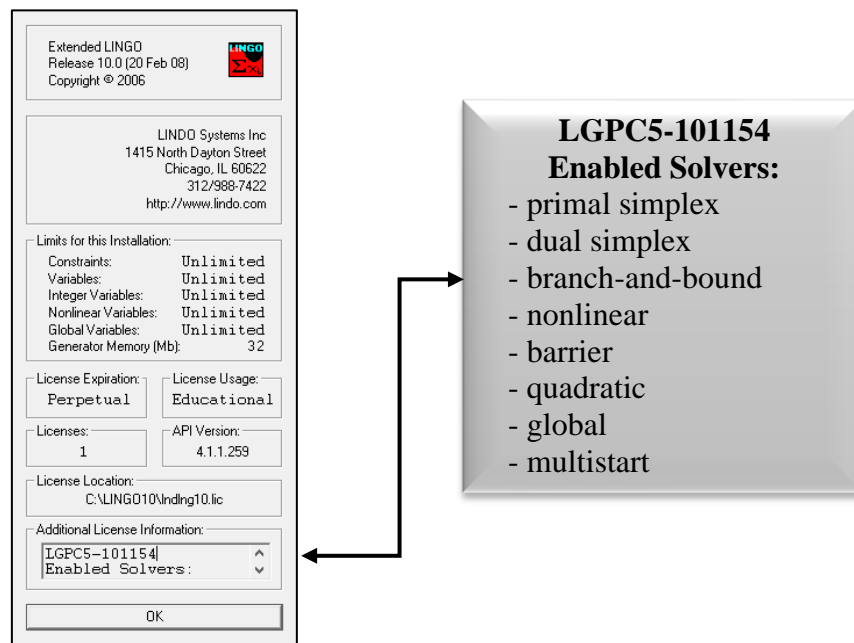


Fig. 7. Características de la licencia LINGO

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación

Investigación bibliográfica

También llamada investigación documental, ya que proporciona el conocimiento de las investigaciones ya existentes de un modo sistemático, a través de una amplia búsqueda de información, conocimientos y técnicas sobre el tema tratado. Los estudios previamente realizados facilitan la visión general de la problemática otorgando el conocimiento previo al investigador. Será aplicada para fundamentar teóricamente el proyecto y desarrollar una guía de trabajo que permita la elaboración del mismo.

Investigación Aplicada

Esta investigación se desarrollará con un tipo de metodología denominada proyecto de investigación y desarrollo, debido a que se buscará aprovechar y aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, con el fin de buscar soluciones teóricas dando respuesta a preguntas específicas, del problema identificado en el costo de las externalidades negativas del servicio de transporte público urbano de la ciudad de Ambato. El modelo de optimización busca dar una utilidad práctica a los conocimientos que se han obtenido durante la investigación, mejorando el trato que se da a las diversas variables.

Investigación Experimental

La investigación experimental se orienta a la manipulación de una o más variables de estudio para controlar el aumento o disminución de su efecto. El objetivo de esta investigación es experimentar un modelo de optimización para externalidades negativas del transporte, por lo cual se desarrolla las distintas etapas que darán origen al experimento.

Con el conocimiento necesario de la problemática analizada, se definen el objetivo del experimento y se procede con la identificación de todas las posibles fuentes de variación, incluyendo las unidades en las cuales se experimenta. En la etapa de recolección y análisis, se organiza y trata toda la información obtenida para que pueda ser descrita, analizada e interpretada. Paralelamente se plantea la relación de las

variables en términos empíricos dentro de la función objetivo del borrador del modelo matemático y las restricciones que lo limitan.

Con la ejecución de un modelo piloto se identificarán los problemas no esperados en el proceso de recogida de datos y representación de coeficientes válidos para las externalidades. Realizando las adecuaciones necesarias, como resultado se presentará un modelo matemático ajustado a la realidad, en el cual se indica la relación existente entre la variable respuesta y las principales fuentes de variación identificadas, permitiendo evidenciar la causalidad de las externalidades negativas en el costo general del transporte público urbano de Ambato.

2.2.2 Población y muestra

Por consideraciones propias del estudio, se tomará como población y muestra a las cooperativas responsables de prestar el servicio de transporte público urbano del cantón Ambato. Las cinco operadoras de transporte; Tungurahua, Unión, Jerpazol, Libertadores y Vía Flores desarrollan sus labores en 21 rutas diferentes, mismas que serán analizadas individualmente.

2.2.3 Recolección de información

Se evidencia que existe limitada información acerca de modelos de optimización para los impactos negativos generados por el sistema de transporte en la ciudad de Ambato, de tal modo que se procede a identificar las externalidades significativas, entre las cuales se tienen: accidentes, contaminación del aire, el cambio climático, el ruido y la congestión vehicular. Realizando una investigación documental para el conocimiento de las características de dichas externalidades se obtienen datos representativos de las mismas, que serán incluidos en el modelo de optimización.

Se considera también la recolección de información correspondiente al sistema de transporte público urbano de la ciudad de Ambato. Se verifican rutas, nodos, arcos y unidades disponibles para prestar el servicio. El diagnóstico general del sistema de transporte se levanta teniendo en cuenta los Anexo 2 y 3, en los cuales se evidencia un ejemplo de los contratos de operación firmados con cada una de las cooperativas y las rutas establecidas que maneja cada línea. La información será levantada mediante una base de datos que permita su disponibilidad inmediata y clara visualización.

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

En base a la información recolectada sobre las externalidades y mediante una estrategia de análisis se permite presentar a las variables como datos numéricos, pertinentes a ser sintetizados en un modelo de optimización con sus respectivas restricciones. Una vez el algoritmo ha sido programado en un software apropiado, se puede experimentar el modelo logrando obtener características de operación del sistema que permitan la minimización de costos en la movilidad pública urbana de Ambato. Si bien los datos que limitan al modelo con considerados una variable independiente impactan en el resultado bajo un conjunto dado de suposiciones, por lo cual se desarrollara el análisis de sensibilidad que permite predecir el resultado de una decisión dado un cierto rango de cambio.

2.2.5 Desarrollo del Proyecto

Para el desarrollo del proyecto de investigación se realizan las siguientes actividades:

- Estudio teórico de externalidades negativas del transporte urbano público de la ciudad de Ambato.
- Estudio de modelos matemáticos de optimización, programación lineal entera y mixta.
- Adecuación de las variables para el desarrollo del modelo matemático.
- Vincular las variables del estudio de externalidades negativas en las unidades correspondientes.
- Establecer las restricciones necesarias para el modelo.
- Plantear el modelo de optimización para las externalidades negativas.
- Seleccionar el software apropiado para la optimización del modelo matemático.
- Desarrollar el modelo matemático en el software seleccionado.
- Realizar un análisis de sensibilidad que permita evidenciar el comportamiento de las variables.
- Analizar los resultados obtenidos

CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

3.1.1 Levantamiento de información general del sistema de transporte

Transporte público urbano en la ciudad de Ambato

El transporte público se considera un servicio estratégico, así como la infraestructura y equipamiento auxiliar que se utilizan en la prestación del servicio. Las rutas y frecuencias a nivel nacional son de propiedad exclusiva del Estado, las cuales podrán ser comercialmente explotadas mediante contratos de operación [34].

En Ambato el sistema de transporte tiene un enfoque global a través del cual los diferentes elementos como instalaciones fijas y vehículos, trabajan de forma conjunta para producir efectos acumulados positivos, mediante la prestación del servicio de movilidad eficiente y de fácil acceso [34]. La acción de trasladarse de un lugar a otro por una tarifa determinada, conlleva diversos procesos de integración continua;

- Administración a nivel institucional
- Aspectos económicos del sistema y las tarifas de cobranza
- Aspectos operativos (conectividad e información)
- Integración urbana (congruencia del urbanismo)
- Aspectos socio-ambientales (movilidad sostenible)

Toda ciudad promueve y acoge múltiples desplazamientos de sus habitantes, en patrones de movilidad. Hoy en día se ve el invertir en el transporte como una prioridad de desarrollo, sin embargo, esto se ve complejizado gracias al acelerado crecimiento urbano. Existen elementos de la ciudad que influyen y traen consecuencias, beneficios o costos indirectos e indirectos, en más de un ámbito y en diferentes escalas. El transporte público urbano está diseñado para disminuir la contaminación ambiental y la congestión, al evitar una mayor presencia de automóviles, motos y motonetas [35].

El Plan Maestro de Movilidad y Transporte del Cantón Ambato está ligado al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, que mediante acciones individuales se orienta a conseguir una movilidad eficiente que maximice los beneficios a los usuarios del sistema de transporte en su conjunto. En cuanto al medio ambiente se promueve que el sistema de movilidad disminuya la contaminación global, mediante una menor emisión de gases y reduciendo el ruido. Se respetarán también las áreas residenciales y se incentivara a la movilidad pedestre y en bicicleta, mejorando los espacios peatonales [36].

El Plan Maestro de Movilidad y Transporte con el objetivo de la interconexión total de la ciudad, la sectoriza dividiéndola en 30 puntos claves a nivel urbano como se evidencia en la Tabla 5.

Tabla 5. Descripción de los puntos sectorizados [36].

N#	Descripción	N#	Descripción	N#	Descripción
1	Plataforma 1	11	Constantino Fernández	21	Montalvo
2	Plataforma 2	12	San Bartolomé de Pinllo	22	Totoras
3	Plataforma 3	13	Ambatillo	23	Picahiuia
4	Plataforma 4	14	Quisapincha	24	Píllaro
5	Plataforma 5	15	San Fernando	25	Cantones Orientales
6	Huachi Grande Urbano	16	Pilahuin	26	Cantones Sur
7	Cunchibamba	17	Pasa	27	Provincias Norte
8	Unamucho	18	Juan Benigno Vela	28	Provincias Oriente
9	Atahualpa	19	Santa Rosa	29	Provincias Sur
10	Agusto Martínez	20	Huachi Grande Rural	30	Provincias Costa-Sur

Ambato como se evidencia en la Fig.8 está localizado en el centro de la región interandina del Ecuador, y es el cantón tungurahense con mayor densidad poblacional, cuenta con una amplia red de autobuses que abarcan todos los rincones de su área metropolitana, sin embargo, debido a la geografía del centro de la ciudad la contaminación, congestión vehicular, y el ruido son un problema a tratarse, y ya que los buses conforman el sistema masivo de transporte deben ser controlados y regulados, para prestar un servicio de calidad, considerando el plan de ordenamiento territorial que en su sección primera, establece:

- **Plataforma 1.-** La componen los sectores de Miraflores, La matriz, San Francisco, La Merced e Ingahurco.

- **Plataforma 2.-** Área ubicada entre la ribera occidental del Río Ambato, las estribaciones bajas y laderas de la cordillera de Tusaló, Pinllo, Inapisí, que se extienden longitudinalmente formando una estrecha franja de baja pendiente desde Ficoa hasta el puente curvo de la avenida Indoamérica.
- **Plataforma 3.-** Corresponde a la altiplanicie sur oriental más alta de la ciudad que se extiende a partir del talud de la plataforma 1 hacia Huachi Grande y se abre entre las laderas del Casigana y las de Pishilata.
- **Plataforma 4.-** La tendencia de ocupación en torno de los corredores urbanos como el de la carretera Panamericana Norte y las vías de interconexión con las parroquias de Izamba, Martínez y Atahualpa promueven el proceso de conurbación que identifica al área comprendida entre las cabeceras parroquiales citadas y los sectores de: laderas de San Luis, Macasto, EL Pisque, Yacupamba y Quillán Loma.
- **Plataforma 5.-** La comprenden los sectores de la Península y Catiglata baja.

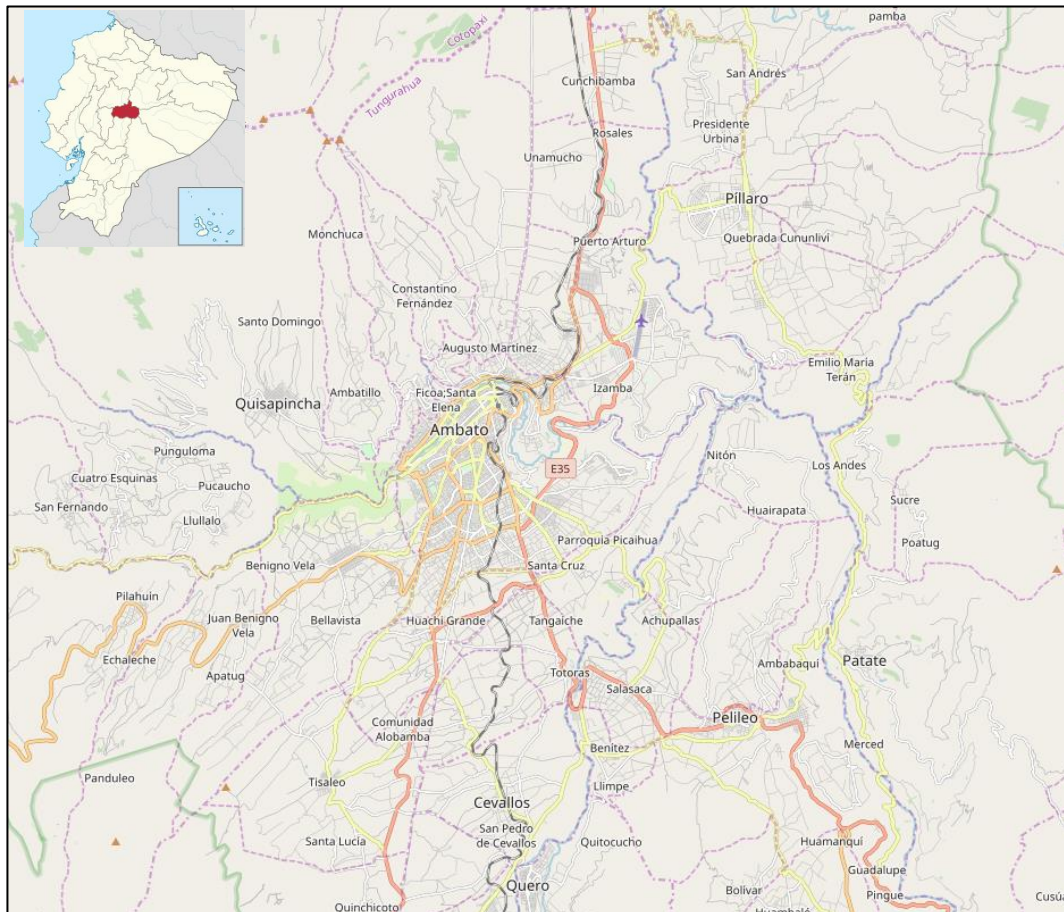


Fig. 8. Interfaz de Expert Choice

En la ciudad se maneja cinco cooperativas de transporte, encargadas del servicio de movilidad pública. Se detallan a continuación:

- **Cooperativa de transporte Los Libertadores:** Se constituyó mediante acuerdo Ministerial N° 283 con la fecha 17 de abril de 1986, otorgado por la Dirección Nacional de Cooperativas. La cooperativa busca alcanzar, por todos los medios lícitos posibles la superación, económica y cultural de todos sus asociados, proporcionando un esmerado servicio a la colectividad, mediante la transportación de pasajeros dentro de su radio acción establecido [37].
- **Cooperativa de Transportes Tungurahua:** Inicia sus labores en 1948, por el aporte de un grupo de ambateños que hicieron realidad el ideal de una cooperativa de transporte al servicio de la comunidad. Su actividad es la movilidad y a sus socios se les financia parcialmente con créditos para el reemplazo y modernización unidades, prestando un servicio de calidad [38].
- **Cooperativa de Transporte Urbano Unión Ambateña:** Fue creada en 1961, se ubica en la calle Panamericana Sur y Camino Real. Esta organización desarrolla en forma permanente el servicio urbano de transporte de pasajeros, en el cantón Ambato, y sus parroquias. Brinda confort y seguridad en la movilidad de sus clientes [39].
- **Cooperativa de Transportes Vía Flores:** Cooperativa fundada el 18 de octubre del año 1961, mediante el Acuerdo Ministerial N°4850. Se ubica en la parroquia Santa Rosa. Tiene como propósito la prestación del servicio de transporte de pasajeros con eficiencia y responsabilidad, mediante vehículos de tipo bus y la mano de obra de choferes profesionales. Desarrolla sus actividades a cambio de una contraprestación económica o tarifa que permita el sustento diario de los socios y sus familias [38].
- **Compañía Transportes Jerpazsol S.A.:** Se constituyó el 5 de agosto de 1995, por la Dirección Nacional de Cooperativas y Transporte Terrestre. Se dedica a la movilidad de pasajeros por sistemas de transporte público urbanos y suburbanos. Se realiza por rutas establecidas siguiendo normalmente un horario fijo y entraña la recogida y deposición de los pasajeros en paradas fijas” [40].

Los contratos de operación firmados y vigentes por 10 años desde su aprobación, se establecieron mediante el Gobierno Autónomo de Centralizado Municipalidad de

Ambato a través de la DTTM y la persona delegada de cada una de las cooperativas. Se especifica la ruta correspondiente a cada una de las líneas, los horarios planificados de operación (frecuencias) y el número de unidades que cubrirán la ruta. La cooperativa también facilitara un usuario del Sistema Georreferenciado de Posicionamiento GPS para optimizar la fiscalización de las rutas y frecuencias.

- **Conjunto de líneas del sistema de transporte**

Si bien movilidad pública en el cantón Ambato, es otorgada como un servicio por entes privados (socios de cooperativas), la regulación de rutas y tarifas para el transporte son establecidas por entidades gubernamentales. La Dirección de Transporte, Transito y Movilidad del Gobierno Provincial de Tungurahua, tiene como competencia la regulación de uso de las rutas y frecuencias en la operación del servicio de transporte terrestre público de pasajeros.

Actualmente se manejan 21 líneas de transporte urbano, numeradas del 1 al 22, ya que ninguna línea maneja la numeración 13, como se evidencia en la Fig. 9 que representa un ejemplo la señalética normada a utilizar para identificar cada línea. Un total de 396 unidades (buses), cumplen rutas establecidas por línea detalladas en el Anexo 4, en donde evidencia la conformación de rutas por línea mediante arcos. En la Tabla 6 se presenta las cooperativas con sus respectivas líneas de funcionamiento y características generales como tiempo promedio de recorrido y número de paradas preestablecidas.



Fig. 9. Rotulación de las líneas de transporte público urbano de Ambato

Tabla 6. Líneas del transporte público urbano de la ciudad de Ambato

Cooperativas de Transporte Urbano de Ambato	Rutas		Línea N#	Número de Unidades	Distancia por Recorrido (Km)	Tiempo promedio de Recorrido		Número de Paradas Prestablecidas
	Punto referencial inicial	Punto referencial final				(h: min: s)	Horas	
Cooperativa de transporte Los Libertadores	Techo Propio	Andiglata	1	11	37,40	1:47:37	1,79	57
	La Florida	Cashapamba	2	22	26,70	1:25:17	1,42	62
	La Península	Las Orquídeas	3	11	38,10	1:39:55	1,67	78
	Seminario Mayor	Ingahurco Bajo	4	11	37,50	1:47:12	1,79	75
	Tangaiche	Macasto-Pondoá	5	10	38,50	1:42:10	1,70	73
Cooperativa de Transportes Tungurahua	La Libertad	Miraflores	6	10	38,70	1:51:14	1,85	77
	Letamendi	El Mirador	7	20	40,70	2:17:12	2,29	108
	Montalvo	El Recreo	8	18	32,40	1:35:13	1,59	110
	Huachi el Progreso	Izamba-Quillán	9	29	62,70	2:12:11	2,20	112
	Barrio Solís	Augusto N. Martínez	10	26	63,40	1:49:55	1,83	82
	Pucarumí	Tiugua	11	12	34,10	2:00:05	2,00	78
	La Libertad	Centro	12	11	38,70	1:55:00	1,92	72
	Ficoa	Totoras	14	19	36,00	2:42:18	2,71	44
Cooperativa de Transporte Urbano Unión Ambateña	Ficoa	Totoras	14	15	36,00	2:30:10	2,50	46
	La Joya	Parque Industrial	15	25	37,50	1:45:00	1,75	75
	Pinllo	Nueva Ambato	16	16	20,97	1:41:28	1,69	78
	Picaihua	Cdla. España	17	16	26,50	0:58:15	0,97	58
	San Juan	Barrio Amazonas	18	15	36,00	1:40:10	1,67	65
Cooperativa de Transportes Vía Flores	San Pablo	Plaza Pachano	19	22	54,50	2:10:00	2,17	58
	Juan Benigno Vela	Ex Redondel de Izamba	20	23	58,60	2:30:25	2,51	86
Compañía de Transportes Jerpazsol	Manzana de Oro	Puerto Arturo	21	28	42,70	2:01:58	2,03	86
	Los Ángeles	Izamba	22	27	36,70	1:43:28	1,72	78

- **Conjunto de nodos y arcos**

La ciudad de Ambato por su relieve territorial y construcción centralizada, no cuenta con estaciones de gran tamaño, pero existen paradas establecidas que se identifican gracias a pequeñas estructuras y señalética localizada. La gran demanda del transporte público urbano es evidente, ya que Ambato al ser capital provincial concentra el comercio en su territorio céntrico, lo que hace necesario el uso de una red de transporte interconectado, que permita el transbordo de pasajeros entre unidades de diversas líneas.

Una red se encuentra compuesta por nodos y arco. En el estudio del sistema de transporte público urbano de Ambato, se consideran 36 nodos, por los cuales todas las líneas cumplen su recorrido formando un total de 100 posibles arcos de traslado que permiten cubrir el amplio territorio urbano del cantón en todas las direcciones. En la Fig.10 se muestra la red aplicada en el sistema de transporte, que en conjunto con la Tabla 7 permitirán notar las paradas de intersección (nodos), tomados en cuenta para el presente estudio.

Fig. 10. Red de representación del transporte público urbano de Ambato

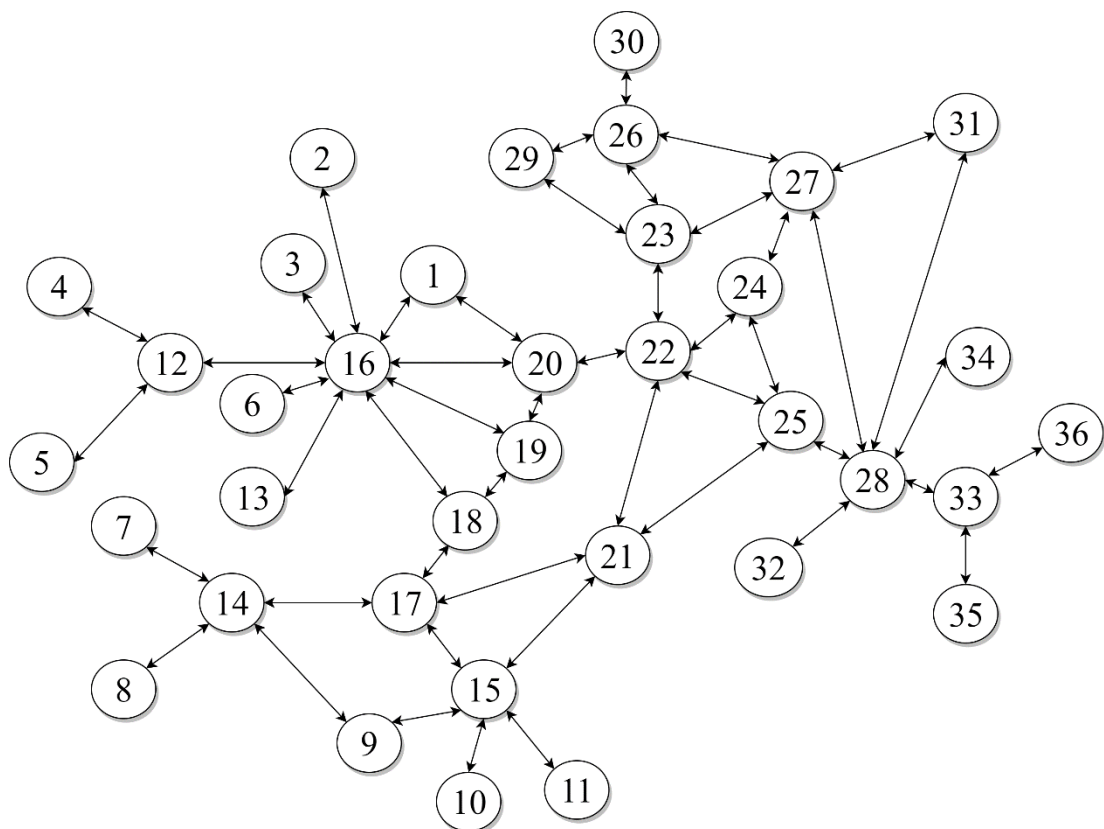


Tabla 7. Descripción y numeración de nodos del sistema de transporte de Ambato

Descripción del Nodo	N#
Av. Manuelita Sáenz y Antonio Clavijo o Av. José Peralta y Gustavo Lemos	1
Unidad Educativa Huayna Cápac / San Pablo o GAD de Juan Benigno Vela y Parque Central de Santa Rosa	2
Av. Gabriel García Mogrovejo y Julio Andrade	3
Cemeag / Huachi La Libertad	4
Parque Central de Montalvo	5
Iglesia de Huachi El Progreso	6
Iglesia de Huachi Totoras	7
Iglesia de Tangaiche - Iglesia la Ataraza	8
Iglesia de Picaihua	9
Av. Benjamín Franklin y Thomas Alva Edison / Tiugua	10
Av. Ernest Rutherford y Oscar Wilde / Techo Propio	11
Av. Atahualpa y Panamericana Sur Paso Lateral	12
La Florida / Av. Luis Alberto Valencia y Panamericana Sur Paso Lateral	13
Redondel de Terremoto	14
Parque Troya	15
Av. Atahualpa y Av. Julio Jaramillo / Redondel de Huachi Chico	16
Av. El Condor y Batalla de Pichincha / SECAP	17
Av. Los Chasquis y Isidro Viteri / Redondel de la Pradera	18
Los Shyris y Quingalumba / Unidad Educativa Mario Cobo Barona	19
Av. Atahualpa y Av. Los Shyris, Av. Quiz Quiz y Av. Los Shyris, 13 de Abril	20
Av. Quiz Qui y Urdaneta, Av. Quiz Quiz y Av. Pichincha, Plaza Pachano, Estadio Bellavista, Av. Corazón y Ayacucho / El Recreo	21
Eugenio Espejo y Av. Los Andes, Mercado Modelo, Parque 12 de Noviembre, Parque Cevallos y Av. 12 de Noviembre y Tomas Sevilla	22
Eugenio Espero y Lizardo Ruiz	23
Av. Pasteur y Unidad Nacional / Hospital	24
Av. Las Américas y Paraguay / Terminal terrestre	25
Av. Los Guaytambos y Av. Las Aguacollas / Subida a Pinllo	26
Av. Rodrigo Pachano y Av. El Carrizo	27
Av. Rodrigo Pachano y Av. Indoamérica, Indoamérica y 22 de Enero y Parque Central de Izamba / Ex redondel de Izamba	28
Av. Los Guaytambos y Las Magnolias y Av. Las Limas y Los Higos/ Andiglata	29
Parque Central de Pinllo	30
Parque Central de Atahualpa, Parque Central de Augusto Martínez y Parque Central de Constantino Fernández	31
Av. Río de Janeiro y Caracas	32
Parque Industrial	33
Parque Central de Pondoá	34
Estadio Parroquial de Puerto Arturo	35
Pucarumi o Quillan Loma Alto	36

Con ayuda de los Anexo 3 y 4, en donde se evidencia la ruta de cada una de las líneas, y el armado correspondiente mediante arcos, se desarrolla la matriz de distancias origen destino.

Tabla 8. Distancia entre nodos del sistema de transporte de Ambato

		Destinos																																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
Orígenes	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,95	-	-	-	3,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,50	3,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12	-	-	-	5,20	4,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	14	-	-	-	-	-	-	3,67	2,00	3,50	-	-	-	-	-	-	-	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15	-	-	-	-	-	-	-	-	3,20	1,90	3,75	-	-	-	-	-	1,70	-	-	-	2,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16	2,95	12,35	3,67	-	-	1,30	-	-	-	-	-	4,70	3,80	-	-	-	2,80	1,90	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,00	1,70	2,80	-	2,15	-	-	3,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,90	2,15	-	1,20	-	3,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,22	-	1,20	-	1,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	3,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00	-	-	0,45	-	1,30	2,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,59	-	3,65	3,20	-	1,30	-	1,80	-	-	1,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,70	1,80	-	1,20	3,90	3,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,20	-	-	1,50	-	-	4,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,90	-	-	-	2,20	3,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	3,20	-	-	2,30	-	6,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,50	-	-	-	2,10	-	2,80	2,15	-	-	-	-	-	-	-	-
	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,75	2,20	-	2,10	-	2,95	-	-	-	8,80	-	-	-	-	-	
	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,78	6,25	-	2,95	-	-	-	-	2,90	4,20	5,80	-	-	-	
	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,80	2,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,20	-	-	-	-	-	-	-	2,10	7,40
	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,10	-	-
	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,40	-	-

- **Horario de operación del transporte público**

En una ciudad centralizada y comercial como Ambato, las horas pico del transporte público van de 6h00 a 8h00, de 11h30 a 13h30 y de 17h00 a 19h00 horas. El pico de ocupación de las unidades se da por la masiva movilización de pasajeros para llegar a sitios de trabajo, educación, comercio u recreación. Normalmente el transporte urbano ópera de 5h30 a 22h00, es decir un total de 16 horas con 30 minutos. En la Fig.11 se evidencia la ocupación media vehicular por línea en hora pico.

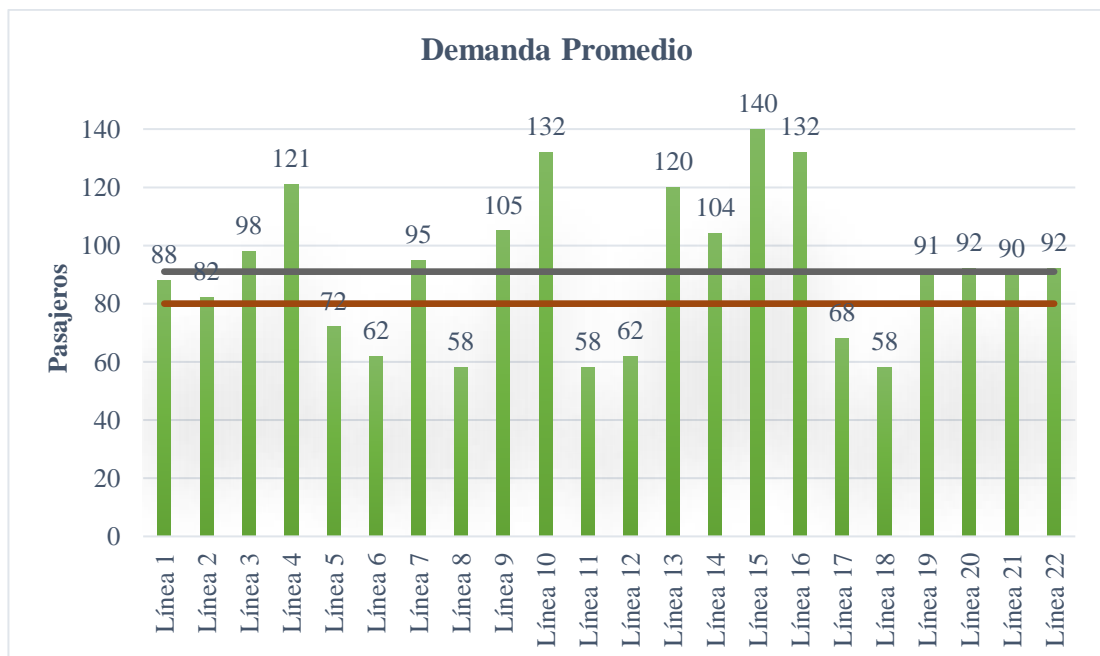


Fig. 11. Promedio de pasajeros en hora pico [14].

En promedio se trasladarán 91 pasajeros en cada unidad por hora pico, por lo cual se sobrepasa el valor de la capacidad nominal de 80 personas por unidad, generando la necesidad de optimizar frecuencias, considerando un factor de carga óptimo para las unidades, sin dejar fuera la necesidad de traslado de los usuarios.

Un factor de carga igual a 1 (100%), reflejaría el uso de una unidad vehicular a su capacidad nominal máxima, sin embargo, se presentarían costos adicionales principalmente relacionados a los grandes tiempos de espera que percibirían los usuarios hasta abastecer una unidad. Para no promover un servicio tardío e incómodo, en la presente investigación se establece un factor de carga igual a 0,6 (60,00%), mismo que se percibirá dentro del bus tipo con 40 pasajeros sentados y 8 de pie.

Actualmente el sistema de transporte público, se maneja con parámetros individuales colocados por la cooperativa y orientados netamente al cliente. En la Tabla 9 se muestran las frecuencias estipuladas en los contratos de operación y las desarrolladas actualmente en la hora pico durante un día de trabajo.

Tabla 9. Frecuencia y headway de operación del sistema de transporte de Ambato

Línea N#	Número de pasajeros promedio en hora pico	Headway de operación por contrato (minutos)						Frecuencia en hora pico acorde al contrato de operación
		Mañana		Tarde		Noche		
		(5h30-8h00)	(8h00-11h30)	(11h30-13h30)	(13h30-17h00)	(17h00-19h00)	(19h00-22h00)	
1	88	5	5	5	5	5	10	12
2	82	4	5	5	5	5	10	15
3	98	5	8	8	8	8	8	12
4	121	5	8	8	8	8	10	12
5	72	10	18	18	18	18	18	6
6	62	8	10	8	10	8	15	7
7	95	5	7	6	7	7	15	12
8	58	5	7	6	7	7	15	12
9	105	4	5	4	5	10	15	15
10	132	4	4	4	5	5	15	15
11	58	10	12	10	12	12	12	6
12	62	8	10	8	10	8	15	7
14	120	3	4	4	4	7	15	20
14	104	3	4	4	4	7	15	20
15	140	4	5	6	6	10	10	15
16	132	5	7	8	8	10	15	12
17	68	5	7	7	10	10	20	12
18	58	10	12	10	12	10	10	6
19	91	10	20	20	20	20	20	6
20	92	3	4	3	4	4	10	20
21	90	5	5	5	5	5	5	12
22	92	5	5	5	5	5	5	12

Tabla 10. Demanda de pasajeros entre los nodos preestablecidos

		Destinos																																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
Origenes	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53	-	-	-	292	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	188	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12	-	-	-	57	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	265	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	14	-	-	-	-	-	-	283	23	21	-	-	-	-	-	-	-	413	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15	-	-	-	-	-	-	-	-	78	24	24	-	-	-	-	-	15	-	-	-	83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16	55	106	34	-	-	156	-	-	-	-	-	361	31	-	-	-	152	160	-	879	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	327	33	152	-	256	-	-	786	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128	239	-	140	-	175	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66	-	164	-	-	154	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	286	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	766	-	-	214	-	100	1062	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128	-	798	286	-	109	-	823	-	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1208	1260	-	736	622	977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	365	-	-	-	608	-	-	27	-	-	-	-	-	-	-	
	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	646	-	-	-	203	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42	931	-	-	42	931	-	14	-	-	791	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	706	-	-	-	174	-	398	152	-	-	-	-	-	-	
	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	107	145	-	96	-	149	-	-	181	-	-	-	-	
	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	763	-	150	-	-	-	-	28	347	31	-	-	
	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	-	401	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	158	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	369	-	-	-	-	-	-	-	-	90	87
	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88	-	-
	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-

3.1.2 Parámetros a considerar en el desarrollo del modelo

- **Velocidad promedio de los buses en la red**

El 99,9% de las vías del cantón Ambato son asfaltadas, y presentan una calidad más que aceptable de circulación, al no tener baches y obstáculos que interrumpen el flujo vehicular. El ancho de las vías es variable debido a la trama urbana, por tanto, de manera general se puede decir que el ancho mínimo de carril es de 3,00 m y máximo de 5,00 m [14]. Las velocidades de circulación muchas veces se ven afectadas por las interferencias en el camino, pero esta también se limita por normativas aplicadas en el país. La Agencia Nacional de Transito con el objetivo de reducir siniestros, establece la regulación de velocidades para el transporte público de pasajeros. El límite de velocidad máxima en el sector urbano de 40km/h y el rango moderado de 40 a 50 km/h; en el sector perimetral de 70km/h y el rango moderado de 70 a 100km/h; en las rectas de las carreteras de 90km/h y el rango moderado de 90 a 115km/h; y en las curvas de las vías de 50km/h y el rango moderado de 50 a 65km/h. Teniendo en cuenta que el estudio se realiza para el transporte público urbano, aunque las unidades normalmente mantengan una velocidad promedio de 45,25 km/h, para el estudio se considera una velocidad de 37,00 km/h [34].

- **Características de un bus tipo urbano**

Al ser las rutas y frecuencias propiedad del estado, es necesario que las unidades con las cuales se comercializa el servicio cumplan características mínimas, que aseguren un servicio de calidad con seguridad.

Se puede definir a un bus tipo, como un vehículo automotor diseñado para el transporte de pasajeros compuesto por un chasis y una carrocería, cuyas uniones se realizará siguiendo exclusivamente las recomendaciones del fabricante del chasis. El chasis se conforma principalmente de perfiles estructurados que cumplen las normas NTE INEN, y para el caso de transporte público urbano se consideran las cargas vivas de diseño; 70Kg para masa del ocupante y 0,16m² como el espacio necesario por pasajero de pie [41]. La ciudad de Ambato cuenta actualmente con un parque automotor que no sobrepasa los 10 años de uso y maneja automóviles de diferentes marcas que cumplen con la normativa seguridad. En la Tabla 11. se muestran los elementos principales de

una unidad, y características generales a ser consideradas.

Tabla 11. Características de un bus tipo [41], [42].

Elemento	Características
Motor e instalaciones eléctricas	Compartimento del motor posterior o frontal, sin material inflamable o susceptible de impregnarse de combustible o lubricante. Cables protegidos, aislados y resistentes a las condiciones de temperatura y humedad.
Frenos	Freno de servicio, y freno de parqueo de accionamiento neumático independiente, y un freno auxiliar.
Asientos	Asiento de material duro, de fácil limpieza. Capacidad mínima de 61 pasajeros, 20% sentados.
Tipo, tamaño y material de la carrocería	Cumplimiento de la norma NTE INEN 1323.
Tipo, tamaño y grosor de ventanas	Tamaño de ventanas acorde a la norma NTE INEN 038 y características del vidrio acorde a la norma NTE INEN 1669.
Pasamanos, pisos	Pasamanos ubicados de forma horizontal, vertical y en puertas de ingreso y salida. Pisos de material impermeable y antideslizante.
Salidas de Emergencia	Mínimo 7 salidas, entre salidas laterales ubicadas en ventanas no contiguas, y el techo de la unidad.
Puertas y Peldaños	Tres puertas del lado izquierdo Máximo tres peldaños, con altura máxima de 220mm
Llantas	Dependiente exclusivo de las características del chasis, mantenerse siempre en estado óptimo de operación.
Rótulado	Las carrocerías deben disponer de una placa inalterable de identificación, con fines de rastreo, de fácil acceso.

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato (GADMA) a través de la DTTM, y los representantes de las diferentes cooperativas, al convenir el contrato de operación, detallan la marca y año de fabricación de las unidades a habilitar. En el Anexo 2 se puede evidenciar un ejemplo del contrato de operación firmado con los representantes de cada una de las cooperativas, cabe recalcar que las unidades habilitadas para prestar el servicio son sometidas a revisiones dos veces por año y deben cumplir varios parámetros relacionados con su ensamble y seguridad. En la Tabla 12 y Fig. 12 se evidencia el total de unidades por cooperativa y marca número de unidades y porcentualmente presentes en el parque automotor de bus tipo en la ciudad de Ambato.

Tabla 12. Marcas del parque automotor bus tipo

Cooperativas de Transporte Urbano de Ambato	Línea N#	Número de Unidades	Marcas			
			Hino	Chevrolet	Mercedes Benz	Volkswagen
Cooperativa de transporte Los Libertadores	1	11	25	20	17	3
	2	22				
	3	11				
	4	11				
	5	10				
Cooperativa de Transportes Tungurahua	6	10	96	32	15	2
	7	20				
	8	18				
	9	29				
	10	26				
	11	12				
	12	11				
	14	19				
Cooperativa de Transporte Urbano Unión Ambateña	14	15	55	7	23	2
	15	25				
	16	16				
	17	16				
	18	15				
Cooperativa de Transportes Vía Flores	19	22	45	0	0	0
	20	23				
Compañía de Transportes Jerpazsol S.A.	21	28	53	0	1	1
	22	27				
Total:		397	274	59	56	8

En la presente investigación la marca moda “Hino”, será la estudiada a detalle al ser la clara representación de las unidades utilizadas en el transporte público urbano. El chasis Hino AK cumple con las normas INEN RTE 038 para buses urbanos, cuenta con un motor J08E-UD de 7.684 cc, otorgándole una potencia de 250 HP a 2.500 RPM, sus dimensiones de 11.140 mm de largo y 2.445 mm de ancho, lo convierten en una opción optima de bus tipo I. Al hablar de seguridad Hino AK cuenta con frenos 100% neumáticos, e incluye sistema ABS y dirección hidráulica [43].

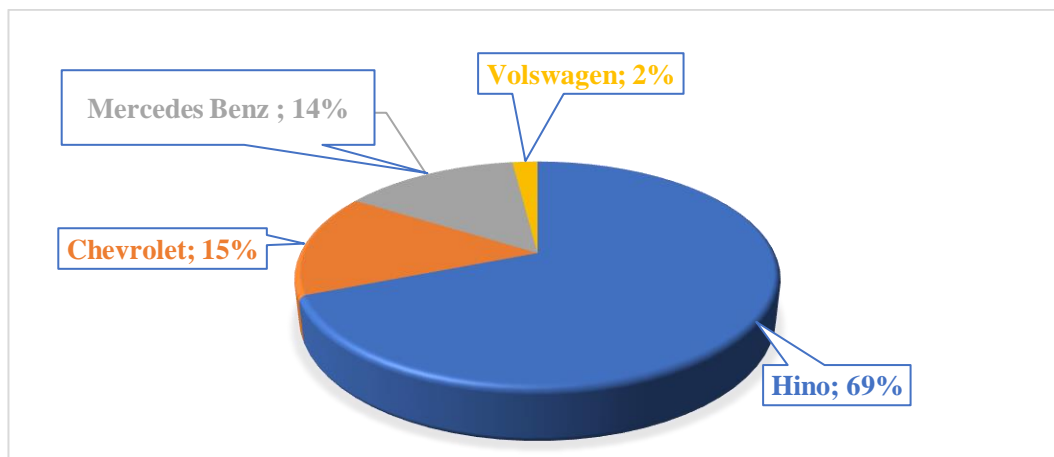





Fig. 12. Porcentaje de autos por marca del transporte público de Ambato

Como se detalla en la Tabla 13. las carrocerías de una unidad pueden ser diversas, entre las principales utilizadas en los buses de la ciudad de Ambato tenemos a; Cepeda, IMCE y Varma.

Tabla 13. Características de carrocería [44]-[46].

Características	
Cepeda	 <p>Modelo: Sylver City Ofrece un estilo inconfundible, con diseño dinámico, en una unidad robusta y segura Es adaptable a todo tipo de chasis, y tiene un costo de \$ 48000, 00 más impuestos. Largo de la unidad 11960 mm.</p>
IMCE	 <p>Modelo: Platinum U-340 Sus perfiles estructurales son de Acero ASTM A-36 y Acero ASTM A-500. Se caracteriza por el confort por sus amplios pasillos y asientos de pasajero tapizados. La unidad tiene un largo de 10750 mm con capacidad para 75 pasajeros.</p>
Varma	 <p>Modelo: Bus Urbano VM3 Cumple con todas las normas vigentes en el país y se caracteriza por el uso de instrumentos ergonómicos y cámaras de control digital. Su precio es \$ 45000,00 más impuestos.</p>

- **Capacidad del bus (K)**

El bus tipo usado en el transporte público urbano, posee tres puertas con un total de 40 asientos incluidos el del conductor y 4 asientos preferenciales, dando una capacidad nominal de 80 pasajeros por unidad. Los asientos son de plástico inyectado y se encuentran distribuidos en pares Fig.13, se manejan 17 filas de 2 asientos y una fila en la parte posterior compuesta por 5 asientos. La unidad posee 7 salidas de emergencia, 2 ubicadas en el techo y 5 distribuidas en ventanas no contiguas, con 6 martillos de seguridad.



Fig. 13. Asientos de plástico inyectado

- **Factor de Carga (F)**

Par brindar un servicio de movilidad con calidad, uno de los parámetros que se debe tener en cuenta es la ocupación vehicular, misma que se representa con el factor de carga. Dicho factor expresa el número de pasajeros a bordo, en relación a los puestos disponibles de una unidad, dicho valor varía principalmente por políticas de pasajeros de pie y la búsqueda de mejora en la calidad del servicio.

El factor de carga para un viaje, puede ser calculado con;

$$F = \frac{P}{CP} \quad (1)$$

Donde:

F Factor de carga

P Volumen o número de pasajeros u ocupación media vehicular estimada

CP Capacidad nominal del vehículo. Se considera un bus tipo I con capacidad para 80 pasajeros, 40 sentados y 40 de pie.

- **Costo de operación de una unidad por hora**

El costo de operación se refiere a los gastos relacionados con la actividad misma de un negocio, en el caso del transporte público serían aquellos rubros necesarios para el funcionamiento de un vehículo. Al hablar de un sistema de transporte, el costo de operación se maneja de acuerdo con el número de unidades necesarias para satisfacer la demanda y puede dividirse principalmente en costos fijos y variables.

Los costos fijos son aquellos que no dependen del número de veces que el servicio fue prestado; es decir, están presentes, aunque la unidad de transporte no se encuentre laborando. En el desarrollo de la investigación, se considera costo fijo a; costo capital de la unidad, seguros e impuestos y estacionamiento del vehículo.

Aquellos costos que varían directamente con la cantidad de prestación del servicio, considerados los costos variables. El kilometraje recorrido por unidad en una ruta específica, en un tiempo determinado, permitirá denotar los costos variables; combustible, lubricantes, llantas, mantenimientos, y valor del recurso humano.

Costo capital por unidad

El modelo a desarrollarse requiere un coeficiente que represente el costo de operación de una unidad por hora, siendo necesario considerar el costo capital o precio de adquisición de la unidad óptima para la circulación. La adquisición de un bus se presenta como un costo fijo, en la Tabla 14., a partir de un análisis general de precios para unidades con un chasis Hino AK y diferentes carrocerías, se muestran los rubros usados en la presente investigación. Es correcto denotar que por normativa la vida útil de una unidad de transporte bus tipo son 20 años, y que todas las oportunidades de adquisición analizadas fueron otorgadas por empresas carroceras que cumplen con todos los requisitos que aseguran la confiabilidad de la carrocería.

Tabla 14. Costo capital de un bus tipo.

	Costo (\$)
Chasis Hino AK	\$ 52.000,00
Carrocería	\$ 45.000,00
Impuestos (12%)	\$ 11.640,00
Matricula	\$ 1.200,00
Total	\$ 109.840,00

Una unidad de transporte público urbano con las características estructurales necesarias para su circulación tiene un costo total \$109840,00. La vida útil del bien es de 20 años, no obstante, por la calidad del servicio en promedio se remplazan las unidades cada 15 años, por lo cual se procede a realizar el cálculo del costo capital para una hora de operación.

El servicio de transporte público urbano, trabaja durante los 365 días al año en períodos que abarcan 18 horas por día, con una rotación de unidades que otorga a cada vehículo un aproximado de 12 horas diarias de circulación. El costo que refleja el capital invertido en una hora de la unidad es de \$ 1,6718.

Seguros e impuestos

Un seguro de automóvil y los impuestos a pagar por su circulación, tienen como objeto reparar o indemnizar daños accidentales producidos en los vehículos de terceros y en el vehículo asegurado. Normalmente los impuestos son recaudados por entidades gubernamentales y se conforman como el capital de inversión para la movilidad en general. Todo propietario de un automotor está obligado a contratar un seguro obligatorio de responsabilidad civil y en el caso de unidades que prestan un servicio público dicho seguro debe cubrir a los usuarios.

En la operación de un sistema de transporte debe considerarse como mínimo la inclusión de los seguros e impuestos que la regulación vigente establece para la prestación del servicio de transporte de pasajeros. Entre la documentación solicitada se encuentra la matrícula vehicular emitida Agencia Nacional de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, misma que habilita el vehículo para la circulación por las vías del país durante 5 años, con cancelación anual de los derechos y valores de tránsito asociados (impuesto a la propiedad de vehículos, el impuesto ambiental por contaminación vehicular, la tasa por matriculación, y el impuesto al rodaje). Cada 5 años para la renovación de la matrícula vehicular, se requiere el pago de la tasa del sistema público, y la aprobación de la revisión técnica vehicular 2 veces por año [47].

En la Tabla 15 se evidencia el detalle de los rubros correspondientes a impuestos y seguros que se deben cancelar anualmente como parte de matrícula vehicular. Cabe recalcar que al tratarse de unidades de transporte masivo de pasajeros, varios de los valores son nulos al considerar exenciones totales por la prestación del servicio.

Tabla 15. Detalle de seguros e impuestos cancelados anualmente

Seguros o Impuestos	Entidad	Observaciones	Costo (\$)
Impuesto a la propiedad de los vehículos	SRI	Exenciones 100% del impuesto a: Los vehículos motorizados destinados al servicio público de propiedad de choferes profesionales, a razón de un vehículo por titular y a los vehículos motorizados de propiedad de operadoras de transporte público de pasajeros y taxis, legalmente constituidas.	\$ -
Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular	SRI	Exenciones 100% del impuesto a: Contribuyentes que realicen actividades de transporte público y comercial, debidamente autorizados.	\$ -
Tasas ANT	ANT	Cuenta de acreditación seccional.	\$ 65,00
Impuesto al Rodaje	SRI	Se utiliza la tabla establecida en el Art. 539 del Código Orgánico de Ordenamiento Organización Territorial, Autonomías y Descentralización (COOTAD).	\$ 70,00
El Sistema Público para Pago de Accidentes de Tránsito (SPPAT)	ANT	Se cobra de acuerdo al año del vehículo. Para l investigación se usa el promedio de un auto con 15 años de antigüedad (más antigüedad, mayor rubro).	\$ 120,00
Total Anual			\$ 255,00

El costo de seguros e impuestos cobrados a los vehículos anualmente en la matriculación asciende a un valor de \$255,00. Para la asociación de este rubro al estudio, se consideran los 365 días del año a 12 horas por día, dando un valor de seguros e impuestos para unidad por hora de \$ 0,0582.

Estacionamiento del vehículo

El valor correspondiente a los conceptos por costo de garaje cuando la unidad se encuentra inactiva, debe ser considerado y los vehículos normalmente son guardados en las instalaciones de las propias cooperativas a las cuales pertenecen, a cambio de un rubro mensual. El valor mencionado varía entre cooperativas, por lo cual para la presente investigación se usará un valor de referencia de \$ 50,00 dólares mensuales, lo que equivaldría a un total de \$ 0,1389 por hora.

Valor del recurso humano

El salario mínimo sectorial en la rama de actividad económica de choferes y conductores, para los choferes que desempeñan su labor en el servicio de pasajeros, establece un salario mínimo de \$ 605,62 mensuales. En la Tabla 16. Se especifico aquellos beneficios de ley a los cuales debe tener acceso un chofer de una unidad.

Tabla 16. Análisis del salario mínimo sectorial de choferes.

Salario mínimo sectorial de choferes y conductores					
Salario Básico Unificado	Horas extras		Fondos de reserva	Total Ingresos	IESS Aporte personal
	Suplementarias	Complementarias			
605,62	0,00	0,00	50,47	656,09	57,23
Beneficios Sociales por mes		Vacaciones	Recargos Patronales IESS		
XIII Sueldo	XIV Sueldo		IESS	IECE	SECAP
50,47	32,83	25,23	67,53	3,03	3,03
Horas laboradas por día	Consideraciones Laborales Mensuales		Aporte total al seguro social	Líquido a recibir	Inversión Patronal
	Días laborables	Horas laboradas			
8,00	20,00	160,00	124,76	682,16	838,21

Exponer el rubro de inversión patronal que implica la contratación de un chofer que opere la unidad es primordial, ya que dicho rubro entra como un valor totalitario general del costo por el recurso humano utilizado en la operación de vehículos. Al no promover la utilización de horas suplementarias y complementarias para el manejo de una unidad, en la investigación se estipula el contrato de dos choferes por unidad para laborar un mes de 30 días, 12 horas diarias con horarios rotativos. El costo de talento humano haciende mensualmente a \$ 1676,41, y por hora se establece en \$ 4,6567.

Mantenimientos

El mantenimiento vehicular preventivo o planificado tiene como objetivo anticiparse a las averías, en las unidades que conforman el sistema de transporte, se lleva a cabo de acuerdo a una frecuencia estimada por los operadores, para el cambio de elementos con mayor desgaste que representan en un gasto periódico significativo. En la Tabla 17. se denotan los elementos mayormente remplazados como mantenimiento general, el tiempo estimado entre reposiciones, y el costo referencial por elemento en el mercado.

Tabla 17. Costo del mantenimiento de una unidad

Elemento	Frecuencia de Reemplazo	Costo Referencial	Costo por hora de Operación
Compresor	6 meses	\$ 106,88	\$ 0,0495
Cambio de refrigerante y banqueta del radiador	12 meses	\$ 78,00	\$ 0,0181
Rodillo de Ejes - Engrasado	0,5 meses	\$ 1,50	\$ 0,0083
Batería	6 meses	\$ 230,00	\$ 0,1065
Frenos delanteros	8 meses	\$ 80,46	\$ 0,0279
Frenos posteriores	5 meses	\$ 113,00	\$ 0,0628
Embrague	12 meses	\$ 560,00	\$ 0,1296
Mantenimientos varios	1 mes	\$ 300,00	\$ 0,8333
Filtro de Aire	42 días	\$ 8,00	\$ 0,0159
Filtro de Aceite	21 días	\$ 6,45	\$ 0,0256
Filtro de Combustible	3 meses	\$ 24,47	\$ 0,0162
Total			\$ 1,2937

Para efectos de cálculo se usará el valor de \$ 1,2937, como el costo representativo por hora de los mantenimientos realizados a una unidad.

Llantas

El cambio de llantas del bus tipo, tiene considerables maneras de estimación por las condiciones de trabajo y características propias del automotor, a pesar de ello será considerado un promedio de 7 meses de utilidad de los neumáticos.

$$\text{Costo de llantas por hora} = \frac{\text{Costo de juego de neumáticos}}{7 \text{ meses}} \quad (2)$$

$$\text{Costo de llantas por hora} = \frac{\$ 2200,00}{2520 \text{ horas}}$$

$$\text{Costo de llantas por hora} = \frac{\$ 2200,00}{2520 \text{ h}}$$

$$\text{Costo de llantas por hora} = \$ 0,8730$$

Se tiene como resultado que para un vehículo bus tipo en una hora de operación se requieren \$ 0,8730 perteneciente al rubro de cambio de neumáticos.

Combustible

El costo correspondiente a combustibles depende de la potencia del motor, las

condiciones de trabajo, el tipo de combustible usado y el costo por galón, empero se considera fiable la medición directa del rendimiento de combustible durante una hora de trabajo, considerando que la velocidad promedio de un bus tipo es de $45,75 \frac{Km}{h}$.

$$\text{Costo Combustible por hora} = \frac{\text{Costo de galón de combustible}}{\text{Horas de operación por galón}} \quad (3)$$

$$\text{Costo Combustible por hora} = \frac{1,037 \frac{\$}{\text{galón}}}{0,1720 \frac{h}{\text{galón}}}$$

$$\text{Costo Combustible por hora} = \$ 6,0291$$

Se tiene como resultado que para un vehículo bus tipo en una hora de operación se requieren \$ 6,0291 de inversión en combustible.

Lubricantes

En cuanto a lubricantes se refiere la bitácora de cambios manejada por el propietario de una unidad permite mediante el histórico establecer los costos de los principales lubricantes utilizados en el vehículo como se detallan en la Tabla 18.

Tabla 18. Costo de lubricantes

Elemento	Frecuencia de Reemplazo	Costo Referencial	Observaciones	Costo por hora de Operación
Aceite del motor	21 días	\$ 12,78	Se requiere un aproximado de 4 galones por cambio	\$ 0,2029
Aceite de la corona	6 meses	\$ 16,00	Se requiere un aproximado de 3 galones por cambio	\$ 0,0222
Aceite de la caja de velocidades	6 meses	\$ 14,00	Se requiere un aproximado de 3 galones por cambio	\$ 0,0194
Total				\$ 0,2445

Para efectos de cálculo se usará el valor de \$0,2445, como costo representativo por hora del cambio de lubricantes en la unidad.

En la Tabla 19 se evidencia el detalle de cada uno de los costos involucrados para la operación de una unidad y el costo total de poner en funcionamiento la misma

Tabla 19. Costo total de operación de una unidad por hora

Descripción del Rubro	Valor
Costo capital por unidad	\$ 1,6718
Seguro o Impuesto	\$ 0,0582
Estacionamiento del vehículo	\$ 0,1389
Valor del Recurso Humano	\$ 4,6567
Mantenimiento	\$ 1,2937
Combustibles	\$ 6,0291
Lubricantes	\$ 0,2445
Llantas	\$ 0,8730
Sub Total	\$ 14,9659
Costo de operación total de una unidad por hora	\$ 16,4625

- **Coefficiente del valor subjetivo de los usuarios por el tiempo de espera**

El sistema de transporte público urbano sirve a la población del cantón Ambato y cantones aledaños, considerando el último censo del Ecuador menciona que la población urbana es de 165280 y rural de 164620 personas. El motivo del traslado de los individuos varía entre diferentes actividades, principalmente relacionadas con el trabajo, estudios y recreación.

El transporte público representa el 42% de la movilidad en Ambato, sin embargo, los vehículos privados son utilizados en un 38%, convirtiendo al casco central en un área de gran concentración automotriz que genera congestión vial, contaminación ambiental y degradando el sistema de transporte público debido a los embotellamientos existentes [14]. Por lo cual las unidades deben iniciar sus recorridos satisfaciendo las necesidades de los clientes si saturar el sistema. El hecho de desplazarse una distancia implica un tiempo, sin embargo, en cuanto al transporte público se refiere se debe tener en cuenta que una unidad no está disponible para el servicio individual por lo cual se tiene una parada establecida y un tiempo de espera por la unidad a utilizar. Los usuarios del transporte público urbano de la ciudad de Ambato no cuentan con estaciones adecuadas para esperas extensas, normalmente las paradas son marcadas por señalética de tránsito y los clientes aguardan sobre la vereda el arribo de la unidad que requieren.

En el entorno económico en el cual el tiempo representa dinero, las demoras ocasionada por esperas de un servicio deben ser reducidas. En la presente investigación

se considera un coeficiente que refleja el valor subjetivo del tiempo de espera percibido por los usuarios antes de iniciar su trayecto en una unidad de transporte. Dicho valor se calcula con la consideración del sueldo básico unificado en el país y los beneficios que por ley percibe un empleado por el desarrollo de una actividad que requiere tiempo. Se desarrolla el cálculo con consideración para los trabajadores en relación de dependencia, en donde el aporte personal es de 9,45% y el patronal de 11,15%, dando lugar a un total de aportaciones del IESS DE 20,60%. En la Tabla 20, se desarrolla el cálculo de lo percibido por una persona con el sueldo básico mensualmente, teniendo en consideración aportes patronales entregados al empleado como son: el décimo tercer y décimo cuarto sueldo.

Tabla 20. Sueldo básico mensual

Salario Básico Unificado	Horas extras		Fondos de reserva	Total Ingresos	IESS Aporte personal
	Suplementarias	Complementarias			
394,00	0,00	0,00	32,83	426,83	37,23
Provisión Beneficios Sociales por mes		Vacaciones	Recargos Patronales IESS		
XIII Sueldo	XIV Sueldo		IESS	IECE	SECAP
32,83	32,83	16,42	43,93	1,97	1,97
Horas laboradas por día	Consideraciones Laborales Mensuales		Aporte total al seguro social	Líquido a recibir	Inversión Patronal
	Días laborables	Horas laboradas			
8,00	20,00	160,00	81,16	455,27	556,79

El valor líquido a recibir es de \$ 455,27 mensualmente, para una consideración de 160 horas laboradas por mes. Cada minuto de espera de un individuo por un servicio de transporte costaría un aproximadamente \$ 0,047. Para el presente estudio se considerará el valor de una hora de espera que se fija en \$ 2,8464.

- **Coeficiente del valor subjetivo de los usuarios por el tiempo de viaje en vehículo**

El costo monetario por persona del tiempo empleado en trayectos o viajes no sólo depende de la duración del viaje sino también de la valoración monetaria o precio de este tiempo. En el caso de la movilidad no existe un mercado de referencia, por lo que tampoco hay un precio establecido, haciendo necesario asumir un valor. Se aproxima

el precio del tiempo para cada tipo de trabajador con su salario por hora. Para la presente investigación se usa el método del coste de sustitución que está basado en dos supuestos: primero, el salario es una buena medida del valor; y segundo, que los trabajadores harán un uso productivo de este tiempo.

Como se menciona anteriormente el valor líquido a recibir mensualmente por una persona con un salario básico es de \$ 455,27 dólares, para una consideración de 160 horas laboradas por mes, una hora tiempo tendría un valor de \$3,1454 incluyendo el valor por acceder al viaje de \$ 0,30.

- **Costo de la contaminación del aire**

La contaminación del aire es uno de los fenómenos ambientales que más afecta al planeta, al causar grandes impactos por su fácil difusión. La ingeniería de control de la contaminación del aire, asegura que el aire puro es una mezcla gaseosa de nitrógeno (78%), oxígeno (21%) y cantidades menores de dióxido de carbono, argón, ozono y otros gases (1%). La contaminación del aire es el cambio en el equilibrio de estos componentes, y se puede definir como; cualquier condición atmosférica en la que las sustancias presentes producen un efecto adverso medible en la salud del humano. La contaminación puede ser generada por fuentes fijas y móviles. El costo de la contaminación que producen los vehículos a diésel esta entre 1,00\$ y 19,00\$. En el caso del transporte público urbano de la ciudad de Ambato se establece un precio hipotético de \$17,01 como disposición personal a pagar de forma anual, con el objetivo de mitigar los efectos negativos ocasionados por la emisión de gases que derivan en la contaminación del aire [48].

La población de Tungurahua corresponde a los estudiantes un 30%, a trabajadores independientes un 24%, a empleados un 20% y el 17% habitantes encargados de las labores del hogar [14]. En la presente investigación se busca internalizar el costo de la contaminación del aire ocasionada por las unidades de transporte, de tal modo que con la de referencia de la disposición a pagar, se calcula un valor representativo de cancelación por viaje de un pasajero en el transporte público. Se divide la disposición a pagar de \$17,01 para los 365 días del año y las 17 horas que funciona el transporte público diariamente, obteniendo un costo por hora por usuario de \$0,0028.

- **Costo del ruido**

La contaminación acústica o el ruido generado por la operación de las unidades de transporte público acompañado de otros varios factores dentro de la ciudad, genera incomodidades. La disposición a pagar por un ciudadano anualmente para disminuir el ruido se fija en \$19,72 y en la presente investigación se internalizará este costo dividiendo dicha disposición a pagar para los 365 días del año y las 17 horas que funciona el transporte, obteniendo un valor de \$ \$0,0033.

- **Consideraciones de densidad de tránsito**

La parte operativa del sistema de transporte público se ve involucrado directamente con el resto del tráfico, incidiendo directamente en la eficiencia del sistema. La descoordinación entre unidades interfiere en los flujos de carga y descarga de pasajeros, denotando un servicio de baja calidad.

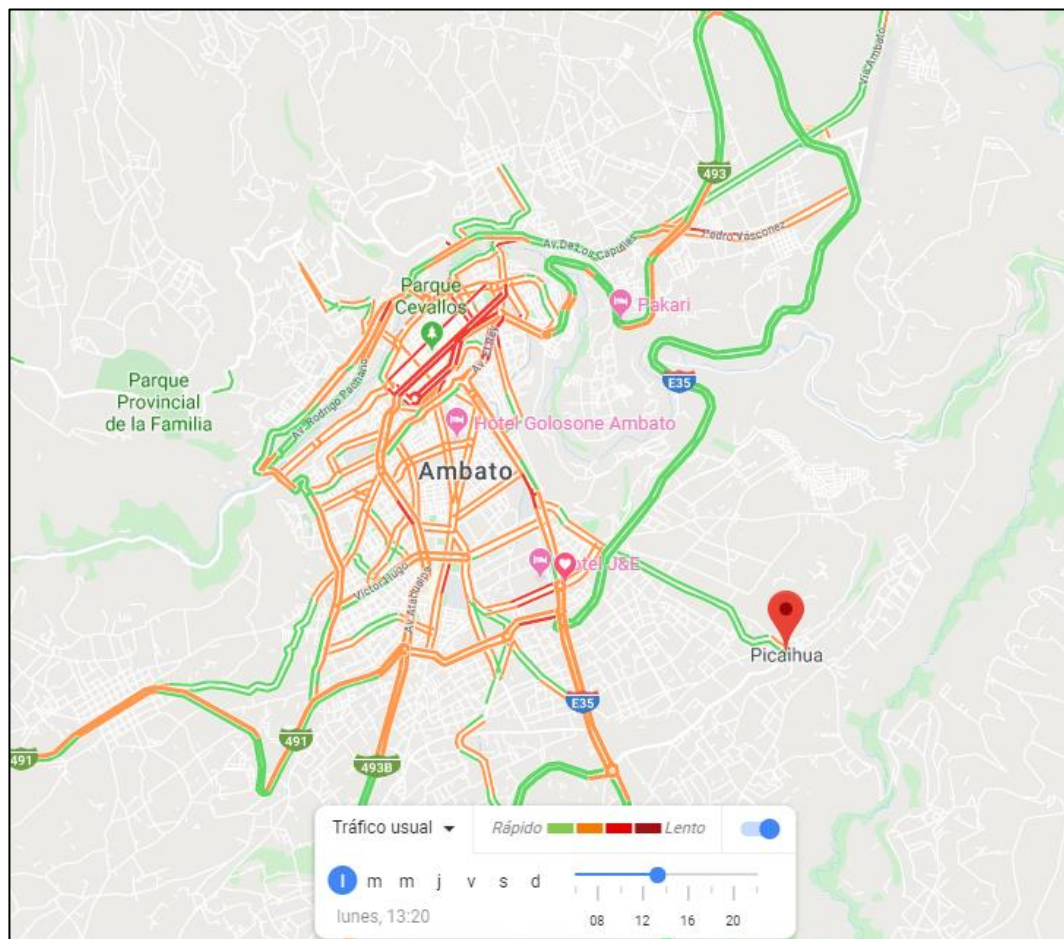


Fig. 14. Características del tráfico

La sensación de seguridad, flexibilidad, libertad y privacidad son algunos de los factores que orientan al uso del automóvil sobre el transporte público, agregando de manera general el consumo de energía por persona transportada, aumentando el tráfico, el ruido e incluso la accidentabilidad. En la Fig. 14 se muestra la característica de tráfico en un ahora pico del día lunes.

El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), presenta estadísticas con la información de vehículos motorizados matriculados hasta el 2016, a nivel nacional y provincial. La información es obtenida de la recolección de datos otorgados por diversas fuentes como la Comisión de Tránsito y Transporte Terrestre, Agencia Nacional de Transito y Dirección General de Tránsito. Los vehículos motorizados matriculados (VMM), son parte de un tránsito total de una ciudad. Tungurahua posee una tasa de matriculación de 153 vehículos por cada mil habitantes, un número elevado en consideración a la extensión territorial de la provincia. Del total de vehículos matriculados a nivel nacional un 91,7% corresponden al uso particular, un 6,6% se compone entre buses urbanos, interprovinciales, intercantonales, taxis, camionetas y camiones de alquiler, y el 1,7% es propiedad del estado, municipios, gobiernos seccionales, entre otras entidades gubernamentales no clasificadas. En Tungurahua hasta el 2016, se tiene un registro 86469 vehículos matriculados que corresponde al 4,2% de parque automotor nacional [49]. Actualmente en Ambato se maneja una tasa densidad de tránsito de $10 \frac{Veh}{Km}$. Para no aumentar dicho factor y controlarlo se requiere limitar el número de unidades del transporte público en circulación y se utiliza la ecuación 4

$$h_k \geq \frac{2t_u + d_{ij}\alpha_{ijk}}{2V} \quad (4)$$

Supuestos del modelo

- Existen un conjunto de líneas establecidas, con paradas y nodos conocidos.
- Las líneas no pasan más de una vez por la misma parada de su recorrido, en la misma dirección.
- Detención en paradas distintas separadas por una distancia nula entre sí, se asumen como detenciones en una misma parada.
- Los buses disponibles en flota, prestan servicios en una única línea.

- El número de pasajeros que esperan abordar en una parada nunca superan la capacidad disponible de una unidad (bus)
- Los headways son homogéneos entre todas las unidades del mismo recorrido
- Nunca se encuentran dos unidades de la misma línea en la misma parada
- El servicio opera en el horario asignado con intervalos entre unidades constantes a lo largo del tiempo.

3.1.3 Planteamiento del modelo matemático

Un modelo de transporte para optimizar frecuencia y horarios de movilidad es necesario, teniendo en cuenta la reducción de costos. La función objetivo de la presente investigación se enfoca en proporcionar un modelo que plantea la posibilidad de minimizar los costos sociales variables o externalidades negativas del transporte público urbano de la ciudad de Ambato, mediante un eficiente control administrativo.

Al estar las externalidades directamente relacionadas con el costo generado a partir del movimiento de las distintas unidades, los efectos que dicho movimiento ocasionan se relacionan directamente al número de beneficiarios de la movilización, la infraestructura de las vías, el rutaje preestablecido de cada una de las líneas y las frecuencias que se maneja en cada ruta. Se toma como base el modelo de Ngamchai y Lovell, y se plantea un modelo incluyendo el costo del tráfico conjuntamente con el valor por la internalización del costo del ruido y la contaminación ambiental. En la ecuación 5 se puede visualizar la función objetivo.

$$\min(Z) = CF + UVF + UWC + CT + CIE \quad (5)$$

Donde:

CF Costo de flota

UVF Costo del usuario

UWC Costo de esperas

CT Costo del tráfico

CIE Costo de internalización de externalidades (ruido y contaminación ambiental)

El costo correspondiente a la flota se considera a partir del costo de operación de una unidad por hora (C_v), en relación con la frecuencia de cada una de las rutas y fijando

un valor constante a la velocidad en la cual operan las unidades en el sistema. En la ecuación 6 se puede evidenciar el planteamiento de este parámetro perteneciente a la función objetivo.

$$CF = \frac{2C_v}{V} \sum_{k=1}^R \frac{d_k}{h_k} \quad (6)$$

En la ecuación 7, se puede evidenciar el costo que experimenta el usuario para poder movilizarse. Este valor es establecido por el método del coste de sustitución, mismo que permite denotar un valor monetario por el tiempo de una hora en la cual el usuario estará sobre la unidad (γ_v), incluyendo el valor de \$ 0,030 que se cancela para poder acceder al servicio.

$$UVF = \frac{\gamma_v}{V} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N q_{ij} D_{ij} \quad (7)$$

En la operación de los sistemas de transporte público se maneja horarios, por lo cual se busca no deja de lado la atención personalizada que se debe prestar en cuanto a tiempos y disponibilidad, reduciendo las esperas de los usuarios. En la ecuación 8 se puede notar el costo de esperas, considerando el coeficiente del valor subjetivo de los usuarios por el tiempo de espera durante una hora (γ_w).

$$UWC = \frac{\gamma_w}{2} \sum_{k=1}^R \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N q_{ij} \alpha_{ijk} h_k \quad (8)$$

En la ecuación 9 se evidencia el costo que implicaría al sistema el experimentar situaciones de tráfico. El tráfico no es únicamente desencadenado por la circulación de unidades de transporte público, por lo cual se busca determinar un valor de la ocurrencia del evento por históricos de la hora pico en los cuales la velocidad de circulación de las unidades es mucho más baja. Igualmente se presenta que mientras más personas se encuentren en el embotellamiento mayor ser el costo experimentado, limitando así la capacidad en la cual deben operar las unidades.

$$CT = KL\gamma_x \left(\frac{1}{V_c} - \frac{1}{V} \right) \sum_{k=1}^R \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{D_{ij} \alpha_{ijk}}{h_k} \quad (9)$$

El cálculo realizado para el costo de la internalización de externalidades de ruido y contaminación ambiental puede ser evidenciado en la ecuación 10. Se considera la disposición a pagar por ciudadano anualmente para atenuar efectos negativos que presenta el servicio de transporte público.

$$CIE = (\gamma_y + \gamma_z) \sum_{k=1}^R \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{q_{ij} \alpha_{ijk}}{h_k} \quad (10)$$

El headway o separación en tiempo entre vehículos es la variable de decisión del estudio. La ecuación 11 considera el costo de operación y la demanda de cada uno de los puntos origen y destino, mientras la ecuación 12 limita el headway en dos unidades de una línea como máximo operando en el mismo arco. Cabe recalca que no se considera una restricción de número de unidades ya que se busca optimizar el servicio dejando como una posibilidad el aumento de la flota si el sistema así lo requiere.

$$h_k \geq \sqrt{\frac{4 d_k C_v}{V \gamma_w \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m q_{ij} \alpha_{ijk}}} \quad (11)$$

$$h_k \geq \frac{2t_u + d_{ij} \alpha_{ijk}}{2V} \quad (12)$$

En el modelo matemático de optimización planteado, se considera la demanda y velocidad en congestión de una hora pico. Los recorridos que actualmente son manejados en el transporte público urbano no serán variados, sin embargo, se establece una red de transporte que replantea el manejo de las unidades. Las frecuencias de operación se modificarán de acuerdo a la necesidad del servicio y la relación costo beneficio, considerando las externalidades negativas y los retardos que pueden llegar a presentarse en la movilidad de pasajeros.

Tomando como referencia el modelo matemático planteado por Ngamchai and D. J. Lovell, se desarrolla el modelo considerando el conjunto de líneas vigente, y los coeficientes de costo y valores establecidos:

K Capacidad del bus

F Factor de Carga

V	Velocidad promedio de los buses en la red
V_c	Velocidad promedio de los buses en la red durante un periodo de congestión
C_v	Costo de operación de una unidad (bus) por hora
t_u	Longitud de una unidad de bus tipo I
γ_v	Coefficiente que refleja el valor subjetivo de los usuarios por el tiempo de viaje en vehículo
γ_w	Coefficiente que refleja el valor subjetivo del tiempo de espera percibido por los usuarios
γ_x	Coefficiente que refleja el valor subjetivo del tiempo de espera percibido por los usuarios causado por congestión vehicular
γ_y	Coefficiente que refleja el valor de internalización del costo del ruido
γ_z	Coefficiente que refleja el valor de internalización del costo de la contaminación ambiental.
d_k	Longitud del recorrido de la línea k
D_{ij}	Longitud del camino considerado entre el origen i y el destino j
$Q = \{q_{ij}\}$	Las demandas de origen-destino pueden representarse como una matriz simétrica Q donde q_{ij} es la demanda de pasajeros desde el origen i hasta el destino j . Las entradas diagonales son 0 y si $i \neq j$ siempre se evidenciara que $q_{ij} = q_{ji}$. Se considerada una velocidad constante del sistema
α_{ijk}	Es igual a 1 si el flujo $i - j$ comienza su ruta en la línea k , o si es transferido a la misma, 0 en caso contrario
h_k	Headway de la ruta manejada por la línea k

3.1.4 Selección del software

El software para desarrollar el modelo debe cubrir ciertos aspectos que satisfagan las necesidades y facilidades para la programación y resolución del modelo matemático. Se toma en consideración tres alternativas de software; AMPL, GAMS y LINGO, y consideran cuatro criterios;

- Facilidad de adquisición

Se refiere claramente a la adquisición del programa, y el valor económico mínimo para

obtener una licencia completa sin limitaciones. Dentro de este criterio se considerará también la facilidad de aprendizaje ya que para desarrollar un modelo matemático amplio se necesita reducir el tiempo de comprensión, mediante manuales al alcance del usuario.

- Eficiencia

Dentro de la eficiencia se maneja la manera en la que el software utiliza los recursos disponibles, y la forma con la que permiten procesar los datos ingresados. Un programa debe hacer un uso eficaz del espacio de almacenamiento y el comando ejecutar según los requisitos de tiempo deseados, a más de proporcionar parámetros que resulten beneficios según el modelo a tratar.

- Interoperabilidad

Se refiere a la capacidad que tiene un software para transmitir y/o intercambiar la información con otras aplicaciones. Normalmente se manejan parámetros de compatibilidad y separación de datos, para mejorar la comprensión de la información utilizada en el modelo. Se considera también la facilidad de desarrollar dicha interoperabilidad con los comandos propios de cada programa.

- Interfaz y flexibilidad

Se considera flexibilidad a las opciones que posee un programa para realizar modificaciones, ya sea agregar o quitar parámetros sin alterar la funcionalidad de fondo que tiene una programación en curso. Se involucra también dentro de este criterio a las características de la interfaz, ya que en ella se evidencian los comandos que harán posible la facilidad del planteamiento del modelo y las opciones para realizar cambios rápidos.

Para desarrollar el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), se utiliza el programa Expert Choice. El objetivo de encontrar la mejor alternativa de software para programar el modelo de optimización, se basa en el análisis de cuatro criterios y tres alternativa, como se evidencia en la Fig. 15.

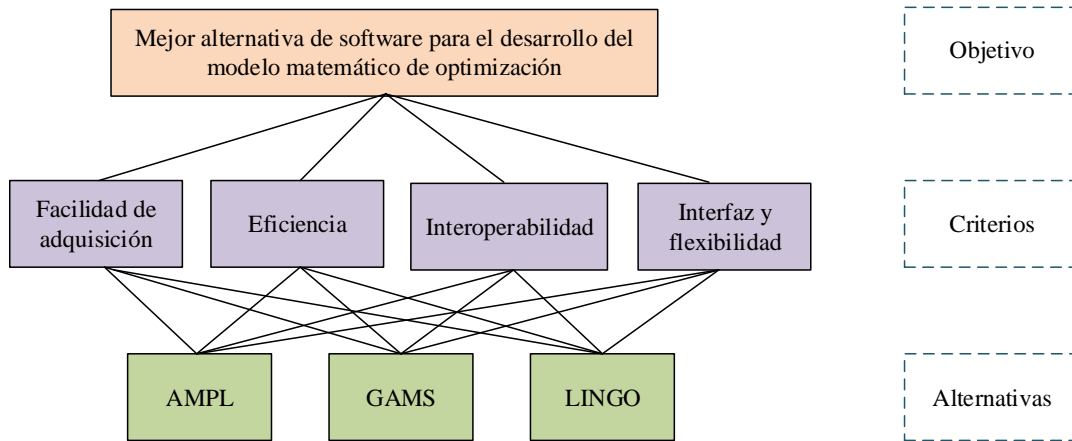


Fig. 15. Diagrama del Proceso Analítico Jerárquico

Con el software Expert Choice instalado se crea un nuevo documento y como primer paso se inserta el objetivo del proceso. Posteriormente se asignan los criterios previamente establecidos y se procede a evaluar la relevancia de los criterios de forma comparativa. En la Fig. 16 se puede evidenciar la página principal con el objetivo correspondiente y los criterios.

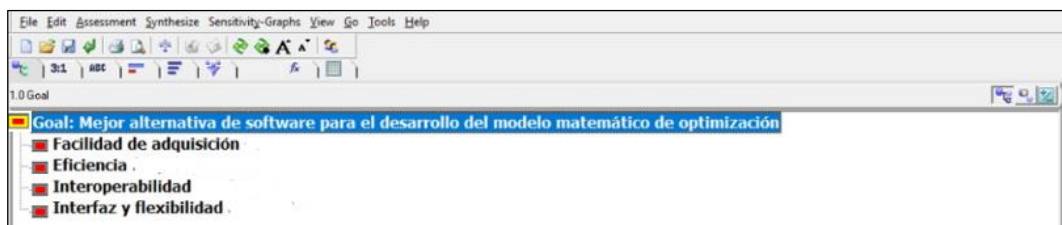


Fig. 16. Asignación de criterios y alternativas

Mediante una calificación numérica acorde a la escala de puntuación de Thomas Saaty mostrada en la Tabla 4, se establece la ponderación de cada uno de los criterios teniendo en cuenta los conocimientos del investigador y las condiciones necesarias que deben tomarse en cuenta para el desarrollo del proyecto. Se desarrolla comparaciones por pares;

- En la comparación entre la facilidad de adquisición y la eficiencia. Se califica a la eficiencia como igual y moderadamente preferible sobre la facilidad de adquisición que podría llegar a tener el software.
- En el versus; facilidad de adquisición e interoperabilidad, se considera moderadamente preferible la facilidad de adquisición, debido a los recursos disponibles y la gama de opciones disponible en el mercado.

- Las características de interfaz, flexibilidad y facilidad de adquisición del software se consideran igualmente preferibles por lo cual en su comparación se coloca una ponderación de uno.
- La eficiencia es considerada preferible frente a la interoperabilidad, debido a que se busca un uso de recursos optimo para la resolución del modelo.
- Se busca un software eficiente que pueda ser aprendido con facilidad y que posee la flexibilidad necesaria par realizar cambios de acuerdo al desarrollo del modelo. Por esto se considera la eficiencia igualmente preferible que la flexibilidad e interfaz del software.
- Por último, la interoperabilidad se encuentra relacionada directamente con la flexibilidad e interfaz. Se coloca una ponderación de uno demostrando su mutua importancia.

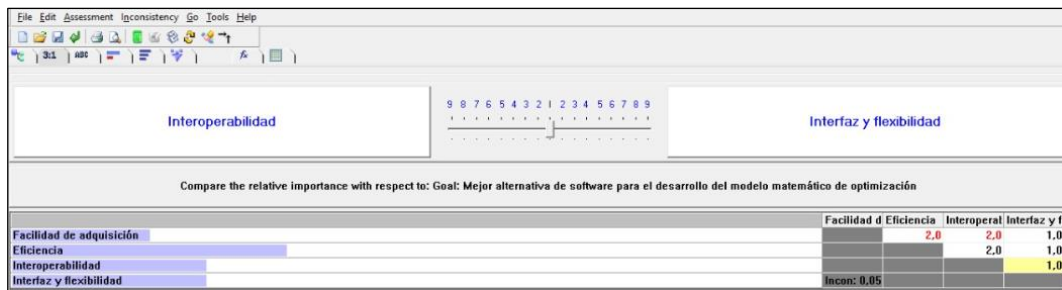


Fig. 17. Valoración de los criterios

Como resultado en la Fig. 18 se presenta una comparación resultado entre la facilidad de adquisición y la eficiencia que puede tener un software. La calificación prioritaria se otorga finalmente a la eficiencia, siendo esta preferible frente a la facilidad de adquisición. Un software actualmente con los recursos disponibles se obtiene de manera sencilla a comparación de la eficiencia, que no manejan en el mismo nivel todos los programas disponibles.

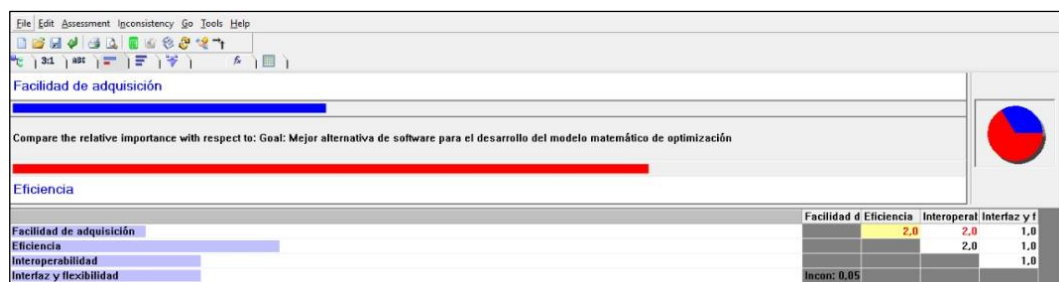


Fig. 18. Resultado de la valoración de los criterios

Una vez que los criterios han sido establecidos y calificados correctamente de acuerdo a su importancia, se procede a realizar una comparación para cada criterio teniendo en cuenta las tres alternativas de posibles programas a seleccionar. En lo que corresponde a la facilidad de adquisición se considera a LINGO como el programa disponible de manera inmediata ya que la Universidad Técnica de Ambato posee una licencia educativa, que permitirá el uso de variables ilimitadas. Por otra parte, al considerarse el precio de las licencias, el segundo software que posee mayor facilidad de adquisición es AMPL, seguido por GAMS. Las ponderaciones resultantes para el criterio pueden ser observadas en la Fig. 19.

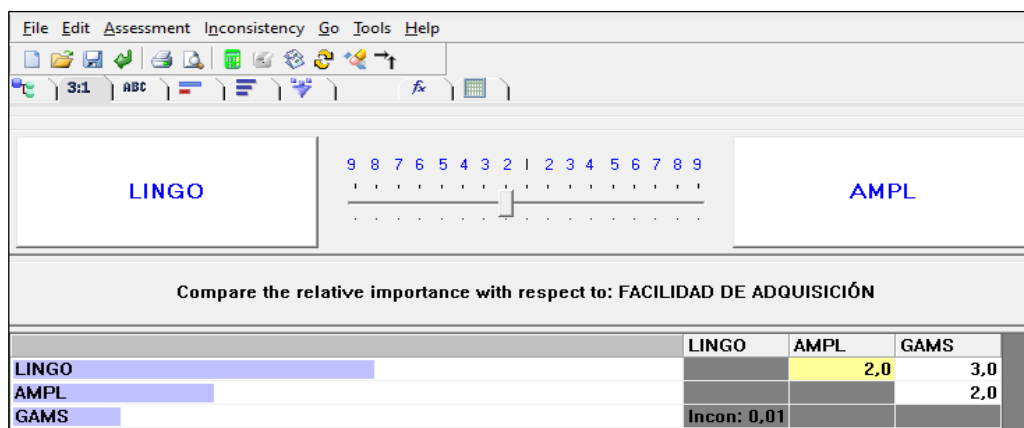


Fig. 19. Valoración de las alternativas para el criterio facilidad de adquisición

Se realiza la ponderación de las alternativas para cada uno de los criterios como el ejemplo mostrado en la Fig. 19. Expert Choice en base a los datos ingresados otorga la importancia a cada criterio de las diferentes alternativas, resultando LINGO como la mejor opción sobre AMPL y GAMS, con un índice de inconsistencia de 0,03 equivalente a 3%, esto evidencia la aplicación metodológica correcta para la resolución del problema. El resultado obtenido puede visualizarse en la Fig. 20.

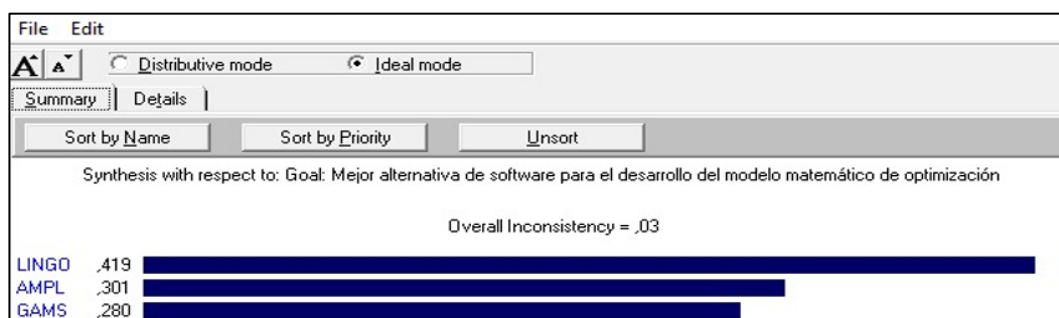


Fig. 20. Resultado del software Expert Choice

Concluido los análisis respectivos de cada uno de los criterios y las alternativas se obtiene que la mejor opción de software para el desarrollo del modelo matemático de optimización. LINGO obtiene una puntuación de 41.9 %, AMPL de 30.1% y GAMS de 28.0%. Los resultados mencionados pueden ser evidenciados en la Fig. 21, misma que muestra también qué se considera al criterio de eficiencia un 34.3 %, al criterio de interoperabilidad e interfaz y flexibilidad con un empate en el 24.3% y finalmente al criterio de facilidad de adquisición con un 17.2%. En la parte inferior de la figura se puede evidenciar la calificación individual de cada uno de los criterios para cada alternativa. En el programa ganador LINGO, el criterio con mayor calificación es la interfaz y flexibilidad, seguido por la eficiencia.

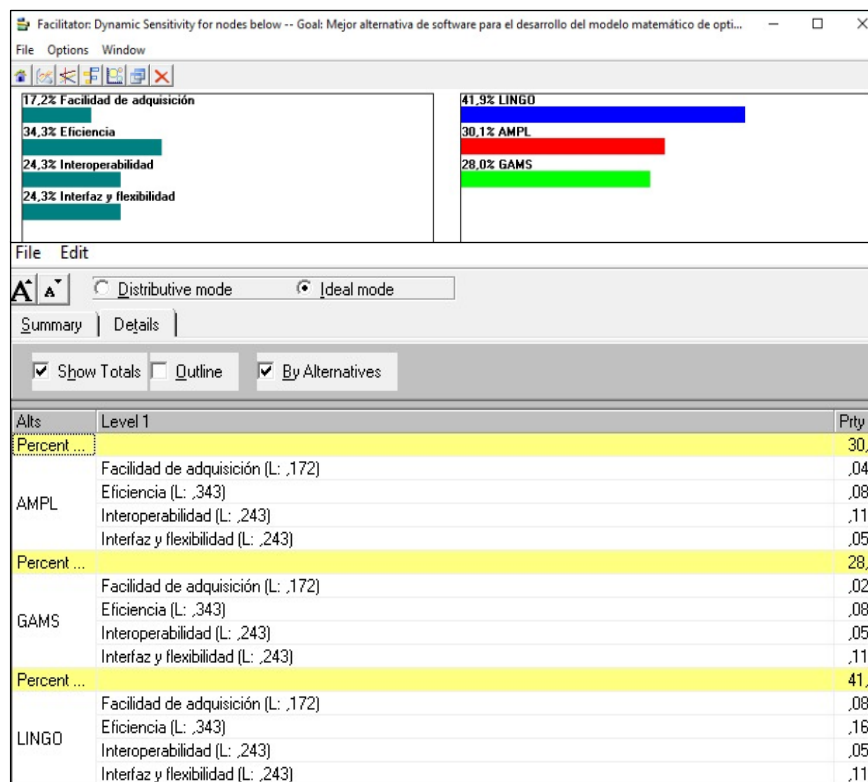


Fig. 21. Detalle del resultado del software Expert Choice

Expert Choice permite realizar el análisis de sensibilidad mediante la visualización de las gráficas dinámicas, mismas que muestran la sensibilidad de las alternativas con respecto a cada uno de los objetivos. La idea es modificar la prioridad de los criterios y así manipular los resultados de las alternativas. En la Fig. 22 se denota la mejor opción de software con las ponderaciones consideradas inicialmente.

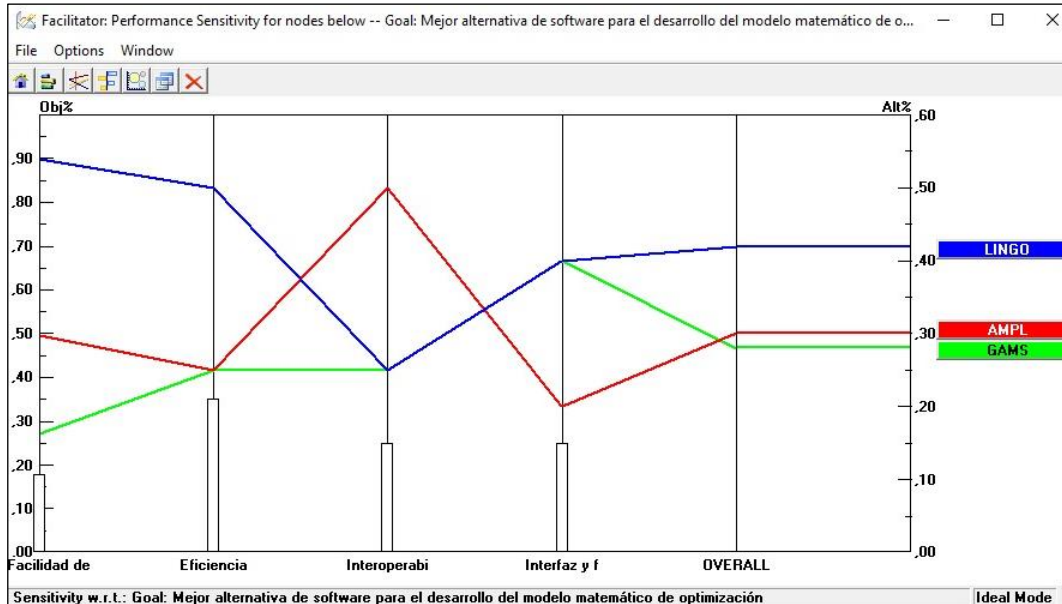


Fig. 22. Grafica de sensibilidad resultante

Si se considera un análisis de sensibilidad y se varía la priorización que se tiene al criterio interoperabilidad, la mejor opción de software para desarrollar el modelo matemático sería AMPL como se evidencia en la Fig. 23.

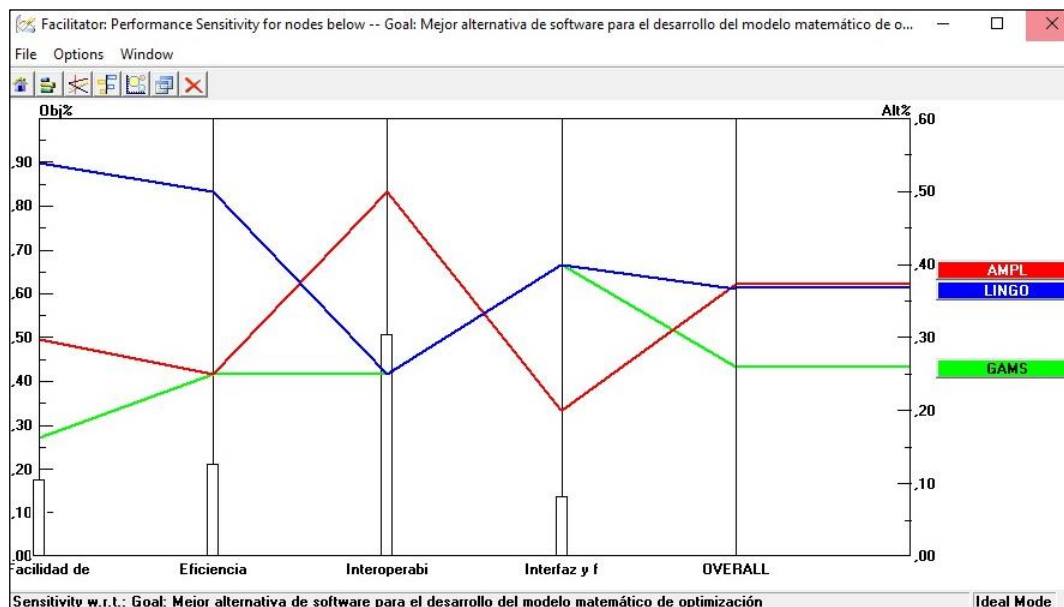


Fig. 23. Grafica de sensibilidad con variación en la ponderación de criterios

3.1.5 Programación y solución del modelo matemático en el software

LINGO posee una aplicación amplia en el lenguaje de modelo matemático, que permite el uso de declaraciones compactas para la anotación matemática. Para el

desarrollo el presente modelo se aísla los datos de la formulación del modelo, por organización y facilidad de entendimiento. En LINGO se usa una síntesis sencilla en el cual se establecen nombre para cada una de las variables con la consideración de que el programa no distingue entre mayúsculas y minúsculas.

Para la presente investigación el software LINGO instalado, posee una licencia que integra el paquete completo para la solución de modelos lineales, no lineales, cuadráticos, programación entera, etc. Su interfaz sencilla, permite un acceso rápido a las funciones.

La programación del modelo matemático de optimización comienza con la declaración de la función objetivo, que el presente caso llevara una antelación de la palabra reservada MIN, ya que se desea minimizar los costos que involucran el sistema de transporte público urbano de la ciudad de Ambato.

Para modelos de gran tamaño LINGO maneja la opción de establecer conjuntos, en caso de que los datos posean las mismas características y se requiera una escritura sintetizada de la problemática. Los conjuntos (sets) pueden ser colocados en cualquier lugar del modelo siempre que se encuentren antes de ser referenciados. La sección de conjuntos inicia con la palabra clave “sets:” y finaliza con la palabra “endsets”, la sintaxis manejada es expresada como: conjunto de líneas/L1..L22/:distancia, headway;. A continuación, se muestra un ejemplo de la sección de conjuntos programada para el modelo matemático de optimización.

```
Sets:  
ck/L1..L22/:d,h; !Conjunto de líneas(k);  
  
endsets
```

Dentro de la programación es necesario asignar valores a ciertos atributos de conjunto, para esta opción dentro de LINGO se utiliza la sección de datos. Similar a la sección de conjuntos esta sección inicia con la palabra clave “data:” y finaliza con la palabra “enddata”. LINGO, aunque permite el manejo de información programada dentro del mismo software, también presenta la opción de interoperabilidad con hojas de cálculo en las cuales es más fácil el proceso de organizar información. En la presente investigación se usa el enlace de vinculación e incrustación de objetos (OLE) en tiempo real a Excel, obteniendo los datos mediante la función @OLE. A continuación,

se muestra un ejemplo de las declaraciones utilizadas para importar datos de la hoja de cálculo y exportar soluciones a la misma.

```
Data:
    d=@Ole('MODELO MSBS.xlsx','distanciaruta');

    @Ole('MODELO MSBS.xlsx','headway')=h;
```

La función @FOR permite incluir una lista de instrucciones separadas por ; que se ejecutarán para cada elemento de un conjunto prefijado. Mientras que la función @SUM calcula la suma de una expresión sobre todos los miembros del conjunto. Ambas funciones serán aplicadas en el presente modelo.

A continuación, por derechos de autor se presenta un extracto del modelo matemático programado en LINGO.

```
MODEL:
Sets:
ck/L1..L22/:d,h; !Conjunto de líneas(k);
ci/O1..O36/; !Conjunto de orígenes i;
cj/D1..D36/;!Conjunto de destinos j;
Mq(ci,cj):q; !Matriz demanda origen destino;
endsets

Data:
d=@Ole('MODELO MSBS.xlsx','distanciaruta');
q=@Ole('MODELO MSBS.xlsx','matrizdemanda');
di=@Ole('MODELO MSBS.xlsx','matrizdistancias');
a=@Ole('MODELO MSBS.xlsx','a');
b=@Ole('MODELO MSBS.xlsx','b');
c=@Ole('MODELO MSBS.xlsx','cc');
e=@Ole('MODELO MSBS.xlsx','e');
@Ole('MODELO MSBS.xlsx','headway')=h;
enddata

min=(a*@sum(ck(k):d(k)/h(k)))+(b*@sum(Mq(i,j):(q(i,j))*di(i,j)));
```

Una vez que la programación se ha realizado en su totalidad, se resuelve en LINGO pulsando el botón con imagen de una diana, ubicado en la parte superior de la barra de herramientas. Al no existir errores en la formulación, durante la etapa de compilación LINGO presenta la ventana mostrada en la Fig. 24, en la cual se evidencian las principales características del modelo a solucionar.

La ventana muestra que el modelo resuelto es uno de programación no lineal en el cual se ha logrado encontrar un óptimo local. En la sección de variables se aclara que existen 22 variables y todas son consideradas no lineales. Existe una restricción no

lineal en el modelo y aparecen 28556 coeficientes diferentes de cero de los cuales 22 son no lineales. La cantidad de memoria que usa LINGO para resolver el modelo es de 5056 KB y el tiempo total utilizado para generar y resolver el modelo es de 7 segundos.

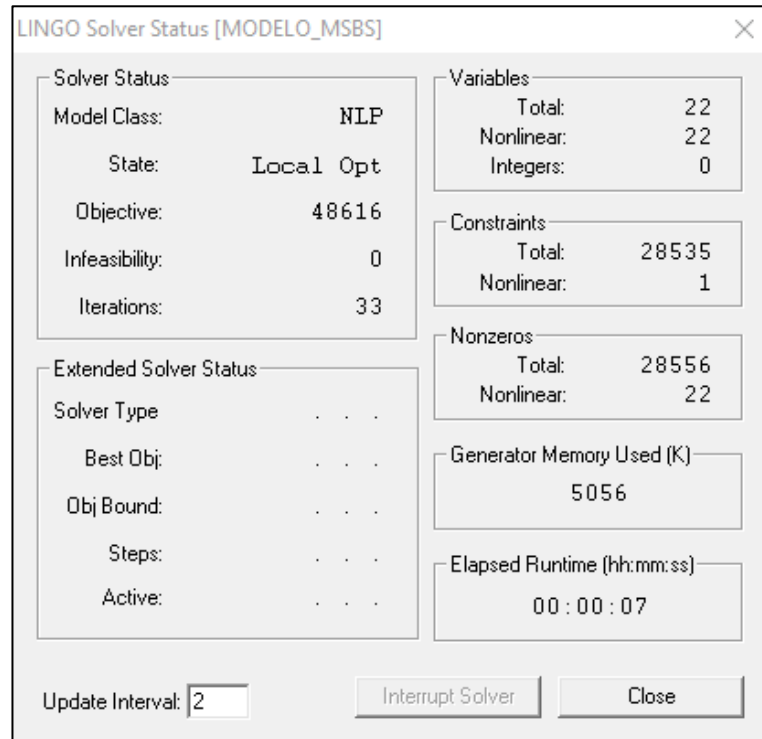


Fig. 24. Ventana “status” para monitoreo de la resolución del modelo

LINGO generara un archivo .lgr donde se muestra la solución correspondiente del modelo. A continuación, se presenta el resultado obtenido al resolver el modelo matemático de optimización para externalidades negativas del transporte público urbano de la ciudad de Ambato.

```
Local optimal solution found.
Objective value:                48616.04
Total solver iterations:        33
```

```
Export Summary Report
-----
Transfer Method:                OLE BASED
Workbook:                      MODELO MSBS.xlsx
Ranges Specified:              1
    headway
Ranges Found:                   1
Range Size Mismatches:         0
Values Transferred:            22
```

Variable	Value	Reduced Cost
A	0.8899000	0.000000
B	0.8501132E-01	0.000000
C	1.422709	0.000000
DF	0.1098617E-01	0.000000
E	65.85017	0.000000
F	105.2805	0.000000
G	0.6098796E-02	0.000000
D(L1)	37.40000	0.000000
D(L2)	26.70000	0.000000
D(L3)	38.10000	0.000000
D(L4)	37.50000	0.000000
D(L5)	38.50000	0.000000
D(L6)	38.70000	0.000000
D(L7)	40.70000	0.000000
D(L8)	32.40000	0.000000
D(L9)	62.70000	0.000000
D(L10)	63.40000	0.000000
D(L11)	34.10000	0.000000
D(L12)	38.70000	0.000000
D(L13)	36.00000	0.000000
D(L14)	36.00000	0.000000
D(L15)	37.50000	0.000000
D(L16)	20.97000	0.000000
D(L17)	26.50000	0.000000
D(L18)	36.00000	0.000000
D(L19)	54.50000	0.000000
D(L20)	58.60000	0.000000
D(L21)	42.70000	0.000000
D(L22)	36.70000	0.000000
H(L1)	0.9681668E-01	0.000000
H(L2)	0.9601435E-01	0.000000
H(L3)	0.1083795	0.000000
H(L4)	0.1083795	0.000000
H(L5)	0.1057230	0.000000
H(L6)	0.9931454E-01	0.000000
H(L7)	0.1428389	0.000000
H(L8)	0.9676922E-01	0.000000
H(L9)	0.1239200	0.000000
H(L10)	0.1428389	0.000000
H(L11)	0.1239200	0.000000
H(L12)	0.9988498E-01	0.000000
H(L13)	0.9286352E-01	0.000000
H(L14)	0.9286352E-01	0.000000
H(L15)	0.1083795	0.000000
H(L16)	0.8975243E-01	0.000000
H(L17)	0.9683874E-01	0.000000
H(L18)	0.1083795	0.000000
H(L19)	0.1908119	0.000000
H(L20)	0.1908119	0.000000
H(L21)	0.1083795	0.000000
H(L22)	0.1042639	0.000000

Dentro de los resultados obtenidos de la resolución del modelo en LINGO, se muestra un valor de \$ 48616,04 correspondiente al menor costo total del modelo matemático aplicado para las externalidades negativas del transporte público urbano de ciudad de Ambato. Este resultado incluye los costos de flota, de esperas por parte de los usuarios,

los costos que perciben los usuarios para poder acceder al servicio y el costo de la internalización de las externalidades ruido y contaminación ambiental.

Posterior a esto se evidencian las sentencias $H(L(k))$, donde se representa el headway de cada una de las líneas. Se muestra uno de los ítems:

Variable	Value	Reduced Cost
H (L1)	0.9681668E-01	0.000000

Esto quiere decir que para la línea 1, se debe considerar un headway de 0.09883275 horas.

El factor “Reduced Cost” o denominado costo de oportunidad, está relacionado directamente con la variable, y representa en cuanto disminuiría el valor de la funcionalidad asociada si se asignara un valor de cero a dicha variable. En el headway correspondiente de las líneas de la 1 a 21 el costo de oportunidad es igual cero.

El análisis de sensibilidad permite determinar los intervalos en qué se ve afectada la solución óptima frente a variaciones en las condiciones que toman las variables inicialmente. En el presente modelo no puede ser interpretado un análisis de sensibilidad al trabajar con variables no lineales. En la Fig. 25 se muestra el resultado del análisis realizado.

Variable	Coefficient	Objective Coefficient Ranges	
		Allowable Increase	Allowable Decrease
H (L1)	NONLINEAR	0.0	0.0
H (L2)	NONLINEAR	0.0	0.0
H (L3)	NONLINEAR	-1554.650	INFINITY
H (L4)	NONLINEAR	-2386.188	INFINITY
H (L5)	NONLINEAR	0.0	0.0
H (L6)	NONLINEAR	0.0	0.0
H (L7)	NONLINEAR	-3965.759	INFINITY
H (L8)	NONLINEAR	0.0	0.0
H (L9)	NONLINEAR	-3388.231	INFINITY
H (L10)	NONLINEAR	-2919.265	INFINITY
H (L11)	NONLINEAR	-926.8046	INFINITY
H (L12)	NONLINEAR	0.0	0.0
H (L13)	NONLINEAR	0.0	0.0
H (L14)	NONLINEAR	0.0	0.0
H (L15)	NONLINEAR	-1811.832	INFINITY
H (L16)	NONLINEAR	0.0	0.0
H (L17)	NONLINEAR	0.0	0.0
H (L18)	NONLINEAR	-2766.602	INFINITY
H (L19)	NONLINEAR	-910.7682	INFINITY
H (L20)	NONLINEAR	-4793.884	INFINITY
H (L21)	NONLINEAR	-2545.156	INFINITY
H (L22)	NONLINEAR	0.0	0.0

Fig. 25. Ventana resultado del análisis de sensibilidad en LINGO.

3.1.6 Interpretación de resultados

En la solución del modelo matemático programado en LINGO, se considera la comparación entre los costos sociales y los beneficios medidos en términos monetarios. El rubro de \$ 48616,04 representa el valor de poner en marcha durante una hora pico el sistema de transporte público urbano de la ciudad de Ambato, mismo refleja las pérdidas y ganancias experimentadas por la sociedad.

El sistema público promueve la interconectividad total con una calidad de servicio del abastecimiento de unidades. La presente investigación se enfoca en el estudio del headway de operación, que requiere ser manejado para satisfacer la demanda en una hora pico de movilidad. En la Tabla 21 se muestra cada una de las líneas con el respectivo headway calculado expresado en horas y minutos. También se considera el mismo headway para determinar el número de frecuencias por hora, día y mes, con la estandarización de un horario de servicio de que empieza a las 5h30 y concluye a las 22h00.

Al realizar una comparación entre las frecuencias en hora pico establecidas por el contrato de operación y las frecuencias óptimas calculadas mediante el modelo de optimización, se puede evidenciar varios cambios.

- En las líneas 1, 8 y 17, se recomienda el manejo de un headway mayor al actual, haciendo que todas las líneas disminuyan el despliegue de dos unidades cada por hora pico.
- Para líneas 2 y 7 se establece un intervalo entre buses 5,76 y 8,57 minutos respectivamente, disminuyendo 5 unidades por hora en comparación con su frecuencia actual de operación.
- Las líneas 3,4, 21 y 22, maneja actualmente un headway corto, que otorga 3 unidades más de las requeridas para abastecer correctamente al sistema.
- En varias líneas también se maneja una frecuencia que no satisface la demanda de la ruta, este es el caso de las líneas 5, 6, 12 y 18, en las cuales se recomienda disminuir el headway y aumentar 3 unidades en la circulación de cada ruta por hora. Se recomienda también disminuir el intervalo de tiempo entre unidades de la línea 12, ya que para abastecer al sistema se requiere una frecuencia de 8 unidades por hora, número mayor a las 6 actualmente utilizadas.

- El headway recomendado para la línea 9 es 7,44 minutos, actualmente opera con un headway de 4 minutos lo que hace que se desplieguen 7 unidades más de las requeridas por hora pico. El mismo caso se presenta en la línea 10 que ahora opera con una sobrecarga de 8 unidades en cada hora.
- La línea 14 actualmente maneja una el despliegue de una unidad cada 3 minutos, alternando buses de las 2 cooperativas. El resultado del modelo matemático concuerda con dicho manejo, por lo cual se sugiere mantener el headway de operación.
- Las líneas 15 y 20 manejan un intervalo de tiempo de operación muy bajo, se recomienda disminuir las frecuencias en 6 y 20 unidades respectivamente. La línea 20 en su contrato de operación indica un headway de 3 minutos, sin embargo, el largo de la ruta y consideraciones como un abastecimiento tan grande de buses en el centro de la ciudad, hacen que se considere la aplicación de un intervalo de tiempo entre unidades mucho más amplio establecido en 11,45 minutos.
- En la línea 16 y 19 el headway manejado actualmente debe variar, aumentándolo y permitiendo que una unidad menos sea enviada a circulación en la hora pico.

El costo total de transportar un número elevado de personas es bastante alto al monetizar el tiempo de los individuos que se involucran en el servicio y establecer coeficientes que represente las externalidades negativas que ocasionan su decisión de consumo. El costo de la flota calculado a partir de la ecuación 6 nos ayuda a tener una visión más clara de la optimización de recursos mostrada por el desarrollo del modelo. Actualmente en una hora pico se tiene en ruta 246 unidades, mientras que con el modelo planteado se disminuirá esa cantidad a 194, reduciendo directamente el costo de flota manejado en \$ 8910,72 a \$ 6608,39, con una disminución considerable de \$2310, 34 por hora.

Los contratos de operación actualmente vigentes lejos de una simple reformulación, requieren un control más estricto que permita considerar los intervalos de tiempo entre unidades calculados en el presente proyecto como base para el establecimiento y el control de frecuencias.

Tabla 21. Headway calculado para cada una de las líneas

Cooperativas de Transporte Urbano de Ambato	Rutas		Línea N#	Número de Unidades	Headway Calculado		Frecuencias		
	Origen	Destino			Horas	Minutos	Por hora	Por día	Mensualmente
Cooperativa de transporte Los Libertadores	Techo Propio	Andiglata	1	11	0,0968	5,81	10	170	5100
	La Florida	Cashapamba	2	22	0,0960	5,76	10	171	5130
	La Península	Las Orquídeas	3	11	0,1084	6,50	9	152	4560
	Seminario Mayor	Ingahurco Bajo	4	11	0,1084	6,50	9	152	4560
	Tangaiche	Macasto-Ponchoa	5	10	0,1057	6,34	9	156	4680
Cooperativa de Transportes Tungurahua	La Libertad	Miraflores	6	10	0,0993	5,96	10	166	4980
	Letamendi	El Mirador	7	20	0,1428	8,57	7	115	3450
	Montalvo	El Recreo	8	18	0,0968	5,81	10	170	5100
	Huachi el Progreso	Izamba-Quillan	9	29	0,1239	7,44	8	133	3990
	Barrio Solís	Augusto N. Martínez	10	26	0,1428	8,57	7	115	3450
	Pucarumí	Tiugua	11	12	0,1239	7,44	8	133	3990
	La Libertad	Centro	12	11	0,0999	5,99	10	165	4950
	Ficoa	Totoras	14	19	0,0929	5,57	10	177	5310
Cooperativa de Transporte Urbano Unión Ambateña	Ficoa	Totoras	14	15	0,0929	5,57	10	177	5310
	La Joya	Parque Industrial	15	25	0,1084	6,50	9	152	4560
	Pinllo	Nueva Ambato	16	16	0,0898	5,39	11	183	5490
	Picaihua	Cdla. España	17	16	0,0968	5,81	10	170	5100
	San Juan	Barrio Amazonas	18	15	0,1084	6,50	9	152	4560
Cooperativa de Transportes Vía Flores	San Pablo	Plaza Pachano	19	22	0,1908	11,45	5	86	2580
	Juan Benigno Vela	Ex Redondel de Izamba	20	23	0,1908	11,45	5	86	2580
Compañía de Transportes Jerpazsol S.A.	Manzana de Oro	Puerto Arturo	21	28	0,1084	6,50	9	152	4560
	Los Ángeles	Izamba	22	27	0,1043	6,26	9	158	4740

CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Al experimentar un modelo de optimización para las externalidades negativas del servicio de transporte público urbano de la ciudad de Ambato, se determinó que para la movilización por hora de aproximadamente 25188 personas que abordan las diferentes rutas, se requiere de un rubro de \$ 48616,04. El valor presentado considera directamente las externalidades; ruido, congestión vehicular y contaminación ambiental, sin dejar de lado, los accidentes de tránsito y el cambio climático que se denotan al controlar las frecuencias y limitar factores como la velocidad y sobrecarga de las unidades. La representación de las externalidades negativas del transporte se ve involucrada en un entorno amplio, ya que las decisiones de consumo no siempre se ven directamente relacionados con los usuarios del servicio. Mediante coeficientes correspondientes a la disposición individual a pagar por mitigar un efecto negativo, coeficientes que consideran el tiempo de un individuo en términos monetarios, y al headway de operación como la variable de relación general, se considera el costo de las externalidades negativas en el modelo matemático de optimización.

El planteamiento del modelo de optimización para las externalidades negativas, se desarrolla desde un punto de vista táctico, con un levantamiento previo de la información existente del sistema de transporte y modelos planteados a lo largo del tiempo. El costo de movilización de usuarios se ve representado por el traslado de un individuo desde un origen i a un destino j , mismo que se representa por una función no lineal. Partiendo de la red de transporte con 36 nodos y 100 posibles arcos, se planteó la función objetivo en la cual se incluye el costo de operación de las unidades, los coeficientes monetarios representativos al tiempo de los usuarios y los valores correspondientes a la internalización de externalidades negativas del sistema.

Con el headway otorgado por la resolución del modelo que integra los requerimientos de demanda y la calidad del servicio, se determina que un 68,18% es decir 15 líneas deben disminuir sus frecuencias, un 22,73% correspondiente a 5 líneas debe

aumentarlas y las 2 líneas restante que conforman el 9,09% debe mantener su frecuencia conforme lo establecido en el contrato de operación vigente.

El modelo propuesto fue experimentado mediante el software LINGO 10.0, que posee una interoperabilidad con la hoja de cálculo de Microsoft Excel, misma en la que se desarrolló el levantamiento de información. En LINGO se ensayó el modelo logrando obtener menor costo total para la operación del sistema de transporte, con las consideraciones individuales del headway para cada una de las líneas que lo conforman. El costo generado por el tamaño de la flota se puede reducir un 25,90 % al aplicar los intervalos de tiempo entre unidades de la misma línea sugeridos en el modelo. En términos monetarios esto se vería reflejado en el pasar de invertir un total de \$ 8910,72 por hora a \$ 6608,39 en el mismo tiempo por concepto de la flota utilizada.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda la implementación paralela de recursos más visuales de georreferenciación en cada una las unidades pertenecientes a las distintas cooperativas. Kbus es una aplicación que permite visualizar las rutas de transporte público, y obtener la ubicación en tiempo real de cada uno de los buses del sistema.

Lejos de deficiencias en manejo de las unidades de transporte, se debe considerar los espacios viales que no permiten una circulación adecuada de las unidades dificultando el cumplimiento de las frecuencias de operación y satisfacción de la demanda. Se recomienda la aplicación de políticas generales de tránsito peatonal. Se maneja una consideración entre paradas de 300 metros, empero las unidades realizan mayores paradas de las determinadas aumentando su tiempo de ruta e irrespetando el headway.

Para desarrollar con mayor facilidad la red de transporte, se recomienda conocer el recorrido específico de cada una de las rutas y los puntos decisivos de operación, de tal modo que se pueda recolectar la información desde un punto de vista crítico de beneficios para los usuarios.

Se propone el desarrollo de un tema relacionado, con los efectos y control de las externalidades en un sistema reestructurado de caja común.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] I. W. H. Parry, M. Walls, and W. Harrington, “Automobile Externalities and Policies,” *SSRN Electron. J.*, pp. 10–35, 2007.
- [2] C. Regnier and S. Legras, “Urban Structure and Environmental Externalities,” *Environ. Resour. Econ.*, vol. 70, no. 1, pp. 31–52, May 2018.
- [3] S. Perveen, T. Yigitcanlar, M. Kamruzzaman, and J. Hayes, “Evaluating transport externalities of urban growth: a critical review of scenario-based planning methods,” *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 14, no. 3, pp. 663–678, Mar. 2016.
- [4] C. Dascalu, C. Caraiani, C. Iuliana Lungu, F. Colceag, and G. Raluca Guse, “The externalities in social environmental accounting,” *Int. J. Account. Inf. Manag.*, vol. 18, no. 1, pp. 19–30, Mar. 2010.
- [5] A. Tetteh and S. Dsane-Nsor, “Minimising negative externalities cost using 0-1 mixed integer linear programming model in e-commerce environment,” *J. Transp. Supply Chain Manag.*, vol. 11, pp. 1–9, Apr. 2017.
- [6] A. Ceder, B. Golany, and O. Tal, “Creating bus timetables with maximal synchronization,” *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 35, no. 10, pp. 913–928, Dec. 2001.
- [7] M. H. Baaj and H. S. Mahmassani, “An AI-based approach for transit route system planning and design,” *J. Adv. Transp.*, vol. 25, no. 2, pp. 187–209, Mar. 1991.
- [8] S. Ngamchai and D. J. Lovell, “Optimal Time Transfer in Bus Transit Route Network Design Using a Genetic Algorithm,” *J. Transp. Eng.*, vol. 129, no. 5, pp. 510–521, Sep. 2003.
- [9] A. Eranki, “A Model to Create Bus Timetables to Attain Maximum Synchronization Considering Waiting Times at Transfer Stops,” University of South Florida, 2004.
- [10] A. Mauttone, M. Urqhart, and H. Cancela, “Optimización de Recorridos y Frecuencias en Sistemas de Transporte Público Urbano Colectivo,” Universidad de La República, 2005.
- [11] C. M. Mayorga Abril, M. E. Ruiz Guajala, D. S. Aldas Salaza, and J. P. Reyes Vásquez, “Impacto socioambiental de las externalidades del transporte público urbano en Ambato. Modelo de optimización,” Ambato, 2019.
- [12] M. Meyer, “Estimating travel characteristics and volumes,” in *Transportation Planning Handbook*, Cuarta Edi., M. Meyer, Ed. New Jersey, 2016, pp. 35–52.
- [13] G. Desaulniers and M. D. Hickman, “Chapter 2 Public Transit,” vol. 14, no. 06, 2007, pp. 69–127.

- [14] A. Goyes, “La Movilidad Urbana Sostenible en el centro de la ciudad de Ambato,” Instituto Politécnico de Leira, 2018.
- [15] C. Mas Moscardo, “Programación de rutas, itinerarios y planes de transporte de viajeros,” in *Diseño de planes de transporte de viajeros por carretera*, 5.0., España: Editorial Elearning S.L., 2015, pp. 210–230.
- [16] M. L. Delgado Jalón, S. Flores Ureba, and J. Á. Rivero Menéndez, “Identificación de los factores del coste social del transporte: una revisión de la literatura,” *Obs. Medioambient.*, vol. 17, pp. 65–89, Dec. 2014.
- [17] M. Agurto and A. Darwin, “El costo social de los accidentes generados por el transporte urbano en la ciudad de Ambato,” Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [18] F. S. Chango Olovache and S. M. Collantes Vaca, “El costo social del ruido generado por el transporte urbano en la ciudad de Ambato,” Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [19] L. T. Pomboza, “Metodología para la estimación del tráfico del transporte público urbano. Aplicación a la ciudad de Ambato,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.
- [20] I. Emery, E. Mbonimpa, and A. E. Thal, “Climate-based policies may increase life-cycle social costs of vehicle fleet operation,” *Energy Policy*, vol. 101, pp. 1–9, Feb. 2017.
- [21] A. Ríos Villacorta, C. Vargas Guevara, J. Guamán Molina, and M. Otorongo Cornejo, “Implicaciones Energéticas y Medio Ambientales de la Integración de Autobuses Eléctricos en el Sistema de Transporte Urbano de la Ciudad de Ambato,” *Rev. Politécnica*, vol. 42, no. 1, 2018.
- [22] E. Rojas and C. Mayorga, “El costo social de los gases de efecto invernadero y el transporte urbano en la ciudad de Ambato,” Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [23] F. Hillier and G. Lieberman, “Modelos de optimización de redes,” in *Introducción a la Investigación de Operaciones*, 9th ed., P. Roig, M. Rocha, and E. Zuñiga, Eds. México: McGraw-Hill Educación, 2010, pp. 331–391.
- [24] F. Hillier and G. Lieberman, “Programación lineal,” in *Introducción a la Investigación de Operaciones*, 9th ed., P. Roig, M. Rocha, and E. Zuñiga, Eds. México: McGraw-Hill Educación, 2010.
- [25] A. Ceder and N. Wilson, “Bus network design,” *Transportation (Amst.)*, vol. 208, no. 4, pp. 331–344, 1986.
- [26] A. Optimization, “AMPL,” 2019. [Online]. Available: <https://ampl.com/products/ampl/>.
- [27] Artelys Optimization Solutions, “AMPL Solvers,” *Artelys*, 2019. [Online].

Available: <https://www.artelys.com/solvers/ampl/>.

- [28] GAMS Development Corp., “GAMS,” *Cutting Edge Modeling*, 2019. [Online]. Available: <https://www.gams.com/>.
- [29] I. LINDO Systems, “LINGO,” *LINGO-Optimization Modeling Software for Linear, Nonlinear, and Integer Programming.*, 2019. [Online]. Available: <https://www.lindo.com/index.php/products/lingo-and-optimization-modeling>.
- [30] H. Taha, “Análisis de decisiones y juegos,” in *Investigación de Operaciones*, Séptima., G. Medoza, Ed. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2004, pp. 500–543.
- [31] Expert Choice, “Expert Choice for Collaborative Decision Making,” 2019. [Online]. Available: <https://www.expertchoice.com/ahp-software>.
- [32] C. Breems and G. Díaz, “Análisis de valor agregado de las herramientas de apoyo a la gestión de una empresa de consultoría,” Universidad de Chile, 2007.
- [33] Microsoft, “Microsoft Excel,” *Office 365*, 2019. [Online]. Available: <https://products.office.com/es/excel>.
- [34] El Pleno de la Asamblea Constituyente, *Ley Orgánica de Transporte Terrestre , Tránsito y Seguridad Vial*. Ecuador, 2018, p. 66.
- [35] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, *Plan estratégico de movilidad 2013 - 2037*. Ecuador, 2016, p. 238.
- [36] Municipalidad del Cantón Ambato, *Reforma Y Codificación De La Ordenanza General Del Plan De Ordenamiento Territorial*. Ecuador, 2009.
- [37] A. Vargas and M. Sierra, “Auditoría de gestión y su incidencia para la toma de decisiones en la Cooperativa de Transporte Urbano Tungurahua,” Universidad Técnica de Ambato, 2014.
- [38] M. B. Estrada and M. Vargas, “La capacitación laboral y su incidencia en la calidad de servicio en los conductores de las unidades de transporte urbano interparroquial Vía Flores de la ciudad de Ambato,” Universidad Técnica de Ambato, 2015.
- [39] M. del C. Peñafiel and C. Toscano, “Auditoría de Gestión como herramienta en la toma de decisiones de la Cooperativa de Transporte Urbano Unión Ambateña de la ciudad de Ambato,” Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [40] J. T. Quinatoa, “Las nuevas normativas vigentes en el transporte urbano y la rentabilidad de la Compañía Transportes Jerpazsol S.A.,” Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [41] Instituto Ecuatoriano de Normalización, *NTE INEN I 323:2009*. Ecuador, 2009, p. 10.

- [42] Instituto Ecuatoriano de Normalización, *RTE INEN 038 (2R):2010*. Ecuador, 2010.
- [43] Grupo Mavesa, “HINO,” 2019. [Online]. Available: <https://www.grupomavesa.com.ec/hino/modelo/detalles/ver/Buses-AK8JRSA/v/3#especificaciones>.
- [44] CEPEDA Compañía Limitada, “Bus Urbano - Modelo Silver City,” 2019. [Online]. Available: <https://www.carroceriascepeda.com/silverycity.htm>.
- [45] IMCE Carrocerías, “Platinum U-340,” 2019. [Online]. Available: <https://carroceriasimce.com/autos/platinum-u-340/>.
- [46] V. Carrocerías, “Bus Urbano VM3,” 2018. [Online]. Available: <http://varma.com.ec/web/>.
- [47] Ministerio del Ambiente, “Estado del Aire.” MAE, Quito, p. 89, 2015.
- [48] J. Romero and C. Mayorga, “La predisposición al pago por la contaminación del aire generada por el transporte urbano en Ambato,” Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [49] M. Bayas and I. Mariño, “Universidad técnica de ambato,” Universidad Técnica de Ambato, 2011.

ANEXOS

Anexo 1. Respuesta a la solicitud de información.



REPÚBLICA DEL ECUADOR
GAD MUNICIPALIDAD DE AMBATO

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

Ambato, 15 de julio de 2019
Oficio DTTM-19-1647

Señorita
Mayra Stephanie Barahona Sánchez

Ing. John Paúl Reyes Vásquez
Docente/Investigador – FTITI/ Tutor de Trabajo de Titulación
Presente.-

De mi consideración:

En atención a oficio S/N de fecha 05 de julio de 2019, suscrito por su persona; mediante el cual solicita se le emita información de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad para el desarrollo de su titulación.

En razón de lo antes mencionado me permito adjuntar a la presente copia del oficio N° DTTM-UGTTSV-19-0874 de fecha 12 de julio de 2019 y un Cd en los que se le entrega la documentación e información solicitada.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. Alvaro Corral N.

DIRECTOR DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD
GAD MUNICIPALIDAD DE AMBATO

Elaborado por: MGYC
15/07/2019



Dirección: Bolívar y 5 de Junio
Telfax: (03) 2425588 – Telf:(03)2 2423440
www.ambato.gob.ec





REPÚBLICA DEL ECUADOR
GAD MUNICIPALIDAD DE AMBATO

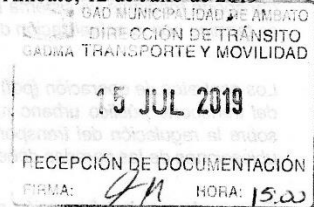
DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

UNIDAD DE GESTIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y SEGURIDAD VIAL

OTORGAR A PERFECCIONADO
15/02/2019

Oficio DTTM-UGTTSV-19-0874
Ambato, 12 de Julio de 2019

Ingeniero.
Álvaro Corral N.
DIRECTOR DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD
Presente.
De mi consideración:



ASUNTO: FACULTAD DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN UTA SOLICITUD INFORMACIÓN
TEMA: INFORMACIÓN PARA PROPUESTA DE TRABAJO DE TITULACIÓN.

Luego de expresarle un cordial saludo, nos dirigimos a usted muy respetuosamente, y en atención a disposición de vuestra Autoridad para "JEFE UGTTSV, VER FACTIBILIDAD DE LO SOLICITADO" sobre la solicitud remitida por Ing. John Paúl Reyes en calidad de docente/Investigador y Mayra Stephanie Barahona estudiante de la Universidad Técnica de Ambato, de fecha 5 de julio de 2019, para que se facilite la siguiente información misma que servirá para el desarrollo del Trabajo de Titulación; entre ellos:

- Información general pertinente al manejo y control de las cooperativas responsables del Transporte público urbano de la ciudad de Ambato.
- Archivos digitales, en donde se encuentre trazada la ruta de cada una de las 22 líneas del Transporte Público Urbano de la ciudad de Ambato (Independiente del programa utilizado).
- Archivos digitales, del detalle de todas las paradas autorizadas de cada una de las líneas (Independientemente del programa utilizado)

Al respecto cumplenos informar lo siguiente:

-En cuanto al manejo y control de las operadoras de transporte público urbano, adjunto se servirá encontrar los contratos de operación en cuales se determina y establece las condiciones con las cuales se encuentran autorizados a prestar los servicios de transporte público en la ciudad de Ambato. (archivos pdf); cabe señalar que las cinco operadoras de transporte público cuenta con la plataforma informática para la correcta administración, control, despacho de flota vehicular y su ubicación satelital de cada una de las unidades, al mismo que se manifiesta que la DTTM cuenta con un usuario entregado por las operadoras exclusivamente para visualizar y fiscalizar el cumplimiento a los índices operacionales constantes en los Contratos de Operación.

En cuanto a la información solicitada adjunto se servirá encontrar en archivo pdf lo solicitado en dispositivo magnético CD información que tiene referencia Al mapeo de las rutas del transporte público de buses urbanos de la ciudad de Ambato.

Ubicación de las 25 paradas innovadoras implementadas por el GADMA; en cuanto a la ubicación de las paradas de las 22 líneas de transporte público es menester informar que la DTTM no cuenta con información detallada de su ubicación en razón a que de conformidad a lo determinado en la ley y a la técnica se establece paradas de transporte público con una distancia entre los 300 mts, las mismas que en algunos casos se lo ha determinado por el alto porcentaje en la atracción de deseos de viajes; por la necesidad de los usuarios y por las costumbres de los pasajeros. A más de ello, el servicio de transporte al ser una actividad multifuncional y cambiante en cuanto a sus recorridos por la circulación por las vías denominadas rutas o recorridos son

Dirección: Bolívar y 5 de Junio



REPÚBLICA DEL ECUADOR
GAD MUNICIPALIDAD DE AMBATO

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD
UNIDAD DE GESTIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y SEGURIDAD VIAL

susceptibles de variaciones, y finalmente no se ha establecido paradas definitivas mientras no se determine el sistema de transporte técnico y adecuado para la ciudad de Ambato como en el caso de sistemas de transporte mediante un sistema BRT, Sistema Integrado de transporte, el mismo que se lo aplicará una vez que se termine con la actualización del PLAMTA o PLAM de Movilidad Sustentable.

Los contratos de operación (pdf) de las operadoras de transporte público insertos las líneas, rutas y frecuencias del transporte público urbano rural de cantón Ambato desde que la Municipalidad asumió las competencias sobre la regulación del transporte, cabe señalar que de ser el caso el señorita interesada en respecta a las ubicaciones de las paradas deberá recabar la información requerida in situ y las actuales paradas.

Esperando que la información entregada sea manejada con la prolijidad que el caso lo amerita y que en un tiempo no muy lejano, se facilite el resultado de la Investigación del Proyecto citado con la finalidad de que sean un aporte valioso para la ciudad, el GADMA y las operadoras de transporte público urbano del cantón Ambato, para el progreso y mejoras de la movilidad y de la transportación en general del cantón Ambato.

Con sentimientos de consideración y estima, particular que informamos para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. Fredy León Guerra
Servidor Público 4 DTTM-UGTTTSV

Eco/ Gabriela Rodríguez
JEFA GESTION TRÁNSITO, TRANSPORTE Y SEGURIDAD VIAL

Adjunto CD.





Ambato se mueve contigo

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

CONTRATO DE OPERACIÓN

RESOLUCION N° 004-CO-DTTM-2015

EL DIRECTOR DE TRANSITO TRANSPORTE Y MOVILIDAD

Conste por el presente instrumento el Contrato de Operación para la prestación de Servicio de Transporte público de Personas, de conformidad a lo establecido en los Arts. 75 literal a)... 76 inciso primero de la Ley Orgánica de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial, Arts. 76, 77, 78, 82, 83 y siguientes del Reglamento para la aplicación de la Ley Orgánica de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial vigentes; que se celebra al tenor de las siguientes cláusulas:

PRIMERA COMPARECIENTES: Comparecen a la celebración del presente contrato, por una parte el GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPALIDAD DE AMBATO, a través de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad representada por el Myr. (SP) Edward Gaibor Delgado, en su calidad de Director, conforme lo acredita con el nombramiento que se acompaña, y delegación del Señor Alcalde Cantonal; parte que en lo posterior se lo reconocerá como el CONTRATANTE y por otra, la Cooperativa de Transporte Público de Pasajeros en Buses Urbanos "LOS LIBERTADORES" representada por su Gerente el señor HERVIN KLEVER BOMBON VELASTEGUI con cédula de ciudadanía No. 1801749936, conforme lo acredita con el Nombramiento que se acompaña, parte que en lo posterior se le reconocerá como "LA OPERADORA", libre y voluntariamente convienen en celebrar el siguiente Contrato de Operación para la Prestación de Servicio de Transporte Terrestre Público de Personas en buses urbanos.

SEGUNDA ANTECEDENTES.-

- Que, la Constitución de la República del Ecuador, en su Artículo 264, numeral 6 otorga entre las competencias exclusivas de los gobiernos municipales el: "Planificar, regular y controlar el tránsito y el transporte público dentro de su territorio cantonal".
- Que, el artículo 130 del Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización, otorga el ejercicio de la competencia exclusiva a las municipalidades de planificar, regular y controlar el tránsito y transporte y la seguridad vial dentro de su jurisdicción territorial.
- Que, la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, en su Art. 13 reconoce como órgano de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, en su literal c) a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales.
- Que, de conformidad con la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial en su artículo 30.5 en el cual determina las competencias de los GADS y en su literal c) otorga la facultad de Planificar, regular y controlar las actividades y operaciones de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, los servicios de transporte público de pasajeros y carga, transporte comercial y toda forma de transporte colectivo y/o comercial masivo, en el ámbito urbano e intracantonal.
- Que, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, viene ejerciendo competencias en materia de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, en base al Convenio de Transferencia de Funciones, debidamente celebrado con el Gobierno Central el 13 de Febrero de 2007, ratificado mediante resolución No. 006 - CNC-2012, de 26 de abril de 2012.
- Que, de acuerdo con la Disposición General Primera del COOTAD, están vigentes los convenios de descentralización de competencias suscritos con anterioridad a la promulgación del COOTAD, entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, en el marco de la Constitución y el COOTAD.
- Que, de conformidad con la Disposición Transitoria Octava de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial "Los Municipios que actualmente ejerzan competencias en materia de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, en virtud de procesos de descentralización, continuarán ejerciéndolas, sujetándose a las disposiciones de la Constitución de la República del Ecuador, y del Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización.

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

- Que, la Ordenanza General de Tránsito y Transporte Terrestre en el cantón Ambato, estipula en su artículo 60 literal d), que es atribución de la UMT: "Conferir informe favorable previo, para la constitución de Compañías y Cooperativas de Transporte Terrestre, domiciliadas en el cantón Ambato.", en concordancia con lo estipulado en el numeral 2.3 de la Cláusula Segunda del Convenio de Transferencia de Funciones.
- Que el Artículo 30.5 de la Ley Orgánica de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial reformada en su literal m) dispone que: "Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales tendrán las siguientes competencias: m) Regular y suscribir los contratos de operación de servicios de transporte terrestre, que operen dentro de sus circunscripciones territoriales.
- Que el artículo 76 del Reglamento a la Ley Orgánica de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial determina las cláusulas mínimas que debe contener el contrato de operación
- Que la Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "LOS LIBERTADORES" obtuvo su personería jurídica mediante Acuerdo Ministerial N° 283 del 23 de Abril de 1986, e inscrito en el Registro General de Cooperativas.
- Que, cumplidos que fueron los requisitos legales de constitución jurídica, la Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "LOS LIBERTADORES", domiciliada en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, obtuvo su Permiso de Operación, el mismo que consta en Resolución N° 006-RPO-UMT-2011 con vigencia hasta el 7 de Noviembre de 2016.
- Que, a través de Resolución Administrativa N° 008-RRF-DTTM-2015 fecha 07 de Diciembre de 2015, el Director de Tránsito, Transporte y Movilidad, Resuelve autorizar a la Jefatura Gestión Administrativa y de Atención al Cliente la elaboración de los contratos de operación de transporte público Intracantonal urbano y rural cumpliendo con el proceso administrativo correspondiente.
- Que, La Agencia de Matriculación del GAD Municipalidad de Ambato con fecha 18 de Septiembre de 2015, mediante informe técnico de Constatación Vehicular y consolidado REF: 346207, CERTIFICA; que las 65 unidades están aptas para prestar el servicio del transporte Público Urbano cumpliendo con el cuadro de vida útil.
- Que mediante Informe Técnico adjunto en oficio No. DTTM-JTTSV-15-0915 de fecha 17 de Diciembre de 2015, la Jefatura de Tránsito, Transporte y Seguridad Vial determina los Índices Operacionales de la Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "LOS LIBERTADORES"
- Que mediante Oficio N° DTTM-GAAC-15-0352, de fecha 28 de Diciembre de 2015 suscrito por la Ing. Mónica Guzmán Naranjo Jefa de Gestión Administrativa y de Atención al Cliente (E) y por la Dra. Luliana Medina Asesora Legal de la Dirección, mismo que recomienda que se dé a la operadora un término de 30 días para que presente la documentación actualizada de cada socio y de la institución a ésta jefatura, lo que será parte de la actualización de la base de datos municipal.

TERCERA OBJETO.-

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, a través de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, en uso de las atribuciones que le confiere la Constitución Política del Ecuador, el COOTAD, la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial y su Reglamento, la Ordenanza General de Tránsito y Transporte Terrestre en el cantón Ambato, autoriza a la Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "LOS LIBERTADORES", prestar el servicio de transporte público de pasajeros en la **modalidad Urbano** de acuerdo con los índices operacionales que forman parte integrante de este contrato.

CUARTA PLAZO.-

El plazo de duración del presente contrato es de DIEZ AÑOS contados a partir de la suscripción del mismo, pudiendo ser prorrogado por un periodo igual, salvo que el GADMA manifieste su intención de no renovarlo con notificación previa de un año.

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

QUINTA.- DE LOS INDICES OPERACIONALES.-

De conformidad a informe operacional N° DTTM-JTTSV-15-0905 suscrito por el Ing. José Villa Jefe de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial determina los índices operacionales de la operadora LOS LIBERTADORES los siguientes:

NOMBRE DE LA OPERADORA	Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "LOS LIBERTADORES"
Representante Legal:	Sr. Hervin Klever Bombón Velastegui
Modalidad de servicio:	Transporte de pasajeros en buses Urbanos
Tipo:	Buses
Domicilio:	Av. Atahualpa S/N y Mercurial frente al almacén KIWY
Provincia:	Tungurahua
Cantón:	Ambato
Parroquia:	Huachi Chico
Socios y vehículos a Habilitar	65

LINEAS, FRECUENCIAS, RUTAS, TARIFAS:

LINEAS, RUTAS Y FRECUENCIAS AUTORIZADAS A COOPERATIVA LOS LIBERTADORES		
Cooperativa	Línea que Sirve	No. Unidades
LOS LIBERTADORES	Seminario Mayor – Ingahurco Bajo y viceversa.	11
LOS LIBERTADORES	La Florida – 4 Esquinas – Cashapamba y viceversa.	22
LOS LIBERTADORES	Tangaiche – Shuyurco – Macasto – Ponda y viceversa	10
LOS LIBERTADORES	La Península – Orquídeas y viceversa.	11
LOS LIBERTADORES	Techo Propio – Mercado América – Andigata y viceversa.	11

1. LINEA: SEMINARIO MAYOR - INGAHURCO BAJO Y VICEVERSA.

77 paradas ida y vuelta; 38,2 Km; tiempo 1,38 minutos.

HORARIO. - De Lunes a Sábado; de 06:10 a 6:40 cada 5 minutos; de 6:48 a 18:56 cada 8 minutos; Domingos despachos hasta las 15:00; Desde Ingahurco bajo 6:25; 6:30.

U	SEMINARIO	INGAHURCO	OPERADORA LOS LIBERTADORES						
1	06:10:00	07:20:00	08:48:00	10:16:00	11:44:00	13:12:00	14:40:00	16:08:00	17:36:00
2	06:15:00	07:28:00	08:56:00	10:24:00	11:52:00	13:20:00	14:48:00	16:16:00	17:44:00
3	06:20:00	07:36:00	09:04:00	10:32:00	12:00:00	13:28:00	14:56:00	16:24:00	17:52:00
4	06:25:00	07:44:00	09:12:00	10:40:00	12:08:00	13:36:00	15:04:00	16:32:00	18:00:00
5	06:30:00	07:52:00	09:20:00	10:48:00	12:16:00	13:44:00	15:12:00	16:40:00	18:08:00
6	06:35:00	08:00:00	09:28:00	10:56:00	12:24:00	13:52:00	15:20:00	16:48:00	18:16:00
7	06:40:00	08:08:00	09:36:00	11:04:00	12:32:00	14:00:00	15:28:00	16:56:00	18:24:00
8	06:48:00	08:16:00	09:44:00	11:12:00	12:40:00	14:08:00	15:36:00	17:04:00	18:32:00
9	06:56:00	08:24:00	09:52:00	11:20:00	12:48:00	14:16:00	15:44:00	17:12:00	18:40:00
10	07:04:00	08:32:00	10:00:00	11:28:00	12:56:00	14:24:00	15:52:00	17:20:00	18:48:00
11	07:12:00	08:40:00	10:08:00	11:36:00	13:04:00	14:32:00	16:00:00	17:28:00	18:56:00

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

La Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, sancionará a la Operadora por infracciones de transporte de acuerdo con la gravedad de la falta, las mismas que podrán ser leves, graves y muy graves.

Constituyen contravenciones de primera clase, y la Operadora será sancionada con multa de (4) remuneraciones básicas unificadas del trabajador en general las siguientes: dólares, las siguientes:

1. El incumplimiento de las cláusulas y estipulaciones establecidas en este Contrato, en cuanto constituya una infracción más grave.
2. No atender de manera fundamentada en un término de 5 días, los reclamos presentados por escrito o denuncia comprobable, por los usuarios a la Operadora sobre incumplimiento de disposiciones y/o la deficiente y lesiva prestación del servicio.
3. No acatar las disposiciones legales, reglamentarias o contractuales vigentes o las que norme la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad.
4. El incumplimiento o alteración de las rutas y frecuencias asignadas a una operadora de transporte público, exceptuando casos de fuerza mayor, tales como: emergencias, desastres naturales, conmoción ciudadana, daños en las vías, accidentes de tránsito;
5. La inclusión en los vehículos de transporte público y comercial, de publicidad no autorizada, o cuyas dimensiones superen lo reglamentado por la Municipalidad y las normas INEN;
6. El negarse a prestar el servicio a un usuario que lo requiera, comprobado mediante denuncia fundamentada;
7. El retirarse del servicio de transporte masivo o colectivo de pasajeros en buses, antes de que culmine la jornada diaria establecida; y,
8. No proveer información solicitada por la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad que sea necesaria para que pueda ejercer sus competencias, determinadas en la Constitución y la Ley.

Constituyen contravenciones de segunda clase, y la Operadora será sancionada con multa de (6) remuneraciones básicas unificadas del trabajador en general, las siguientes:

1. Reincidir en cometer contravenciones de primera clase, en el período de un año;
2. Incumplir las disposiciones legales y contractuales, salvo casos de fuerza mayor o caso fortuito, debidamente comprobados por la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad;
3. El uso de contratos de Operación no aprobados ni registrados por la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad;
4. Realizar la conexión de rutas en términos o condiciones distintas a las establecidas y aprobadas por la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad;
5. Cobrar tarifas por la prestación del servicio, que no hayan sido debidamente autorizadas por el Gobierno Autónomo Municipalidad de Ambato;
6. La utilización de vehículos que han sobrepasado la vida útil determinada para cada una de las modalidades, en la reglamentación correspondiente que expida el Gobierno Autónomo Municipalidad de Ambato;
7. Impedir u obstaculizar la supervisión, fiscalización, control y evaluación, por parte de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad.

Constituyen contravenciones de tercera clase, y la Operadora será sancionada con multa de (8) remuneraciones básicas unificadas del trabajador en general las siguientes:

1. Reincidir en el período de un año, en la comisión de una misma infracción de segunda clase;
2. La prestación de servicios que no correspondan al objeto del presente contrato de operación, así como de frecuencias o rutas que no se le haya asignado;
3. Interrumpir o suspender a cualquier título, la prestación del servicio por parte de las operadoras de transporte, o por decisión de las organizaciones gremiales que las agrupan;
4. La falta de afiliación obligatoria al IESS, a los conductores y oficiales que laboran en sus unidades, sin perjuicio de las demás acciones legales a las que hubiere lugar;
5. La prestación del servicio, por parte de la operadora sin contar con la autorización de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, o de la Agencia Nacional de Tránsito, en los casos que le compete a dicho organismo

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

6. El uso de vehículos de transporte no autorizados por la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, en la prestación del servicio establecido en el presente contrato.
7. Contravenir a lo establecido en el Art. 65 de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad vial.
8. No acatar la Ley, ordenanzas, reglamentos, resoluciones administrativas y demás disposiciones relacionadas con el Transporte Terrestre.

SEPTIMA: DEL SISTEMA DE CAJA COMUN.-

1. De conformidad a la Disposición Decimotercera de la LOTTySV, Reformada por el Art. 119 de la Ley s/n, R.O. 415-S, 29-III-2011, Las Cooperativas de transporte terrestre público dentro de la Estructura Administrativa deberán mantener obligatoriamente el sistema de CAJA COMUN, para lo cual la DTTM podrá establecer los mecanismos necesarios para llevar a cabo el control y la Fiscalización correspondiente, por lo tanto las Operadoras que no cumplan con lo indicado serán sancionadas de conformidad a lo determinado en el numeral 4 del artículo 82 de la LOTTySV.

La DTTM a través de la Jefatura de Tránsito, Transporte y Seguridad Vial, realizará el control en campo a bordo de las unidades vehiculares o en las oficinas administrativas, haya sido notificada o no la operadora, con la finalidad de verificar el cumplimiento de lo dispuesto en el inciso proximo anterior.

Para efectos de lo indicado la Operadora deberá proporcionar a la Jefatura de Tránsito y Transporte y Seguridad Vial de la DTTM, un usuario y contraseña para el uso de la plataforma del Sistema Georeferenciado de Posicionamiento Satelital GPS para optimizar la fiscalización de rutas y frecuencias de la flota vehicular asignada en el presente instrumento público.

2. La Operadora tiene la obligación de remitir en forma mensual, en los formatos que para el efecto determine la DTTM la información referente a:
 - 1.- Cantidad y tipo de pasajeros transportados, por día y de ser posible por recorrido efectuado.
 - 2.- Valores recaudados por día y de ser posible por recorrido efectuado.

De verificarse la inobservancia de lo dispuesto en el presente artículo, la DTTM notificará a la Operadora y solicitará los descargos del caso, debiendo la presunta infractora informar sobre el particular en el plazo máximo de 15 días, contados a partir de su notificación; de no desvirtuarse tal inobservancia, la DTTM procederá con la apertura del correspondiente expediente administrativo en contra de la operadora, el mismo que tendrá como objeto resolver sobre la pertinencia de la sanción prevista en el numeral 4, del artículo 82 de la LOTTySV, y que pueda imponerse por inobservancia a las presentes disposiciones.

OCTAVA: FACULTADES DEL DIRECTOR.-

En cualquier momento, el Director de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, podrá declarar la renovación, suspensión revocatoria, modificación y terminación del contrato. La Jefatura de Títulos Habilitantes procederá a ejecutar la resolución, basado en el informe técnico - jurídico, y en las disposiciones del Director, previo estudio de demanda y factibilidad, conforme los planes de desarrollo territorial y Plan Maestro de Transporte y Movilidad de Ambato.

NOVENA: RENOVACION DEL CONTRATO DE OPERACIÓN.-

El Director de Tránsito, Transporte y Movilidad, podrá renovar el presente contrato a petición escrita de la Operadora, dentro de los 60 días hábiles anteriores a la fecha de su vencimiento, previo la presentación de los siguientes documentos:

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

1. Solicitud dirigida al Director de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, en formato entregado por la Jefatura de Títulos Habilitantes de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad;
2. Original del pago de derechos por renovación del Contrato
3. Originales del Contrato, de las habilitaciones operacionales.
4. Copias certificadas vigentes del estatuto social, Registro Único de Contribuyente, Patente Municipal, y registro del Representante Legal de la operadora;
5. Original del listado de socios o accionistas emitido por la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria o Superintendencia de Compañías; o por el Secretario de la Cooperativa y/o Compañía.
6. Copias de la cédula de ciudadanía, certificado de votación, matrícula o contrato de compra venta legalizado del beneficiario del Registro Municipal, y licencia de conducir profesional de las personas que están autorizadas para la conducción de un transporte de servicio público;
7. Verificación original y actualizada de la flota vehicular y sellada por la Autoridad competente;
8. Recibo de pago de la Patente Municipal de la Operadora;

DECIMO: SUSPENSIÓN DEL CONTRATO DE OPERACIÓN.-

El Director de Tránsito, Transporte y Movilidad, sin perjuicio de aplicar las sanciones previstas para las infracciones de tránsito establecidas en este Contrato, podrá disponer la suspensión del Contrato, de comprobarse los siguientes casos:

1. Falta de pago del derecho anual por el Contrato de Operación, hasta el 30 de julio de cada año;
2. Incumplimiento de los índices operacionales establecidos en el presente Contrato de Operación;
3. Cuando la flota de la operadora no apruebe la revisión vehicular, según los siguientes porcentajes: 15% hasta 30 unidades; 20% de 31 hasta 60 unidades; y 25% de 61 unidades o más.
4. La suspensión del Contrato de Operación inhabilitará de manera temporal a la Operadora para solicitar cualquier trámite en la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, con excepción de aquellos tendientes a sanear la causa que motivó la suspensión. La Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad notificará la suspensión al representante legal de la Operadora, Jefaturas de Movilidad y Títulos Habilitantes, de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, quienes vigilarán el cumplimiento del presente contrato.

DECIMO PRIMERA: REVOCATORIA Y TERMINACIÓN UNILATERAL DEL CONTRATO DE OPERACIÓN.-

Se revocará y se dará por terminado en forma unilateral el Contrato de Operación, sin perjuicio de aplicar las sanciones establecidas para las infracciones en este Contrato, cuando se establezca:

1. La paralización del servicio de Transporte Público de pasajeros, salvo por disposición de la Autoridad, caso fortuito o fuerza mayor debidamente comprobado.
2. Que la Operadora acumule tres suspensiones del Contrato de Operación, dentro del mismo año;
3. No haber solicitado la renovación del Contrato dentro de los sesenta días anteriores a la fecha de vencimiento del plazo fijado en el último contrato de operación;
4. Haberse registrado legalmente la disolución y liquidación de la Operadora;
5. Sentencia ejecutoriada que declare la quiebra de la Operadora;
6. La falta de prestación del servicio por cuatro días consecutivos o más en cualquiera de las rutas asignadas;
7. Registrarse en la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, la fusión, fusión por absorción, escisión o transformación de una operadora. En estos casos la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, a través del informe técnico-jurídico respectivo, suscribirá un nuevo contrato de operación; o,
8. Haberse comprobado que la operadora arrendó o realizó o utilizó dolosamente el contrato de operación;

DECIMO SEGUNDA: MODIFICACIÓN DEL CONTRATO DE OPERACIÓN.-

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

La Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, a través del Director podrá autorizar la fusión absorción, escisión o transformación de la Operadora con otras similares de Transporte Público de pasajeros, previo informes de factibilidad por parte de la Jefatura de Tránsito, Transporte y Seguridad Vial y Jefatura de Títulos Habilitantes, para lo cual se procederá a modificar los contratos de dichas operadoras incluyéndolos en uno solo. Suscrito el nuevo contrato, los anteriores quedarán sin efecto, cuya decisión deberá constar en el nuevo documento y aceptado por las partes. A más de las circunstancias previstas en el numeral anterior, la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, podrá reformar el contrato por propia iniciativa o a petición de parte, esta última siempre que se ajuste a las políticas y estipulaciones establecidas en la Ley, ordenanzas, reglamentos o resoluciones que dicte el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato y la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad. La operadora se somete a las decisiones que adopte la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, en relación a la reforma del contrato.

Si por efecto de cambio de unidades, cambio de socio y cambio de socio y unidad, cambio de rutas, frecuencias, número de flota autorizada, fuere necesario reformar el contrato, se lo realizará únicamente a través de un adendum que autorizará y lo suscribirá el Director, en el que incluirá las nuevas especificaciones o índices operacionales. Igual procedimiento se adoptará para el cambio de los representantes legales de la operadora. La reforma del contrato o la firma de cualquier adendum, la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, notificará a la Jefatura de Movilidad.

DECIMO TERCERA: EMISION DE HABILITACIONES OPERACIONALES.-

Una vez suscrito el Contrato de Operación y luego de que la flota vehicular haya pasado la revisión por parte de la Agencia de Matriculación del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, a través de la Jefatura de Títulos Habilitantes de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, emitirá las habilitaciones operacionales para cada vehículo que forme parte de la flota autorizada de la Operadora, nombres y apellidos del socio o accionista; serie del motor, chasis y placas del automotor e incluirá además cualquier mecanismo de seguridad que establezca la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad.

Es obligación y responsabilidad de las Operadoras, a su propio costo, la matriculación de los vehículos que cada uno de ellos destina para la operación del servicio de transporte, dentro de los plazos previstos por la Ley; así como, la obtención del Permiso de Operación, habilitaciones operacionales y adhesivos de registro Municipal, otorgados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, a través de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad.

DECIMO CUARTA: RENOVACION Y VIGENCIA DE LA HABILITACION OPERACIONAL.-

- Las habilitaciones operacionales se renovarán por un período igual al de la duración del contrato de operación.
- No se renovarán las Habilitaciones Operacionales a los socios o accionistas propietarios de un vehículo que haya cumplido su vida útil; ni a los de las Operadoras cuyo Contrato de Operación se encuentre caducado, revocado o suspendido.

DECIMO QUINTA: MODIFICACION DE LA HABILITACION OPERACIONAL.-

Las Habilitaciones Operacionales se modificarán y se emitirá una nueva habilitación, previo el pago de la tasa correspondiente cuando:

- La operadora haya registrado en la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, cambios de socio o accionista; socio o accionista y unidad, o cambio de unidad; o,
- El socio o accionista solicite rectificar los datos por errores o que se emita una nueva habilitación por pérdida, robo o deterioro. Para estos casos deberá presentar su solicitud en el formulario que para el efecto elabore la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad. Para la modificación por pérdida o robo, el interesado deberá adjuntar el original o copia certificada de la denuncia ante la autoridad competente.

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

DECIMO SEXTA: SUSPENSIÓN DE LA HABILITACIÓN OPERACIONAL.-

Sin perjuicio de la sanción pecuniaria que se establece para las infracciones administrativas, la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, podrá suspender la Habilitación Operacional cuando se haya comprobado que:

1. El vehículo no aprueba una de las revisiones vehiculares dentro de los plazos y cronograma señalados por la Agencia de Matriculación y la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad.
2. No se respete la tarifa de transporte fijada y vigente o de cualquier forma atente en contra de los derechos de los usuarios, exista maltrato físico o verbal y se niegue a la prestación del servicio; especialmente de las personas determinadas en el Art. 41 del Reglamento General de Aplicación de la LOTTTSV.
3. El titular de la habilitación, socio o accionista no presente los documentos o datos que solicite la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, respecto de su vehículo.
4. El vehículo preste un servicio de transporte distinto a la modalidad autorizada o fuera de la circunscripción territorial autorizada en el presente Contrato;
5. Que un vehículo registrado en la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, no circule con originales o sin los adhesivos de registro Municipal y la habilitación operacional; o,
6. Cuando el conductor de un vehículo registrado en la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, está involucrado en accidentes de tránsito tipificados como delitos, de acuerdo con lo establecido en la Ley.

La suspensión de la Habilitación Operacional es la inhabilidad temporal del socio o accionista es la inhabilidad temporal del socio o accionista, a solicitar cualquier trámite en la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, con excepción de aquellos tendientes a sanear la causa que motive la suspensión. Se notificará al representante legal de la operadora de transporte, al socio o accionista sancionado, a las Jefaturas de Movilidad y Títulos Habilitantes, de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, para su registro y cumplimiento.

DECIMO SEPTIMA: TERMINACIÓN DE LA HABILITACIÓN OPERACIONAL.-

La Habilitación Operacional termina por:

1. No haberse renovado el Contrato de Operación;
2. Resolución o sentencia ejecutoriada de autoridad competente sobre la exclusión, expulsión, o separación del socio o accionista de una operadora;
3. Ejecutoriarse la resolución en la que se dispone la revocatoria de una Habilitación Operacional;
4. Cumplirse el tiempo de vida útil del vehículo registrado en la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, siempre que su propietario no reemplace la unidad dentro los 90 días subsiguientes;
5. Cuando transcurridos los 30 días subsiguientes a la renuncia voluntaria o transferencia de acciones de un socio o accionista de la Operadora, el representante legal de la misma no hubiere solicitado el reemplazo correspondiente; de conformidad a Resolución General de Transporte No. 001-GNRL-TRNSPRT-DTM-2013.
6. Cuando se hubiere comprobado que el socio o accionista arrendó, prestó o realizó acción dolosa con la Habilitación Operacional.

DECIMO OCTAVA: REVOCATORIA DE LA HABILITACIÓN OPERACIONAL.-

Se revocará una Habilitación Operacional, cuando se establezca:

1. Que el propietario de un vehículo registrado en la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, no haya concluido el trámite de cambio de unidad o cambio de socio y unidad, y la unidad circule con adhesivos de la unidad saliente;
2. Que un vehículo registrado en la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, circule sin adhesivos y/o habilitación operacional;

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

DECIMO NOVENA: EMISION DE NUEVA HABILITACION OPERACIONAL.-

La Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, emitirá una nueva Habilitación Operacional única y exclusivamente cuando la Operadora, a través de su representante legal, solicite el cambio de socio, cambio de socio y unidad, realizado mediante la cesión de derechos o transferencia de acciones o participaciones.

La Habilitación Operacional es un documento de titularidad municipal mediante el cual se autoriza la prestación del servicio de transporte público de personas en el Cantón Ambato.

VIGESIMO: REGISTRO DE CAMBIO DE SOCIO O ACCIONISTA.-

La Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, podrá emitir el registro de cambio de socio o accionista, siempre que el interesado presente en la Jefatura de Títulos Habilitantes originales y/o copias certificadas de los siguientes documentos:

1. Adhesivos del Registro Municipal de Transporte del vehículo saliente. Copia de documentos personales del socio y matrícula del vehículo saliente; Copia de documentos personales del socio entrante: cédula de identidad, papeleta de votación, licencia de conducir vigente; Póliza de seguro contra terceros para transporte de pasajeros Intracantonal.
2. Copia de matrícula vigente del vehículo y copia del contrato notariado de compra venta. Tratándose de automotores nuevos se presentará copia notariada de la factura comercial.
3. Verificación original y actualizada de la flota vehicular firmada y sellada por la Autoridad Competente.
4. Copia certificada legible por el secretario del acta de la sesión de aceptación como socio de la cooperativa, indicando nombres y apellidos del socio saliente, o Listado actualizado de accionistas emitido por la Superintendencia de Compañías.
5. Declaración Juramentada notariada de no ser socio o pertenecer a ninguna cooperativa de transporte público y comercial.
6. Certificados de la Comandancia de Policía, de las Fuerzas Armadas, y de la Comisión de Tránsito del Ecuador- CTE, de no ser miembro uniformado en servicio activo.
7. Certificado del IESS Actividad Sectorial-Transporte (aplica transporte terrestre).
8. Recibos del Pago de la Patente Municipal del socio y Pago del Registro Municipal de Transporte. (adhesivos) Tesorería Municipal.

VIGESIMO PRIMERA: CAMBIO DE SOCIO ACCIONISTA Y UNIDAD.-

El interesado en obtener el registro de cambio de socio o accionista y unidad, a más de los requisitos previstos en los artículos anteriores, entregará a la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, los adhesivos de identificación y Habilitación Operacional municipal de la unidad saliente.

1. Copia de documentos personales del socio saliente: cédula de identidad, papeleta de votación, Adhesivos del Registro Municipal de Transporte del vehículo saliente. Copia de matrícula del vehículo saliente, Certificado de cambio de color vehículo saliente.
2. Copia de documentos personales del socio entrante: cédula de identidad, papeleta de votación, licencia de conducir vigente.
3. Copia de matrícula vigente del vehículo y copia del contrato notariado de compra venta. Tratándose de automotores nuevos se presentará copia notariada de la factura comercial. Póliza de seguro contra terceros para transporte de pasajeros Intracantonal.
4. Verificación original y actualizada de la flota vehicular firmada y sellada por la Autoridad Competente.
5. Copia certificada legible por el secretario del acta de la sesión de aceptación como socio de la cooperativa, indicando nombres y apellidos del socio saliente, o Listado actualizado de accionistas emitido por la Superintendencia de Compañías.
6. Declaración Juramentada notariada de no ser socio o pertenecer a ninguna cooperativa de transporte público y comercial.

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

7. Para los vehículos que han cumplido la vida útil total o que se acojan al Plan Renova Vehicular: Copia del Informe Técnico Favorable de la Agencia Nacional TTTySV; y Certificado de Chatarrización del vehículo saliente según el caso.
8. Historial laboral emitido por el IESS, y declaración juramentada de no ser funcionario público, Certificados de la Comandancia de Policía, de las Fuerzas Armadas, y de la Comisión de Tránsito del Ecuador CTE, de no ser miembro uniformados en servicio activo.(aplica todas las modalidades.) Certificado de cambio de color emitido por la Operadora.
9. Certificado del IESS Actividad Sectorial-Transporte (aplica transporte público y carga).
10. Recibos de Pago de la Patente Municipal del socio; Pago del Registro Municipal de Transporte.(adhesivos) Tesorería Municipal.

VIGESIMO SEGUNDA: CAMBIO DE UNIDAD.-

El socio o accionista interesado en reemplazar una unidad registrada en la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, los adhesivos de identificación y Habilitación Operacional municipal de la unidad saliente, presentará originales y/o copias certificadas de los siguientes documentos:

1. Copia de documentos personales del solicitante: cédula(s) de identidad, papeleta de votación, licencia de conducir vigente.
2. Adhesivos del Registro Municipal de Transporte del vehículo saliente. Copia de matrícula del vehículo saliente.
3. Copia de matrícula vigente del vehículo que ingresa y copia del contrato notariado de compra venta. Tratándose de automotores nuevos, se presentará copia notariada de la factura comercial.
4. Verificación original y actualizada de la flota vehicular firmada y sellada por la Autoridad Competente.
5. Certificado del IESS Actividad Sectorial-Transporte.(aplica transporte público y comercial). Póliza de seguro contra terceros para Transporte Público y Escolar.
6. Para los vehículos que han cumplido la vida útil total o que se acojan al Plan Renova Vehicular: Copia del Informe Técnico Favorable de la Agencia Nacional de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial; y Certificado de Chatarrización del vehículo saliente según el caso; Certificado de cambio de color. (aplica Taxis, Carga liviana, Escolar e Institucional).
7. Recibos de Pago de la Patente Municipal del socio; Pago del Registro Municipal de Transporte. (adhesivos) Tesorería Municipal.

VIGESIMO TERCERA: MODIFICACION DE LOS INDICES OPERACIONALES.-

La Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, de oficio o a petición de parte a través de la Jefatura de Tránsito, Transporte y Seguridad Vial, podrá crear, modificar, suprimir, extender o acortar rutas, frecuencias e intervalos y modificar los índices del Contrato de Operación, previo estudio de demanda y factibilidad, de ser necesario, realizado por la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, conforme el Plan de Desarrollo Territorial y el Plan Maestro de Movilidad del Cantón Ambato, cuando lo requiere.

VIGESIMO CUARTA: TERMINACION ANTICIPADA.-

El Gobierno Autónomo Municipalidad de Ambato podrá terminar anticipadamente el presente contrato, respecto de la OPERADORA, por decisión unilateral y sin necesidad de pronunciamiento judicial, en los siguientes casos:

1. Por suspensión parcial o total del servicio de transporte en los términos convenidos, por causas imputables a la Operadora, por un periodo de veinticuatro (24) horas calendario o más, o por varias suspensiones menores que en un mismo mes calendario alcancen veinticuatro (24) horas o más.
2. Si la Operadora cedere total o parcialmente los derechos y obligaciones originados en virtud de este contrato, con afectación a la estructura operativa o sin el previo consentimiento escrito de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad.

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

3. Si la operadora no cumpliera con la ejecución de una o más de las etapas o frecuencias determinadas en los índices de operación de la cláusula quita de este instrumento.
4. Por disolución y liquidación anticipada de la Compañía.

VIGESIMO QUINTA: PROCEDIMIENTO PARA LA REVOCATORIA O TERMINACION UNILATERAL DEL CONTRATO DE OPERACIÓN

Para la revocatoria o terminación unilateral del Contrato de Operación, la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, observará el siguiente procedimiento:

1. La Jefatura de Tránsito, Transporte y Seguridad Vial de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, emitirá un informe técnico debidamente fundamentado en el que se detallarán los hechos que podrían determinar la revocatoria o terminación del contrato de operación, adjuntando la documentación que lo sustente.
2. El informe Técnico será remitido al Representante legal de la Operadora, otorgándole un término de cinco (5) días, para que conteste, presente las pruebas de descargo a que se crea asistido y señale casilla judicial para recibir notificaciones.
3. Cumplida esta formalidad, haya o no contestación por parte de la operadora notificada, la Jefatura de Tránsito, Transporte y Seguridad Vial, en el término de diez (10) días, examinará las pruebas y los documentos de descargo presentados por la Operadora y, de no desvanecerse el hecho de la infracción emitirá informe motivado y lo enviará a la Jefatura de Jefatura de Títulos Habilitantes a fin de que emita su informe sobre la incidencia y la cobertura de la prestación del servicio.
4. La Jefatura de Títulos Habilitantes enviará el informe señalado en el párrafo anterior, a Asesoría Legal de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, acompañando los documentos e informe de la Jefatura de Tránsito, Transporte y Seguridad Vial.
5. Asesoría Legal de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, elaborará la Resolución respectiva y la enviará a la Dirección, para su suscripción.
6. Suscrita la Resolución por parte del Director, la Secretaria de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, notificará al representante legal de la Operadora, a la Agencia Nacional de Regulación de Tránsito y Seguridad Vial y a la Jefatura de Movilidad de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad.

VIGESIMO SEXTA: DE LOS RECURSOS JERARQUICOS ADMINISTRATIVOS.-

De la Resolución que declare la revocatoria o Terminación Unilateral del Contrato de Operación, la Operadora dentro de un término de cinco (5) días posteriores a su Notificación, podrá interponer recurso jerárquico administrativo (apelación), para ante la máxima autoridad del Gobierno Autónomo Municipalidad de Ambato, quién resolverá en mérito del proceso, resolución que causará ejecutoria en sede administrativa, sin perjuicio de que se recurra a la jurisdicción y procedimiento contemplado en este Contrato.

VIGESIMO SEPTIMA: PRESCRIPCION.-

La actuación de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, se desarrollará con arreglo a los principios de simplificación, celeridad y eficacia, en tal virtud, el término para resolver las acciones relacionadas con la suspensión y revocatoria o terminación unilateral del Contrato de Operación y de las Habilitaciones Operacionales, prescribirá en 90 días, contados a partir del día siguiente al plazo que se otorga a la operadora para que presente las pruebas de descargo.

VIGESIMO OCTAVA.- SOLUCION DE CONFLICTOS, JURISDICCION Y COMPETENCIA.-

Las partes contratantes convienen en caso de surgir divergencias, duda, litigio o cuestión controvertida, por razón o con ocasión del presente contrato, respecto de su existencia o inexistencia, validez o nulidad, cumplimiento o incumplimiento, resolución o interpretación, aplicación, ejecución terminación o por cualquier otro motivo relacionado directa o indirectamente con el mismo que no pudiere ser resuelto de común acuerdo entre las partes; será resuelto por el procedimiento arbitral, de acuerdo con la Ley de

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

Arbitraje y Mediación, publicada en el Registro Oficial número ciento cuarenta y cinco (No. 145), del cuatro de septiembre de mil novecientos noventa y siete, así como al respectivo Reglamento. Las partes renuncian a la jurisdicción ordinaria, se obligan a acatar el laudo arbitral y se comprometen a no interponer ningún tipo de recurso en contra del laudo arbitral.

Las controversias que se deriven de este contrato se someterán al Tribunal de Arbitraje de uno de los centros en el cantón Ambato, legalmente establecidos al efecto.

VIGESIMO NOVENA: DOMICILIOS:

Todas, las cartas, Oficios, notificaciones, citaciones, informes y demás requerimientos que las partes deban realizarse, se dirigirán a las siguientes direcciones contractuales:

- De la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad: Calle Bolívar y 5 de Junio de la ciudad de Ambato.
- De la Operadora: Av. Atahualpa S/N y Mercurial frente al almacén KIWY.

En tales direcciones se tendrán por bien hechas todas las comunicaciones realizadas por las partes, aún en el supuesto que cualquiera de ellas haya variado la que le corresponde sin librar el oportuno aviso de este hecho a la otra parte. En caso de cambio de la dirección declarada, la parte que haya cambiado dirigirá a la otra, una comunicación en este sentido, con 8 días de anticipación, por lo menos, de la fecha en que el cambio se produzca. Las notificaciones realizadas hasta el día del cambio efectivo se entenderán por bien hechas en el lugar anterior.

TRIGESIMO: INTERPRETACIÓN Y DEFINICIÓN DE TERMINOS.-

Los términos del contrato deben interpretarse en un sentido literal, en el contexto del mismo, y cuyo objeto revela claramente la intención de los contratantes. En todo caso su interpretación sigue las siguientes normas:

- a) Cuando los términos se hallan definidos en las leyes ecuatorianas, se estará a tal definición.
- b) Si no están en las leyes ecuatorianas se estará a lo dispuesto en el contrato en su sentido literal y obvio, de conformidad con el objeto contractual y la intención de los contratantes.
- c) En su falta se aplicarán las normas contenidas en el Título XIII del libro IV del Código Civil, de la interpretación de los Contratos.

De existir contradicciones entre el Contrato y los documentos del mismo, así como de existir contradicciones entre los documentos del Contrato, será la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, la que determine la prevalencia de un texto, de conformidad con el objeto contractual.

TRIGESIMO PRIMERA: DOCUMENTOS HABILITANTES.- Forman parte integrante y habilitante de este Contrato, los siguientes documentos que son conocidos por las partes contratantes:

- a) Los documentos que acreditan la calidad de los comparecientes, su capacidad para celebrar el contrato y los mencionados en la cláusula de antecedentes.
- b) Informe Técnico de Rutas e Índices Operacionales, mismo que es parte del presente documento.
- c) Constatación de la flota vehicular emitido por el organismo pertinente.
- d) Nómina de socios o accionistas.
- e) Copias notariadas de las matrículas de los vehículos.
- f) Copias Notariadas de las licencias de conducir de los socios o contratos de trabajo legalizados
- g) Copia certificada de la Resolución de la Superintendencia de Compañías, (Constitución Jurídica).
- h) Declaración juramentada del representante legal de la Operadora, de que no se encuentra dentro de las prohibiciones para contratar con el Estado.
- i) Copia certificada de la póliza de responsabilidad civil contratada por cada unidad de servicio.

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

TRIGESIMO SEGUNDA.- Se detallan los vehículos que se habilitaran para prestar el servicio de transporte público de pasajeros.

Se omite la información por seguridad

2.1. OBLIGATORIEDAD: Al Socio Sr TIBAN TUBON MIGUEL ANGEL correspondiente al cupo con Registro Municipal BU05005 se le conmina a que cumpla lo dispuesto en la Resolución Administrativa N° 0106-RDV-DTTM-2015 de fecha 27 de Noviembre de 2015 en la obligatoriedad, de la misma manera al Socio Sr. PAREDES VALVERDE HUGO PAUL correspondiente al cupo con Registro Municipal BU05033 se le conmina a que dé cumplimiento a lo dispuesto en la Resolución Administrativa N° 0115-RDV-DTTM-2015 de fecha 18 de diciembre de 2015 en la obligatoriedad; y a la Socia Señora SANCHEZ RIVADENEIRA MARIA FERNANDA correspondiente al cupo con Registro Municipal BU05062 en la Resolución Administrativa N° 0116-RDV-DTTM-2015 de fecha 22 de Diciembre de 2015 en la obligatoriedad. De no cumplir en el plazo señalado, los cupos serán revertidos al Estado por medio de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, sin opción a ningún tipo de reclamo.


ACEPTACION Y RATIFICACION.-

Las partes aceptan todas las estipulaciones contenidas en este Contrato y se ratifican en todos sus términos las estipulaciones constantes en las cláusulas de este instrumento.

Para constancia las partes firman en unidad de acto, en Ambato a los treinta días del mes de Diciembre de 2015



Myr. (SP) Edward Galbor Delgado
DIRECTOR DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD



Sr. Hervin Klever Bombón Velastegui
C.C. 1801749936
GERENTE GENERAL DE LA COOPERATIVA DE TRANSPORTE PÚBLICO LOS LIBERTADORES

Elaborado por:	Ana María Vargas	
Revisado y analizado por:	Dra. Lúliana Medina, Ing. Mónica Guzmán Ing. Freddy León	
Aprobado y legalizado por:	Mayor (SP) Edward Galbor D.	



Anexo 3. Ejemplo de la información de cada línea y su mapeo de ruta



Anexo 5. Tabla de demanda de pasajeros por línea y arco

N# Arco	Origen	Destino	Líneas																				Demanda del Arco		
			L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20		L21	L22
1	4	12	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	
2	5	12	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	
3	7	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157	143	0	0	0	0	0	0	0	0	300	
4	8	14	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	
5	9	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	19	
6	9	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	0	0	0	0	0	73	
7	10	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
8	11	15	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	
9	1	16	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	
10	1	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142	142	
11	2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105	83	0	0	188	
12	3	16	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	
13	12	16	0	0	0	0	0	31	0	42	88	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	65	265	
14	13	16	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	
15	6	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101	
16	14	17	0	0	0	0	41	0	0	0	0	0	0	177	166	0	0	0	29	0	0	0	0	413	
17	15	17	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	
18	15	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	57	0	0	0	0	0	83	
19	16	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152	
20	17	18	0	0	0	0	0	0	86	0	0	0	0	0	0	170	0	0	0	0	0	0	0	256	
21	16	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	160	
22	16	20	0	156	107	133	0	54	0	78	119	0	0	61	0	0	0	0	49	30	92	0	0	879	
23	18	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0	0	140	
24	17	21	136	0	0	0	38	0	0	0	0	187	0	0	202	187	0	0	36	0	0	0	0	786	
25	18	21	0	0	0	0	0	59	0	0	0	0	0	0	0	116	0	0	0	0	0	0	0	175	
26	19	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154	0	0	0	0	0	0	154	
27	20	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	100	
28	20	22	0	190	116	159	0	56	0	84	141	0	0	69	0	0	0	0	0	34	81	0	0	930	
29	21	22	41	0	0	0	21	0	62	0	0	88	20	0	116	114	123	114	39	20	0	0	0	823	
30	22	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	
31	22	24	0	292	0	0	54	0	0	0	0	181	64	0	0	0	0	0	0	31	0	0	0	622	
32	22	25	0	0	134	159	0	56	0	69	129	0	0	66	0	0	246	0	0	34	0	0	84	977	
33	25	24	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
34	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	155	0	0	0	0	0	155	
35	24	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	26	
36	24	27	0	0	0	0	43	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	203	
37	24	22	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	
38	22	23	82	0	0	0	0	25	90	0	0	0	0	0	161	156	0	134	0	0	0	0	88	736	
39	23	26	65	0	0	0	0	74	0	0	0	0	0	0	139	131	0	122	0	0	0	0	77	608	
40	23	29	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	
41	26	27	0	0	0	0	0	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89	174
42	26	29	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	173	145	0	0	0	0	0	0	0	398	
43	26	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152	0	0	0	0	0	0	152	
44	27	31	0	0	0	0	0	63	0	0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	181	
45	25	28	0	0	130	159	0	0	0	0	140	0	0	0	0	0	248	0	34	0	0	80	0	791	
46	25	21	0	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	
47	27	28	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107	149	
48	28	32	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	
49	28	33	0	0	0	0	0	0	0	94	0	24	0	0	0	134	0	0	25	0	0	70	0	347	
50	28	34	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	
51	33	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	90	
52	33	36	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	
53	36	33	0	0	0	0	0	0	0	64	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	
54	35	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	0	88	
55	34	28	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	
56	33	28	0	0	0	0	0	0	0	0	103	0	26	0	0	0	147	0	0	22	0	0	71	369	
57	32	28	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	
58	31	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
59	31	27	0	0	0	0	0	0	55	0	0	103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158	
60	30	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	150	
61	29	23	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	
62	29	26	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175	147	0	0	0	0	0	0	0	401	
63	28	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	0	150	
64	28	25	0	0	128	153	0	0	0	0	122	0	0	0	0	0	235	0	0	33	0	0	92	763	
65	28	24	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	28	
66	27	26	0	0	0	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96	
67	27	24	0	0	0	0	0	0	0	0	145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145	
68	27	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107	107	
69	21	25	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	
70	25	22	0	0	132	158	0	0	0	85	130	0	0	65	0	0	241	0	0	32	0	0	88	931	
71	26	23	93	0	0	0	0	0	109	0	0	0	0	0	186	172	0	146	0	0	0	0	0	706	
-	24	22	0	270	0	0	52	0	0	0	0	192	50	0	0	0	0	0	0	0	38	0	0	602	
72	23	22	28	0	0	0	0	17	39	0	0	0	0	0	79	72	0	89	0	0	0	0	41	365	
-	1	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159	0	0	0	0	0	159	
-	20																								