



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO Y COSTOS DE  
OPERACIÓN PARA EL CORREDOR ARTERIAL DEL SISTEMA  
INTEGRADO DE TRANSPORTACIÓN URBANA EN LA CIUDAD  
DE LOJA (SITU)”**

*Tesis de grado previa  
a la obtención del  
título de Ingeniero Civil*

**AUTOR:**

Jhon Fernando Pesántez Jiménez

**DIRECTOR (E):**

Ing. Belizario Zárate T.

**LOJA – ECUADOR  
2010**

## **CERTIFICACIÓN**

Ing. Belizario Zárate T.  
**DIRECTOR DE TESIS (E).**

### **CERTIFICO:**

Que he dirigido la tesis “OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO Y COSTOS DE OPERACIÓN PARA EL CORREDOR ARTERIAL DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTACIÓN URBANA EN LA CIUDAD DE LOJA (SITU)”, la misma que se encuentra científica y reglamentariamente en condiciones de presentarse para la graduación del postulante.

Por lo expuesto, autorizo su presentación, disertación y defensa.

Loja, Febrero 2010.

---

Ing. Belizario Zárate T.  
**DIRECTOR (E) DE TESIS**

## CESIÓN DE DERECHOS

Jhon Fernando Pesántez Jiménez, declara conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja, que en su parte textualmente dice: *“Forman parte del patrimonio de la Universidad, la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”*.

*Jhon F. Pesántez Jiménez*

## AUTORÍA

El proceso de investigación realizado en la presente tesis como: análisis, modelos, verificaciones, conclusiones y recomendaciones, así también como observaciones son de absoluta responsabilidad del autor.

Además, cabe indicar que la información recopilada para el presente trabajo, como bases de datos brindada por la UMTTSV-L y textos adicionales, se encuentra debidamente especificada en el apartado de referencias.

*Jhon F. Pesántez Jiménez*

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero deseo agradecer a DIOS por haberme dado la oportunidad de vivir este proceso educativo y profesional, el cual gracias a él, está siendo culminado felizmente.

Agradezco sinceramente a todas las personas e instituciones, que han hecho posible el desarrollo del trabajo realizado, especialmente:

Al Ing. ALONSO ZUÑIGA SUAREZ, quien con su orientación, tutoría y su profesional disposición para guiar la investigación, fue pieza clave para el desarrollo general de la temática abordada.

Al Ing. VINICIO SUAREZ CHACON, le doy mis más sinceros agradecimientos por su apoyo académico y comprensión en la culminación del presente tema de tesis.

Al Ing. WILSON JARAMILLO SANGURIMA, Director de la Unidad Municipal de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial de la ciudad de Loja por brindarme su apoyo a través de la información necesaria para la realización del presente trabajo de grado.

*Jhon F. Pesántez Jiménez*

## DEDICATORIA

Con especial cariño y aprecio, por todo el apoyo que he recibido de ellos, no solo en los estudios, sino en toda mi vida, dedico esta investigación a mi familia: en especial a mi madre María Piedad Jiménez Tinitana, a mi padre Gonzalo Pesántez Puglla (+) y a mis hermanos Ruth y David, como también a mis abuelitos maternos Luz Francisca Tinitana y Jorge Enrique Jiménez quienes me han motivado siempre a cumplir esta meta.

*Jhon.*

## INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos al hombre le ha interesado el poder conocer las consecuencias de alguna actividad antes de realizarla, es así como mediante un conjunto de representaciones de lo que podría ocurrir, se pretende llegar a conclusiones que en el mejor de los casos es el resultado correcto, basado en la curiosidad del hombre se ha llegado a la creación de los llamados modelos que ayudan a figurar situaciones reales.

El continuo interés del ser humano por comprender las cosas que pueden suceder en una época posterior, han llevado a utilizar dentro de la planeación de proyectos de transporte modelos que permitan simular y evaluar las diversas situaciones, que se pueden presentar cuando dichos proyectos entren en operación; con estos modelos se ahorra tiempo, dinero y recursos, ya que en base a los resultados que se obtienen de la simulación, se evitan errores y en algunos de los casos el desarrollo de algo que podría no ser utilizado.

Siendo así que desde hace ya varias décadas se han venido desarrollando modelos de transporte, que se encargan de simular y evaluar diversos proyectos, los mismos que deben ser eficientes desde el punto de vista computacional, puesto que se trabaja con una gran cantidad de datos, que conforman una o más matrices origen – destino en base a la oferta y demanda existente.

Este tipo de herramientas analíticas son muy necesarias para evaluar proyectos tales como nueva vialidad, concesiones de autopistas, sistemas de transporte público, nuevos proyectos de transporte masivo o reorganización de un sistema de transporte existente.

Es importante mencionar que una de las principales preocupaciones de la planificación urbana y de sus infraestructuras ha sido el garantizar que se cubran las necesidades de los habitantes respecto a su movilización, en entornos urbanos donde los altos índices de motorización y de congestión son predominantes; es así como se propicia la toma de decisiones que contribuyan a una adecuada oferta de Transporte Público

Urbano y su promoción con el fin de hacer cada vez más atractivo el uso de éste por parte de la comunidad.

En virtud de lo antes expuesto en la ciudad de Loja – Ecuador la Unidad Municipal de Tránsito Transporte Terrestre y Seguridad Vial (en adelante UMTTSV-L) preocupada por proveer a la ciudad de un sistema adecuado de transporte urbano que considere servir a todas las zonas y sectores y, por ende, reducir los tiempos de espera y movilización; se encuentra realizando estudios de mejoramiento al proyecto Sistema Integrado de Transportación Urbana (en adelante SITU). Que consiste en utilizar la infraestructura del corredor Arterial o ruta Troncal que actualmente se encuentra construida.

El Corredor Arterial, debido a la configuración lineal de la ciudad, dispone de 12.4 Km de longitud que se extiende desde La Universidad Nacional de Loja hasta la ciudadela Sauces Norte, así mismo este tramo comprende un corredor exclusivo de 5.4 Km desde La Tebaida hasta las Pitas, en el cual se encuentran ubicadas paradas y estaciones de transferencia que se complementan con Líneas Alimentadoras.

Así mismo como información adicional uno de los principales problemas que afectan la funcionalidad del SITU al decir de los transportistas es la rentabilidad económica dada por el incremento de los costos de operación, es por ello que en los últimos meses del año 2009, los transportistas en forma repentina incrementaron la tarifa estudiantil universitaria de 15 a 25 centavos de dólar (establecida por un acuerdo histórico entre transportistas y estudiantes) ocasionando protestas de ambas partes, que afectaron la paz ciudadana.

Finalmente de acuerdo a una investigación realizada por la UMTTSV-L a las organizaciones de transporte urbano y específicamente a los vehículos que prestan el servicio se detectó un ineficiente mantenimiento de las unidades (elevados costos de operación y mantenimiento), ineficiencia en la optimización de gastos de operación, disgregación de la propiedad de los buses (socios en las cooperativas y accionistas en las compañías), parque automotor heterogéneo, entre otros.

En este contexto, la presente investigación hace referencia a la “OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO Y COSTOS DE OPERACIÓN PARA EL CORREDOR ARTERIAL



## DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTACIÓN URBANA DE LA CIUDAD DE LOJA (SITU) “.

A través del presente trabajo de investigación se pretende desarrollar un modelo de transporte público para la ciudad de Loja - Ecuador, específicamente para la ruta arterial del SITU en el cual se emplea el programa computacional TRANUS como herramienta de análisis, el mismo que es un software de modelación de redes de transporte y localización de actividades.

Dicho modelo permitirá evaluar el funcionamiento de la ruta arterial desde un punto de vista operacional (oferta), de ocupación (demanda) y económico (costos de operación e ingresos por tarifa), el cual servirá como base de apoyo para la toma de decisiones en la administración de la ruta arterial o ruta troncal como se la conoce.

Para el desarrollo de la investigación, se ha optado por una metodología de estudio que conduzca en forma sistemática y lógica durante todas las etapas del proyecto, desde el conocimiento del problema hasta el planteamiento de soluciones.

En el Capítulo I, se hace la sustentación teórica para la modelación de transporte en lo que se refiere a los modelos de transporte, a las características funcionales del sistema *TRANUS*, a los estudios de zonificación, a los estudios de origen – destino, ascenso y descenso de pasajeros y al análisis de los costos de operación.

En el Capítulo II, trata sobre la identificación del área de estudio y la recopilación de la información para el desarrollo de los modelos en lo que tiene que ver a la ubicación geográfica de la ciudad de Loja, a su estructura, a su zonificación, a las características funcionales de la ruta arterial, al levantamiento de la información del estudio de transporte a través de las matrices origen – destino y al análisis unitario de los costos de operación.

En el Capítulo III, se plantea la modelación y evaluación del funcionamiento operacional y económico del corredor arterial a través de los diferentes escenarios de modelación.

En el Capítulo IV, se establece una propuesta de optimización para el manejo operativo y económico del corredor arterial evaluando el funcionamiento operacional y el desempeño económico con respecto a la situación actual.

En el Capítulo V, se establece las conclusiones y recomendaciones de la investigación

En el Capítulo VI, se describe las referencias bibliográficas y los anexos que acompañan al presente estudio.

A continuación se describen los objetivos de la presente investigación.

## **1. OBJETIVOS:**

### **1.1. Objetivo general:**

- Gerenciar la planificación y control del transporte urbano masivo del corredor arterial a través de un plan operativo evaluando y definiendo, rutas, itinerarios, frecuencias y costos de operación.

### **1.2. Objetivos específicos:**

- Establecer una planificación óptima para el buen funcionamiento del corredor arterial del sistema de transportación urbano.
- Proveer al Ilustre Municipio del cantón Loja de un estudio que le permita evaluar y mejorar el funcionamiento actual del corredor arterial; optimizando los costos de operación y tarifación para el usuario.
- Mejorar la accesibilidad entre las zonas que componen la ciudad, así como posibilitar el desarrollo de la transportación urbana masiva como modo predominante de desplazamiento para la comunidad lojana.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

### Página

CERTIFICACIÓN.....	I
CESIÓN DE DERECHOS.....	II
AUTORÍA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIA.....	V
INTRODUCCIÓN.....	VI
OBJETIVOS.....	VIII
Objetivo general.....	VIII
Objetivos específicos.....	VIII

### CAPÍTULO 1

<b>1. BASES TEÓRICAS PARA LA MODELACIÓN DEL TRANSPORTE.....</b>	<b>1</b>
1.1 Modelación del Transporte.....	1
1.1.1. Definición de modelación de transporte.....	1
1.1.2. El Sistemas de transporte.....	2
1.2. Selección del modelo de transporte.....	3
1.2.1. Selección del software.....	4
1.3. El sistema TRANUS.....	5
1.3.1. Antecedentes históricos del sistema.....	5
1.3.2. Objetivos y rangos de aplicación.....	6
1.3.3. Estructura general del modelo.....	8
1.3.4. Asignación en los modelos de transporte.....	12
1.3.4.1. Introducción.....	12
1.3.4.2. Objetivos de los modelos de asignación.....	12
1.3.4.3. Factores principales de un modelo de asignación.....	12
1.3.4.4. Elementos de la asignación en el modelo de transporte.....	13
1.3.4.5. Asignación probabilística Logit.....	13
1.3.4.6. Principios de la asignación probabilística Logit.....	13
1.4. Zonificación y establecimiento de centroides.....	14
1.4.1. Definición de zonas.....	14
1.4.1.1. Aspectos de la zonificación.....	14
1.4.1.2. Clasificación de las zonas.....	15
1.4.2. Definición de centroide.....	15
1.4.2.1. Aspectos para la definición de centroides.....	15
1.5.1. Aplicación.....	16
1.5.2. Metodología aplicada.....	16
1.5.3. Encuesta de origen y destino a bordo del transporte público.....	18

1.5.3.1.	Preparación de la encuesta.....	18
1.5.3.2.	Aplicación de la encuesta.....	19
1.5.3.3.	Codificación, captura y validación..	19
1.5.3.4.	Expansión y procesamiento.....	20
1.5.3.5.	Resultados.....	20
1.5.4.	Estudio de ascenso y descenso..	21
1.5.4.1.	Tamaño de la muestra.....	21
1.5.4.2.	Procedimiento del levantamiento de la información..	22
1.5.4.3.	Resultados.....	22
1.6.	Costos de operación. ....	23
1.6.1.	Definición.....	23
1.6.2.	Clasificación de los costos de operación.....	23
1.6.2.1.	Costos fijos.....	23
1.6.2.2.	Costos variables.....	24
1.6.2.2.	Costo total.....	24
1.6.3.	Especificaciones para el cálculo de los costos.....	24
1.6.3.1.	Depreciación.....	24
1.6.3.2.	Mano de obra operacional.....	25
1.6.3.3.	Gastos de accesorios, repuestos y mantenimiento.....	25
1.6.3.4.	Gastos administrativos.....	25
1.6.3.5.	Combustibles.....	25
1.6.3.6.	Lubricantes.....	26
1.6.3.7.	Neumáticos.....	26
1.6.3.8.	Lavado y engrasado.....	26

## CAPÍTULO 2

<b>2.</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>27</b>
2.1.	Aspectos urbanos de la ciudad ciudad de Loja.....	27
2.1.1.	Ubicación.....	27
2.1.2.	Estructura de las actividades.....	27
2.2.	Límite urbano, uso del suelo y zonificación.....	28
2.2.1.	Límite urbano.....	28
2.2.1.1.	Area consolidada o nucleo urbano.....	28
2.2.1.2.	Area en proceso de ocupación.....	28
2.2.1.3.	Area de suelo vacante.....	29

2.2.2.	Transporte y uso del suelo.....	29
2.2.3.	Zonificación del area de estudio. ....	31
2.2.3.1.	Límites de las zonas.....	31
2.3.	Ubicación de centroides (Caso de la Ruta Arterial). ....	34
2.4.	Descripción general del sistema integrado de transportación urbano SITU ...	36
2.4.1.	Ruta arterial del SITU. ....	36
2.4.4.1.	Estaciones de transferencia.. ....	36
2.4.4.2.	Subestaciones de transferencia. ....	36
2.4.4.3.	Paradas de la ruta arterial.. ....	37
2.4.4.4.	Flota operativa.....	37
2.4.4.5.	Marco tarifario.....	38
2.4.2.	Recorrido. ....	38
2.4.3.	Tiempos de operación. ....	38
2.5.	Estudio de la demanda de pasajeros en el corredor arterial.....	40
2.5.1.	Metodología aplicada.....	40
2.5.1.1.	Encuesta origen y destino abordó.. ....	40
2.5.1.1.	Estudio de ascenso y descenso.. ....	41
2.5.2.	Tamaño de la muestra. ....	41
2.5.3.	Resultados de la encuesta.....	42
2.5.4.	Matriz origen - destino. ....	42
2.5.4.1.	Matriz origen – destino para un día completo de operación..	42
2.5.4.2.	Matriz origen – destino para una hora valle o normal.....	44
2.5.4.3.	Matriz origen – destino para una hora pico.....	44
2.5.4.4.	Matriz origen – destino para una hora promedio.. ....	45
2.6.	Análisis de los costos de operación .....	45
2.6.1.	Análisis unitario de costos variables. ....	45
2.6.2.	Análisis unitario de costos fijos. ....	45
2.6.3.	Resumen de los costos de operación.....	46

### **CAPÍTULO 3**

<b>3.</b>	<b>MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SITU .....</b>	<b>49</b>
3.1.	Descripción general del modelo a desarrollar. ....	49
3.2.	Modelación y evaluación de la situación actual. ....	49
3.2.1.	Programación de la operación por la UMTTSV-L .....	49
3.2.2.	Descripción de la base de datos para el modelo de transporte .....	51
3.2.2.1.	Definición del proyecto.....	52

3.2.2.2.	Categorías .....	53
3.2.2.3.	Modos .....	53
3.2.2.4.	Operador.....	54
3.2.2.5.	Rutas.....	59
3.2.2.6.	Administrador.....	60
3.2.2.7.	Nodos.....	61
3.2.2.8.	Link types (tipos de enlaces) .....	62
3.2.2.9.	Links (enlaces).....	65
3.2.2.10.	Exogenous trips (viajes exógenos) .....	66
3.2.2.11.	Importar base de datos .....	66
3.2.3.	Establecimiento de escenarios .....	67
3.2.3.1.	Escenario para una hora valle o normal .....	68
3.2.3.2.	Escenario para una hora Pico.....	71
3.2.3.2.	Escenario para una hora Promedio .....	72
3.2.4.	Generación de Resultados .....	72
3.2.4.1.	Interpretación de los resultados (caso de la hora valle) .....	74
3.2.4.2.	Resultados para una hora pico .....	78
3.2.4.3.	Resultados para una hora promedio.....	78
3.2.5.	Resumen de resultados para el modelo de la situación actual.....	79
3.2.6.	Conclusiones de la evaluación .....	80

## **CAPÍTULO 4**

<b>4.</b>	<b>MODELACIÓN DE UNA PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN.....</b>	<b>81</b>
4.1.	Descripción general de la propuesta.....	81
4.2.	Programación para la propuesta de optimización.....	81
4.3.	Modelación de la propuesta presentada .....	83
4.3.1.	Establecimiento de escenarios .....	83
4.3.1.1	Resultados para el escenario de una hora valle.....	83
4.3.1.2	Resultados para el escenario de una hora pico.....	83
4.3.1.3	Resultados para el escenario de una hora promedio .....	84
4.3.2.	Resumen de resultados para la propuesta de optimización .....	85
3.2.5.	Conclusiones de la propuesta de optimización.....	85

## **CAPÍTULO 5**

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES – RECOMENDACIONES.....</b>	<b>87</b>
5.1.	Conclusiones.....	87

5.2. Recomendaciones.....	89
---------------------------	----

## CAPÍTULO 6

<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>91</b>
ANEXO 1 (Formato de encuestas) .....	92
ANEXO 2 (Matrices origen y destino) .....	95
ANEXO 3 (Resultados de la modelación para la situación actual) .....	105
ANEXO 4 (Resultados de la modelación para la propuesta de optimización) .....	109
ANEXO 5 (Gráficos comparativos) .....	113

## ABREVIATURAS

<b>TRANUS</b>	: Sistema de Simulación Integrado de Localización de Actividades y transporte
<b>SITU</b>	: Sistema integrado de transporte urbano.
<b>UMTTSV-L</b>	: Unidad municipal de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial de Loja.
<b>CatId</b>	: Identificación de la categoría
<b>CatName</b>	: Nombre de la categoría
<b>Distance</b>	: Distancia
<b>Cost</b>	: Costo
<b>TravTime</b>	: Tiempo de Viaje
<b>WaitTime</b>	: Tiempo de espera
<b>Disutil</b>	: Desutilidad
<b>OperId</b>	: Identificación del operador
<b>OperName</b>	: Nombre del operador
<b>Trips</b>	: Viajes
<b>Units-Dist</b>	: Pasajeros transportados por Km.
<b>Energy</b>	: Consumo de energía (litros de combustible)
<b>Costs</b>	: Costo de operación
<b>Income</b>	: Ingresos por tarifa
<b>Revenue</b>	: Ganancia (Diferencia entre costos de operación e ingresos por tarifa)
<b>VehKm</b>	: Vehículos utilizados en todo el recorrido con la frecuencia dada.
<b>VehHrs</b>	: Vehículos usados en el periodo de simulación.



## CAPÍTULO I

### 1. BASES TEÓRICAS PARA LA MODELACIÓN DE TRANSPORTE

#### 1.1. Modelación de transporte

##### 1.1.1. Definición de modelación de transporte

La modelación de transporte es el desarrollo de un análisis de transporte el mismo que consiste en la representación simplificada de cualquier acontecimiento que pudiera presentarse en el traslado de un tipo de mercancía (pasajeros) desde un determinado origen a un destino, esta herramienta ayuda a la planificación de proyectos de transporte, ya que permite simular diversos escenarios de actuación, con los cuales se puede evaluar diversas alternativas que podrían efectuarse en un entorno real, obteniendo un diagnóstico previo de acontecimientos a realizarse en el futuro.

La modelación de transporte se forma de cuatro fases; la primera es conocida como modelo de generación y atracción, que permite evaluar los viajes producidos y atraídos en cada zona de transporte en base a diversos escenarios. La segunda es el modelo de distribución, en el cual se estiman las posibles matrices origen-destino (O/D). La tercera fase comprende al modelo de reparto modal, que permite determinar la captación de cada modo entre las distintas relaciones O/D. Y la última incluye el modelo de asignación, el cual determina los caminos o rutas seleccionadas para cada relación, así como también la carga por tramos para redes varias en cada horario analizado<sup>1</sup>.

Dependiendo de los datos disponibles y del tipo de análisis se puede prescindir del modelo de generación, lo que nos da como resultado un modelo de distribución. También se pueden mencionar otros tipos de modelos como los de usos del suelo que permiten análisis interrelacionados y complejos entre actividad en el territorio y transportes.

El desarrollo de un modelo de transporte contempla los siguientes objetivos:

---

<sup>1</sup> MOLINERO ANGEL; SANCHEZ IGNACIO. Transporte Público: Planeación, Diseño, Operación y Administración; Ed. Universidad Autónoma del Estado de México - 2001, Pág. 299 y 300





- Ayudar a preparar el diagnóstico de la red vial actual.
- Prever la evolución de la demanda de transporte y sus consecuencias sobre el funcionamiento de la red vial actual, con el propósito de identificar las necesidades de acondicionamientos.
- Simular los diferentes escenarios de acondicionamientos para medir sus eficiencias.
- Proporcionar los elementos necesarios a la evaluación económica de los proyectos.

### 1.1.2. El sistema de transporte

Un sistema es un conjunto de elementos relacionados entre sí y encaminados hacia ciertos objetivos específicos y metas, así por ejemplo: el sistema de actividades de una zona urbana puede considerarse como el conjunto de subsistemas tales como el comercio, la industria, la educación, la salud, los transportes y los servicios entre otros.

El caso del transporte urbano se puede definir como un sistema básico para el funcionamiento de una ciudad en donde su operación influye de manera directa en la eficiencia del conjunto de sus actividades y en la calidad de vida de sus habitantes.

El transporte cumple el papel de conectar e integrar funciones que se desarrollan en diferentes lugares de una ciudad, mediante la movilización de personas y bienes, lo que permite la especialización de las actividades y los usos del suelo, aprovechando las ventajas de la aglomeración asociada con otras ciudades.

El análisis del sistema de transporte tiene por objeto conocer las interrelaciones complejas de los múltiples elementos encaminados a un mismo objetivo. Estos elementos pueden ser los vehículos, la infraestructura y las técnicas de explotación y operación.

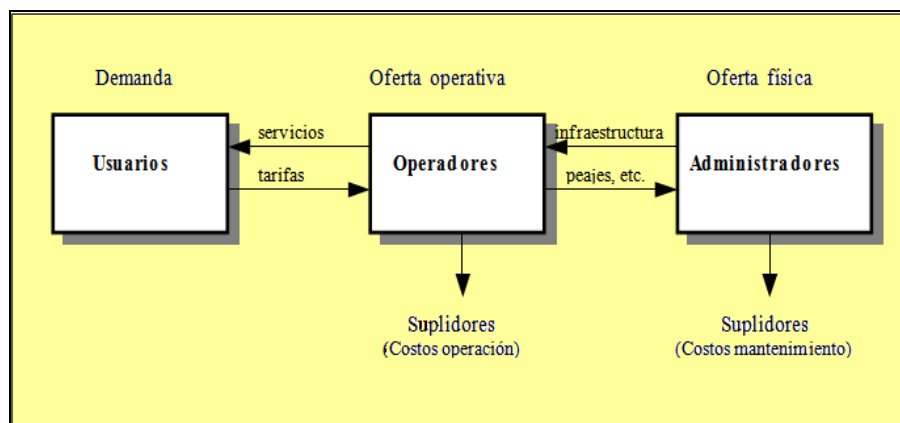
En el sistema de transporte se distinguen dos componentes principales la primera es la **demand**a, integrada por los usuarios, que son las personas, familias o



empresas que demandan el servicio de transporte de carga o de pasajeros. La segunda es la **oferta**, en la cual se puede distinguir dos categorías que son:

- **Oferta física:** está representada por toda la infraestructura vial, estacionamientos, estaciones, puertos; esta oferta tiene una administración encargada de su mantenimiento y puede cobrar por su uso<sup>2</sup>.
- **Oferta operativa:** representada por los transportistas privados o públicos, que disponen de distintos tipos de vehículos los cuales cobran tarifas a los usuarios con lo cual a su vez pagan a los administradores por el uso de la infraestructura<sup>3</sup>.

**Figura 1.1:** Elementos del sistema de transporte



Fuente: Modelística, Caracas – Venezuela, TRANUS, 2007

## 1.2. Selección del modelación de transporte

La selección de un modelo de transporte es de vital importancia al momento de analizar y evaluar redes de tránsito ya que el sistema de modelos constituye una herramienta de análisis y simulación para analizar la situación actual y para realizar proyecciones a mediano plazo con lo cual se puede verificar el impacto de cambios en la infraestructura vial sobre un sistema de transporte urbano, interprovincial, estatal o regional.

<sup>2,3</sup> EMPRESA MODELÍSTICA. TRANUS – Tutorial. Formulación Matemática. El Sistema de Transporte – Ed. 2007. Pág 19



Existen muchos programas informáticos en el mundo que permiten desarrollar y aplicar modelos de este tipo. Cabe destacar sin embargo, la diferencia entre el modelo de transporte y el programa informático con el cual este se desarrolla.

Entre otros aspectos importantes se considera que el modelo de transporte debe de ser una herramienta de análisis eficaz de fácil uso, que tenga virtudes de flexibilidad en la aplicación, y que su fundamento teórico sea completo, teniendo una representación entre los software más avanzados, especialmente vínculos con los Sistemas de Información Geográfica (SIG)<sup>4</sup>

### 1.2.1. Selección del software

La planificación del transporte y el modelaje de la demanda de los viajes requería hasta hace unos años que el ingeniero o planificador estuviera meses desarrollando y probando redes de tránsito y transporte. Más adelante estas redes se combinaban con la información del uso del suelo, para que los expertos en planificación procesaran la información para el modelaje. El procesamiento se hacía con grandes equipos sofisticados y los resultados se presentaban en cientos de hojas impresas de computadora.

Ahora, con el apoyo de las computadoras se redujeron los tiempos y costos en el procesamiento de la información por medio de sistemas de análisis interactivos que integran los avances más recientes de gráficas y algoritmos de asignación viajes de transporte público. Con estas nuevas herramientas se puede participar directamente y de manera inmediata dentro del proceso de planificación, sin grandes conocimientos de computación, una vez que la base de datos se establece, visualizando la información básica y los resultados de los cálculos en forma gráfica o en listados.

Ahora con el uso de computadoras se han elaborado programas de cómputo orientados a la planeación de los transportes urbanos, donde el tiempo requerido para una corrida de 12 horas en los antiguos equipos se redujo a solo 10 o 15 minutos, y se cuenta con menús gráficos, lenguajes más simples de comunicación entre los usuarios

---

<sup>4</sup> Consorcio BCEOM – GMI – WSA. Plan Intermodal de Transportes del Perú. Capítulo 2. Selección del modelo de Transporte, Zonificación y Metodología de Modelación – 2005, Pág. 1 y 2



y la máquina, interfaces de graficación y un fácil manejo en la entrada de bases de datos y características de la red.

Actualmente se puede distinguir tres grandes familias de programas informáticos para la planificación de transportes:

- Programas que permitan aplicar y desarrollar todos los modelos de demanda (generación, distribución y selección modal) y la asignación de tráfico sobre las redes. Se pueden destacar los programas siguientes: los antiguos TRANPLAN y MINUTP (EE.UU.) que luego fueron unidos conjuntamente con el software TRIPS (Gran Bretaña), dio el CUBE y su principal competidor, el EMME2 (Canada).
- Programas que permiten solamente aplicar la última etapa de la modelación, es decir, la asignación de tráfico cómo: DAVIS (Francia), OPERA (Francia), QRS (EE.UU.), QVIEW (Gran Bretaña) y SATURN (Gran Bretaña).
- Programas que permiten aplicar modelos de interacción entre el uso de suelos y el transporte, como: ME Plan (Gran Bretaña) y TRANUS (Venezuela).

El último grupo de software debe considerarse como desarrollos de “modelos” más que de software, dentro del cual se podría “aplicar” cualquier modelo, ya que corresponden a una concretización de la teoría que consiste en que hay una interacción entre el transporte y el uso de suelos.

Para el desarrollo del presente tema de investigación se utilizará el sistema de modelación **TRANUS** cuya traducción por sus siglas en Ingles es: **Sistema de Simulación Integrado de Localización de Actividades y Transporte**.

### 1.3. El Sistema TRANUS

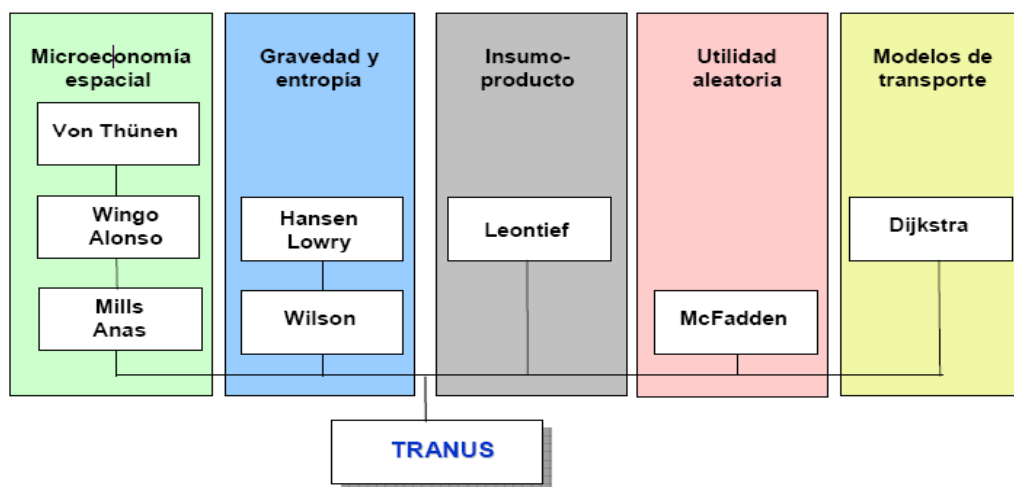
#### 1.3.1. Antecedentes históricos del sistema

En las últimas décadas hubo importantes avances teóricos en el campo de la localización de actividades y del transporte. Muchos de ellos se deben a desarrollos teóricos formales, utilizando métodos cuantitativos para mejorar la



comprensión de los sistemas urbanos y regionales. La literatura sobre el tema es demasiado vasta como para ser tratada en detalle aquí, de tal manera que se mencionarán sólo los hitos de mayor relevancia, en especial aquellos que han tenido una especial influencia sobre el sistema *TRANUS*. La Figura 1.2 muestra el “árbol genealógico” del sistema, de acuerdo a las principales líneas de investigación de los cuales *TRANUS* ha tomado gran cantidad de elementos, tales como teoría de grafos, redes, colas y otros, comenzando por los algoritmos de búsqueda de pasos desarrollados por Dijkstra en los años 50<sup>5</sup>.

Figura 1.2: Antecedentes teóricos del sistema TRANUS



Fuente: Modelística, Caracas – Venezuela, TRANUS, 2007

### 1.3.2. Objetivos y rangos de aplicación

“La característica más destacable del sistema TRANUS es la forma verdaderamente integrada en que se representan los principales componentes del sistema urbano o regional, tales como la localización e interacción de actividades, el mercado inmobiliario y el sistema de transporte. Todos estos componentes están relacionados entre sí de manera explícita y de acuerdo a una teoría claramente desarrollada para este fin. De esta manera el fenómeno del movimiento de personas y mercancías se explica por las relaciones económicas y espaciales entre las actividades que los generan. A su vez, la accesibilidad que resulta del sistema de transporte afecta la

<sup>5</sup> EMPRESA MODELÍSTICA. TRANUS – Tutorial. Descripción General. Marco teórico del sistema TRANUS – Ed. 2007. Pág 3 y 4



forma en que interactúan las actividades entre sí, se localizan en el espacio e interactúan con el sistema inmobiliario. La evaluación económica forma también parte integral del sistema de modelación y de la formulación teórica, proveyéndose todas las herramientas necesarias para el análisis de políticas y proyectos.

Un sistema integrado de esta naturaleza permite evaluar los efectos de políticas de transporte sobre la localización de actividades y el uso del suelo. También es posible analizar los efectos de políticas de usos del suelo sobre el sistema de transporte, y naturalmente el efecto de políticas combinadas. Si bien es en la planificación integrada donde el sistema TRANUS rinde su potencial máximo, **el sistema puede ser utilizado como un modelo sólo-transporte**, asignando matrices dadas de demanda (**origen – destino**), lo cual puede ser útil para la evaluación de políticas de transporte a corto plazo.

En cuanto a escala de aplicaciones, el sistema TRANUS permite la simulación de:

- **Áreas urbanas detalladas**
- Áreas metropolitanas
- Regiones metropolitanas
- Regiones, estados o provincias
- Nivel nacional
- Regiones formadas por varios países

El sistema permite representar tanto los movimientos de carga como de pasajeros en transporte público y privado, en una misma red de transporte, simulando el efecto conjunto sobre la capacidad de la infraestructura vial. En aplicaciones urbanas, se suele dar prioridad a la representación de los movimientos de pasajeros, incluyendo exógenamente los movimientos de carga, para incluir su efecto en la congestión.

El rango de políticas y proyectos que se pueden analizar con el sistema es muy amplio. Pueden representarse políticas de ordenación urbanística, controles sobre los usos del suelo, y diversos proyectos y políticas de transporte. Estas políticas de usos del suelo y transporte pueden ser combinadas y evaluadas conjuntamente.

Una lista completa de las posibilidades del sistema sería muy extensa, pero la siguiente puede servir como guía:



- Planes de desarrollo urbanístico.
- Nueva vialidad y mejoras a la vialidad existente.
- **Reorganización del sistema de transporte público (nuevas rutas, tarifas, etc.).**
- Vías exclusivas para buses.
- **Sistemas de transporte masivo de pasajeros (metro, LRT, etc.)**
- Autopistas de peaje, urbanas o regionales.
- Vías exclusivas para automóviles de alta ocupación.
- Restricciones en la circulación de automóviles.
- Políticas de precios, tales como impuestos a los combustibles o a estacionamientos.
- **Tarificación vial selectiva o tarificación por congestión**
- Políticas de mantenimiento de carreteras.

*TRANUS* ha sido aplicado en numerosos estudios en ciudades y regiones de muy diversa índole y correspondientes a realidades sociales y económicas muy diferentes, tales como América Latina, USA, Europa y Japón. También se utiliza en **investigación académica** y en *cursos de postgrado en numerosas universidades y centros de investigación alrededor del mundo*<sup>6</sup>.

### 1.3.3. Estructura general del modelo

Los componentes principales del sistema integrado usos del suelo-transporte se muestran en la Figura 1.3, en donde se identifican los dos subsistemas: actividades y transporte. Dentro de cada subsistema se distingue entre los elementos de demanda y de oferta, los cuales interactúan para generar un estado de equilibrio.

La localización e interacción entre actividades representa la demanda en el subsistema de actividades. Actividades, tales como industrias u hogares, se localizan en lugares específicos e interactúan entre sí para llevar a cabo sus funciones.

Por su parte, la interacción entre actividades genera necesidades de viaje. En el subsistema de transporte, **la demanda** está representada por las necesidades de

---

<sup>6</sup>EMPRESA MODELÍSTICA. TRANUS – Tutorial. Descripción General. TRANUS – Ed. 2007. Pág 1-2



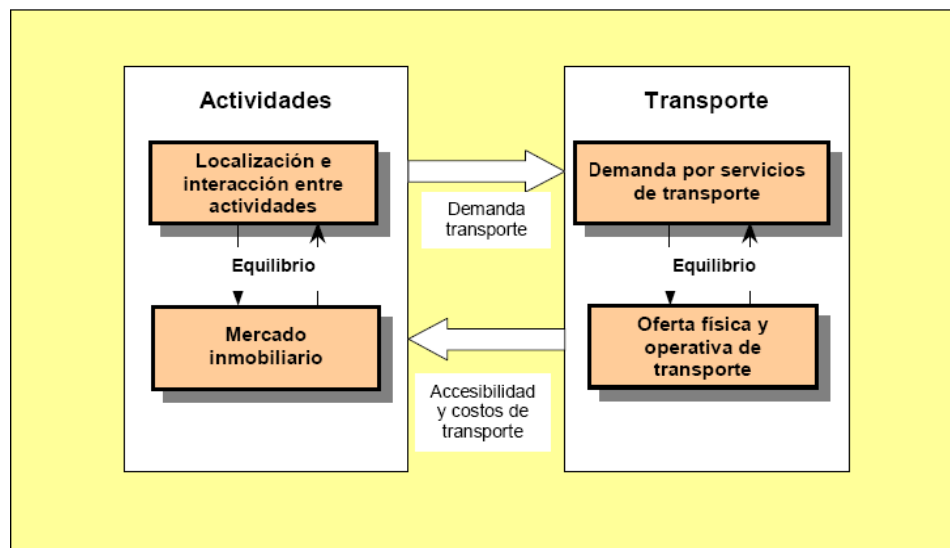
transporte, que puede tomar la forma de personas viajando a sus sitios de trabajo o movimientos producidos en un lugar y encaminados a otro.

En la oferta de transporte, por su parte, se hace una distinción entre la **oferta física y la oferta operativa**.

“El equilibrio entre **demanda y oferta** de transporte se alcanza mediante una combinación de varios elementos tales como: costos, frecuencias, disponibilidad de transporte y nivel de servicio. De esta manera, si la demanda sobrepasa la capacidad de un servicio, el precio del servicio puede aumentar, pero puede ser que el tiempo de viaje también se incremente.

Por ejemplo, si el número de pasajeros que intenta abordar un servicio de buses sobrepasa su capacidad, los tiempos de espera se incrementarán. De manera similar, si el número de vehículos que intentan circular en una vía se acerca o sobrepasa la capacidad, se genera congestión, reduciendo la velocidad. En otras palabras, el tiempo es un componente importante en el equilibrio demanda-oferta del sistema de transporte”<sup>7</sup>.

**Figura 1.3:** Componentes principales del sistema usos del suelo-transporte



Fuente: Modelística, Caracas – Venezuela, TRANUS, 2007

<sup>7</sup> EMPRESA MODELÍSTICA. TRANUS – Tutorial. Descripción General. Marco teórico del sistema TRANUS – Ed. 2007. Pág. 5





“Como puede verse, actividades y transporte están concebidos como un sistema íntimamente interrelacionado con dependencias mutuas. La interacción entre actividades da lugar a la demanda por transporte; y el equilibrio en el transporte, a su vez, afecta la localización de actividades y los precios inmobiliarios.

En términos generales, actividades y transporte se influyen mutuamente en el tiempo. En esta dinámica es importante distinguir entre efectos a corto plazo y efectos a largo plazo. Los efectos a corto plazo se representan en el mismo período, mientras los efectos a largo plazo tienen efecto en los períodos siguientes. Así, las actividades económicas localizadas en el espacio interactúan entre sí generando **flujos funcionales**, de los cuales se deriva la demanda de transporte.

Los cálculos relativos a transporte comienzan con un proceso que se denomina *búsqueda de pasos*. El modelo toma como datos la descripción de la red, la oferta de servicios de transporte y una serie de parámetros adicionales tales como **tarifas, costos de operación, valores del tiempo, preferencias, etc.** Con base en esta información estima diversas opciones de viaje, que representan combinaciones de diferentes enlaces, modos y rutas para alcanzar un destino desde un origen.

La siguiente etapa es la estimación de los costos detallados de cada opción intermodal de viaje. Aquí se calcula el costo monetario, la valoración del tiempo y otros componentes de la *desutilidad de transporte*. Con base en estas desutilidades se estima el número de viajes a realizar en función de los flujos funcionales y funciones elásticas de generación. Los viajes estimados pueden separarse en conjuntos modales, como transporte público y privado, pero esto es opcional ya que la asignación multimodal puede cumplir esta función.

La etapa final es la restricción de capacidad, que consiste en ajustar los tiempos de viaje y de espera en función de las relaciones entre el volumen asignado y la capacidad de la oferta. En *TRANUS* este es un proceso complejo que representa diversos fenómenos. Cuando el número de vehículos asignados a un enlace se acerca a la capacidad del mismo, la velocidad de circulación se reduce, incrementando los tiempos de viaje. Además, puede llegar un punto en que comiencen a aparecer vehículos en cola, que generan retrasos no sólo en el enlace congestionado, sino además en los enlaces ‘hacia atrás’. Una característica importante en la estimación de

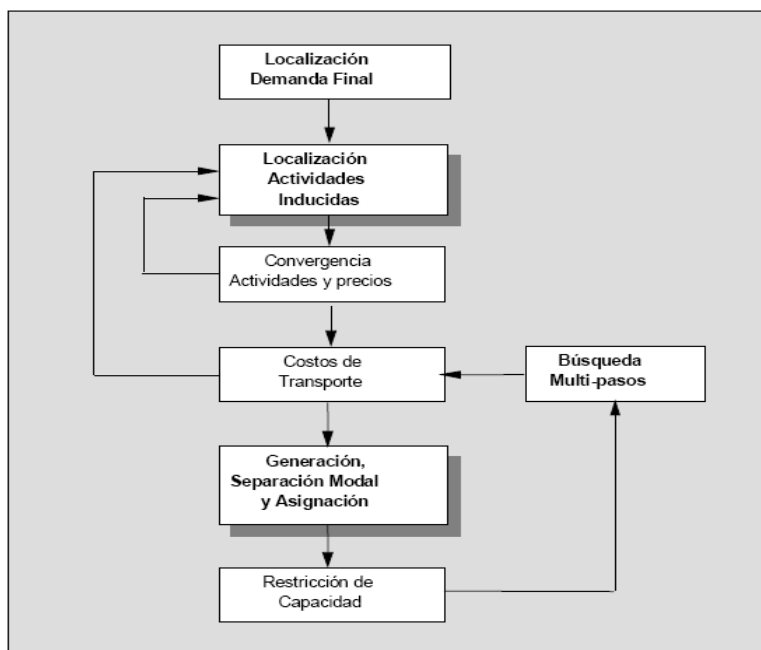


los retardos en la vía es que todos los vehículos que la comparten se ven afectados, no sólo los automóviles sino autobuses, camiones, etc.

La restricción de capacidad se aplica también a los pasajeros de los servicios de transporte público. Si el número de pasajeros se acerca a la capacidad de una ruta específica, el modelo incrementa los tiempos de espera, lo cual hace que dicha ruta sea menos atractiva en una iteración siguiente. El modelo calcula también el tiempo de detención de los vehículos de transporte público, en función del número de pasajeros que abordan o bajan de las unidades.

Los retardos por congestión y los incrementos en los tiempos de espera implican que cambian los costos y desutilidades de transporte. Por esta razón la secuencia de cálculo regresa a la etapa de cálculo de costos, repitiendo la generación, separación modal, asignación y restricción de capacidad. Este ciclo iterativo continúa hasta que el sistema converge al equilibrio<sup>8</sup>.

**Figura 1.4:** Estructura general del sistema TRANUS



**Fuente:** Modelística, Caracas – Venezuela, TRANUS, 2007

<sup>8</sup> EMPRESA MODELÍSTICA. TRANUS – Tutorial: Descripción General del programa TRANUS. Marco teórico del sistema TRANUS – Ed. 2007. Pág. 6 - 9



### **1.3.4. Asignación en los modelos de transporte**

#### **1.3.4.1. Introducción:**

La fase de asignación dentro de modelos de transporte, ha sido ampliamente estudiada desde hace más de 30 años. La asignación constituye la última etapa del proceso de modelación clásico y son de mucha importancia ya que de ellos se obtendrá información que servirá de base para la evaluación de los proyectos y de las políticas de transporte a aplicar.

Los datos de entrada consisten en la matriz origen-destino de la cual toma los datos y los asigna a la red, siguiendo la mejor ruta entre cada par origen - destino. La información generada de la asignación se resume en flujos y costos.

#### **1.3.4.2. Objetivos de los modelos de asignación:**

- Obtener medidas agregadas del rendimiento de la red de transporte (vehículos-km, vehículo-horas, demora total).
- Establecer los tiempos de viaje, para cada par origen-destino y cada medio de transporte.
- Estimar volúmenes en cada arco o tramo de la red.
- Determinar las rutas y analizar que pares origen-destino usan un arco en particular.
- Estimar movimientos en intersecciones a futuro (existentes o no).

#### **1.3.4.3. Factores principales de un modelo de asignación**

Los factores más importantes que influyen en la elección de una ruta son, en orden de importancia:

- El tiempo de viaje (que va del 60% al 80%)
- La distancia de recorrido (km)
- El tipo de vialidad que forman los arcos (autopista, arterias principales, calles secundarias, calles locales)
- El tipo de señalamiento que encontrará



- La cantidad de semáforos en la ruta
- Los aspectos ambientales
- Otros obstáculos (glorietas, giros a la izquierda)

#### **1.3.4.4. Elementos de la asignación en el modelo de transporte**

Los elementos básicos de la asignación en el modelo de transporte son:

- Identificar el conjunto de rutas de interés para los conductores.
- Asignar una porción de los viajes de cada celda de la matriz a las rutas.
- Buscar convergencia, es decir, satisfacer las condiciones de equilibrio.

#### **1.3.4.5 Asignación probabilística Logit**

Un modelo de transporte necesariamente utiliza algún tipo de asignación probabilística, por medio del cual puede justificar sus resultados, es así que el sistema TRANUS utiliza la asignación probabilística Logit<sup>9</sup>.

De esta manera la asignación probabilística Logit en los modelos de transporte representa la variabilidad en la percepción de la utilidad y el efecto de agregación, la cual es consistente con la teoría económica y es relativamente fácil de aplicar en la práctica. Así como también la posibilidad de relacionar varios niveles de decisión, de tal manera que el fenómeno de la asignación puede combinarse de manera conveniente y consistente con la separación modal y otros niveles posibles.

#### **1.3.4.6 Principios de la asignación probabilística Logit:**

Para poder aplicar la asignación probabilística Logit el modelo requiere conocer de antemano los caminos u opciones de viaje, para lo cual se hace uso de un algoritmo que genere estos caminos en base a una descripción de una red de transporte. Una razón para la aplicación de la asignación probabilística Logit es que una red de transporte puede ser bastante compleja, generándose un gran número de caminos factibles, muchos de los cuales pueden ser repetitivos o simplemente irrelevantes para los usuarios.

---

<sup>9</sup> DE LA BARRA TOMAS, PhD. Asignación probabilística multimodal. Instituto de Urbanismo, Universidad Central de Venezuela – Agosto 1999. Pág. 11 -18



Esto implica que el algoritmo de búsqueda de caminos debe ser selectivo y capaz de jerarquizar la red, adicionalmente el algoritmo debe ser eficiente desde el punto de vista computacional.

El objetivo del proceso de búsqueda de caminos es el generar opciones de viaje que conecten cada par origen-destino. En su expresión más simple, un camino u opción de viajes queda definido por una secuencia de enlaces interconectados de la red, tal como  $l_1, l_2, l_3, \dots$  que conformen una alternativa razonable de viaje desde el origen hasta el destino.

Como la red puede contener miles de opciones, los caminos deben cumplir con dos condiciones que son:

- Corresponder a un subconjunto de los  $n$  pasos de menor costo generalizado
- Ser opciones claramente diferenciadas<sup>10</sup>.

#### **1.4. Zonificación y establecimiento de centroides**

##### **1.4.1. Definición de zona**

Una zona es un área determinada de la ciudad limitada por una serie de parámetros tales como límites barriales, configuraciones hídricas, grado de consolidación de la población, que identifican su funcionalidad ya sea comercial, residencial entre otras. Para el desarrollo de redes de transporte es necesario especificar diversas zonas de estudio; la zonificación es la configuración de una base espacial para referencia de los flujos de viajes y de las variables explicativas a utilizar.

##### **1.4.1.1. Aspectos de la zonificación:**

Para realizar la zonificación se deben considerar aspectos tales como:

- Las zonas deben ser homogéneas.
- Se deben delimitar de acuerdo con las redes de transporte y con existencia de barreras.

---

<sup>10</sup> TOMÁS DE LA BARRA, PhD. Asignación probabilística multimodal. Instituto de Urbanismo, Universidad Central de Venezuela – Agosto 1999. Pág. 11 -18



- Deben ser compatibles con las zonificaciones existentes como por ejemplo municipios, barrios, secciones censales, etc.

#### 1.4.1.2. Clasificación de las zonas:

Para el estudio e identificación de las zonas se las clasifica en dos categorías las cuales son:

- **zonas internas:** conforman lo que se denomina “el área en estudio”, entre las cuales se dan todas las relaciones socioeconómicas y de transporte, primordialmente son aquellas que se encuentran dentro del perímetro urbano de una ciudad.
- **zonas externas:** Son zonas que se encuentran fuera del perímetro urbano y que se relacionan con las zonas internas en el ámbito de las importaciones y exportaciones. Estas pueden ser de bienes o de personas, como por ejemplo en el caso de la demanda laboral del área de estudio que se satisface con residentes de afuera.<sup>11</sup>

#### 1.4.2. Definición de centroide

Un centroide es un punto representativo en la zona que concentra la mayor cantidad de actividades en función del uso del suelo es decir, el movimiento de personas o mercancías a través de comercios, instituciones, centros recreacionales, parques, mercados, sector residencial, etc.; los cuales representan las actividades de la zona y que interactúan de forma directa con la red de transporte.

##### 1.4.2.1. Aspectos para la definición de centroides:

Para la definición de un centroide se debe considerar entre los principales aspectos los siguientes:

- Un centroide debe ubicarse en un punto estratégico de la zona y que permita un fácil acceso al sistema de transporte.

---

<sup>11</sup> EMPRESA MODELÍSTICA. TRANUS – Tutorial. Formulación Matemática. El Sistema de Transporte – Ed. 2007. Pág. 2.



- Para zonas relativamente grandes se pueden definir varios centroides siempre y cuando sean justificados por la densidad poblacional de la zona.
- Las zonas comerciales e industriales se las suele dividir en dos o más sectores lo que involucra la ubicación de varios centroides dentro cada sector representado, debido a la gran cantidad de actividades y personas que se mueven en la zona y al acceso del sistema de transporte en sus diferentes modalidades.

## 1.5. Estudio de origen y destino

### 1.5.1. Aplicación

Los estudios de origen y destino dentro del campo de la planeación del transporte sirven para obtener información relacionada al número y tipo de viajes que las personas realizan de varias zonas de origen a varias zonas de destino, en el que puede incluirse movimiento de vehículos de pasajeros o de carga.

El estudio de O-D es empleado primordialmente para propósitos de localización, proyección y programación de nuevas carreteras o para mejorarlas, como también para obras de transporte público y servicios tanto a nivel urbano como interprovincial <sup>12</sup>

### 1.5.2. Metodología aplicada

Existen un gran número de metodologías para la recopilación de información que van desde métodos manuales hasta métodos utilizando aparatos electrónicos sofisticados. En la **Tabla 1.1** se describe ocho técnicas para la recopilación de información en los estudios de transporte.

---

<sup>12</sup> PAUL C. BOX; OPPONLANDER JOSEP C. Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. 4 Ed. México - 1976. Pág. 116 -117



**Tabla 1.1:** Descripción de los estudios de transporte más comunes

TÉCNICA	DESCRIPCIÓN
Ascenso y descenso	Se contabilizan abordo de las unidades la cantidad de pasajeros que suben y bajan en cada parada así como los tiempos de llegada a puntos previamente establecidos.
Demanda puntual o de cargas	En la sección de máxima demanda se contabilizan los usuarios que van a bordo de las unidades que pasan por unidad de tiempo. Dentro de este estudio se pueden tomar las frecuencias.
Velocidades y demoras	Se contabilizan las causas y las demoras a las que se ve sujeto el transporte público a lo largo de las rutas. Asimismo, se revisan los tiempos de paso por los puntos
Abordaje	Se contabilizan los usuarios que abordan las unidades, generalmente dividiéndose por tipos de tarifas.
Lectura de cajas colectoras	En el caso de contar con este equipo, se toma lectura de los contadores en puntos previamente seleccionados o en un horario específico.
Conteo de ingresos	Se contabilizan los ingresos obtenidos al final de cada recorrido.
Conteo de transbordos	Se contabilizan los transbordos que se llevan a cabo en cada parada o punto de transbordo importante, o en el caso de recibir boletos de transbordo, se contabiliza el número que recibe cada operador.
Encuesta	Consiste en una gran variedad de técnicas en las cuales se le pregunta al usuario sobre aspectos referentes a su movilidad, a su estrato socioeconómico, a su opinión sobre el sistema de transporte.

Fuente: Estudios de transporte (Molinero Ángel - Sánchez Ignacio, 2001)

Estas ocho técnicas proveen un rango de diferentes datos dependiendo de cada empresa de transporte así como de las características particulares de la ruta en estudio.

Para tener éxito en la recopilación de información es conveniente utilizar una combinación de las técnicas antes mencionadas. La mejor combinación depende de una serie de factores entre los cuales se encuentran la estructura de las rutas, las características individuales de las mismas y las estrategias de operación.

Como una fase inicial en la recopilación de la información se recomienda utilizar el siguiente conjunto de técnicas:

- Estudios de ascenso y descenso de pasajeros
- Lecturas de la caja colectoras de tarifas o conteo de abordajes
- Encuestas abordo de los vehículos.





Las técnicas antes mencionadas hacen hincapié a las encuestas de origen y destino así como a los estudios de ascenso y descenso.

### 1.5.3. Encuesta de origen y destino a bordo del transporte público

Para la realización de este tipo de encuesta se requiere de un equipo especializado de personal de campo, así como de gabinete para su realización. El procedimiento para realizar una encuesta origen destino se divide en cuatro grandes componentes: la preparación de la encuesta; la aplicación de la encuesta; la captura y validación de la encuesta y; la expansión de la muestra y procesamiento de los resultados. A continuación se comenta cada uno de los pasos generales de una encuesta de origen y destino.

#### 1.5.3.1. Preparación de la encuesta:

- **Delimitación del área de estudio.** Es importante establecer desde un inicio los límites que abarcará el estudio, tanto físicos como de estructura de la red.

Esto implica señalar el cordón externo que circundará el área de estudio, misma que incluirá el área de desarrollo urbano que pudiera habitarse dentro del periodo que se estima que los resultados de la encuesta serán válidos.

Entre los criterios que permiten definir esta área se encuentran la densidad de población; las áreas de trabajo que presentan una influencia sobre el área de estudio; así como otros límites geopolíticos o de otros estudios relacionados.

- **Zonificación.** El área de estudio debe dividirse en un sistema de zonas geográficas, las cuales serán utilizadas para analizar y pronosticar la información sobre población y empleo, así como para resumir los intercambios de viajes en matrices que son utilizadas para la asignación de viajes a la red.
- **Diseño de la muestra.** A partir de la información preliminar con que se cuente sobre la demanda de transporte en la ruta o red de transporte a encuestar, se procederá a estimar la premuestra requerida para el estudio. Esta muestra depende primero del propósito para el que la información está siendo



recopilada y segundo de la precisión que se requiera. Si el propósito del estudio es obtener medidas del comportamiento de todos los pasajeros utilizando el sistema, por ejemplo, crear una matriz de viajes de zona a zona, entonces se deberá muestrear el sistema completo. Si por el contrario, el propósito de la encuesta es obtener las características de los usuarios que utilizan una ruta específica o un corredor en particular en la que operan ciertas rutas, entonces únicamente estas rutas deberán muestrearse.

Adicionalmente, se conoce el número de unidades asignadas y la longitud de la ruta, con lo cual se puede obtener el número total de corridas que se efectúan en la ruta, bajo el supuesto de una velocidad promedio.

A partir de esta información, se puede estimar la muestra que se requiere para cumplir con ciertos parámetros de confiabilidad así como de variabilidad de la información. El tamaño de la muestra estará en función de la precisión y el nivel de confianza requerido, siendo el 95% el nivel usualmente utilizado.

- **Diseño del cuestionario.** El cuestionario o cédula de encuesta tiene como propósito recabar información sobre los siguientes aspectos principales: el origen y el destino de los viajes, la cadena de medios de transporte utilizados, los motivos para realizar el viaje, entre otros aspectos.

### 1.5.3.2. Aplicación de la encuesta

- **Programa de trabajo.** Con la definición del tamaño de la premuestra a nivel ruta, se procede a elaborar un programa de trabajo detallado en donde se establecen las rutas que serán encuestadas cada día y se le asignan los equipos necesarios para que encuesten y el número mínimo de corridas que deben efectuar.
- **Selección y capacitación del personal.** En forma paralela a la selección de personal se requiere capacitarlo por lo cual es recomendable la elaboración de un manual de procedimientos del encuestador, en el que se trata de manera detallada las tareas, el equipo y material necesario y la manera en que deben llenarse las diferentes formas de control.



- **Método de aplicación.** El método de aplicación dependerá si el usuario es el que contesta directamente el cuestionario o el encuestador es el que realiza las preguntas. Esta actividad requiere de una buena organización y un excelente seguimiento diario de las actividades que se efectúan.

### 1.5.3.3. Codificación, captura y validación

El proceso de codificación consiste en anotar en la cédula de encuesta el código numérico correspondiente a la zona de origen y a la zona de destino conforme a la zonificación realizada en su oportunidad. Adicionalmente, se anota en el cuadro correspondiente el número de la parada donde se recogió la encuesta.

### 1.5.3.4. Expansión y procesamiento

La muestra obtenida debe ser expandida con el propósito de obtener el universo de viajes que utilizan la red en cuestión. Para ello se hace necesario obtener los factores de expansión, mismos que se aplican a la matriz base. Entre las consideraciones que deben tenerse presente para la expansión de la muestra están:

- Las frecuencias observadas
- La expansión por hora del día
- La expansión por motivo de viaje
- La expansión conjunta de motivo y hora del día
- La no respuesta
- Los periodos de expansión

### 1.5.3.5. Resultados

Los productos obtenidos de una encuesta de origen y destino abordo pueden clasificarse de acuerdo con su naturaleza en tres grandes grupos:

- **Información relativa a los desplazamientos de la población.** Esta se refiere principalmente a las matrices de origen y destino que se generan, pudiendo ser una matriz horaria, en la que se presentan los flujos entre cada par de zonas o subzonas para las diferentes horas del día, así como el total de viajes que genera y atrae cada subzona.



- **Información que describe el comportamiento de la demanda sobre la red.**  
En función de la forma en que se diseñe la encuesta y los objetivos que persiga, es factible obtener parámetros de como se comporta la demanda dentro del sistema así como la intensidad con la que se utiliza cada parada, pudiéndose obtener reportes referentes a los ascenso y descensos, polígonos de carga y afluencias de pasajeros a cada una de las paradas.
- **Índices operativos del sistema.** La gran cantidad de información que se genera permite obtener índices de operación a nivel de ruta, empresa o sistema, siendo la más frecuente de obtener la siguiente: ocupación de la unidad por día, velocidad de operación, intervalo de paso, captación por kilómetro, distancia recorrida por el usuario, transbordos, entre otros.

#### 1.5.4. Estudio de ascenso y descenso

Este estudio es una pieza fundamental para obtener información sobre la cantidad de pasajeros que abordan y descienden de una unidad de transporte en horas y puntos determinados a lo largo de una ruta. Esta información permite revisar la ubicación de paradas o de los cierres de circuito así como incrementar o reducir los recorridos pero principalmente sirve al programador de la operación para determinar las secciones de máxima demanda, tramo con cuyos resultados se dimensiona la ruta.

Los estudios de ascenso y descenso proveen la información más completa, especialmente si se puede tomar lectura de los usuarios que abordan por tipo de tarifa o se toman los tiempos de recorrido entre paradas y el tiempo que dura la parada. Sin embargo, este tipo de estudio no recopila los índices de transferencia, las características, patrones de viaje o las actitudes del usuario, aspectos que solo se pueden obtener a partir de la encuesta de origen y destino. A continuación se presentan los pasos a seguir para desarrollar este tipo de estudio.

##### 1.5.4.1. Tamaño de la muestra

La primera etapa para la ejecución de este tipo de estudio es la selección de la muestra para cada ruta o línea de transporte público según características operacionales muy particulares que dependen, entre otros aspectos, de la cantidad y



tipo del parque vehicular que tiene asignado; de la zona de la ciudad a la que sirve; de la infraestructura vial que utiliza y; de la forma en que se opera la ruta.

#### 1.5.4.2. Procedimiento del levantamiento de la información

El estudio consiste en abordar la unidad con dos aforadores y asentar en un formato, todos los ascensos y descensos que se efectúen en cada parada de la ruta (o paradas seleccionadas, con la consecuente agregación de viajes). Asimismo, el aforador ubicado en la puerta posterior anotará, en caso de haber, el número de pasajeros que no pudieron abordar por falta de cupo, o bien, tomar los tiempos de llegada y salida de cada parada. A su vez, el aforador de la parte delantera puede obtener información referente a la forma de pago y evasión del usuario.

#### 1.5.4.3. Resultados

Los resultados que se obtienen de un estudio de campo de este tipo son los siguientes:

- **Polígonos de carga.** Uno de los resultados importantes del estudio son los valores promediados de ascensos, descensos y usuarios abordo, con lo que se genera un polígono de carga, el cual servirá de base para el cálculo de los pasajeros-kilómetro y la determinación de la sección de carga máxima.
- **Ocupación promedio de la unidad.** Este valor se obtiene de dividir el volumen de pasajeros que mueve la ruta entre el número total de corridas realizadas.
- **Distancia promedio de viaje.** Se estima para cada ruta la distancia promedio que recorre el usuario abordo de la unidad a partir de los resultados del polígono de carga y de la distancia existente entre paradas consecutivas.
- **Paradas importantes.** Se identifican las afluencias de pasajeros a las paradas, en el caso de una ruta y de la agregación de todos los movimientos diarios realizados en una misma parada para todo el sistema.
- **Volúmenes de pasajeros.** Se obtiene el volumen de pasajeros que mueve cada ruta al relacionar las frecuencias de paso con la ocupación promedio por corrida.



## 1.6. Costos de operación

### 1.6.1. Concepto

Los costos de operación sirven de instrumento de control y examen de la situación financiera, para introducir mejoras tendientes a aumentar la eficacia, controlar el trabajo del personal y material rodante, determinar la política administrativa de obtención de vehículos, ampliación y reducción de líneas, etc.

Los costos de operación del servicio de transporte se los realizará en función de:

- a. La operación del servicio
  - Días trabajados
  - Kilometraje
  - Vehículos que operan
  - Número de pasajeros movilizados
  - Tipo de ruta
  
- b. De los insumos ocupados para la operación del servicio:
  - Lubricantes
  - Mano de obra
  - Mantenimiento y reparación

### 1.6.2. Clasificación de los costos de operación

La clasificación más común dentro de las empresas manufactureras y de servicios son los *costos fijos* y *costos variables*.

#### 1.6.2.1. Costos fijos

Los *costos fijos* son todos aquellos costos que se producen con el paso del tiempo en el que se paga la inversión de un bien, el cual no varía con el nivel de producción (es decir los viajes realizados) aún cuando esta tienda a cero. Dentro de estos costos se consideran:

- Salario del chofer y ayudante
- Amortización o depreciación del vehículo
- Repuestos y accesorios



- Gastos administrativos: garaje, impuestos, aportes a la cooperativa, etc.

### 1.6.2.2. Costos variables

Los *costos variables* son aquellos valores que tienen relación directa con la producción es decir con el desplazamiento mismo de la unidad de transporte y están en función del kilometraje, estos son:

- Consumo de combustible
- Lubricantes y otros (líquido de frenos, agua para la batería etc.)
- Neumáticos
- Lavado

### 1.6.2.3. Costo total

Es la suma de los costos fijos y variables.

## 1.6.3. Especificaciones para el cálculo de los costos

Dentro de las especificaciones técnicas para el cálculo de los costos, es necesario tener en cuenta algunos factores que inciden en el proceso del mismo, entre ellos tenemos los siguientes:

### 1.6.3.1. Depreciación

Que es la pérdida del valor del vehículo ya sea por uso o por obsolescencia. Su objetivo es el de constituir un fondo de reserva que permita la renovación de la unidad. Su cálculo está fijado por aspectos legales. La ley de Impuesto a la renta señala un 20% para vehículos en general. Existen varios métodos de depreciación, siendo el más aplicable para estos casos, el método de depreciación lineal cuya fórmula es:

$$D = \frac{V_o - V_r}{n}$$

Donde:

D = Valor de la depreciación anual

Vo = Valor original del vehículo

Vr = Valor residual del vehículo



N = años de vida útil.

#### **1.6.4.2. Mano de obra operacional**

En este rubro se incluyen los valores erogados por concepto de sueldo de conductor y ayudante, más los valores por alimentación de los mismos, considerándose para su cálculo 22 días laborables, al mes según el Código de Trabajo.

#### **1.6.4.3. Gastos de repuestos, accesorios, mantenimiento**

Este rubro corresponde al gasto en mantenimiento mecánico, tanto preventivo como correctivo del vehículo en lo que se refiere a repuestos. Así mismo se hace constar la depreciación de las herramientas tales como llaves de boca, de ruedas, gata hidráulica, etc. Entre los gastos por mantenimiento y reparación del vehículo tenemos los siguientes:

- Reparación de máquina, que hace cada año
- Cambio de amortiguadores cada año
- Cambio de bujías de 15 a 20 días
- Reparación de caja de cambios de 6 a 12 meses
- Cambio de aceite de motor cada 15 a 25 días
- Reparación del disco de embrague cada 4 o 5 meses
- Reparación del Sistema eléctrico cada año
- Pintura, esto lo realizan íntegramente cada 5 años.
- Arreglo y revisión del tablero de control que lo efectúan cada 6 meses.

#### **1.6.4.4. Gastos administrativos**

En este rubro constan los valores relacionados con el pago al impuesto por circulación establecido por la Unidad Municipal de Tránsito y Transporte Terrestre así como por conceptos de matrículas del vehículo y contribuciones diarias o mensuales realizadas a las cooperativas de transporte.

#### **1.6.4.5. Combustibles**

En este rubro se resumen los valores por concepto de consumo de combustible (diesel) y que está en relación al kilometraje (Km) y a la velocidad (Km/h) de recorrido





del vehículo. Para efectos de cálculo se toma en consideración el valor de consumo diario, traduciéndole luego a valor mensual (con 22 días laborables) y finalmente a valor anual.

#### **1.6.4.6. Lubricantes**

Este rubro corresponde al costo por consumo de lubricantes, normalmente se mide como un porcentaje del consumo de combustible. Según estudios realizados a vehículos circulando a velocidad constante este porcentaje es del orden de 0,8%, si se tiene una cierta congestión el porcentaje aumenta entre 1,2% y 1,6%.

#### **1.6.4.7. Neumáticos**

En este rubro se considera el costo por cambio de neumáticos, para lo cual en el mercado existe una gama de neumáticos para la utilización de autobuses, en función de las características y del tipo de recorrido que vaya a realizarse.

El valor de los costos en el transporte público por el material rodante se calcula a partir de la vida útil de los neumáticos de 6 a 8 meses, la cual está delimitada por el número de kilómetros que recorra, y según las condiciones del pavimento de la carretera. No obstante, dicha vida útil puede alargarse hasta un 15% gracias al reencauchado de los neumáticos.

#### **1.6.4.8. Lavado y engrasado**

En este rubro se considera el costo diario por lavado y engrasado de registros obtenidos de la facturación en las diferentes lavadoras de la ciudad, generalmente se realiza el lavado de los vehículos de una a dos veces por semana en las lavadoras debido a que tal servicio es realizado constantemente por los ayudantes de las unidades; en cuanto al engrasado se realiza en promedio una vez por semana. El costo diario por concepto de lavado y engrase se obtenía de dividir la suma del costo mensual total de los lavados semanales y los engrases mensuales entre el número de 22 días al mes.



## CAPÍTULO II

### 2. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

#### 1.2. Aspectos urbanos de la ciudad de Loja

##### 1.2.1. Ubicación

La Ciudad de Loja, cabecera cantonal del cantón Loja perteneciente a la provincia de Loja se encuentra ubicada 03°58'51" a 04°00'36" de Latitud Sur y 79°11'30" a 79°12'42" de Longitud Occidental a una altitud de 2100 m.s.n.m., el clima es templado con una temperatura promedio de 15.4 °C y una humedad relativa media de 75.4% con máximos de diciembre a mayo y mínimos de Junio a Noviembre.

Está emplazada en una pequeña hoya en cuyo interior nace y crece el Río Zamora, que en una ruptura de la cordillera se precipita hacia el Oriente, se caracteriza por tener una topografía irregular y de estar rodeada de varias elevaciones, por lo que se ha desarrollado con una longitud aproximada de 14 Km de largo por 4 Km de ancho. La ciudad está dividida en 3 distritos que conforman 46 barrios.

##### 1.2.2. Estructura de las actividades

En el área urbana las actividades están dadas en base a la siguiente estructura que está compuesta por: 12 entidades financieras, 19 colegios, 3 universidades, 3 institutos, 21 escuelas, 4 coliseos de deportes, 3 estadios, 1 complejo ferial, 2 complejos recreacionales, 46 entidades públicas, 3 museos, 25 iglesias, 17 entidades de salud, 16 hoteles, 7 mercados, 7 ferias libres, 20 parques y plazas, 1 camal municipal, 3 cementerios y 1 terminal terrestre.

En base a la estructura antes mencionada y a las diferentes fechas del año se genera la atracción de viajes; por ejemplo: de lunes a viernes el centro de la ciudad donde se localizan la mayoría de instituciones públicas y privadas; colegios y universidades en las horas de entrada y salida de estudiantes; el mercado centro – comercial, ferias libres y el terminal terrestre. Los fines de semana los principales sitios de atracción son los mercados, Parque Recreacional Jipiro y las salidas hacia sitios turísticos como Catamayo, Vilcabamba y Malacatos. En las festividades cívicas el área central, y



conmemorativas el Complejo Ferial. Las festividades religiosas se dan en las áreas de influencia de las iglesias de la ciudad, como San Agustín (La Catedral), El Valle y San Sebastián, entre las principales. Durante el mes de septiembre, generalmente el flujo de visitantes nacionales y extranjeros se incrementa notablemente, debido a la Feria Internacional.

## **2.2. Límite urbano, uso del suelo y zonificación**

### **2.2.1. Límite urbano**

“El límite urbano tiene como funciones las de encerrar prioritariamente las áreas que soportan usos y actividades vinculadas con la ciudad y, la de incluir áreas de suelos calificados como reserva y que deberán mantenerse soportando usos no urbanos, hasta cuando el crecimiento físico de la ciudad demande su incorporación a la estructura de la misma.”<sup>13</sup>

Se pueden identificar tres subáreas urbanas dentro de un límite urbano:

- Área consolidada o núcleo urbano.
- Área en proceso de ocupación.
- Área de suelo vacante o no urbano.

#### **2.2.1.1. Área consolidada o núcleo urbano**

Esta área se encuentra dotada de todos los servicios básicos, en ella el proceso de ocupación físico y demográfico es total, es una parte del territorio que abarca fundamentalmente la mayoría de las actividades socioeconómicas que están vinculadas a los usos urbanos.

#### **2.2.1.2. Área en proceso de ocupación**

Esta área comprende las futuras urbanizaciones a realizarse, es un territorio que se halla en proceso de consolidación urbana, está soportando la incorporación progresiva

---

<sup>13</sup> CARRIÓN M., Marco, Planificación de un Corredor de Transporte Integral para la ciudad de Loja, Tesis, UTPL, Loja -Ecuador, Pág. 4



de los usos urbanos; es decir, infraestructura vial y algunos servicios básicos, aunque aún subsisten los usos no urbanos.

### **2.2.1.3. Área de suelo vacante o no urbano**

Esta área abarca específicamente las afueras de la ciudad, comprende territorios que corresponden fundamentalmente a usos agrícolas y no agrícolas, esta área no cuenta con infraestructura básica.

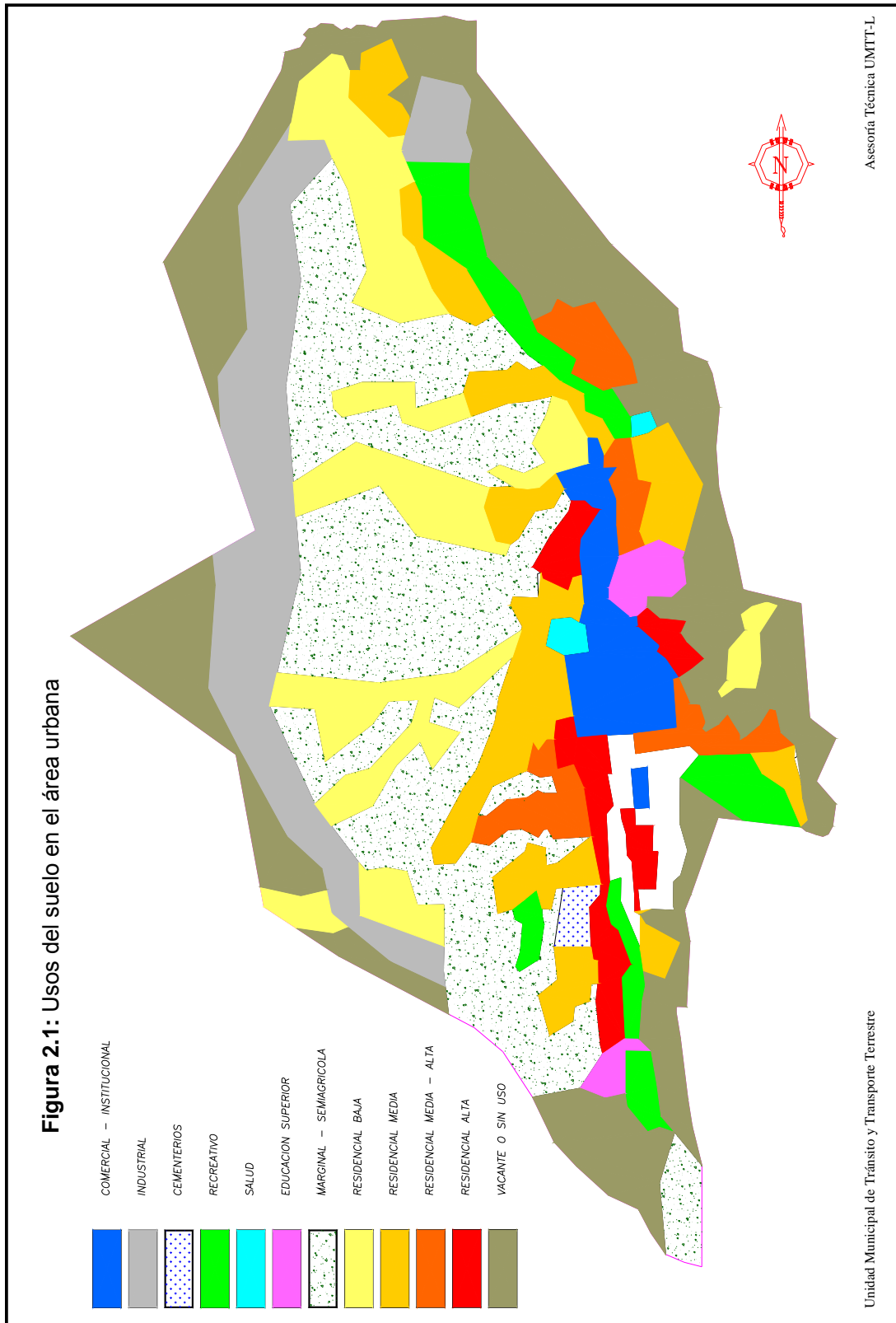
### **2.2.2. Transporte y uso del suelo**

Debido a que el transporte conlleva actividades de movilización, hacen posible la concentración de gente, empresas e instituciones. La esencia de este planeamiento es que los sistemas de circulación faciliten al máximo la accesibilidad para movimientos entre actividades relacionadas.

A través de un modelo de localización, se determinó que un gran porcentaje del área urbana, está dedicado al uso residencial; siendo las construcciones de hormigón armado las que predominan. El centro histórico está complementado con el uso comercial e institucional, mientras las zonas residenciales bajas y medias son predominantes; y en lo que se refiere al área industrial, el Municipio ha dispuesto una franja para uso futuro de la misma Figura 2.1 (*Plano de uso del suelo en el área urbana*).

Los costos de los terrenos, varían en relación a su ubicación y la infraestructura que posea, debido a la inmigración existente los precios son elevados. El tamaño medio se ubica como promedio los 200 m<sup>2</sup> en las nuevas urbanizaciones, aunque esta área referencial está disminuyendo hacia los 150 m<sup>2</sup>. Las zonas residenciales bajas, se han conformado siguiendo los ejes viales existentes al occidente de la ciudad, mientras las altas se encuentran consolidadas; es decir, los crecimientos urbanos se prevén hacia el occidente debido a las condiciones topográficas existentes.

Este uso del suelo, se integra con los desplazamientos provocados dentro de la urbe; los mismos buscan accesibilidad y atraktividad; es decir hacia el centro de la ciudad la movilidad que busca accesibilidad es mucho mayor, en relación a la atracción, lo último se genera los fines de semana y días normales por la tarde.





### 2.2.3. Zonificación del área de estudio

“La zonificación es la distribución de actividades urbanas en áreas específicas y apropiadamente escogidas y delimitadas, habiendo un zoneamiento natural dictado por circunstancias de orden topográfico y económico; y un zoneamiento legal, determinado por restricciones de regulaciones de construcción y uso del suelo.”<sup>14</sup>

Antes de realizar una modelación de transporte es necesario subdividir el área de estudio en zonas, para que los datos correspondientes a cada zona se consideren concentrados en ciertos puntos representativos que suelen llamarse centroides.

Por tanto, tomando en cuenta los estudios de zonificación realizados por el Municipio de Loja, el área de estudio se la ha dividido en 16 zonas internas, procurando que sean lo más homogéneas posible; con el objeto de analizar los movimientos que se producen dentro del área.

#### 2.2.3.1. Límites de las zonas

A continuación se presenta los criterios que el Municipio de Loja, ha tomado en cuenta al momento de realizar la zonificación:

- Que los límites de las zonas coincidan con:
  - a) Barreras de tráfico tales como montañas, los ríos Malacatos y Orillas del Zamora.
  - b) Avenidas principales.
- Grado de consolidación de la población y áreas en proceso de ocupación.
- Que las distancias entre centroides de las zonas se puedan recorrer en tres minutos.
- Sitios de atracción y generación de viajes.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> TORRES, M. 1991. Administración del Tráfico y Transporte por Carretera. Pág. 250.

<sup>15</sup> Asesoría Técnica UMTT-L. 1999, Estudio de Factibilidad del Transporte Masivo Urbano Para la Ciudad de Loja, Ob. Cit., Pág. 5 y 6.



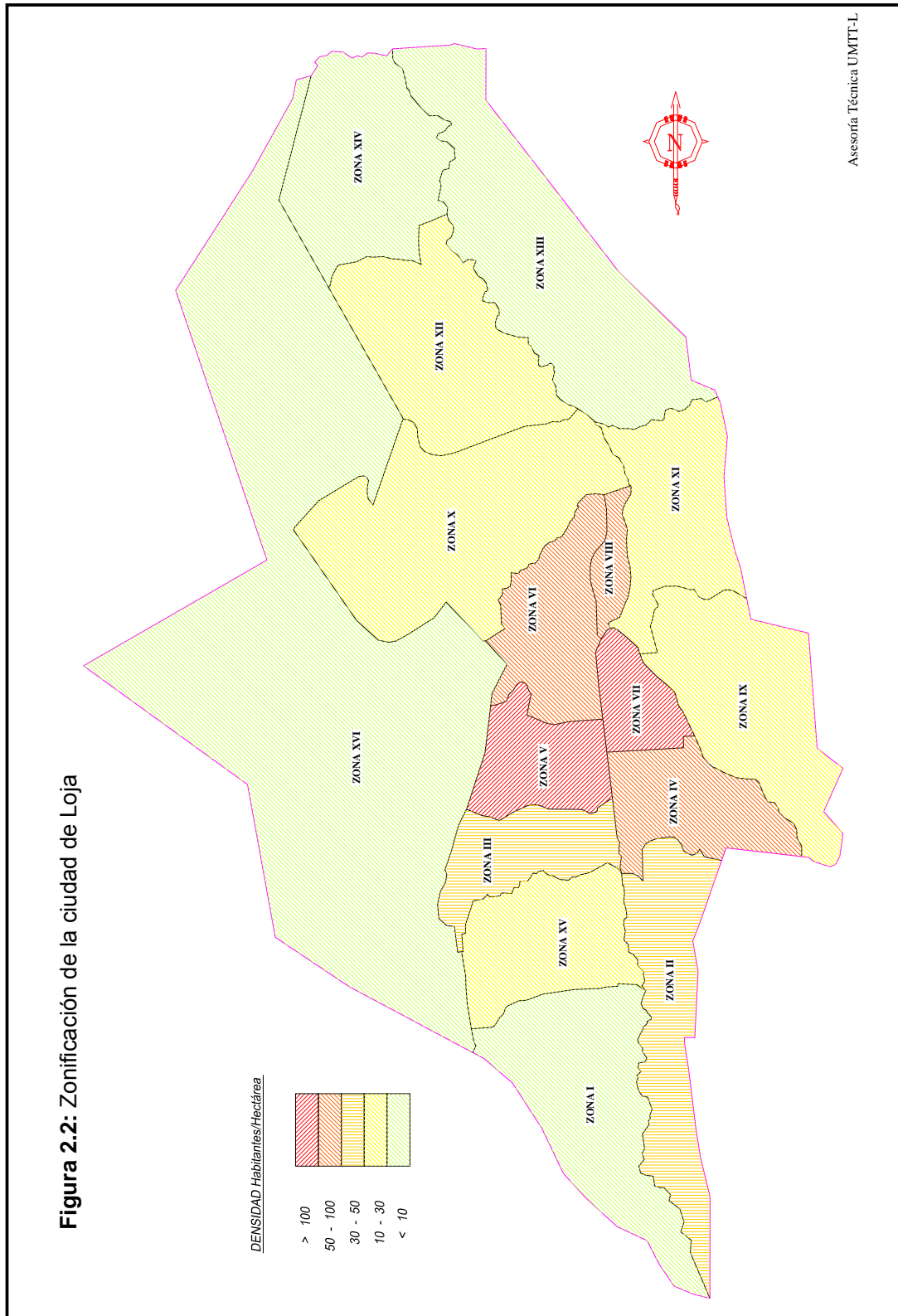
Los límites de las zonas se presentan en la **Tabla 2.1**

**Tabla 2.1** Límites de las zonas

Zona	Norte	Sur	Este	Oeste
1	Av. Héroes del Cenepa, Vargas Llosa	Límite urbano	Río Malacatos	Límite urbano
2	Pablo Neruda, Av. Eduardo Kigman, Av. Gobernación de Mainas	Límite urbano	Límite urbano	Río Malacatos
3	Paraguay, Argentina, Brasil	Quebrada vivero, Av. Benjamín Carrión	Río Malacatos	Av. Eugenio Espejo
4	Av. Alonso de Mercadillo, Macará, Azuay	Pablo Neruda, Av. Eduardo Kigman, Av. Gobernación de Mainas	Río Zamora	Río Malacatos
5	Rocafuerte, Quinara, Punáes, Av. Villonaco	Paraguay, Argentina, Brasil	Río Malacatos	Av. Eugenio Espejo
6	Quebrada Shushuhuaycu, Av. Isidro Ayora	Rocafuerte, Quinara, Punáes, Av. Villonaco	Río Malacatos, Av. Cuxibamba	Av. Eugenio Espejo
7	Río Malacatos, río Zamora	Av. Alonso de Mercadillo, Macará, Azuay	Río Zamora	Río Malacatos
8	Av. Isidro Ayora	Río Malacatos	Río Zamora	Av. Cuxibamba
9	José Félix de Valdivieso, Av. Santiago de las Montañas, Marcelino Champagnat, Pedro de Cianca, vía a Zamora	Límite urbano	Límite urbano	Río Zamora
10	Av. Padre Solano, vía nueva a Cuenca	Quebrada Shushuhuaycu, Av. Isidro Ayora	Río Zamora	Av. Eugenio Espejo
11	Río Jipiro	José Félix de Valdivieso, Av. Santiago de las Montañas, Marcelino Champagnat, Pedro de Cianca, vía a Zamora	Límite urbano	Río Zamora
12	Quebrada La Banda	Av. Padre Solano, vía nueva a Cuenca	Río Zamora	Antiguo límite urbano
13	Límite urbano	Río Jipiro	Límite urbano	Río Zamora
14	Límite urbano	Quebrada La Banda	Río Zamora	Antiguo límite urbano
15	Quebrada vivero, Av. Benjamín Carrión	Av. Héroes del Cenepa, Vargas Llosa	Río Malacatos	Av. Eugenio Espejo
16	Límite urbano	Límite urbano	Antiguo límite urbano	Antiguo límite urbano

Fuente: Municipio de Loja – UMTTSV-L

En la **Figura 2.2** se indica la distribución zonal de la ciudad de Loja de acuerdo a los límites fijados por el Municipio de Loja en la **Tabla 2.1**







### 2.3. Ubicación de centroides (caso de la ruta arterial)

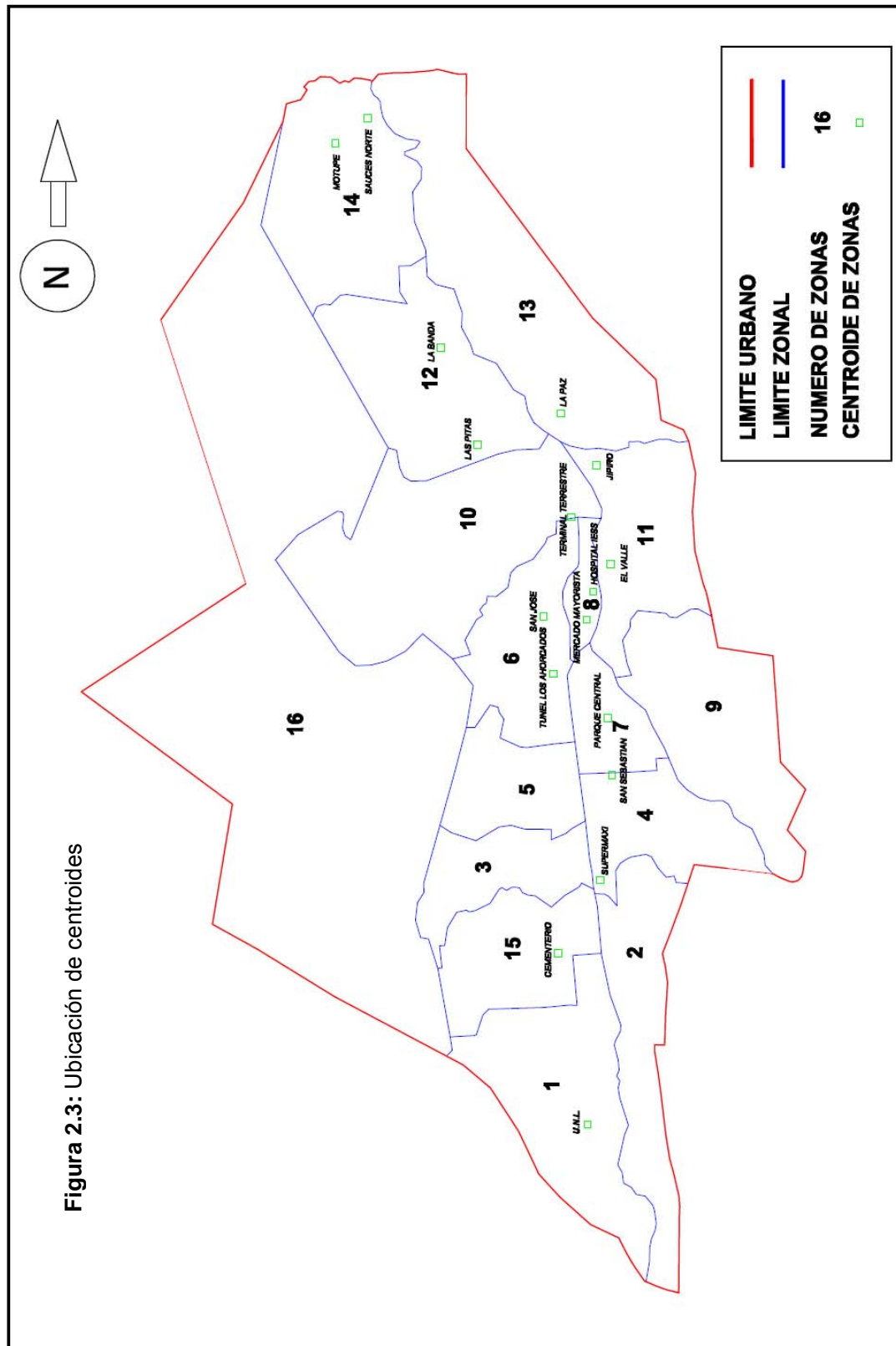
Para la presente investigación los centroides fueron establecidos en cada una de las zonas de acuerdo a la metodología que se explica en el capítulo I y de acuerdo a los requisitos para el análisis de la **ruta arterial** del SITU; de lo cual se desprende que la ubicación de los centroides deben permitir una fácil conexión a la red de transporte priorizando los puntos en los que se encuentra la mayor actividad tales como parques, instituciones, centros comerciales, hospitales, terminales, conjuntos residenciales etc.

Una zona puede tener uno o más centroides los cuales dependen de la variedad de las actividades y de la densidad poblacional de la zona; para el estudio de la ruta arterial en varias zonas se ha ubicado dos centroides, como es el caso de las zonas 4, 6, 8, 11. En la **Tabla 2.2** se presentan las coordenadas de los centroides de zona que se encuentran adyacentes a la ruta arterial y en la **Figura 2.3** se presenta la ubicación de los centroides en el plano de zonas.

**Tabla 2.2:** Coordenadas de centroides de zonas

COORDENADAS DE CENTROIDES			
CENTROIDE	ESTE	NORTE	NOMBRE
1	699445.659	9553713.736	UNL
2	699135.869	9555530.414	Cementerio
3	699578.130	9556308.593	Supermaxi
4	699706.716	9557419.556	San Sebastián
5	699662.086	9558025.218	Parque Central
6	699086.747	9558493.504	Túnel Ahorcados
7	699436.512	9559071.299	Mercado Mayorista
8	698983.213	9559104.600	San José
9	699507.229	9559368.953	Predesur - Hospital IESS
10	699689.173	9559660.887	El valle
11	699273.545	9560160.323	Terminal
12	699540.163	9560707.133	Jipiro
13	699165.535	9561254.840	La Paz
14	698281.820	9560925.652	La Pitas
15	697895.905	9561958.639	La Banda
16	696786.837	9564123.820	Motupe
17	697123.175	9564388.880	Sauces Norte

Fuente: El autor





## 2.4. Descripción general del corredor arterial o ruta troncal del SITU

### 2.4.1. Ruta arterial del SITU

Es una ruta diametral con una longitud de 12.4 km que recorre la ciudad de Norte a sur y viceversa atravesando el centro de actividades desde Sauces Norte hasta la Argelia. Se hace uso total de la infraestructura (paradas, estaciones y subestaciones de transferencia).

**Figura 2.4.** Ruta arterial del SITU



Fuente: El autor

#### 2.4.1.1. Estaciones de transferencia

La ruta arterial del SITU tiene 2 estaciones de transferencia las cuales son: “Estación Sur Podocarpus” y “Estación Norte Zoológico”, ubicadas a los extremos del corredor, donde se diseñaron integraciones de líneas alimentadoras provenientes de los extremos sur y norte respectivamente.

#### 2.4.1.2. Subestaciones de transferencia

Posee tres subestaciones de transferencia: “Subestación Pablo Palacio”, “Subestación Salvador Bustamante Celí” y “Subestación Plaza de la Independencia”, ubicadas en el tramo central del corredor, las cuales servirán para integrar las líneas de alimentación transversal desde los sectores oriental y occidental de la ciudad.



### 2.4.1.3. Paradas de la ruta arterial

Son 28 en total, 14 por sentido de circulación y se encuentran ubicadas a un promedio de cada 300 metros en el corredor exclusivo. Las paradas son de plataforma alta de embarque y las estaciones y subestaciones tienen andenes con plataforma alta para el uso de buses troncales y plataforma convencional para el uso de buses alimentadores.

**Figura 2.5.** Paradas de la ruta arterial



Fuente: El autor

### 2.4.1.4. Flota operativa

Son 50 buses uniformizados con embarque y desembarque con plataforma alta y puerta convencional delantera derecha. La capacidad máxima es de 75 pasajeros para operar en la ruta troncal o arterial.

**Figura 2.6.** Bus tipo de la ruta arterial



Fuente: El autor



#### 2.4.1.4. Marco tarifario

El Municipio de Loja considerando las resoluciones emitidas por el Concejo Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre será la autoridad encargada de determinar la tarifa, considerando los costos de operación y la importancia del transporte de pasajeros local de calidad; cuyo valor deberá reflejar en el mejoramiento de la infraestructura utilizada, disminución de la congestión, la contaminación y los accidentes. Se establece tres tipos de tarifas: la común o normal que tendrá un costo por viaje de \$ **0.25** para todo usuario; la especial con un valor de \$ **0.12** la misma destinada a los niños menores de 12 años, estudiantes de primaria y secundaria, discapacitados y tercera edad; y la de los estudiantes de la Universidad Nacional de Loja con un valor de \$ **0.15**.

#### 2.4.2. Recorrido

- a) **Norte – Sur:** Parada Barrio Sauces: calle Rafael Sanzio, Pablo Rubens, calle Picaso, Av. 8 de Diciembre, Av. Cuxibamba, Av. Manuel A. Aguirre, calle Chile, calle 18 de Noviembre, calle Chile, Av. Pio Jaramillo A., parada Av. Reinaldo Espinoza. **LONGITUD:** 12.4 km; **TIEMPO DE RECORRIDO:** 38 min.
- b) **Sur-Norte:** Parada Av. Reinaldo Espinoza, Av. Pio Jaramillo A, calle Chile, calle 18 de Noviembre, calle Chile, Av. Universitaria, Av. Cuxibamba, Av. 8 de Diciembre, calle La Hora, Av. 8 de Diciembre, calle Picasso, calle Durero, calle Salvador Dalí, calle Canaleto, calle Rafael Sanzio. **LONGITUD:** 12.4 km, **TIEMPO DE RECORRIDO:** 38 min.

#### 2.4.3. Tiempos de operación

**Tiempo de terminal:** 20 min.

**Intervalo de despacho:** 2, 3, 4, 5 y 15 min.

**Oferta de servicio diario:** 40 UNIDADES CON CAPACIDAD DE 75 PASAJEROS

**Horario de servicio:** 5H45 A 22H00

En la Figura 2.7 se muestra el recorrido de la Ruta arterial así como la ubicación de las diferentes estaciones y subestaciones de transferencia como de las 28 paradas que se encuentran actualmente construidas.



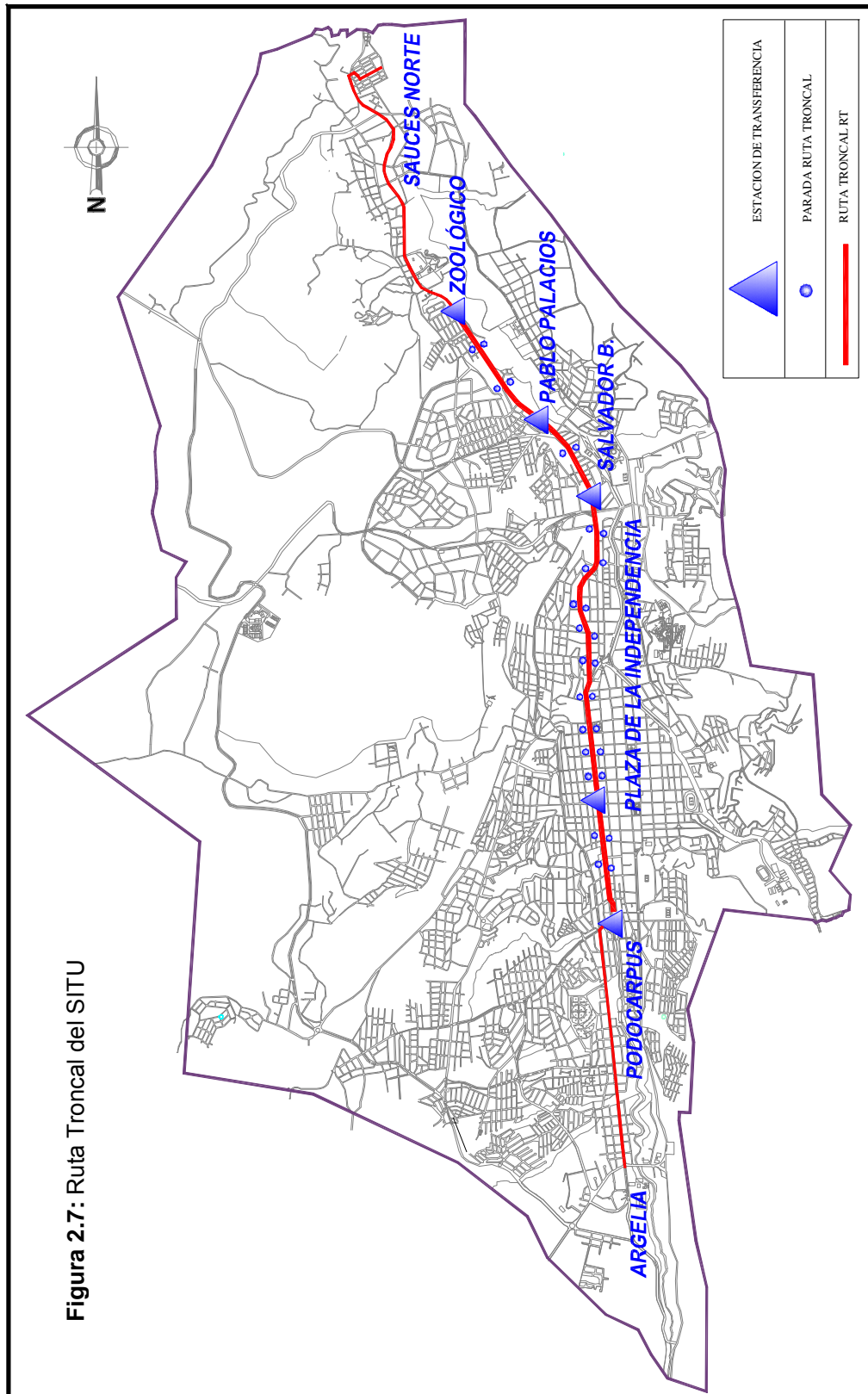


Figura 2.7: Ruta Troncal del SITU



## 2.5. Estudio de la demanda de pasajeros en el corredor arterial

### 2.5.1 Metodología aplicada

La metodología aplicada en el estudio se basó en un enfoque cuantitativo, con un diseño de investigación no experimental, transeccional o transversal de tipo descriptivo, es decir se recolectaron datos en un tiempo único con el propósito de describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado, como tomar una fotografía en algo que sucede.

#### 2.5.1.1. Encuestas origen y destino abordo

Estas encuestas se realizaron a bordo de las unidades de transporte con un cuestionario previamente elaborado para conocer sobre la situación de movilidad de los usuarios en el sistema de transporte urbano, dicha encuesta fue efectuada por el personal de la UMTTSV-L en el mes de Septiembre del año 2009; entre las principales preguntas que se formularon en el cuestionario fueron las siguientes:

- ¿Dónde empezó su viaje o recorrido?
- ¿A dónde va?
- ¿Necesita tomar otro bus para llegar a su destino?
- ¿Cuántas veces utiliza el bus al día?
- ¿Cuánto pagó de pasaje?
- ¿Es estudiante de la UNL?

**Figura 2.8** Personal del Municipio de Loja realizando encuestas de origen y destino



Fuente: UMTTSV-L



El formato de dicho cuestionario se encuentra adjunto en el **ANEXO 1.1** de la sección de anexos.

### 2.5.1.2. Estudio de ascenso y descenso de pasajeros

El segundo estudio realizado para la determinación de la demanda fue el estudio de ascenso y descenso en cada una de las paradas empleando la metodología que se explica en el capítulo I; para lo cual participaron 50 estudiantes de la Universidad Nacional de Loja previa su capacitación por parte del personal de la UMTTSV-L. Así mismo el conteo de pasajeros se lo realizó en el mes de Septiembre del año 2009. El formato tipo para este estudio se indica en el **ANEXO 1.2** de la sección de anexos.

**Figura 2.9.** Personal de la UMTTSV-L capacitando a estudiantes de la UNL.



Fuente: UMTTSV-L

### 2.5.2. Tamaño de la muestra

Debido a la complejidad de recolectar datos de los usuarios del conjunto total de vehículos que prestan servicio de transporte público en la ciudad, fue necesario determinar una muestra con la finalidad de que este subconjunto sea un reflejo fiel del conjunto total de la población.

Para determinar el tamaño de la muestra se consideró los siguientes datos:

**N** = Buses que prestan servicio en un día ordinario en la RA: 40 (tamaño del universo)

**Error máximo aceptable:** 5%

**Nivel máximo de confianza:** 95%

**n** = **Tamaño de la muestra:** 26 buses





### 2.5.3. Resultados de la encuesta

En la **Tabla 2.3** se muestra la cantidad de pasajeros que se movilizan al día por la ruta arterial del SITU clasificados en las tres categorías tarifarias que rigen en la ciudad.

**Tabla 2.3** Demanda diaria de pasajeros promedio anual

DEMANDA DIARIA DE PASAJEROS PROMEDIO ANUAL				
TARIFAS	0.25	0.12	0.15	TOTALES
PASAJEROS	21215	5863	5456	<b>32534</b>
PORCENTAJE	65.21%	18.02%	16.77%	100.00%

Fuente: UMTTSV-L

### 2.5.4. Matriz origen y destino

En base al estudio de ascenso y descenso de pasajeros se elaboro la matriz de viajes origen y destino para cada una de las paradas y estaciones de la ruta arterial y posteriormente para cada una de las zonas de la ciudad. También se elaboró los polígonos de carga de la entrada y salida de pasajeros y las curvas del comportamiento de la demanda.

Finalmente con la información de ascenso y descenso se elaboró la matriz para un día completo por sentido de circulación esto es S-N y N-S así como las matrices correspondientes a los viajes para la hora de máxima demanda u hora pico, para la hora valle o normal y para una hora promedio.

#### 2.5.4.1. Matriz origen y destino para un día de operación

Esta matriz hace referencia al volumen total de pasajeros que se transportan en un día a través de las diferentes zonas que se encuentran adyacentes a lo largo de la Ruta arterial así se tiene que demanda promedio diaria anual de pasajeros transportados es de **32534** viajes de los cuales **17249** corresponden al sentido de circulación S – N y **15285** corresponden al sentido de circulación N – S; así mismo se puede apreciar en la matriz que el mayor % de viajes se produce desde el sur de la ciudad específicamente en el centroide de la UNL con un 20 %, seguido del centro de la ciudad con un 13 % y Saucos Norte con un 12 % entre los datos más representativos.



En la **Tabla 2.4** se resume el número de abordajes por estación y parada.

**Tabla 2.4** Abordaje de pasajeros en la ruta arterial

ESTACIONES Y PARADAS	PASAJEROS		PASAJEROS	
	S-N	N-S	S-N	N-S
ALIMENTADEOR UNL	6498	0	20.0%	0.0%
TERMINAL PODOCARPUS	684	34	2.1%	0.1%
COLICEO	840	162	2.6%	0.5%
LOS PALTAS	549	257	1.7%	0.8%
PLAZA INDEPENDENCIA	959	766	2.9%	2.4%
MIGUEL RIOFRIO	1212	849	3.7%	2.6%
PARQUE CENTRAL	2981	1270	9.2%	3.9%
BENJAMIN CARRION	1162	532	3.6%	1.6%
ISIDRO AYORA	506	622	1.6%	1.9%
PUENTE BOLIVAR	64	211	0.2%	0.6%
VILLONACO	552	822	1.7%	2.5%
LOJA FEDERAL	118	309	0.4%	0.9%
EL VALLE	223	660	0.7%	2.0%
TEMINAL TERRESTRE	580	2381	1.8%	7.3%
SALVADOR BUSTAMANTE	119	181	0.4%	0.6%
PARQUE JIPIRO	6	474	0.0%	1.5%
SUBESTACION PABLO PALACIO	83	547	0.3%	1.7%
LOA CHILALOS	73	275	0.2%	0.8%
LA CASCARILLA	27	260	0.1%	0.8%
TERMINAL ZOOLOGICO	13	910	0.0%	2.8%
ALIMENTADOR SAUCES	0	3763	0.0%	11.6%
<b>SUB TOTAL POR SENTIDO</b>	<b>17249</b>	<b>15285</b>	<b>53%</b>	<b>47%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>32534</b>		<b>100%</b>	

Fuente: El autor

En los **ANEXOS 2.1 - 2.5** se presentan las matrices origen y destino del estudio de ascenso y descenso de pasajeros por sentido de circulación como también los polígonos de carga y las curvas de comportamiento de la demanda.

Así mismo en el **ANEXO 2.6** se presenta la matriz de viajes por zona para un día de operación de acuerdo a la ubicación de los centroides de actividades.



### 2.5.4.2. Matriz origen y destino para una hora valle o normal

Una de las facilidades del estudio de ascenso y descenso de pasajeros es que nos permite conocer la cantidad de pasajeros que se movilizan en ciertas horas del día lo cual nos permite comprender el comportamiento de la demanda para diferentes periodos de tiempo por tal razón y debido a nuestros propósitos de estudio se determino la matriz de viajes para la hora valle o normal la cual está caracterizada por tener una demanda uniforme en la que no existe un aglomeramiento de pasajeros. Para nuestro estudio las horas valles fueron consideradas de 06H00 - 07H00, 08H00 -12H00, de 13H00 – 18H00 y de 19H00 – 22H00 que en total suman 14 horas valle. En el **ANEXO 2.7** se presenta la matriz de viajes por zona correspondiente a la hora valle de la cual se tiene que en promedio se transportan **1824** pasajeros.

**Figura 2.10.** Estudio de ascenso y descenso de pasajeros



Fuente: El autor

### 2.5.4.3. Matriz origen y destino para una hora pico

Una hora pico se caracteriza por tener la máxima demanda de pasajeros en un sistema de transporte por tal razón con el fin de analizar la ocupación del sistema de transporte arterial se realizó el conteo de pasajeros en las horas comprendidas de 07H00 – 08H00 y de 12H00 – 13H00 que se las considera como las horas pico de mayor movimiento de pasajeros, de esta manera se obtuvo la matriz de viajes para hora pico como se muestra en el **ANEXO 2.8** de la cual se tiene que en promedio se transportan **3500** pasajeros por hora.



### 2.5.4.3. Matriz origen y destino para una hora promedio

Finalmente en base a los datos de la hora valle y hora pico se estimó un promedio cuyo resultado fue la matriz para una hora promedio, la cual permitirá tener una visión general del comportamiento de la demanda en la oferta de transporte, de dicha matriz se tiene que en una hora promedio se transportan **2033** pasajeros por el sistema de transporte. La matriz de datos para la hora promedio se presenta en el **ANEXO 2.9**.

Los resultados de las matrices antes expuestas son empleados para la realización del modelo de transporte que es objeto de la presente investigación. Los cuales permitirán evaluar el funcionamiento de la ruta a través de diversos escenarios que se estudian en el siguiente capítulo.

## 2.6. Análisis de los costos de operación

En la presente sección se indica el análisis de los costos de operación para un bus tipo que circula por la ruta arterial de acuerdo a las especificaciones técnicas que se describe en el capítulo I, específicamente en la sección de costos de operación, básicamente dicho análisis consiste en el cálculo de los costos variables y de los costos fijos.

### 2.6.1. Análisis unitario de los costos variables

Para el presente cálculo se consideraron los rubros por concepto de combustible, lubricantes, sistema de rodaje y lavado de acuerdo a encuestas personales realizadas en talleres, lavadoras y gasolineras a las que concurren frecuentemente los buses por tales servicios, el detalle del cálculo se muestra en la **Tabla 2.5**.

### 2.6.2. Análisis unitario de los costos fijos

Para el cálculo de los costos fijos se consideraron los rubros por concepto de depreciación del vehículo, mano de obra operacional, gastos de repuestos, accesorios y gastos administrativos, los cuales son indispensables para el funcionamiento del vehículo y no dependen del consumo como en el caso de los costos variables; el detalle del cálculo se muestra en la **Tabla 2.6**.



**Tabla 2.5** Análisis de los costos variables

I. COSTOS VARIABLES

RECORRIDO MEDIO ANUAL: 65700 Km

COMBUSTIBLE

Descripción	Precio Unitario Dólar	Unidad	Coefficiente de Consumo	Costo Km Dólar/Km	Recorrido Medio Anual (RPA) Km	Costo Anual Por Vehículo Dólar/Vehículo
Diesel	1.04	Galón	0.11888	0.123632	65 700	8 122.62
<b>TOTAL</b>				<b>0.123632</b>		<b>8 122.62</b>

LUBRICANTES Y OTROS

Descripción	Precio Unitario Dólar	Unidad	Coefficiente de Consumo	Costo Km Dólar/Km	Recorrido Medio Anual (RPA) Km	Costo Anual Por Vehículo Dólar/Vehículo
Aceite Motor (SAE30)	12.00	Galón	0.002061	0.024726	65 700	1 624.52
Aceite Caja de Cambios (SAE140)	12.00	Galón	0.000113	0.001360	65 700	89.35
Aceite Diferencial (SAE140)	12.00	Galón	0.000156	0.001870	65 700	122.88
Líquido de Frenos	32.00	Galón	0.000063	0.002029	65 700	133.29
Grasa (Negra para rulimán)	3.00	Kilogramo	0.001000	0.003000	65 700	197.10
Matrícula	200.00	u	0.000005	0.001000	65 700	65.70
Batería	200.00	u	0.000012	0.002360	65 700	155.05
Garaje	90.00	mes	0.000267	0.024030	65 700	1 578.77
<b>TOTAL</b>				<b>0.060375</b>		<b>3 966.67</b>

SISTEMA DE RODAJE

Descripción	Precio Unitario Dólar	Coefficiente de Utilización	Número Para Vehículo	Resultado Dólar
Neumático Nuevo	452.48		6	2 714.88
Reencauches	169.69	2	6	2 036.29
Cámaras	30.00	2	6	360.00
Protectores	30.00	2	6	360.00
Costo total del S. Neumático (Dólar)				5 471.17
Kilometraje del Neumático Nuevo				40 000.00
Kilometraje del reencauchado				50 000.00
Vida Útil Total				90 000.00
Costo/Km (dólar/km)				0.06
Costo anual/vehículo(dólar/año/veh)				3 993.96

LAVADO

Descripción	Precio Unitario Dólar	Unidad	Coefficiente de Consumo	Costo po Km (dólar/km)	Recorrido Medio Anual (RPA) Km	Costo Anual Por Vehículo Dólar/Vehículo
Agua para lavado (m³)	1.02	m³	0.008256	0.008421	65 700	553.27
Detergentes ( Funda 500gr)	1.00	Gramos	0.000256	0.000256	65 700	16.82
Lavado general	20.00	u	0.000092	0.001840	65 700	120.89
<b>TOTAL</b>				<b>0.008677</b>		<b>690.97</b>

TOTAL DE COSTOS VARIABLES

TOTAL DE COSTOS VARIABLES	DOLAR/AÑO	DOLAR/KM
COMBUSTIBLE	8 122.62	0.1236
LUBRICANTES	3 966.67	0.0604
SISTEMA NEUMATICO	3 993.96	0.0608
LAVADO	690.97	0.0087
<b>TOTAL</b>	<b>16 774.22</b>	<b>0.2535</b>

Fuente: El autor



**Tabla 2.6** Análisis de los costos fijos

II. COSTOS FIJOS  
DEPRECIACION DEL VEHICULO  
Hipótesis básicas

Vida útil del vehículo	12 años
Valor residual	20 %
Recorrido Promedio Anual (RPA)	65 700 km
Precio del vehículo con sist. Rodaje	75 000 dólar
Precio total del sistema rodaje	3 075 dólar
Precio del vehículo sin sist. Rodaje	71 925 dólar

DEPERCIACIÓN ANUAL=	4795.008
---------------------	----------

Resumen

	dólar	
Depreciación anual	4 795.01	
Costo/km	0.072983379	

MANO DE OBRA OPERACIONAL

Categoría	Sueldo Promedio Mensual	Sueldo Anual	Obligaciones Sociales	Factor Utilización	Costo /Veh/Año
Chofer	400.00	4 800.00	0	2	9 600.00
Cobrador	350.00	4 200.00	0	2	8 400.00
<b>TOTAL</b>					<b>18 000.00</b>

Resumen

	dólar	suces
Costo/veh/año	18 000.00	
Costo/km	0.273972603	

GASTOS DE REPUESTOS Y ACCESORIOS

Hipótesis Básicas

% sobre costo veh nuevo	0.6 %
-------------------------	-------

Resumen

	dólar	
Costo/veh/año	3 375.00	
Costo/km	0.051369863	

GASTOS ADMINISTRATIVOS

TASA MUNICIPAL

Resumen

	dólar	
Costo/veh/año	450.00	
Costo/km	0.006849315	

TOTAL DE COSTOS FIJOS

TOTAL COSTO FIJO	DOLAR/Veh	Costo/km
Depreciación del Vehículo	4 795.01	0.0730
Mano de obra operacional	18 000.00	0.2740
Gastos de Rep y Accesorios	3 375.00	0.0514
Gastos Administrativos	450.00	0.0068
<b>TOTAL COSTO FIJO</b>	<b>26 620.01</b>	<b>0.405</b>

Fuente: El autor



### 2.6.3. Resumen de los costos de operación

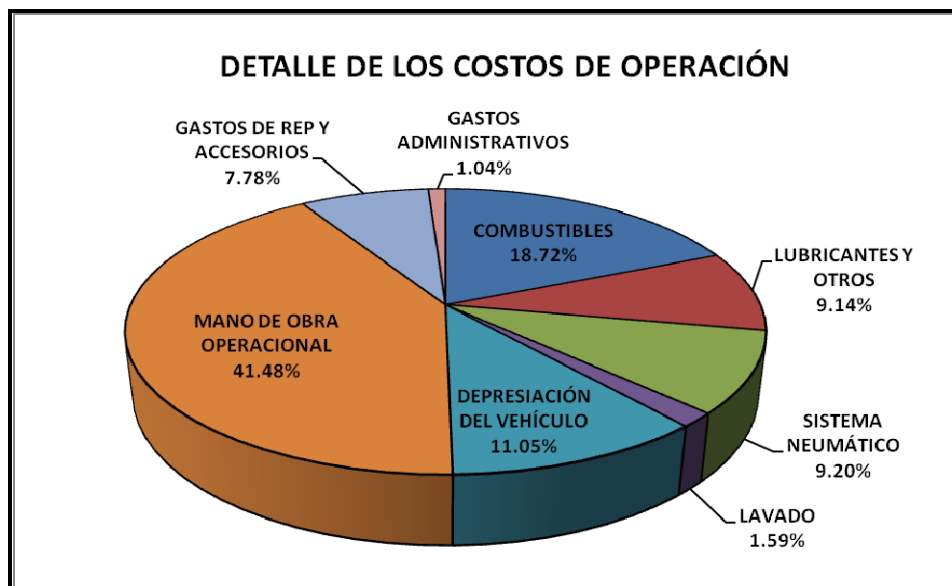
Tabla 2.7 Resumen de los costos de operación

ELEMENTOS DE COSTO	DÓLAR/VEH/HORA	DÓLAR/VEH/DÍA	DÓLAR/VEH/AÑO	DÓLAR/VEH/KM
<b>COSTOS VARIABLES</b>	<b>3.57</b>	<b>57.11</b>	<b>16 774.22</b>	<b>0.26</b>
COMBUSTIBLES	1.57	25	8 122.6	0.12
LUBRICANTES Y OTROS	0.92	14.69	3 966.67	0.06
SISTEMA NEUMÁTICO	0.92	14.79	3 993.96	0.06
LAVADO	0.16	2.56	690.97	0.01
<b>COSTOS FIJOS</b>	<b>6.16</b>	<b>98.59</b>	<b>26 620.01</b>	<b>0.41</b>
DEPRESIACIÓN DEL VEHÍCULO	1.11	17.76	4795.01	0.07
MANO DE OBRA OPERACIONAL	4.17	66.67	18 000	0.27
GASTOS DE REP Y ACCESORIOS	0.78	12.50	3 375	0.05
GASTOS ADMINISTRATIVOS	0.10	1.67	450.00	0.01
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>9.73</b>	<b>155.71</b>	<b>43 394.23</b>	<b>0.66</b>

Fuente: El autor

De los resultados obtenidos del análisis de costos se tiene que el costo de operación diario de un bus tipo que opera en la Ruta arterial es de \$ **155.51** y el costo por kilómetro es \$ **0.66**. (Tabla 2.7)

Figura 2.11 Detalle de los costos de Operación



Fuente: El autor



## CAPÍTULO III

### 3. MODELO DE TRANSPORTE PARA LA RUTA ARTERIAL DEL SITU

#### 3.1. Descripción general del modelo a desarrollar

En base a la información recopilada en el capítulo II y a las bases teóricas estudiadas en el capítulo I el siguiente procedimiento hace referencia al desarrollo de un modelo de transporte público con demanda exógena (movimiento de pasajeros dentro del perímetro urbano) para la Ruta arterial del SITU en el cual se empleará el programa computacional TRANUS como herramienta de análisis.

#### 3.2. Modelación de la situación actual

Con el presente modelo se pretende simular las condiciones actuales del funcionamiento de la ruta arterial con respecto a la programación operativa llevada por la UMTTSV-L, el cual tiene como propósito evaluar la organización de la oferta de transporte con respecto a la demanda y su implicación en el campo económico a través de los ingresos por concepto de tarifa y los costos de operación de las unidades.

La información que brindará el modelo de transporte será de gran utilidad para el mejoramiento del sistema o para el establecimiento de una nueva propuesta de operación que mejore la rentabilidad de los transportistas así como también el nivel de servicio a los usuarios de acuerdo a las condiciones económicas que imperan en la actualidad.

##### 3.2.1. Programa operativo de la ruta arterial

De acuerdo a la información otorgada por la UMTTSV-L se ha clasificado a la operación en la ruta arterial en dos horas específicas como son la hora valle o normal y la hora pico o de máxima demanda de las cuales se tienen los siguientes datos:

- a) **Hora valle o normal:** para esta hora se tiene una flota efectiva de 25 vehículos para los dos sentidos de circulación esto es 13 para el sentido S – N y 12 para el sentido N – S, así mismo para la alimentación continua de la ruta se tiene que en el alimentador UNL se encuentran 7 unidades disponibles y para el





alimentador Sauces Norte 8 unidades disponibles, que en total nos da una oferta operativa de 40 unidades para el servicio diario.

En cuanto a la frecuencia de operación se tiene un intervalo de tiempo de 3 minutos entre cada bus despachado en cada uno de los alimentadores respectivamente y un tiempo de terminal o espera de 24 minutos.

En base al intervalo de frecuencia para una hora valle se movilizan alrededor de 20 unidades por sentido de circulación, lo que nos da un total para toda la ruta de 40 unidades en una hora de funcionamiento.

**b) Hora pico:** para esta hora se tiene una flota efectiva de 38 vehículos para los dos sentidos de circulación esto es 16 para el sentido S – N y 16 para el sentido N – S, así mismo para la alimentación continua de la ruta se tiene que en el alimentador UNL se encuentran 1 unidad disponible y para el alimentador Sauces Norte 1 unidad disponible, que en total nos da una oferta operativa de 40 unidades programadas para el servicio diario.

En cuanto a la frecuencia de operación se tiene un intervalo de tiempo de 2 minutos entre cada bus despachado por ser la hora de mayor demanda y un tiempo de terminal o espera de 3 minutos.

En base al intervalo de frecuencia para una hora valle se movilizan alrededor de 30 unidades por sentido de circulación, lo que nos da un total para toda la ruta de 60 unidades en una hora de funcionamiento, esto debido a que se reduce el tiempo de espera o terminal.

**Tabla 3.1:** Programación de operación actual

**HORA VALLE**

Descripción	Unidades
Flota Efectiva	25
Alimentación UNL	7
Alimentación Sauces Norte	8
Reserva Operacional	
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>

**HORA PICO**

Descripción	Unidades
Flota Efectiva	38
Alimentación UNL	1
Alimentación Sauces Norte	1
Reserva Operacional	
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>



### FRECUENCIA EN UNA HORA VALLE

#### TIEMPO DE SALIDA POR SENTIDO

SENTIDO S-N	0.05 h	3 min
SENTIDO N-S	0.05 h	3 min

#### FRECUENCIA POR HORA

SENTIDO	Nº BUSES
Sentido S-N	20
Sentido N-S	20
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>

#### TIEMPO DE ESPERA POR BUS ANTES DE LA SALIDA:

**TIEMPO** 24 min

### FRECUENCIA EN UNA HORA PICO

#### TIEMPO DE SALIDA POR SENTIDO

SENTIDO S-N	0.03 h	2 min
SENTIDO N-S	0.03 h	2 min

#### FRECUENCIA POR HORA

SENTIDO	Nº BUSES
Sentido S-N	30
Sentido N-S	30
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>

#### TIEMPO DE ESPERA POR BUS ANTES DE LA SALIDA:

**TIEMPO** 3 min

Fuente: UMTTSV-L

### 3.2.2. Descripción de la base de datos para el modelo de transporte

En esta sección se describe los datos que definen la modelación. En *TRANUS* el diseño de la red de transporte se maneja a través de una interfaz gráfica que posee el sistema la cual es regulada por una serie de parámetros que caracterizan su funcionamiento para su posterior análisis en la generación de escenarios.

Los archivos principales que maneja el sistema *TRANUS* para el diseño de una red son 4: *nodos*, *enlaces*, *rutasy giros* los cuales permiten concretizar la forma de una ruta. Así mismo el sistema *TRANUS* proporciona una serie de comandos para indicar las características específicas de funcionalidad de la red los cuales son: categorías, operadores, modos de transporte, administradores, tipos de enlaces y matriz de viajes.

A continuación se indica paso a paso el procedimiento seguido para la ejecución del modelo dentro del sistema *TRANUS* a través de sus diferentes comandos.

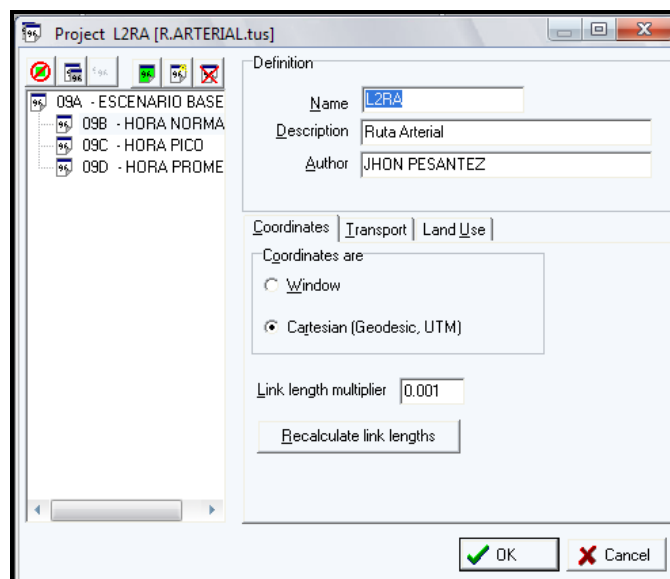


### 3.2.2.1. Definición del proyecto

El primer paso para el desarrollo de un nuevo modelo en el sistema *TRANUS* es la definición del proyecto para lo cual en el menú *Project* → *Options*, de la ventana principal del sistema se ingresa el nombre clave del proyecto que para el presente estudio es L2RA que corresponde a la *línea dos ruta arterial del SITU* y que se describe en el Campo *Description* como “Ruta Arterial”, también aparece un campo donde se ingresa el nombre del responsable del análisis. A la izquierda aparece el árbol de escenarios que por el momento se definirá solo el escenario base denominado 09A que representa al año base 2009–A y los escenarios 09B, 09C y 09D son varias hipótesis de modelación que se explicaran más adelante.

En esta ventana también se selecciona el sistema de coordenadas que se va a utilizar en el proyecto, en este caso corresponde a coordenadas UTM por ser la más utilizadas y por ser el sistema en el que se diseñan los planos urbanos de la ciudad. Por otro lado como casi siempre las coordenadas se representan en metros y la longitud de los enlaces en kilómetros, el factor *Link Length Multiplier* se especifica en 0.001 como factor de reducción de m a Km.

**Figura 3.1:** Descripción general del proyecto



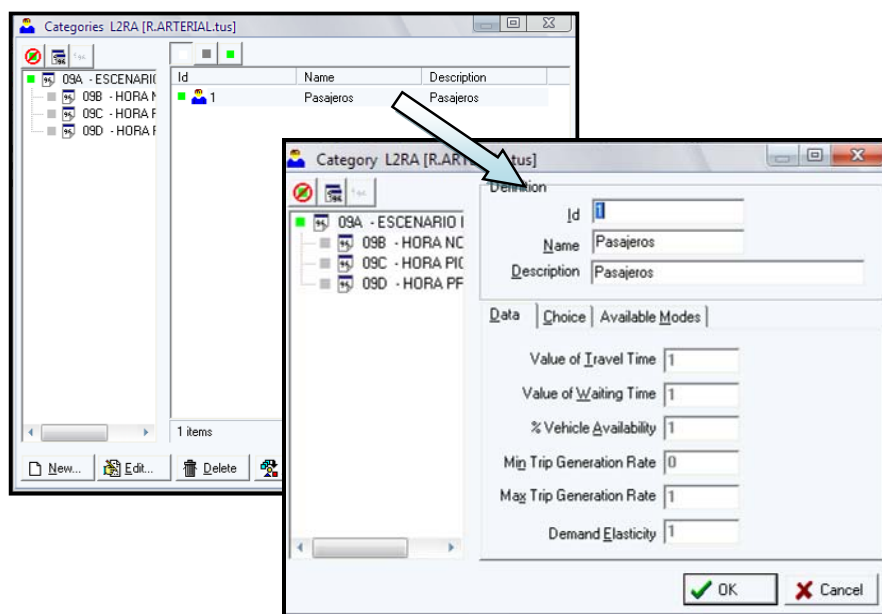
Fuente: El autor



### 3.2.2.2 Categorías

A continuación se procede a definir las características funcionales de la ruta en estudio; de esta forma el primer campo de información a llenarse es categorías. Para lo cual dentro del menú transporte se hace doble clic en Categorías en donde se definirá la categoría de usuarios del sistema de transporte para el presente estudio la única categoría que se tendrá será *Pasajeros*.

Figura 3.2: Definición de categorías



Fuente: El autor

Los campos de información que se muestran tales como: *el valor del tiempo de viaje, el valor del tiempo de espera, el %porcentaje de vehículos habilitados, la tasa mínima de generación de viajes, la tasa máxima de generación de viajes y la demanda elástica* no tienen ninguna influencia para la presente aplicación por lo cual no son definidos.

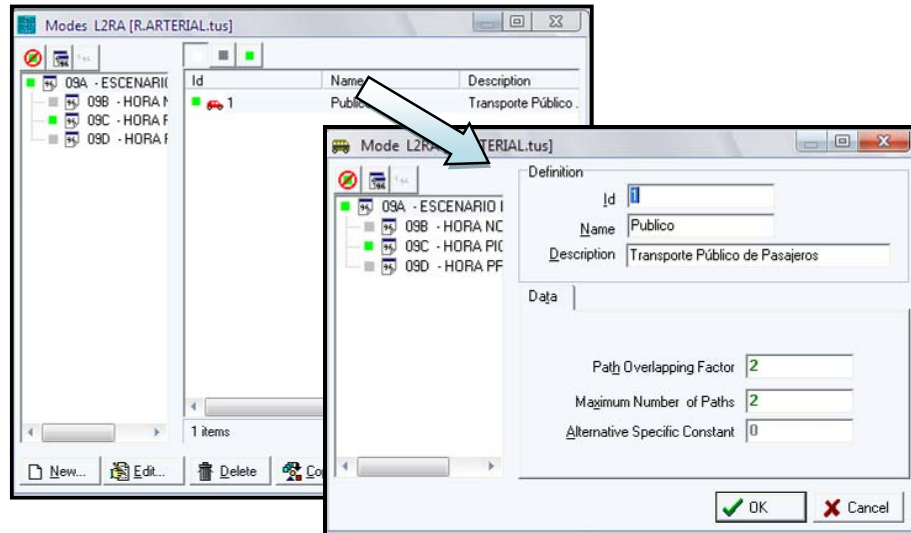
### 3.2.2.3 Modos

El siguiente campo de información a llenar es Modos, que definen los tipos de modos de transporte (público, privado, etc). Para el presente análisis se requiere un solo modo cuyo nombre se definirá como "Público" y su descripción corresponde a transporte público de pasajeros así mismo se define el número de pasos en 2. Esto



quiere decir que el modelo buscará hasta un máximo de dos pasos o caminos para viajar de una zona a otra, en la **Figura 3.3** se muestra el procedimiento antes indicado.

**Figura 3.3:** Definición de modos



Fuente: El autor

#### 3.2.2.4 Operator (Operador)

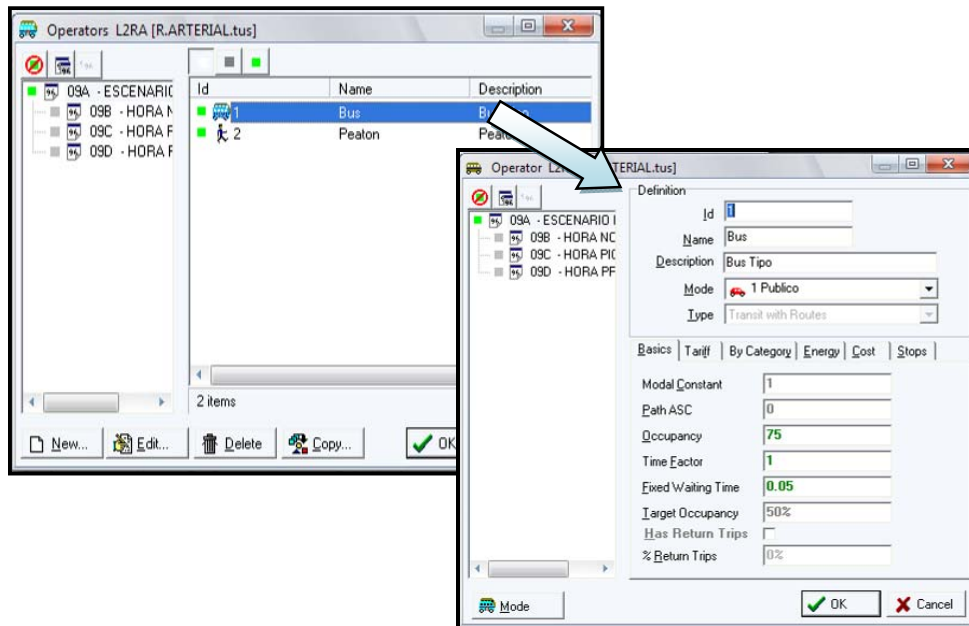
Un modo puede tener varios operadores quienes son los que generan las actividades de transporte (oferta operativa), este es el siguiente campo a llenar el cual se especifican en el menú *Transport* → *Operators*, que también tiene la forma de una lista como se indica en la **Figura 3.4**. En este caso se definirá dos operadores: bus y peatón todos pertenecientes al modo público.

Al ingresar cada uno de los operadores se especifica las características de los mismos, esto es para el caso del operador bus que es de tipo motorizado y para el caso del operador peatón que es de tipo no motorizado; así mismo se ingresa una breve descripción y se los enlaza al modo público.

Una vez ingresados los datos del operador se procede a llenar los datos de funcionalidad del mismo. Para ello se presentan 6 secciones de información *Basic*, *Tariff*, *By Category*, *Energy*, *Cost* y *Stops*.



Figura 3.4: Definición de operadores



Fuente: El autor.

La primera sección contiene parámetros básicos (*Basics*) entre ellos la constante modal (*Modal Constant*) de 1, lo cual afecta las probabilidades de elección al competir con otros operadores. Luego se especifica que el operador presenta una tasa de ocupación de 75 que es la capacidad máxima de pasajeros del operador bus, lo cual quiere decir que la capacidad de la ruta del bus estará definida por la frecuencia y por este valor (capacidad = frecuencia x ocupación máxima).

El factor de tiempo de simulación (*Time Factor*) también se utiliza para calcular la capacidad de una ruta ya que generalmente se especifica la frecuencia de los servicios en términos de vehículos por hora y puede hacerse simulaciones para periodos de más de una hora, como por ejemplo un periodo pico de dos horas o una simulación de tráfico diario esto para tráfico pesado de carga. Para el presente análisis se ha fijado un periodo de 1 hora de simulación. También se define el tiempo de espera fijo (*Fixed Waiting Time*) en 0.05 de hora o 3 minutos, lo que significa que la espera mínima para la ruta arterial del operador bus será de 3 minutos (información obtenida de la UMTTSV-L), más la espera que depende de la frecuencia y de eventuales saturaciones por congestión.



El parámetro *Target Occupancy* regula el modelo de oferta de transporte público que permite variar las frecuencias entre un máximo y un mínimo pero se utilizará el que por defecto da el programa: 50%; es importante mencionar que un valor bajo de este parámetro hace que sea más fácil para el operador de una ruta el variar la frecuencia, mientras un valor alto lo hace más difícil.

La segunda sección de datos se denomina *Tariff*, aquí se especifica la función tarifaria que aplica al operador. La función tarifaria puede tener un componente fijo o tarifa por abordaje, un componente por distancia (en el caso de taxis) y un componente por tiempo (en el caso de transporte de carga). Se utilizará una tarifa de abordaje que para el caso de la ciudad de Loja la tarifa equivalente es de 0.2098 USD.

La tercera sección de datos a llenar es (*By Category*) o por categoría la cual presenta una tabla que especifica ciertas condiciones para cada categoría de usuarios que pueden utilizar un operador determinado. En esta parte se puede modificar las tarifas y las penalizaciones, pero para el presente análisis no se está utiliza, ya que existe una sola categoría.

La cuarta sección Energía (*Energy*) especifica una función del costo de operación relativo al uso de energía o combustible. La mayoría de los vehículos funcionan a combustión interna y por lo tanto la función se refiere al consumo de combustible. Dicha función está representada por una expresión matemática que regula el consumo y costo de operación del combustible el cual varía en forma directa con la velocidad de circulación del vehículo; la ecuación que define el consumo de combustible según el modelo *TRANUS* es:

$$COpEner = \min + (\max - \min) \exp(-par \times Vel) \times precio$$

Donde:

**COpEner** = Es el costo de operación relativo de la energía en dolares por Km.

**Min** = Es el consumo mínimo de energía cuando la velocidad de circulación es alta y los vehículos operan en condiciones óptimas.

**Max** = Es el consumo máximo cuando la velocidad de operación es cercana a cero.

**Par** = Es un parámetro que regula la forma de la función.



El resultado de esta función se multiplica por el precio de cada unidad de energía, es importante mencionar que las unidades de energía en el programa están dadas en litros de combustible (litros de diesel).

Para la presente sección de datos se ha construido la curva de consumo de combustible para el bus de la ruta arterial del SITU en función de los registros de consumo de diesel realizados en la gasolinera de la cooperativa de transporte 24 de Mayo. Los parámetros de consumo para la función de gasto de energía son los siguientes:

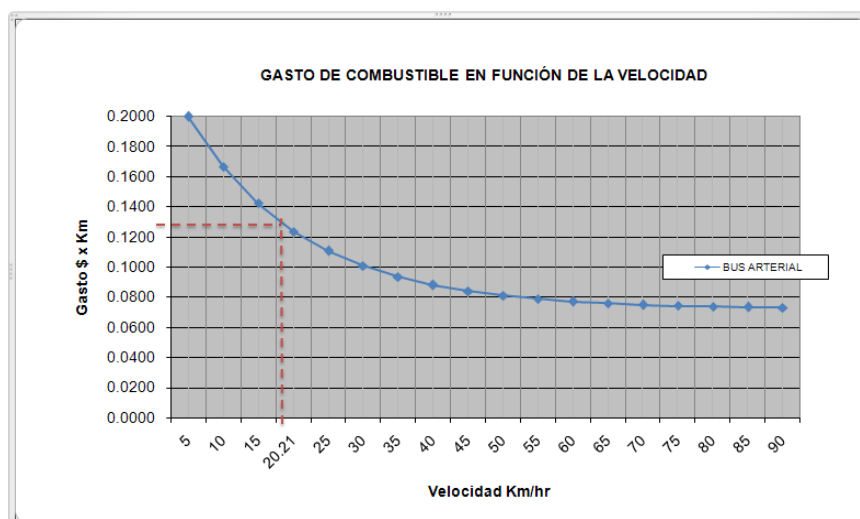
**Tabla 3.2:** Parámetros de consumo de combustible

BUS ARTERIAL	
Mínimo	0.264
Máximo	0.890
Parámetro	0.06
Precio	0.2747

**Fuente:** El autor, en base a los registros de consumo diario de combustible para los buses de la Ruta arterial del SITU.

Estos parámetros al sustituir en la ecuación de gasto de combustible y al establecer un rango de valores para la velocidad dan origen a la curva de gasto de combustible en función de la velocidad como se indica a continuación:

**Figura 3.5:** Curva de gasto de combustible para el bus de la ruta arterial



**Fuente:** El autor, en base a la ecuación de Energía de TRANUS





A continuación se presenta la tabla de consumo y gasto de combustible para diferentes velocidades de circulación en la ruta arterial:

**Tabla 3.3:** Consumo y gasto de combustible para diferentes velocidades

BUS ARTERIAL		
Velocidad	Consumo	Gasto
Km/h	Lit / Km	USD x Km
5	0.7277	0.1999
10	0.6075	0.1669
15	0.5184	0.1424
20.21	0.4500	0.1236
20.21	0.4500	0.1236
25	0.4035	0.1109
30	0.3673	0.1009
35	0.3405	0.0935
40	0.3206	0.0881
45	0.3059	0.0840
50	0.2950	0.0810

Fuente: El autor, en base a la ecuación de energía de TRANUS

Donde para un bus de la ruta arterial cuya velocidad media de circulación es de 20.21 Km/h aproximadamente el consumo de combustible es de 0.4500 Lit/Km con un costo de 0.1236 USD x Km.

Con los datos antes obtenidos para el bus de la ruta arterial que recorre al día 203.6 Km luego de multiplicar por el costo por Km, el gasto por combustible al día sería de 25 USD.

La quinta sección de datos a llenar es Costo (*Cost*) la cual se utilizará para describir otros costos de operación que se especifican por unidad de tiempo para el presente ejercicio estarán dados en *USD/vehículo/hora*. La información de los costos de operación se detalla en la **Tabla 2.7** del capítulo II, en la cual se desglosa el análisis de costos en *costos fijos* y *costos variables*.

Para el presente análisis el costo del combustible no se suma al resto de costos de operación pues en la sección de *Energía* se ingresa el costo del combustible por litro (esto es para el galón de diesel cuyo precio oscila en 1.037 USD x Galón el costo por litro sería 0.25925 USD x Litro). Por tal razón al costo total de operación de 9.73



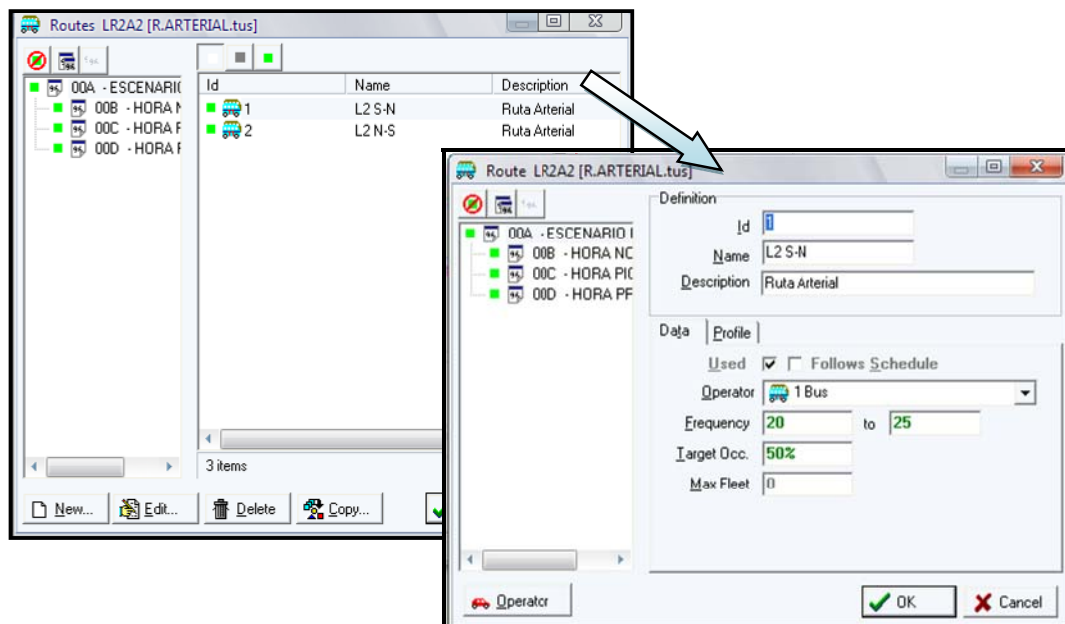
USD/veh/hr se debe restar el costo por consumo de combustible cuyo valor es 1.57 USD/veh/hr cuya diferencia da un valor de 8.16 USD/veh/hr el cual se ingresa en el campo de información costo por tiempo de operación (*Time Operation Cost*) de la sección *Cost* del sistema *TRANUS*.

### 3.2.2.5 Routes (Rutas)

A continuación se procede a definir las rutas mediante el menú *Transport* → *Routes*. Para lo cual se ha dividido a la ruta arterial en sus dos sentidos de circulación esto es: en el sentido S – N y en el sentido N – S aunque se puede definir a la ruta como un solo cuerpo. La razón principal por la cual se la dividió es por cuestiones de análisis ya que posteriormente cuando se ejecute el programa se puede estudiar el comportamiento por cada sentido de circulación lo cual permitirá tener una mejor apreciación del funcionamiento de la ruta.

Al ejecutar el comando *Routes* del menú *Transport* se activa una ventana en la cual se ingresa los nombres de las rutas a estudiar. Así mismo se presentan dos pestañas para detallar información del funcionamiento de la ruta las cuales son *Data* y *Profile*.

Figura 3.6: Definición de rutas



Fuente: El autor



En la pestaña *Data* se definen datos tales como el operador, la frecuencia que para el escenario base será de 20 a 25 buses por hora (según UMTTSV-L). El parámetro *Target Occupancy* fue establecido anteriormente en operador, de tal manera que aquí aparece el valor por defecto de todas las rutas que pertenezcan al operador Bus aunque puede ser modificada manualmente en esta ventana.

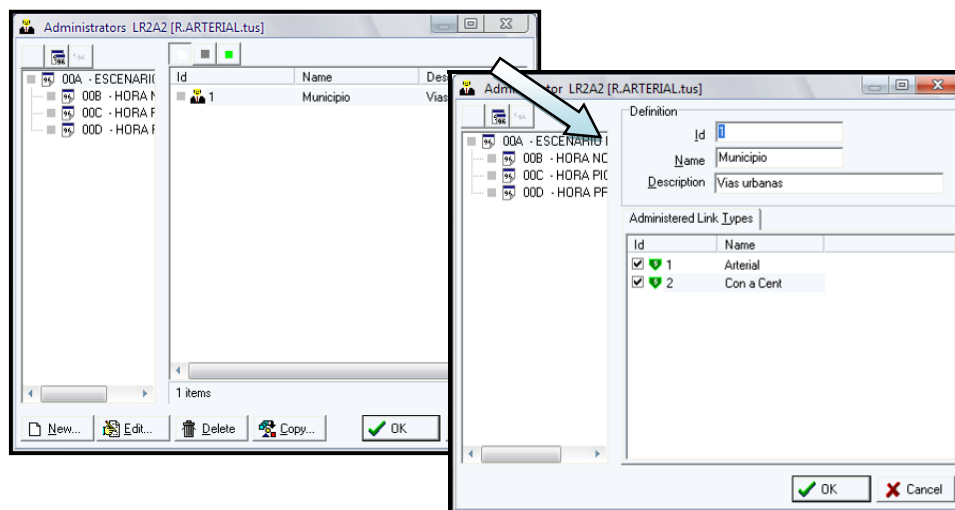
También se presentan dos botones *Used* el cual permite indicar que la ruta se encuentra activa en este escenario y *Follows Schedule* si la ruta sigue un horario establecido, conocido por los usuarios que para el presente análisis no es necesario activar este botón.

La pestaña *Profile* indica todos los enlaces donde la ruta ha sido asignada y algunas condiciones de los enlaces, esta pestaña por el momento se encuentra en blanco ya que se llenará cuando se genere el archivo *enlaces*.

### 3.2.2.6 Administrador

El siguiente campo en definirse es el administrador. Los administradores son los que están a cargo de la oferta física de transporte, es decir las vías, estacionamientos, e infraestructura vial en general como también los que regulan, controlan y programan las actividades de transporte. En el presente caso el administrador absoluto de la ruta arterial es el Municipio de Loja a través de la Unidad Municipal de Tránsito Transporte Terrestre y Seguridad Vial (UMTTSV-L).

Figura 3.7: Definición del administrador



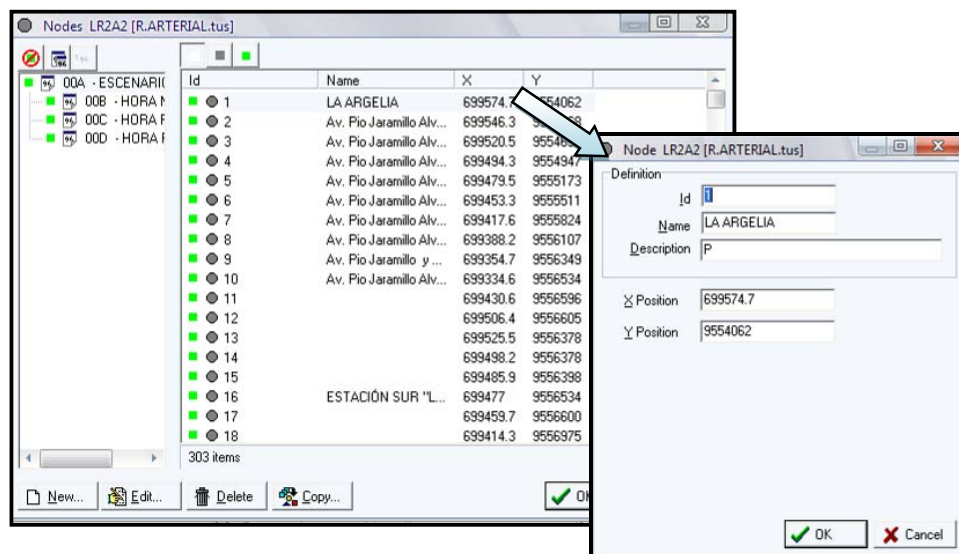
Fuente: El autor



### 3.2.2.7 Nodos

Se procede a ingresar las coordenadas de los nodos de la ruta y de los centroides de zonas cuyo procedimiento se lo puede realizar de forma manual a través de una ventana de diálogo que aparece cuando se ejecuta el comando Nodos, en dicha ventana en su parte inferior aparece cuatro botones de edición para crear, editar, copiar o eliminar nodos como se muestra en la **Figura 3.8**; cada nodo posee una identidad, un nombre y una corta descripción, a continuación se ingresan las coordenadas en X Y que definen a los centroides.

**Figura 3.8:** Definición de nodos



Fuente: El autor

El procedimiento manual para el ingreso de coordenadas es muy tedioso por lo que se recomienda realizar una base de datos con todas las coordenadas de los nodos de la ruta y zonas de estudio para posteriormente importarlos al programa *TRANUS*, ya que el programa cuenta con la opción de Importar datos (*Import Network*) del menú *Project* el cual permite ahorrar tiempo al momento de trazar o diseñar una ruta.

Es por ello que se ha desarrollado una aplicación que facilite crear la base de datos en conjunto y posteriormente importarla, para ello se ha diseñado un programa con macros en Excel denominado *TRANSRED* (programa para el diseño de redes de transporte) cuya portada se muestra en la **Figura 3.9** y sus aplicaciones se indican en



el curso “**Modelación de redes de Transporte con el sistema TRANUS**” (Pesántez Jhon, 2010) que es un trabajo paralelo al presente tema de estudio.

**Figura 3.9:** Portada del programa TRANSRED



Fuente: El autor

### 3.2.2.8 Link Types (Tipos de enlaces)

Con este comando del menú transporte se procede a definir los tipos de vía en que van a ser clasificados los enlaces de la red. Como puede verse se definieron dos tipos de vía “Arterial” (vialidad principal) y “Conectores a Centroides” (enlaces peatonales). Al hacer doble clic en cualquiera de los tipos de vías definidos se activa la ventana con la información respectiva de su creación; para crear un nuevo tipo de vía se utiliza el botón New de la ventana Link Types. Al hacer clic en Arterial aparecerá la ventana que se muestra en la **Figura 3.10**

En dicha venta se puede observar dos pestañas *Data* (datos) y *Operator Data* (datos de operación)

En la sección *Data* se comienza por la identificación del tipo de vía mediante un número, nombre y descripción. Además se debe seleccionar el administrador que se encarga de este tipo de vía el cual ya se definió anteriormente en la opción *Administrador* del menú *Transporte* como “Municipio”, luego se definen los parámetros

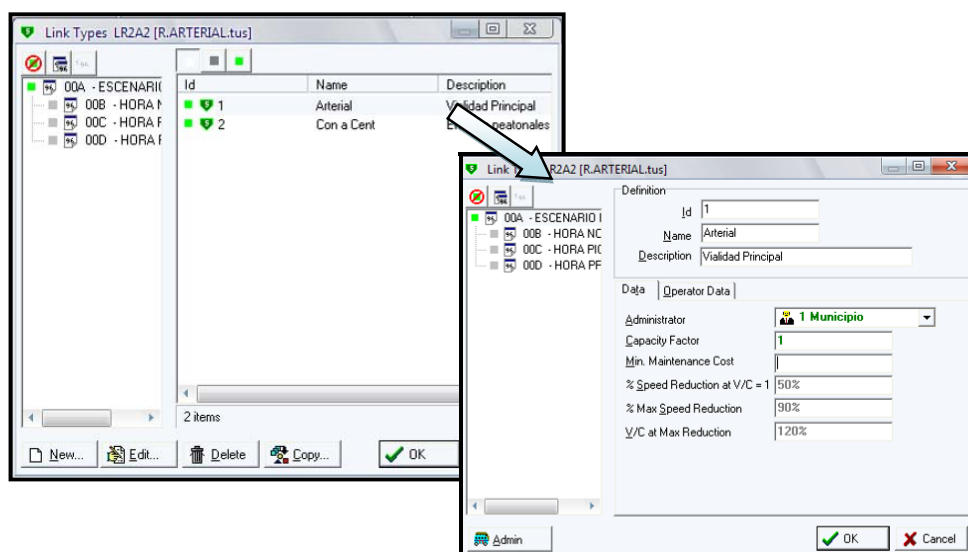


de restricción de capacidad (o flujo-demora) que regulará a los enlaces de acuerdo al tipo de vía, estos parámetros son:

- *Capacity Factor*, que regula la capacidad del enlace para el análisis se asumió un valor de 1.
- *Min Maintenance Cost*, que es el costo mínimo de mantenimiento, este no se lo ha declarado ya que se lo considera como un impuesto a pagar por parte de los transportistas en los gastos administrativos, el cual ya se incluyó en los costos de operación.

El resto de parámetros se adoptan o asumen a los que proporciona el programa por defecto ya que no tienen influencia en el análisis.

**Figura 3.10:** Definición de tipos de enlaces (Link Types)



Fuente: El autor

La sección Operator Data permite definir una serie de condiciones adicionales que afectan a las combinaciones entre operador y tipos de vía como se ilustra en la **Figura 3.11**.



Figura 3.11: Sección Operator Data - Link Types

Operator	Speed	Charges	Penaliz.	Distance Cost	Equiv. Veh	Overlap Factor	Marg. Maint. Cost
1 Bus	20.21053		1		2.5	2	
2 Peaton			1				

Fuente: El autor

Los datos se organizan en forma de matriz, con fila para cada operador y columnas para las distintas variables que se están definiendo, para el presente caso se tiene un solo operador "Bus" y las variables quedan definidas de la siguiente manera:

- *Speed*, es la velocidad a flujo libre para cada operador. Para el presente ejercicio se determino la velocidad media de circulación en función del tiempo de recorrido y el espacio a recorrer. Esto se lo realizó por sentido de circulación dando una velocidad media de 20.21 Km/hr, aunque la velocidad comercial máxima es de 22 Km/hr en una vía tipo arterial; se adoptado la velocidad de campo para tener una mejor apreciación de la situación actual de movilidad.
- *Charges*, se utiliza para definir posibles peajes, cuotas u otros cargos, pero no se utilizan para el presente ejercicio.
- *Penaliz*, se utiliza para especificar condiciones de circulación que puedan afectar la elección de los usuarios, como por ejemplo condiciones de seguridad, señalización, iluminación, etc., para el análisis se usa los valores que da el programa por defecto.
- *Distance Cost*, representa el costo de operación por unidad de distancia, este campo de información se emplea cuando existen varias rutas con el mismo operador pero en el que existe un costo de operación diferente por km, lo cual



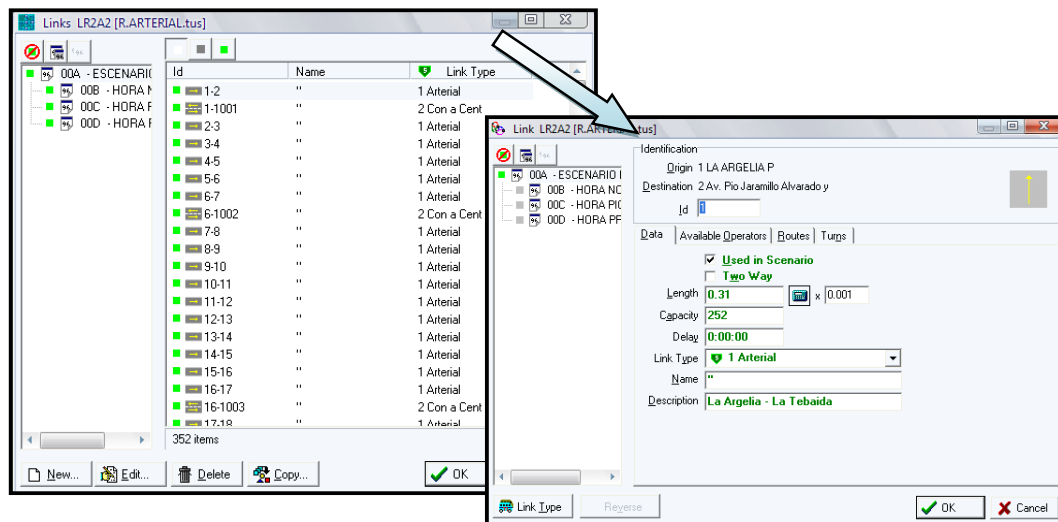
depende específicamente de las condiciones de la vía. No se ha utilizado ya que se trata de una sola ruta cuyo costo por tiempo fue definido en *Transport* → *Operators*.

- *Equiv. Vehicles*, especifica el parámetro de vehículos equivalentes para cada operador, generalmente en unidades de automóviles equivalentes. Se ha considerado que un bus equivale a 2.5 automóviles estándar.
- *Overlapping Factor*, el factor de solapamiento no tiene mucha importancia pero se ha considerado establecer en 2 ya que en ciertos puntos la ruta se solapa o comparte enlaces entre sí.

### 3.2.2.9 Link (Enlaces)

Este comando permite trazar los enlaces que conforman la red. El icono que precede a cada arco en la lista indica si este ha sido definido como un arco de doble sentido o en un solo sentido. El ingreso de los enlaces se los puede realizar de forma manual como se indica en la **Figura 3.12** o a través de una base de datos previamente elaborada; para ello al igual que para el caso de los nodos se utiliza el programa *TRANSRED* (Revisar curso de modelación de redes de transporte con el sistema *TRANUS*)

Figura 3.12: Definición de enlaces



Fuente: El autor





Cada enlace está definido por el nodo de origen y el nodo de destino y además se le puede asignar un número de identificación (Id), al igual que el resto de opciones los datos se especifican en varias secciones.

### 3.2.2.10 Exogenous Trips (viajes exógenos)

La base de datos para el modelo de transporte termina con la asignación de viajes a la ruta diseñada para ello en menú Transport a través del comando *Exogenous Trips* se especifica el número de viajes en forma de matriz que resulta de un estudio origen – destino, realizado a través de encuesta por la UMTTSV-L en el mes de Septiembre del año 2009 cuyas matrices de datos se ubican en la sección de anexos. Para el escenario base del modelo se asignará la matriz de viajes correspondiente a un día completo de operación que se ubica en el **ANEXO 2.6**. A continuación se muestra la **Figura 3.13** con la matriz para un día cargada en el programa TRANUS:

**Figura 3.13:** Ingreso de la matriz de viajes

Zone	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017
1001	236	295	611	2242	542	179	38	104	321	271	32	18	27	91	288	433	
1002	14	59	83	306	74	25	6	14	43	36	5	2	3	13	40	59	
1003	21		136	268	65	22	5	13	39	32	5	2	3	9	34	51	
1004	710	119	356		659	184	155	104	100	144	360	60	17	25	128	165	248
1005	1395	222	667	428		124	434	290	276	323	1472	97	36	96	343	762	1142
1006	225	38	112	165	83		15	9	18	35	120	14	2	5	28	105	156
1007	101	17	51	149	290	11		1		8	78	13	5	6	54	62	124
1008	68	11	34	99	193	7			1	6	52	9	2	3	36	55	82
1009	71	11	35	36	149	3	1				9	3	1	2	7	38	56
1010	116	19	58	128	296	26	7	10				5	5	6	29	72	108
1011	323	54	161	347	1174	124	57	84	22	36		7	5	6	73	196	294
1012	113	19	57	83	217	100	31	21	3	7	3				24	41	60
1013	44	7	22	46	62	7	7	5	2		9	8			16	16	24
1014	66	11	33	68	92	11	9	6	3	2	15	11				11	16
1015	179	30	92	154	565	56	56	38	21	13	75	146	9	15		8	93
1016	213	35	107	146	584	49	46	30	25	9	117	108	7	10			10
1017	320	54	160	219	874	73	68	46	17	14	176	163	10	15	67		

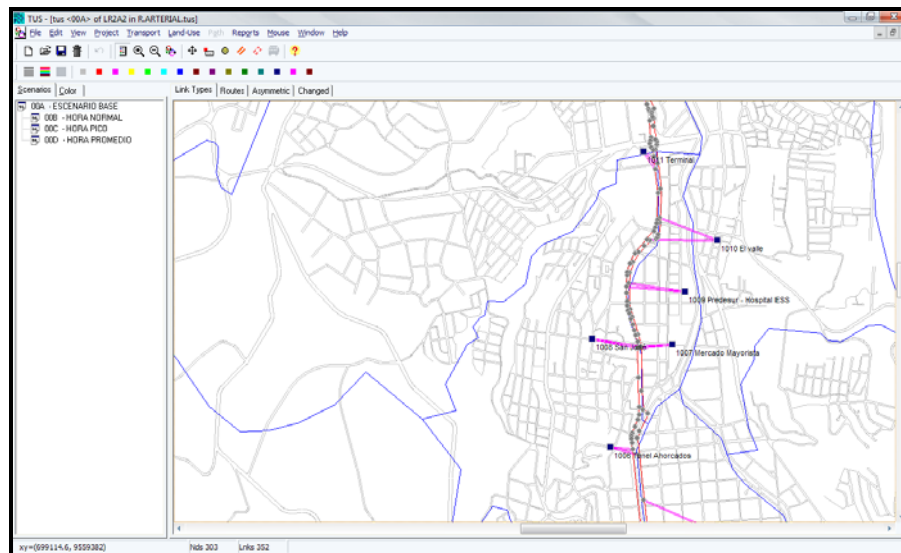
Fuente: El autor, en base al estudio origen-destino realizado por la UMTTSV-L

### 3.2.2.11 Importar base de datos

Una vez elaborada la base de datos correspondiente a los 4 archivos que definen la ruta de transporte, se procede a importarlos a la plataforma de modelación y posteriormente se carga un plano digital de la ciudad y de la zonificación para una mejor representación del area en estudio. A continuación en la **Figura 3.14** se muestra la ventana principal del sistema TRANUS con el modelo de la ruta arterial.



Figura 3.14: Modelo de la ruta arterial del SITU



Fuente: El autor

### 3.2.3. Establecimiento de escenarios

Una vez diseñada la base de datos del modelo de transporte se procede al establecimiento de los escenarios de análisis los cuales parten del escenario base o pueden ser independientes.

En *TRANSUS* un escenario es una hipótesis de modelación cuyas condiciones son establecidas por el modelador las mismas que están dadas por parámetros que regulan el funcionamiento de una red de transporte; tales como la frecuencia, intervalos de salida, velocidad, capacidad de los vehículos, costos de operación, ingresos por tarifa y matriz de viajes (estudio origen-destino) entre los principales.

Para el presente modelo se ha establecido tres escenarios de análisis los cuales se definieron de acuerdo a las horas de funcionamiento de la ruta arterial, esto es para una hora normal o valle, una hora pico y una hora promedio.

La flota de transporte urbano que circula en la ruta arterial del SITU labora 16 horas al día, de las cuales 14 horas se las considera horas normales o valle y 2 se las considera como horas pico.

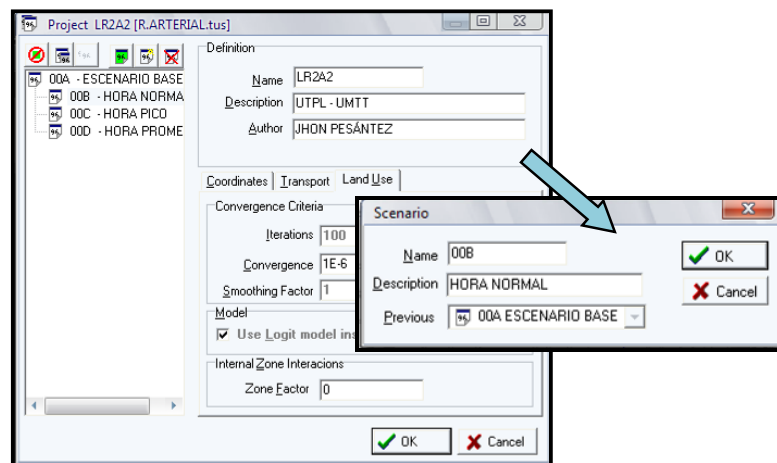


### 3.2.3.1 Escenario para una hora valle o normal

A continuación se detalla el procedimiento seguido para la ejecución del presente escenario.

- a) La construcción de este escenario parte del escenario base previamente construido. Para lo cual crearemos un sub-escenario en el menú *Project* con el mismo procedimiento que se siguió para crear el escenario base como se indica en la **Figura 3.15**:

**Figura 3.15:** Escenario para una hora normal o valle



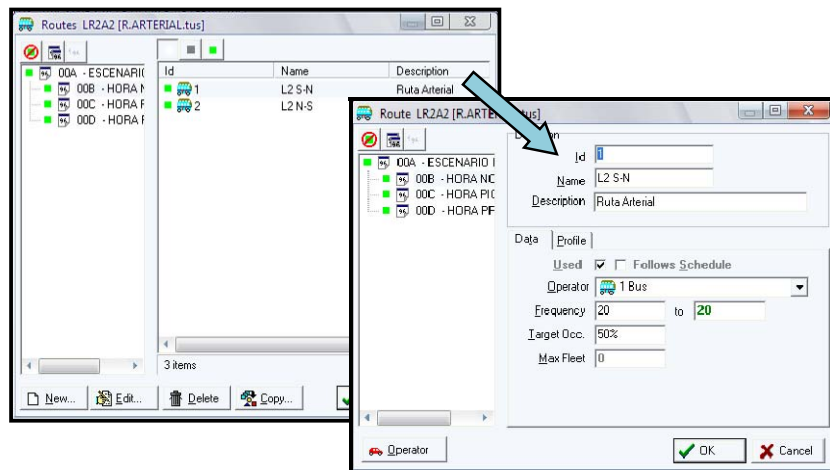
**Fuente:** El autor

El escenario creado de esta forma copia todas las propiedades del escenario base pero queda habilitado para realizar cambios en las condiciones de su funcionamiento:

- b) A continuación se define la frecuencia vehicular para una hora normal; según la UMTTSV-L se encuentran asignados 20 vehículos por hora para cada sentido de circulación de la ruta arterial. Estos datos se ingresan en la opción *Routes* del menú *Transport* como se indica en la **Figura 3.16**:



Figura 3.16: Frecuencia para una hora normal



Fuente: El autor

- c) Seguidamente se determina el porcentaje de equivalencia de la matriz de viajes para una hora normal, para lo cual se utilizará la opción *Factor* del comando *Exogenous Trips* del menú *Transport* para especificar el porcentaje al cual equivale una hora normal con respecto al día completo.

El programa TRANUS considera un incremento en la matriz de viajes del **0.0608 %** aproximadamente para el presente escenario, debido a transbordos (al intercalar dos o más rutas para llegar a un destino) que los pasajeros puedan realizar (para el caso de una ruta arterial a una ruta colectora); para el presente modelo no se considera este porcentaje por tratarse de la misma ruta. Por lo tanto para evitar alteraciones en la corrida del programa se debe restar el porcentaje de transbordos de la suma total de la matriz de viajes para una hora normal ya que no existe una opción que permita regular manualmente este porcentaje por estar incluido dentro del algoritmo del programa *TRANUS*.

De esta manera el porcentaje correspondiente a una hora normal que se ingresa en la opción *Factor* está dado por el siguiente cálculo manual, el cual se indica a continuación:

Total de pasajeros transportados al día (matriz de viajes): **32534**

Total de pasajeros transportados en una hora normal: **1824**

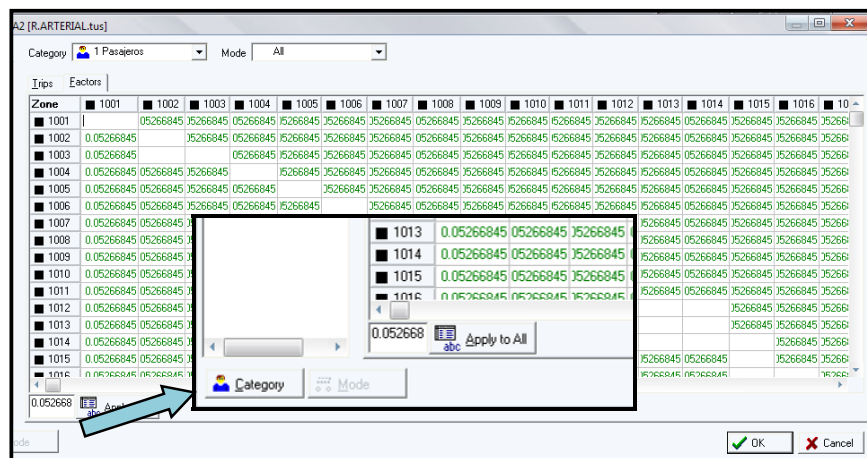


Total de pasajeros transportados en una hora normal menos el 0.0606% por transbordos:  $1610 - (0.06057 \times 1610) = 1714$  pasajeros

Porcentaje de pasajeros para una hora normal =  $1714/32534 = 0.05267 \%$

En la parte inferior de la opción Factor se muestra un recuadro (Figura 3.17) en el que se ingresa el valor del porcentaje antes calculado el cual representa al porcentaje equivalente para una hora normal sin el incremento porcentual por transbordos; luego del ingreso se activa el botón *Apply to All* para aplicar este porcentaje a toda la matriz del escenario 00B que corresponde a la hora normal o valle.

Figura 3.17: Factor de reducción para una hora normal

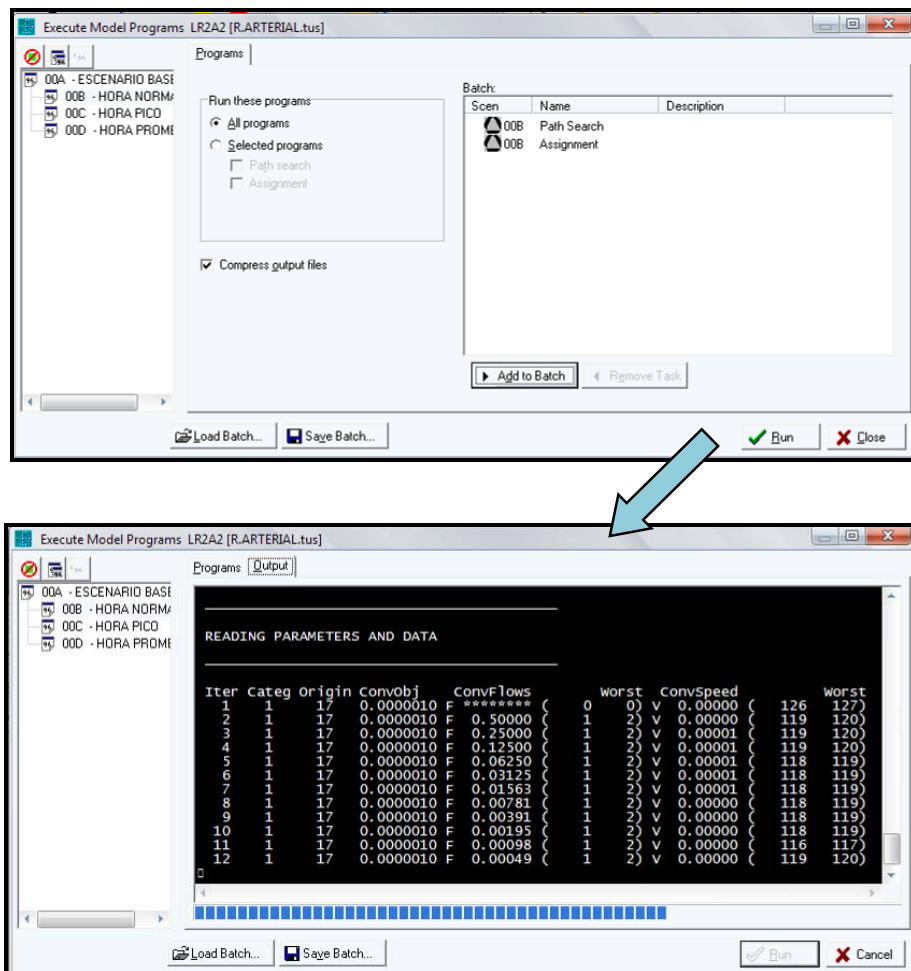


Fuente: El autor

- d) Finalmente se ejecuta el programa *TRANUS* para el cálculo de los escenarios. Para lo cual en el menú *Project* se selecciona la opción *Run* e inmediatamente aparecerá una ventana de diálogo para añadir los escenarios a calcularse través del comando *Add to Batch* y posteriormente se ejecuta el programa con el comando *Run*, el procedimiento antes indicado es sencillo y se ilustra en la Figura 3.18:



Figura 3.18: Ejecución del programa *TRANUS*



Fuente: El autor

### 3.2.3.1 Escenario para una hora pico

Para el desarrollo del presente escenario se sigue el mismo procedimiento realizado para el caso de la hora normal, la única diferencia está en los valores de frecuencia y factor de reducción de la matriz de viajes para la hora pico.

Para la construcción de este escenario se dan los datos de frecuencia que para la hora pico es de **30** Vehículos por hora, esta frecuencia se ingresa por cada sentido de circulación; así mismo se da la matriz de viajes del estudio origen-destino para la hora pico en el **ANEXO 2.8**. El factor de reducción para la matriz de viajes es **0.099466469** que equivale a la hora pico menos el porcentaje por transbordos.



### 3.2.3.1 Escenario para una hora promedio

Finalmente se ha construido un escenario para una **hora promedio** en el cual se incluye tanto la hora normal como la hora pico, la misma que permitirá tener una mejor comprensión del funcionamiento de la ruta.

Para el desarrollo de este escenario se ha calculado la frecuencia promedio cuyo valor es de **21.3** vehículos por hora, dicha frecuencia es el promedio de la suma de la frecuencia para 14 horas normales y la frecuencia para 2 horas pico, como se indica a continuación:

$$Fp = \frac{(14 \times 20) + (2 \times 30)}{16} = 21.25 \approx 21.3$$

También se da el factor de reducción de matriz para la hora promedio cuyo valor es aproximadamente **0.058709672**. El procedimiento de creación y ejecución de este escenario es similar al efectuado para la hora normal.

### 3.2.4. Generación de resultados

Luego de la ejecución del programa se procede a la generación de las tablas de evaluación, para lo cual en la carpeta de instalación del programa *TRANUS* ubicada en el disco C:\TRANUS se ingresa y se encuentra una carpeta llamada "**bin**" en la cual se encuentran almacenados todos los programas de cálculo del sistema *TRANUS*; de esta lista de programas utilizaremos el programa *IMPTRA*, el cual relaciona todos los cálculos del modelo de transporte. Los demás programas no se utilizan ya que corresponden al modelo de uso de suelos.

Antes de generar las tablas de resultados es conveniente copiar la carpeta del modelo dentro del disco C, para acortar el directorio de ubicación de los escenarios.

Al ejecutar el programa de cálculo *IMPTRA* se activa una ventana de comando de Windows CMD como se ilustra en la **Figura 3.19**:



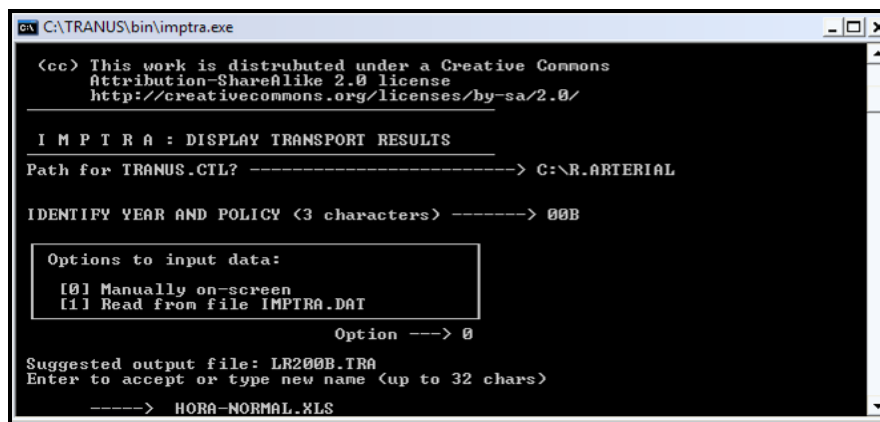
Figura 3.19: Ejecución del programa de cálculo IMPTRA



Fuente: El autor

En esta ventana se debe ubicar la carpeta de trabajo del archivo: → C:\R.ARTERIAL. Una vez ubicados en esta carpeta se activa el programa para que genere un reporte de indicadores para el escenario **00B** (correspondiente a la hora normal), el programa preguntará si se desea introducir las solicitudes de información por pantalla o a través de un archivo denominado IMPTRA.DAT, en donde escogemos la primera opción por pantalla, para lo cual sólo basta accionar la tecla Enter o introducir un cero. Luego el programa preguntará donde se quiere que se guarde los resultados sugiriendo un nombre para el archivo, que para el escenario **00B** será **HORA-NORMAL.XLS** el cual se guardará en la carpeta de trabajo R.ARTERIAL con extensión .xls para ser abierto como un archivo de Excel, para una mejor comprensión del procedimiento se presenta la **Figura 3.20**:

Figura 3.20: Reporte de indicadores para el escenario 00B



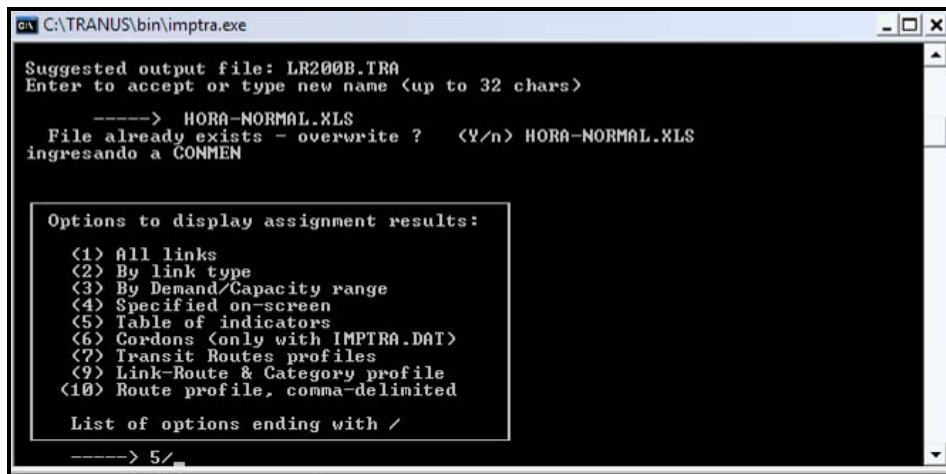
Fuente: El autor





Con Enter se acepta que el programa va a guardar los indicadores en un archivo denominado **HORA-NORMAL.XLS**. Luego el programa pregunta por el tipo de reporte que desea generar de una lista de 10 opciones como se ilustra en la **Figura 3.21**:

**Figura 3.21:** Selección del tipo de reporte a generar



Fuente: El autor

Para el presente análisis de modelado es prioridad la **Tabla de Indicadores** correspondiente a la opción 5, para lo cual se ingresa 5 seguido de /; con esto se genera el archivo en la carpeta de trabajo; también interesa generar los reportes de la opción 10/ que trata sobre los aspectos operativos de la ruta o también llamado perfil de la ruta

### 3.2.4.1 Interpretación de los resultados (evaluación de la hora valle)

Una vez ejecutado los reportes, para el caso de la opción 5/ TRANUS ofrece un conjunto de tablas con una serie de información que permite evaluar la situación actual de la ruta arterial. De esta manera un primer conjunto de tablas presenta indicadores relativos a los usuarios, otro conjunto se refiere a los operadores, un tercer grupo a los administradores y luego vienen tablas complementarias. Para el caso analizado se enfocará únicamente en las tablas que interesa conocer.



El primer grupo muestra el número total de viajes por categoría y por modo. En el modelo solo hay una categoría y un solo modo, con lo cual el resultado es:

TOTAL TRIPS BY CATEGORY AND MODE			
Category	Modes....		
CatId	CatName	Publico	TOTAL
1	Pasajero	1714	1714
	TOTAL	1714	1714

La tabla indica que la categoría "Pasajeros" realiza un total de 1714 viajes en el modo "Público". Es fácil verificar que este es el número total de viajes de la matriz exógena menos el porcentaje de transbordos. Luego el reporte contiene algunos indicadores globales para la categoría viajeros:

STATISTICS BY TRANSPORT CATEGORY (TOTALS)						
CatId	CatName	Distance	Cost	TravTime	WaitTime	Disutil
1	Pasajero	9182	383	665	137	1151

La tabla señala que la (única) categoría Pasajeros recorre un total de 9182 Km-personas, gastan un total de \$ 383, utilizan 665 horas de viaje y 121 horas esperando. Se incluye también un indicador de desutilidad, que corresponde a la suma de los **log-sum** de la elección de pasos. Una tabla similar a esta pero en promedios también se incluye, que es el resultado de dividir los totales anteriores por el número de viajes de la primera tabla:

STATISTICS BY TRANSPORT CATEGORY (AVERAGES)						
CatId	CatName	Distance	Cost	TravTime	WaitTime	Disutil
1	Pasajero	5.36	0.22	0.39	0.08	0.67

**La distancia promedio de viaje en la ruta arterial es de 5.36 Km por pasajero, con un costo \$ 0.22 y una duración promedio de viaje de 0.39 horas (23.4 minutos).**

Finalmente se presenta una tabla con indicadores para los operadores:

STATISTICS BY TRANSPORT OPERATOR									
OperId	OperName	Trips	Units-Dist	Energy	Costs	Income	Revenue	VehKm	VehHrs
1	Bus	1824	8134	229	268	383	114	509	25
2	Peaton	3427	1048	0	0	0	0	0	0



Para el modelo analizado se estableció dos operadores: bus y peatón. La primera columna (*Trips*) es el número de abordajes dada por la matriz de viajes de cada medio, por ejemplo para el operador Bus se realizaron **1824** abordajes en una hora normal o valle y para el peatón se realizan aproximadamente 2 viajes (ida y vuelta) por cada viaje en bus.

Si se toma en cuenta que el total de abordajes en el operador bus es de 1824 y se compara con el total de viajes de la primera tabla de 1714, se tiene la tasa de transbordos de 1.0642 % que pueden realizar los pasajeros. Este porcentaje se lo resto anteriormente del total de pasajeros para que en la tabla final que se muestra aparezca el número real de pasajeros transportados en una hora normal ya que no existe transbordos por tratarse de la misma ruta analizada. Luego se indica la columna *Units-Dist* la cual señala que en bus se hacen 8134 pasajeros-Km, que sumado a los pasajeros-Km del operador peatón dan un total de 9182, exactamente lo que se muestra en la tabla dos anteriormente descrita.

En la columna *Energy* se reporta el consumo de energía en este caso litros de diesel para el operador bus. La columna *Costs* presenta el costo de operación total tanto por mantenimiento como por consumo de combustible en USD. *Income* son los ingresos por tarifa que resulta de multiplicar la tarifa equivalente de \$ 0.2098 por el total de pasajeros transportados 1824 lo cual da una recaudación de \$ 383. *Revenue* es la diferencia entre ingresos y costos de operación lo cual da lugar a las ganancias. Aquí puede verse que la flota efectiva de 25 Veh-Hrs que se indica en la última columna tiene una ganancia en conjunto de \$ 114 lo que constituye una ganancia unitaria por bus efectivo-hora de \$ 4.56.

Es importante mencionar que *TRANUS* calcula todos los costos de operación y ganancias únicamente para la flota efectiva (flota que no tiene tiempo de espera en el recorrido de la ruta) y **no considera** la flota asignada que es la verdadera flota que circula en la ruta (la cual considera tiempos de retardo y cuyo número es mayor que la flota efectiva). Por tanto los cálculos antes mostrados son parámetros de referencia para determinar los costos y ganancias de la flota asignada.

La tabla se completa con la columna *VehKm* la cual servirá para determinar la cantidad promedio de pasajeros que se transportan por bus. Así se tiene que para



8134 pasajeros-Km que se transportan en 509 vehículos-Km hay un promedio de **15.98 pasajeros-Km/vehículo-Km** o es decir **16 pasajeros/vehículo**; los cuales para un bus tipo de 75 pasajeros de capacidad representan una ocupación promedio del 21.30 %, que es muy bajo para un bus de las características antes mencionadas.

A continuación se indica los resultados de la opción 10/ del programa IMTPRA, la misma que genera un reporte con las características operativas de la ruta, como frecuencias, distancia total, tiempos de recorridos, abordajes por sentido de circulación, % de ocupación vehicular, de cuyo análisis se tiene que la ocupación crítica para la hora valle es del 34.10%. En la **Tabla 3.4** se presentan, los resultados sobre la operación de la ruta en la hora valle.

**Tabla 3.4:** Perfil de la ruta para la hora valle

DESCRIPCIÓN	SENTIDO DE CIRCULACIÓN		TOTAL	SÍMBOLO
	S – N	N - S	VUELTA COMPLETA	
Operador	Bus	Bus	Bus	Oper
Frecuencia	20	20	<b>40</b>	Veh-Hr
Distancia Total	12.8	12.7	25.45	Km
Tiempo de recorrido	0:37:55	0:37:38	1:15:33	hr/min/s
Pasajeros por Km	4371	3763	8134	Pax-Km
Vehículos por Km	255	254	509	Veh-Km
Vehículos por hora requeridos	13	12	<b>25</b>	Veh-Hr
Pasajeros por Km/Vehículos por Km	17	15	<b>16</b>	Pax-Km/ Veh-Km
Pasajeros por Km/Vehículos por Hr	345.8	300	323	Pax-Km/ Veh-Hr
Velocidad Media	20.1	20.2	20.2	Km – Hr
Flota efectiva	12.6	12.5	<b>25</b>	Vehs
Volumen Crítico	530	493	1023	Pax
% de Ocupación Crítica	35.33	32.87	<b>34.10%</b>	%
Abordajes	965	859	1824	Pax
% Ocupación media	22.86	19.75	<b>21.30</b>	%

Fuente: El autor

En el **ANEXO 3.1** se presenta los resultados económicos y operativos para la hora valle con la flota asignada. El principal resultado que se destaca es la utilidad por **bus-hora de \$ -0.17 centavos de dólar**; la utilidad negativa determinada en el análisis se



debe al bajo porcentaje de ocupación por unidad de transporte que como se indico es del **34.10%**.

Para el análisis de ocupación vehicular se consideró una holgura **20%** por nivel de servicio ya que técnicamente de acuerdo a estudios de planificación de transporte las unidades que prestan el servicio deben circular hasta el 0.8 ó al **80%** de su capacidad para evitar accidentes de los usuarios. Por lo tanto la ocupación neta en una hora valle es del **54.10%** sobre el **100%** de la capacidad de la unidad.

#### **3.2.4.2 Resultados para una hora pico**

Los resultados correspondientes a la hora pico se muestran en el **ANEXO 3.2** en el cual se puede observar que la utilidad por **bus - hora** es de **\$ 8.62**, superior a la utilidad en la hora valle y así mismo la ocupación vehicular en toda la ruta dada por los resultados operativos es del 42.89 % que luego de sumarle el 20% por nivel de servicio la ocupación sería del **62.89 %** sobre el **100%** de la capacidad de una unidad de transporte.

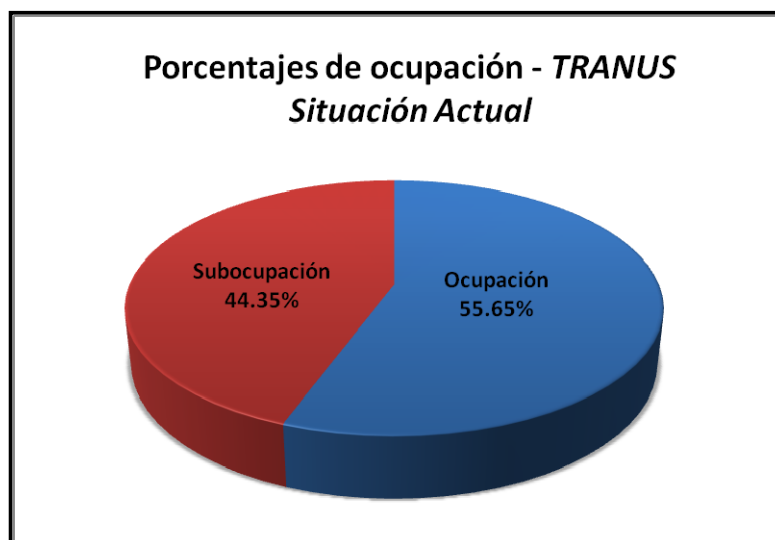
#### **3.2.4.3 Resultados para una hora promedio**

El análisis de la hora promedio es el resultado de la combinación de una hora valle con una hora pico entre las 16 horas laborables en la Ruta arterial cuyos resultados se presentan en el **ANEXO 3.3**. Entre los principales datos del análisis se tiene que la utilidad neta sobre los costos de inversión por hora y por día es del **9.54%** lo que corresponde a una ganancia por bus-hora de **\$ 0.93** centavos de dólar y una ganancia neta al final del día de **\$ 14.86** luego de restar todos los costos de operación.

De los resultados operativos otorgados por el sistema *TRANUS* para esta hora se tiene que la ocupación crítica vehicular en toda la ruta es del **35.65 %** que luego de sumar el porcentaje por nivel de servicio, la ocupación vehicular es del **55.65 %** sobre el 100% de la ocupación total. En la **Figura 3.22** se indica la ocupación actual en las unidades de transporte de la ruta arterial.



**Figura 3.22:** Ocupación vehicular en la ruta arterial



Fuente: El autor

### 3.2.5. Resumen de resultados para el modelo de la situación actual

A continuación se hace un breve resumen del análisis realizado para la situación actual en la ruta arterial, para lo cual en la **Tabla 3.6** se presentan los pasajeros transportados al día por unidad de transporte, los ingresos por concepto de tarifa, el costo de operación diario, la ganancia neta, el costo de operación transmitido al pasajero, la tarifa equivalente por las categorías tarifarias y el porcentaje de utilidad sobre los costos de inversión que de acuerdo a la evaluación económica es del **9.54 %** para la situación actual.

**Tabla 3.6:** Resumen del análisis económico para la situación actual

COSTOS DE OPERACIÓN – INGRESOS POR TARIFA						
PASAJEROS TRANSPORTADOS AL DÍA POR UNIDAD DE TRANSPORTE PASAJEROS/VEH/DIA	INGRESOS POR TARIFA DÓLAR/VEH/DIA	COSTOS DE OPERACIÓN DÓLAR/VEH/DIA	GANANCIA NETA DÓLAR/VEH/DIA	COSTO DE OPERACIÓN POR PASAJERO DÓLAR/PASAJERO	TARIFA EQUIVALENTE DÓLAR/PASAJERO	% UTILIDAD DÓLAR/VEH/DIA
813	\$ 170.57	\$ 155.71	\$ 14.86	\$ 0.192	\$ 0.2098	9.54 %

Fuente: El autor



### 3.2.5. Conclusiones de la evaluación

De la evaluación realizada para la Ruta arterial se establece las siguientes conclusiones:

- La ocupación crítica en el sistema de transporte es del **55.65 %** y por lo tanto la subocupación es del **44.35 %** la cual es demasiado elevada para una **ruta de tipo arterial con transporte masivo**, la subocupación es el principal indicador de la sobreoferta en la ruta arterial
- En las condiciones actuales de funcionamiento el costo de operación por pasajero es de **19.2 centavos de dólar** (de la relación costos – demanda) y por tanto la utilidad que se genera con respecto a la tarifa equivalente de \$ **0.2098** es del **9.54 %** la cual representa un ingreso neto por día/bus de \$ **14.86** en promedio.
- Se concluye que el problema de rentabilidad en la ruta arterial del SITU no se debe a los costos de operación sino al **desequilibrio existente entre la oferta y la demanda** por lo cual técnicamente no es conveniente incrementar la tarifa estudiantil universitaria de \$ **0.15** a \$ **0.25** como sugieren los transportistas porque existe una sobreoferta claramente marcada por la cual los usuarios del servicio no están obligados a pagar; ya que el problema se encuentra en la **organización del transporte y no en los costos de operación.**



## CAPÍTULO IV

### 4. MODELACIÓN DE UNA PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN

#### 4.1. Descripción general de la propuesta

A partir de los resultados obtenidos se propone una alternativa para la optimización de recursos y para el mejoramiento de la rentabilidad de los transportistas; la cual consiste en una **reducción de la oferta actual** y en un **cambio de la frecuencia de operación**.

#### 4.2. Programación para la propuesta de optimización

Para el desarrollo de la presente propuesta se establece una nueva programación de operación que establece un cambio en el número de unidades y en las frecuencias de salida tanto para la hora valle como para la hora pico. A continuación en la **Tabla 4.1** se presenta la propuesta de programación

**Tabla 4.1:** Programación de operación para la propuesta de optimización

#### HORA VALLE

Descripción	Unidades
Flota Efectiva	20
Alimentación UNL	6
Alimentación Sauces Norte	6
Reserva Operacional	
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>

#### HORA PICO

Descripción	Unidades
Flota Efectiva	30
Alimentación UNL	1
Alimentación Sauces Norte	1
Reserva Operacional	
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>

#### FRECUENCIA EN UNA HORA NORMAL

##### TIEMPO DE SALIDA POR SENTIDO

SENTIDO S-N	0.07 h	4 min
SENTIDO N-S	0.07 h	4 min

##### FRECUENCIA POR HORA

SENTIDO	Nº BUSES
Sentido S-N	16
Sentido N-S	16
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>

#### FRECUENCIA EN UNA HORA PICO

##### TIEMPO DE SALIDA POR SENTIDO

SENTIDO S-N	0.04 h	2.5 min
SENTIDO N-S	0.04 h	2.5 min

##### FRECUENCIA POR HORA

SENTIDO	Nº BUSES
Sentido S-N	24
Sentido N-S	24
<b>TOTAL</b>	<b>48</b>





**TIEMPO DE ESPERA POR BUS  
ANTES DE LA SALIDA:**

**TIEMPO**      24 min

**TIEMPO DE ESPERA POR BUS  
ANTES DE LA SALIDA:**

**TIEMPO**      3 min

Fuente: El autor

La tabla anterior presenta la nueva programación de la propuesta de optimización para la ruta arterial del SITU, la misma que es el resultado de varios análisis efectuados tomando como base la demanda, la disponibilidad de asientos libres e intervalos de tiempo.

Esta nueva programación nos indica que se requieren **32 unidades** para cubrir la demanda diaria, adicionalmente se añaden 9 unidades más que se encuentran en calidad de reserva por mantenimiento y reten; de esta manera se tendría una flota total de **41 unidades** que prestarían el servicio de transporte de forma eficaz y eficiente en la ruta.

A continuación se da a conocer el programa de operación en lo que se refiere a los intervalos de salida y frecuencias. Para el caso de una **hora valle** se establece un cambio en intervalo de salida de 3 minutos en la situación actual a 4 minutos para la propuesta entre cada unidad despachada con una frecuencia total de 16 unidades - hora por sentido de circulación. De esta manera se tiene un total de 32 unidades para cubrir toda la ruta en sus dos sentidos de circulación, finalmente se establece que el tiempo de terminal en los alimentadores es de 24 minutos por bus.

Para el caso de la **hora pico** se establece un incremento en el intervalo de salida de 2 minutos en la situación actual a 2.5 minutos entre cada unidad despachada con una frecuencia total de 24 unidades por hora. De esta manera se tiene un total de 48 unidades para cubrir toda la ruta, esta programación garantiza una eficiente evacuación de la demanda generada en la hora pico, finalmente se establece que el tiempo de terminal en los alimentadores es de 3 minutos por bus.

Para el caso de la **hora promedio** su frecuencia se determina en base a la hora valle y hora pico siguiendo el mismo procedimiento que se realizó para el caso de la situación actual.



### 4.3. Modelación de la propuesta de optimización

Con los datos de frecuencia establecidos en la nuevo programa de operación para la hora valle, hora pico y hora promedio se realiza una nueva modelación. Para lo cual se usará como base de análisis el modelo de transporte anteriormente diseñado con el propósito de utilizar las características de la ruta e implementar los nuevos datos de frecuencia para cada uno de los escenarios establecidos, el procedimiento de ejecución de estos nuevos escenarios es similar al primer caso de modelación por lo tanto en esta sección no se describe el procedimiento y únicamente se enfocará al análisis de los resultados.

#### 4.3.1. Establecimiento de escenarios

Los escenarios o hipótesis de modelación serán los mismos que para el caso de la evaluación del sistema y la única diferencia se dará en la estructura operacional con el cambio de las frecuencias para los tres escenarios establecidos, esto es para la hora valle, pico y promedio. Este procedimiento se realiza con el fin de establecer parámetros de comparación entre la situación actual y la propuesta de optimización que permitan comprender de una mejor manera el comportamiento en la implementación de una nueva propuesta.

##### 4.3.1.1 Resultados para una hora valle o normal

Los resultados correspondientes a la hora valle para la propuesta de optimización se muestran en el **ANEXO 4.1** en el cual se puede observar que la utilidad por **bus - hora** es de \$ **2.22**, superior a la situación actual en la hora valle que es de \$ **-0.17** y así mismo la ocupación crítica vehicular en toda la ruta dada por los resultados operativos es del 42.63 % que luego de sumarle el 20% por nivel de servicio la ocupación sería del **62.63 %** superior al **54.10 %** en la situación actual.

##### 4.3.1.2 Resultados para una hora pico

Los resultados correspondientes a la hora pico se muestran en el **ANEXO 4.2** en el cual se puede observar que la utilidad por **bus - hora** es de \$ **13.29**, superior a la situación actual en la hora valle que es de \$ **8.62**. Por otro lado la ocupación crítica vehicular en toda la ruta dada por los resultados operativos es del 53.61 % que luego



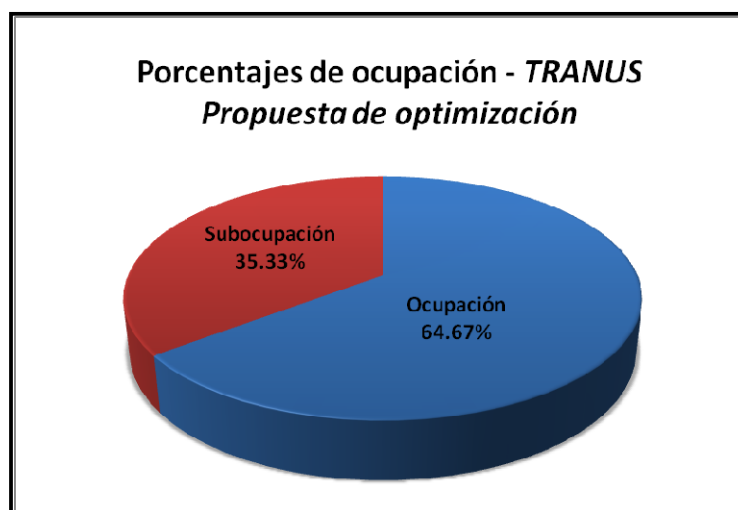
de sumarle el 20% por nivel de servicio la ocupación sería del **73.61 %** superior al **62.89 %** en la situación actual.

#### 4.3.1.3 Resultados para una hora promedio

El análisis de la hora promedio como se indico en el modelo anterior es el resultado de la combinación de una hora valle con una hora pico entre las 16 horas laborables al día para la ruta arterial cuyos resultados se presentan en el **ANEXO 4.3**. Entre los principales datos del análisis se tiene que la utilidad neta sobre los costos de inversión es del **36.92 % bus - día** lo que corresponde a una ganancia por **bus - hora** de **\$ 3.59** y una ganancia neta al final del día de **\$ 57.52** luego de restar todos los costos de operación.

De los resultados operativos otorgados por el sistema *TRANUS* se tiene que la ocupación crítica vehicular es del 44.67 % que luego de sumar el porcentaje por nivel de servicio, la ocupación vehicular es del **64.67%** y por lo tanto la subocupación o sobreoferta es del **35.33 %**. En la **Figura 4.1** se indica la ocupación para el modelo de la propuesta de optimización.

**Figura 4.1:** Ocupación vehicular en la propuesta de optimización



Fuente: El autor



### 4.3.2. Resumen de resultados para la propuesta de optimización

En la presente sección se hace un breve resumen de los resultados obtenidos para el caso de la propuesta de optimización, en la **Tabla 4.2** se presentan los resultados económicos más importantes. Al igual que en el modelo de la situación actual dicha tabla contiene los siguientes datos: pasajeros transportados al día por unidad de transporte, los ingresos por concepto de tarifa, el costo de operación diario, la ganancia neta, el costo de operación transmitido al pasajero, la tarifa equivalente por todas las categorías tarifarias y el porcentaje de utilidad sobre los costos de inversión en donde con la nueva propuesta de operación se tendría utilidades del **36.92 %** aproximadamente.

**Tabla 4.2:** Resumen del análisis económico para la propuesta de optimización

RESUMEN COSTOS DE OPERACIÓN – INGRESOS POR TARIFA						
PASAJEROS TRANSPORTADOS AL DÍA POR UNIDAD DE TRANSPORTE PASAJEROS/VEH/DIA	INGRESOS POR TARIFA DÓLAR/VEH/DIA	COSTOS DE OPERACIÓN DÓLAR/VEH/DIA	GANANCIA NETA DÓLAR/VEH/DIA	COSTO DE OPERACIÓN POR PASAJERO DÓLAR/PASAJERO	TARIFA EQUIVALENTE DÓLAR/PASAJERO	% UTILIDAD DÓLAR/VEH/DIA
1017	\$ 213.30	\$ 155.71	\$ 57.60	\$ 0.153	\$ 0.2098	36.92 %

Fuente: El autor

### 4.3.3. Conclusiones de la propuesta de optimización.

Una vez realizados todos los análisis anteriormente descritos se establece las siguientes conclusiones:

- Con la propuesta de optimización se requiere una flota operativa de 41 unidades de transporte frente a las 50 unidades que actualmente vienen prestando el servicio.
- Para la operación diaria con la propuesta de optimización se utilizarían 32 unidades tipo de 75 pasajeros y 9 unidades adicionales que se encuentran en calidad de reserva por mantenimiento y reten.



- En cuanto se refiere a los tiempos de espera por parada para el caso de la hora valle se incremento en 1 minuto, quedando un tiempo de 4 minutos de espera frente a los 3 minutos para la situación actual. Y para el caso de la hora pico se incrementa en ½ minuto, quedando un tiempo de 2.5 minutos de espera frente a los 2 minutos de la situación actual.
- Con el incremento en el tiempo de espera se redujo la frecuencia de operación de 20 a 16 buses - hora para el caso de la hora valle y de 30 a 24 buses-hora para el caso de la hora pico.
- Con el incremento del tiempo de espera y la reducción de la frecuencia operativa se mejora la ocupación vehicular de **813 pasajeros/bus/día** en la situación actual (dado por el estudio de ascenso y descenso de pasajeros) a **1017 pasajeros/bus/día**.
- La ocupación vehicular en toda la ruta con la propuesta de optimización sería del **64.67 %** que es superior al **55.65%** de la situación actual y por lo tanto la subocupación o sobre oferta se reduce del **44.35%** al **35.63 %**. Este último indicador puede ser reducido al disminuir la frecuencia operativa pero por cuestiones de nivel de servicio y de las características operativas que debe tener una ruta tipo arterial no es conveniente realizarlo.
- En las condiciones actuales de funcionamiento el costo de operación por pasajero es de **19.2** centavos de dólar con la propuesta de optimización el costo de operación se reduce a **15.3** centavos de dólar (de la relación costos – demanda) y por tanto la utilidad que se genera con respecto a la tarifa equivalente de 20.98 centavos de dólar es del **36.92 %** frente al **9.54 %** de la situación actual.



## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Finalizada la investigación sobre la “Optimización del Rendimiento y Costos de Operación para el Corredor Arterial del SITU” y en base a los resultados obtenidos, se puede asegurar que el presente trabajo ha significado una experiencia muy importante y un aporte muy significativo para el mejoramiento del sistema de transporte en la ciudad de Loja, así como también de una herramienta de apoyo para posteriores investigaciones.

#### 5.1. Conclusiones:

En base a los análisis realizados durante el presente trabajo investigativo, se plantean las siguientes conclusiones:

- La demanda promedio diaria - anual del servicio de transporte público en el **corredor arterial** de la ciudad de Loja es de **32 534** pasajeros, de los cuales **17 249** pasajeros corresponden al sentido de circulación Sur – Norte que equivale al **53 %** de la demanda total y **15 285** pasajeros corresponden al sentido de circulación Norte - Sur que equivale al **47 %** de la demanda total.
- De acuerdo a la caracterización de la demanda, del total de pasajeros transportados al día, el **65.21 %** paga una tarifa común de **\$ 0.25**, el **18.02 %** tarifa especial **\$ 0.12** y el **16.77 %** tarifa universitaria (UNL) de **\$ 0.15**.
- En promedio para las condiciones actuales de operación un bus de la ruta arterial transporta **813 pasajeros/veh/día** lo que genera una producción económica por concepto de tarifa de **170.57 dólar/veh/día** aproximadamente y una tarifa equivalente de **\$ 0.2098** por pasajero.
- Del análisis de los costos de operación para un vehículo tipo de 75 pasajeros se tiene un costo anual de **43 394.23 dólar/veh/año** y de **155.71 dólar/veh/día** respectivamente del cual el costo de operación transmitido al pasajero es de **\$ 0.1920**.



- La utilidad económica en la **situación actual** para un bus que presta su servicio en la ruta arterial del SITU es del **9.54%** anual sobre los costos de operación lo que representa un ingreso diario de **\$ 14.86**
- La ocupación vehicular (**demanda**) en el sistema de transporte (**oferta**) para la situación actual es del **55.65 %** y por lo tanto la subocupación es del **44.35 %** la cual es demasiado elevada para una ruta de tipo arterial con transporte masivo, de lo cual se concluye que la subocupación o sobreoferta es el principal causante de los problemas de rentabilidad.
- Como resultado de la evaluación económica y operacional se concluye que técnicamente no es conveniente incrementar la tarifa estudiantil universitaria de **\$ 0.15** a **\$ 0.25** en la ruta arterial como sugieren los transportistas porque existe una sobreoferta claramente marcada por la cual los usuarios del servicio de transporte no están obligados a pagar, ya que **no existe un equilibrio entre la oferta y la demanda** por lo tanto el problema se encuentra en la organización del transporte y no en los costos de operación.
- Con la propuesta de optimización se reorganizó la flota operativa reduciendo la cantidad de vehículos de **40** a **32** para la operación diaria y una reserva de **9 vehículos** que se encuentran en calidad de reten por mantenimiento teniendo un total de **41 unidades** para la operación anual frente a las **50 unidades** que actualmente prestan el servicio.
- La reorganización de la flota operativa conlleva a una restructuración de la frecuencia de operación para la hora valle y pico respectivamente con el incremento del tiempo de espera en la parada como es el caso de 4 minutos para la hora valle y de 2.5 minutos para la hora pico, cuyo incremento es 1 minuto para el caso de la hora valle y de ½ para el caso de la hora pico con respecto a la situación actual de operación.
- La ocupación vehicular con la nueva propuesta se mejora en un **64.67 %** que es superior al **55.65%** de la situación actual y por lo tanto la subocupación o sobre oferta se reduce del **44.35%** en la actualidad al **35.63 %** para la propuesta.



- El mejoramiento de la ocupación o demanda por vehículo se hace notable ya que de **813 pasajeros/veh/día** que se transporta en la situación actual se incrementaría a **1017 pasajeros/veh/día** con la propuesta de optimización lo cual genera una mayor producción económica por concepto de tarifa.
- El recaudo por concepto de tarifa se incrementa de **170.57 dólar/veh/día** en la situación actual a **213.30 dólar/veh/día** con la propuesta de optimización lo que produce automáticamente una disminución del costo de operación transmitido al pasajero de **\$ 0.1920 a \$ 0.1530** generando un incremento en las utilidades del **9.54 %** anual en la situación actual al **36.92 %** anual.
- La ganancia de los operadores de transporte para un día útil de trabajo luego de restar costos de operación pasaría de **\$ 14.86 a \$ 57.60** dólares al aplicarse la nueva programación de operación **sin incrementar las tarifas existentes.**
- Un buen sistema de transporte es aquel que con el menor número de unidades transporta la mayor cantidad de pasajeros, evitando congestión, contaminación y ruido.
- Finalmente a través del presente estudio queda comprobado que el factor tiempo dentro de la planificación y operación del transporte conlleva a la ganancia o pérdida de los recursos económicos.

## 5.2. Recomendaciones:

- Como un punto primordial para mantener el equilibrio entre la oferta y la demanda se recomienda promocionar e incentivar el uso del sistema de transporte público urbano como el principal medio de movilización entre las diferentes zonas de la ciudad; para que el mismo desplace el uso del auto particular evitando con esto problemas de congestión y contaminación dentro del casco urbano de la ciudad de Loja.
- Se debe realizar un continuo monitoreo de la demanda del servicio de transporte a través de los estudios de ascenso y descenso con el fin de





conocer el comportamiento de la demanda en el sistema de transporte y de esta manera posibilitar la práctica de políticas que mejore su funcionalidad.

- Uno de los principales problemas que afecta el costo de operación es la dispersión de la propiedad en el sistema de transporte para lo cual se debe reforzar las bases organizacionales estableciendo acuerdos que permitan una mejor administración de las unidades utilizando la economía a gran escala en cuanto se refiere al mantenimiento con la finalidad de que funcionen como un solo cuerpo y no de manera independiente como se lo viene haciendo. De esta manera se puede posibilitar ahorros significativos a los transportistas.
- Se debe brindar un mejor servicio a los usuarios en cuanto se refiere a seguridad y buen trato a través de capacitación y evaluación constante dirigida a cada uno de los conductores y ayudantes que forman parte del servicio de transporte.
- Implementar el uso del sistema *TRANUS* como herramienta de evaluación y proyección en posteriores investigaciones tales como el caso del sistema de transportes UTPPL en el cual existen rutas definidas y una demanda de estudiantes que se localizan en las distintas zonas de la ciudad, para llevar un manejo técnico en la distribución de frecuencias de salida, costos de operación y nivel de servicio.
- Se recomienda implementar la presente investigación con el desarrollo de un SIG para la creación de una base de datos que permitan proyectar la población demandante de transporte en los próximos años y por ende el crecimiento de las diferentes zonas en la ciudad.



## CAPÍTULO VI

### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MOLINERO ANGEL; SANCHEZ IGNACIO. Transporte Público: Planeación, Diseño, Operación y Administración; Ed. Universidad Autónoma del Estado de México - Ed. 2001. Págs. 269 - 300, 313 – 325, 334 – 355.
2. Consorcio BCEOM – GMI – WSA. Plan Intermodal de Transportes del Perú. Capítulo 2. Selección del modelo de Transporte, Zonificación y Metodología de Modelación – 2005. Pág. 1 y 2.
3. EMPRESA MODELISTICA. TRANUS – Tutorial: Formulación Matemática. El Sistema de Transporte – Ed. 2007. Caracas - Venezuela. Pág. 2, 19
4. TOMÁS DE LA BARRA, PhD 1999; Paper. Asignación probabilística multimodal. Instituto de Urbanismo, Universidad Central de Venezuela. Pág. 11 -18.
5. PAUL R. WOLF; RUSSELL C. BRINKER. Libro de TOPOGRAFÍA. 9 Ed. Impreso en Colombia (1998 ALFAOMEAGA S.A). Capítulo 28 – Fotogrametría. Pág. 675 – 677.
6. PAUL C. BOX; OPPONLANDER JOSEP C. Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. 4 Ed. México - 1976. Pág 116 -117
7. Asesoría Técnica UMTTSV-L. Estudio de Factibilidad del Sistema Transporte Masivo Urbano Para la Ciudad de Loja 1999. Informe del SITU. Estudio de Zonificación. Pág. 33 -38.
8. EMPRESA MODELISTICA. TRANUS – Tutorial: Descripción General. Marco teórico del sistema TRANUS – Ed. 2007. Caracas – Venezuela. Pág. 1 – 9
9. BACKER JACOBSEN; RAMIREZ PADILLA. Libro: Contabilidad de costos un enfoque administrativo para la toma de decisiones. 1 Ed. 2002 Colombia, Pág. 15 -18.
10. SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL DE MÉXICO. Manual normativo. Tomo II. Manual de conceptos y lineamientos para la planeación del transporte urbano. Págs. 1 - 59



**ANEXO 1**  
**FORMATOS DE ENCUESTAS**



**ANEXO 1.1**

**FORMATO DE ENCUESTA ORIGEN Y DESTINO**



**I. MUNICIPIO DE LOJA**

UNIDAD MUNICIPAL DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE TERRESTRE



RESPONSABLE: .....

DIA: .....

UNIDAD REG. MUN.: .....

HORA DE SALIDA : ..... LUGAR DE SALIDA: .....

HORA DE LLEGADA: ..... LUGAR DE LLEGADA: .....

HORA DE SALIDA: ..... LUGAR DE SALIDA: .....

HORA DE LLEGADA: ..... LUGAR DE LLEGADA: .....

Nro.	Donde empezó su viaje o recorrido	A donde va:	Necesita tomar otro bus para llegar a su destino	Cuántas veces utiliza el bus al día	Cuánto pagó de pasaje	Es estudiante de la UNL
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						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						





**ANEXO 2**  
**MATRICES ORIGEN - DESTINO**

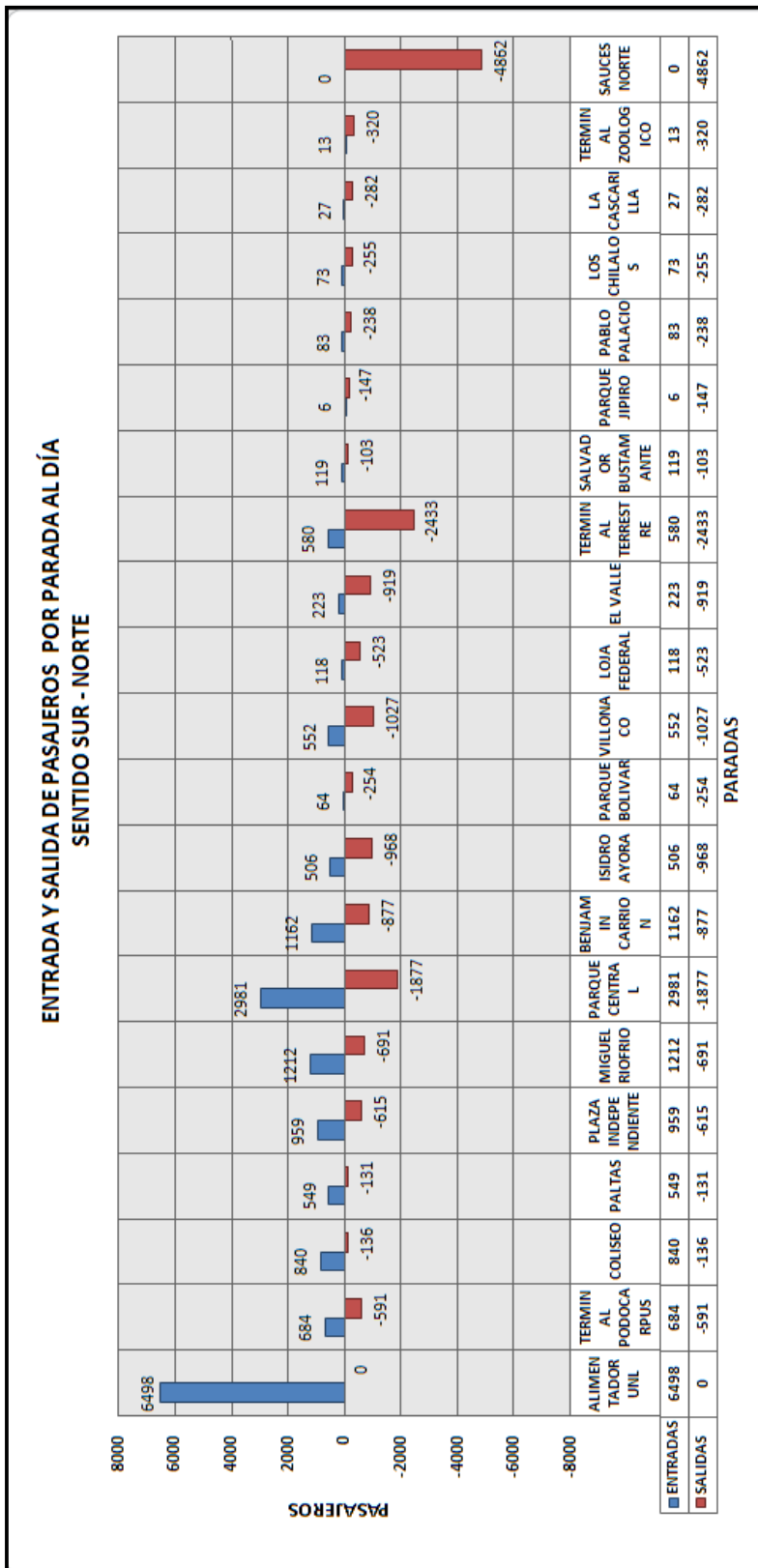


**ANEXO 2.1**  
**MATRIZ ORIGEN - DESTINO DE PASAJEROS PARA UN DÍA COMPLETO DE OPERACIÓN**  
**SENTIDO SUR – NORTE**  
**SEPTIEMBRE, 2009**

Nº	PARADAS SUR - NORTE	ENTRAN	ALIMENTADOR UNL	TERMINAL PODOCARPUS	COLUSEO	PALTAS	PLAZA INDEPENDIENTE	MIGUEL RÍOFRÍO	PARQUE CENTRAL	BENJAMIN CARBON	ISIDRO AYORA	PUERTO VOUJAR	VILLOLONCO	LOJA FEDERAL	EL VALLE	TERMINAL TERRESTRE	SALVADOR BUSTAMANTE	PARQUE JIPIRO	PABLO PALACIOS	LOS CHIALOS	LA CASCARILLA	TERMINAL ZOOLOGICO	SAJES NORTE	TOTAL
1	ALIMENTADOR UNL	6498		591	66	117	512	543	1449	556	615	43	204	117	365	308	15	22	51	17	43	43	821	6498
2	TERMINAL PODOCARPUS	684			70	13	54	57	153	58	65	5	22	12	39	32	1	3	6	0	5	5	84	684
3	COLUSEO	840				1	44	72	164	99	60	25	52	30	49	70	16	6	10	10	7	11	114	840
4	PALTAS	549					5	19	81	90	47	5	50	18	33	75	7	10	14	3	8	11	73	549
5	PLAZA INDEPENDIENTE	959						0	30	54	76	41	86	52	62	215	6	16	18	27	21	29	226	959
6	MIGUEL RÍOFRÍO	1212							0	19	49	32	124	76	66	231	9	16	23	21	22	27	497	1212
7	PARQUE CENTRAL	2981								1	45	84	398	157	185	923	19	27	49	64	42	60	927	2981
8	BENJAMIN CARRION	1162									11	18	67	42	72	319	11	14	21	30	42	35	480	1162
9	ISIDRO AYORA	506										1	23	18	35	120	6	8	7	3	14	10	261	506
10	PARQUE BOLIVAR	64											1	0	3	9	8	2	0	6	14	7	14	64
11	VILLOLONCO	552												1	10	121	3	8	16	31	11	22	329	552
12	LOJA FEDERAL	118													0	10	2	3	3	2	2	3	93	118
13	EL VALLE	223														0	0	5	10	3	14	11	180	223
14	TERMINAL TERRESTRE	580															0	7	10	27	24	22	490	580
15	SALVADOR BUSTAMANTE	119																0	0	8	7	6	98	119
16	PARQUE JIPIRO	6																	0	2	0	1	3	6
17	PABLO PALACIO	83																		1	5	10	67	83
18	LOS CHIALOS	73																			1	1	71	73
19	LA CASCARILLA	27																				6	21	27
20	TERMINAL ZOOLOGICO	13																					13	13
21	SAJES NORTE	0																					0	0
	TOTAL SUR NORTE	17249	0	591	136	131	615	691	1877	877	968	254	1027	523	919	2433	103	147	238	255	282	320	4862	17249
	PORCENTAJE		0%	3%	1%	1%	4%	4%	11%	5%	6%	1%	6%	3%	5%	14%	1%	1%	1%	1%	2%	2%	28%	100%



ANEXO 2.2  
ENTRADA Y SALIDA DE PASAJEROS PARA UN DÍA COMPLETO DE OPERACIÓN  
SENTIDO SUR – NORTE  
SEPTIEMBRE, 2009





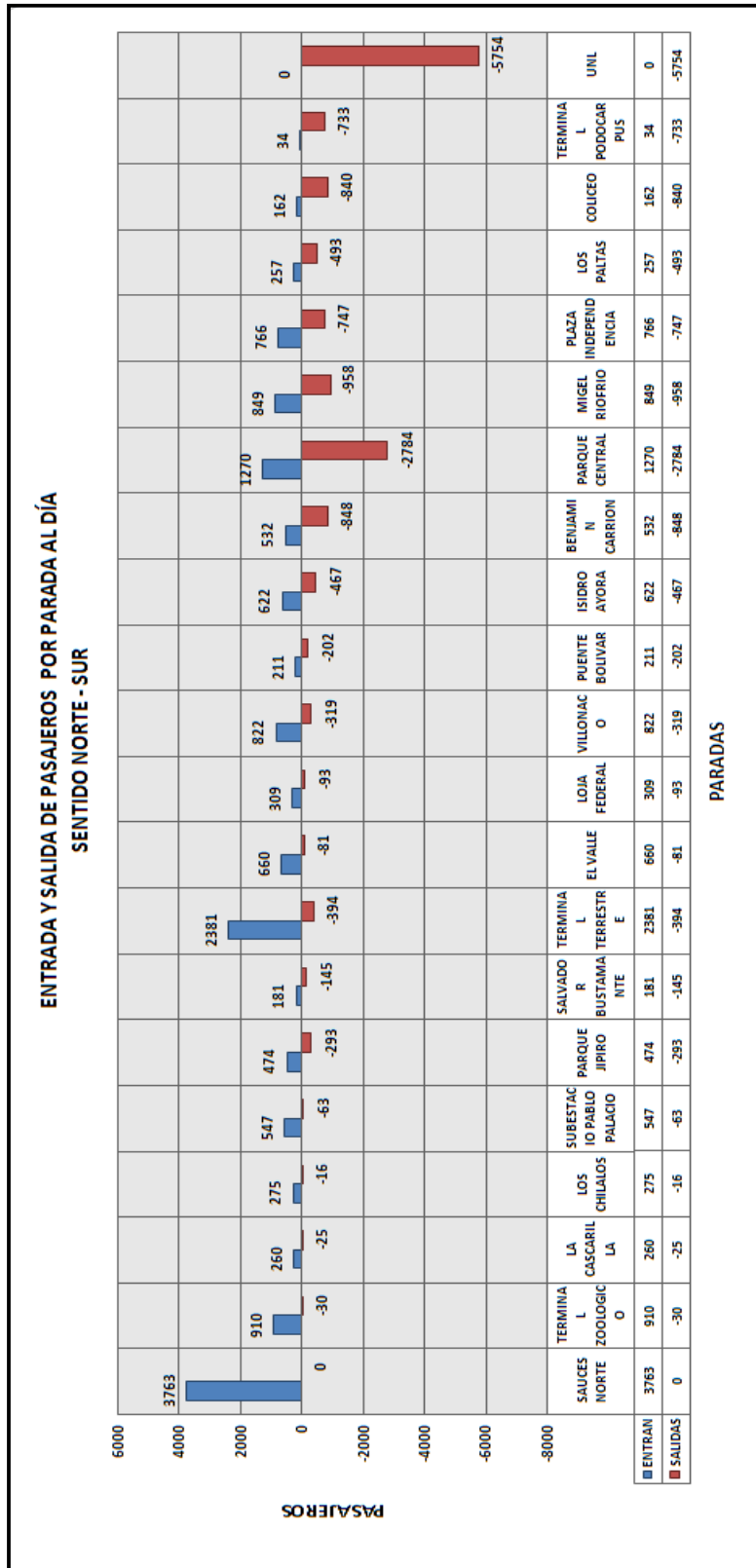


**ANEXO 2.3**  
**MATRIZ ORIGEN - DESTINO DE PASAJEROS PARA UN DÍA COMPLETO DE OPERACIÓN**  
**SENTIDO NORTE – SUR**  
**SEPTIEMBRE, 2009**

Nº	PARADAS NORTE - SUR	ENRIEN	SAUCES NORTE	TERMINAL ZOOLOGICO	LA CASCARILLA	LOS CHILALOS	SUBSTACION PABLO PALACIO	PARQUE JIPIRO	SALVADOR BUSTAMANTE	TERMINAL TERRESTRE	EL VALLE	LOJA FEDERAL	WILONACO	PUENTE BOLIVAR	SIDRO AYORA	BENJAMIN CARRION	PARQUE CENTRAL	MIGUEL RIOFRIO	PLAZA INDEPENDENCIA	LOS PALTAS	COLUECO	TERMINAL PODOCARPUS	UNL	TOTAL
1	SAUCES NORTE	3763	30	25	13	42	202	70	293	23	42	98	91	122	298	896	264	153	79	133	122	767	3763	
2	TERMINAL ZOOLOGICO	910		0	3	10	66	51	47	0	10	24	22	30	85	189	69	37	19	32	30	186	910	
3	LA CASCARILLA	260		0	8	9	9	5	12	3	8	8	5	16	18	50	42	16	8	11	13	28	260	
4	LOS CHILALOS	275			3	6	6	9	16	9	2	33	2	10	16	80	15	15	10	6	10	33	275	
5	SUBSTACION PABLO PALACIO	547			10	9	10	9	24	2	6	24	2	18	43	79	32	44	16	54	38	146	547	
6	PARQUE JIPIRO	474						1	2	7	3	23	8	40	34	142	41	24	31	29	27	62	474	
7	SALVADOR BUSTAMANTE	181							0	0	0	0	0	21	60	0	0	0	0	0	0	40	181	
8	TERMINAL TERRESTRE	2381							37	37	22	100	41	124	207	761	205	162	87	98	115	422	2381	
9	EL VALLE	660									0	8	9	26	66	158	72	50	26	51	43	151	660	
10	LOJA FEDERAL	309									1	1	1	3	24	95	31	16	10	10	12	106	309	
11	WILONACO	822										0	17	54	230	106	96	46	58	66	149	822		
12	PUENTE BOLIVAR	211										1	2	62	29	24	14	11	16	52	16	211		
13	SIDRO AYORA	622													1	41	66	43	56	55	319	622		
14	BENJAMIN CARRION	532														1	10	33	29	65	42	352		
15	PARQUE CENTRAL	1270															1	10	67	120	65	1007	1270	
16	MIGUEL RIOFRIO	849																1	6	84	31	727	849	
17	PLAZA INDEPENDENCIA	766																	2	22	8	734	766	
18	LOS PALTAS	257																		0	0	257	257	
19	COLUECO	162																			0	162	162	
20	TERMINAL PODOCARPUS	34																				34	34	
21	UNL	0																					0	
<b>TOTAL SUR NORTE</b>		15285	0	30	25	16	63	293	145	394	81	93	319	202	467	848	2784	958	747	493	840	733	5754	15285
<b>PORCENTAJE</b>			0%	0%	0%	0%	0%	2%	1%	3%	1%	1%	2%	1%	3%	6%	18%	6%	5%	3%	5%	5%	38%	100%

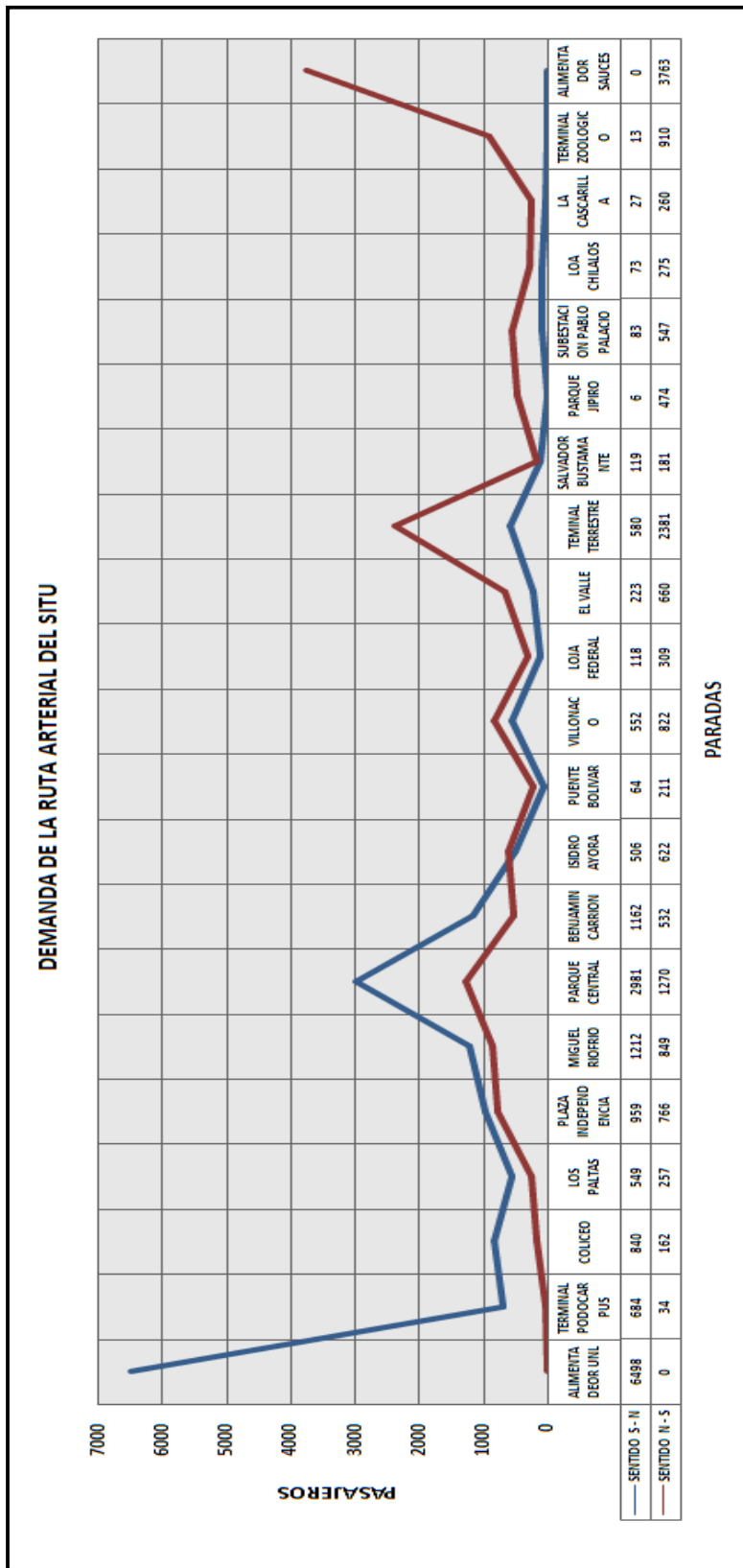


**ANEXO 2.4**  
**ENTRADA Y SALIDA DE PASAJEROS PARA UN DÍA COMPLETO DE OPERACIÓN**  
**SENTIDO SUR – NORTE**  
**SEPTIEMBRE, 2009**





ANEXO 2.5  
ENTRADA Y SALIDA DE PASAJEROS PARA UN DÍA COMPLETO DE OPERACIÓN  
SENTIDO SUR – NORTE  
SEPTIEMBRE, 2009





**ANEXO 2.6**  
**MATRIZ ORIGEN - DESTINO DE PASAJEROS DE ACUERDO A LA ZONIFICACIÓN**  
**PARA UN DÍA COMPLETO DE OPERACIÓN**  
**SENTIDO NORTE – SUR, SUR - NORTE**  
**SEPTIEMBRE, 2009**

Nº	UNL	ZONAS	DESTINO																	TOTAL		
			ENTRAN	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016		1017	
1			5026	14	236	295	611	2242	542	179	38	104	321	271	32	18	27	91	288	433	5728	
2			686	21	0	59	83	306	74	25	6	14	43	36	5	2	3	13	40	59	782	
3			617	710	119	356	136	268	65	22	5	13	39	32	5	2	3	9	34	51	705	
4			3099	1335	222	667	428	659	184	156	104	100	144	360	60	17	25	128	165	248	3534	
5			7023	225	38	112	165	83	124	434	290	276	323	1472	97	36	56	343	762	1142	8007	
6			990	101	17	51	149	290	11	15	9	18	35	120	14	2	5	28	105	156	1130	
7			868	68	11	34	99	193	7	0	1	0	8	78	13	5	6	54	82	124	890	
8			579	71	11	35	36	149	3	1	0	1	6	52	9	2	3	36	55	82	658	
9			372	116	19	58	128	296	26	7	10	0	9	9	3	1	2	7	38	56	422	
10			776	323	54	161	347	1174	124	57	84	22	36	0	5	5	6	29	72	108	885	
11			2598	113	19	57	83	217	100	31	21	3	7	3	7	5	6	73	196	294	2963	
12			684	113	7	22	46	62	7	5	2	3	7	8	0	0	24	41	60	779	1496	
13			240	44	7	22	46	62	7	7	5	2	7	9	8	0	16	16	24	275	1550	
14			313	66	11	33	68	92	11	9	6	3	2	15	11	0	0	0	11	16	354	
15			1359	179	30	92	154	565	56	46	30	21	13	75	146	9	15	8	93	1550	2276	
16			1313	213	35	107	146	584	49	46	38	25	9	117	108	7	10	0	10	1496	32534	
17			1996	320	54	160	219	874	73	68	46	17	14	176	163	10	15	67	0	2956	100%	
TOTAL AL DÍA				3919	883	2299	2898	8054	1466	1112	693	619	1000	2825	686	121	182	918	1913	918	2956	32534
PORCENTAJES				12%	3%	7%	9%	25%	5%	3%	2%	2%	3%	9%	2%	0.40%	1%	3%	6%	9%	9%	100%



**ANEXO 2.7**  
**MATRIZ ORIGEN - DESTINO DE PASAJEROS DE ACUERDO A LA ZONIFICACIÓN**  
**PARA UNA HORA VALLE O NORMAL**  
**SENTIDO NORTE – SUR, SUR -NORTE**  
**SEPTIEMBRE, 2009**

Nº	ZONAS	ENTRAN	DESTINO																	TOTAL
			1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	
1	UNL	5026	13	17	34	126	30	10	2	6	18	15	2	1	2	5	16	24	321	
2	Cementerio	686	1	3	5	17	4	2	0	1	2	2	1	0	1	2	2	3	44	
3	Supermaxi	617	1	0	8	15	4	1	0	1	2	2	0	0	0	0	2	3	39	
4	San Sebastian	3099	40	7	20	37	10	9	6	6	8	20	3	1	7	7	9	14	198	
5	Parque Central	7023	75	12	37	24	7	24	16	16	18	83	6	2	3	19	43	64	449	
6	Túnel Ahorcados	990	12	2	6	9	5	1	1	1	2	7	1	0	0	2	5	9	63	
7	Mercado Mayorista	868	6	1	3	9	15	1	0	0	0	4	1	0	0	3	5	7	55	
8	San José	579	4	1	2	6	11	0	0	0	0	3	1	0	0	2	3	5	38	
9	Hospital IESS	372	4	1	2	2	8	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	3	24	
10	El valle	776	7	1	3	7	17	2	0	1	0	0	0	0	0	2	4	6	50	
11	Terminal	2598	18	3	9	20	66	7	3	5	1	2	0	0	0	4	11	17	166	
12	Jlpiro	684	6	1	3	5	12	6	3	1	0	0	0	0	0	1	2	3	43	
13	La Paz	240	3	0	1	3	4	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	16	
14	Las Pitas	313	4	1	2	4	5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	20	
15	La Banda	1359	10	2	5	9	32	3	3	2	1	4	8	0	1	0	0	5	86	
16	Motupe	1313	12	2	6	8	33	3	2	2	0	1	6	0	1	0	0	1	84	
17	Sauces Norte	1996	18	3	9	12	49	4	4	3	1	10	9	0	1	4	0	0	128	
TOTAL AL DIA			221	50	128	165	452	81	63	39	34	55	161	39	4	9	51	106	1824	
PORCENTAJES			12%	3%	7%	9%	25%	4%	4%	2%	2%	3%	9%	2%	0%	1%	3%	6%	9%	100%





**ANEXO 2.9**  
**MATRIZ ORIGEN - DESTINO DE PASAJEROS DE ACUERDO A LA ZONIFICACIÓN**  
**PARA UNA HORA PROMEDIO**  
**SENTIDO NORTE – SUR, SUR -NORTE**  
**SEPTIEMBRE, 2009**

Nº	ZONAS	ENTRAN	DESTINO																	TOTAL
			1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	
1	UNL	5026	15	18	38	140	34	11	2	7	20	17	2	1	2	6	18	27	358	
2	Cementerio	686	1	4	5	18	5	2	0	1	3	2	0	0	0	1	3	4	49	
3	Supermaxi	617	0	22	9	17	4	1	0	1	2	2	0	0	1	1	2	3	44	
4	San Sebastian	3099	44	6	41	12	10	7	6	9	23	4	1	1	8	10	16	220		
5	Parque Central	7023	83	14	42	27	8	27	18	17	20	93	6	2	4	21	48	71		
6	Tunel Ahorcados	990	14	2	7	10	5	1	1	1	2	8	1	0	0	2	7	9		
7	Mercado Mayorista	868	6	1	3	9	18	1	0	0	1	5	1	0	0	3	5	8		
8	San José	579	4	1	2	6	12	1	0	0	0	3	1	1	1	2	3	5		
9	Hospital IESS	372	4	1	2	2	9	0	0	0	0	1	0	1	0	2	3	4		
10	El valle	776	7	1	4	8	18	2	0	1	0	0	0	0	0	2	5	7		
11	Terminal	2598	20	3	10	23	73	9	4	5	1	2	0	0	0	5	12	18		
12	Jipiro	684	7	1	4	5	14	6	2	1	0	0	0	0	0	2	3	4		
13	La Paz	240	3	0	1	3	4	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2		
14	Las Pitas	313	4	1	2	4	5	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1		
15	La Banda	1359	11	2	6	10	35	3	3	2	1	5	9	1	1	1	6	97		
16	Motupe	1313	13	2	7	9	36	3	3	2	2	7	7	0	1	1	7	94		
17	Sauces Norte	1996	20	3	10	14	54	5	4	3	1	11	10	1	4	0	1	142		
<b>TOTAL AL DIA</b>			242	53	144	182	499	94	69	42	38	62	179	43	8	13	58	121	186	2033
<b>PORCENTAJES</b>			12%	3%	7%	9%	25%	5%	3%	2%	2%	3%	9%	2%	0%	1%	3%	6%	9%	100%



### **ANEXO 3**

## **RESULTADOS DE LA MODELACIÓN PARA LA SITUACIÓN ACTUAL**





### ANEXO 3.1 RESULTADOS ECONÓMICOS PARA LA HORA VALLE O NORMAL

DESCRIPCIÓN	CANTIDADES	SÍMBOLO
<b>Oferta operativa:</b>		
Nº Unidades (Flota)	40	U
hr/día (Horas laborables)	14	Hr
Vehículos por hora	40	Veh-Hr
Vehículos por día	560	Veh-Día
Kilómetros recorridos por hora	12.75	Km - Hr
<b>Combustible :</b>		
Parámetro de consumo	0.45	Lt.
Combustible por hora en Litros	229.5	Lt.
Combustible por día en Litros	3213	Lt.
Combustible por día en galones	850	Gl.
Costo (Galón -USD)	1.04	USD
A. Costo Total por Combustible	884	USD
<b>Mantenimiento:</b>		
Costo de mantenimiento por Bus - Hr	8.16	USD
Costo de mantenimiento por Flota - Hr	326.40	USD
Costo de mantenimiento por Flota - día	4569.60	USD
B. Costo total por mantenimiento	4569.6	
<b>Costo total de operación:</b>		
Costos Total de Operación - ( A + B)	5453.60	USD
<b>Demanda:</b>		
Viajes/día (Pasajeros -Día)	25536	Pax-día
Tarifa equivalente - USD	0.2098	USD
Ingresos por tarifa - USD	5357.45	USD
<b>Ganancia Total de la Flota:</b>		
Ganancia Total por Flota - hora	-6.87	USD
Ganancia Total por Flota - día	-96.15	USD
<b>Ganancia Unitaria:</b>		
Ganancia Unitaria - (Bus - hora)	-0.17	USD
Ganancia Unitaria - (Bus - día)	-2.40	USD
Ganancia Unitaria - (Bus - semana)	-13.22	USD
Ganancia Unitaria - USD - (Bus - mes)	-52.88	USD

### RESULTADOS OPERATIVOS

DESCRIPCIÓN	SENTIDO DE CIRCULACIÓN		TOTAL	SÍMBOLO
	S - N	N - S	VUELTA COMPLETA	
Operador	Bus	Bus	Bus	Oper
Frecuencia	20	20	40	Veh-Hr
Distancia Total	12.8	12.7	25.45	Km
Tiempo de recorrido	0:37:55	0:37:38	1:15:33	hr/min/s
Pasajeros por Km	4371	3763	8134	Pax-Km
Vehículos por Km	255	254	509	Veh-Km
Vehículos por hora requeridos	13	12	25	Veh-Hr
Pasajeros por Km/Vehículos por Km	17	15	16	Pax-Km/ Veh
Pasajeros por Km/Vehículos por Hr	345.8	300	323	Pax-Km/ Veh
Velocidad Media	20.1	20.2	20.2	Km - Hr
Flota efectiva	12.6	12.5	25	Vehs
Volumen Crítico	530	493	1023	Pax
% de Ocupación Crítica	35.33	32.87	34.10%	%
Abordajes	965	859	1824	Pax
% Ocupación media	22.86	19.75	21.30	%



### ANEXO 3.2 RESULTADOS ECONÓMICOS PARA LA HORA PICO

DESCRIPCIÓN	CANTIDADES	SÍMBOLO
<b>Oferta operativa:</b>		
Nº Unidades (Bus)	40	U
hr/día (Horas laborables)	2	Hr
Vehículos por hora	60	Veh-Hr
Vehículos por día	120	Veh-Día
Kilómetros recorridos por hora	12.75	Veh-Día
<b>Combustible:</b>		
Parámetro de consumo	0.45	Lt.
Combustible por hora en Litros	229.5	Lt.
Combustible por día en Litros	459	Lt.
Combustible por día en galones	121	Gl.
Costo (Galón -USD)	1.04	USD
A. Costo Total por Combustible	126	USD
<b>Mantenimiento:</b>		
Costo de mantenimiento por Bus - Hr	8.16	USD
Costo de mantenimiento por Flota - Hr	326.40	USD
Costo de mantenimiento por Flota - día	652.80	USD
B. Costo total por mantenimiento	652.8	
<b>Costo total de operación:</b>		
Costos Total de Operación - ( A + B)	779.09	USD
<b>Demanda:</b>		
Viajes/día (Pasajeros -Día)	7000	Pax-día
Tarifa equivalente - USD	0.2098	USD
Ingresos por tarifa - USD	1468.60	USD
<b>Ganancia Total de la Flota:</b>		
Ganancia Total por Flota - hora	344.76	USD
Ganancia Total por Flota - día	689.51	USD
<b>Ganancia Unitaria:</b>		
Ganancia Unitaria - (Bus - hora)	8.62	USD
Ganancia Unitaria - (Bus - día)	17.24	USD
Ganancia Unitaria - (Bus - semana)	94.81	USD
Ganancia Unitaria - USD - (Bus - mes)	379.23	USD

### RESULTADOS OPERATIVOS

DESCRIPCIÓN	SENTIDO DE CIRCULACIÓN		TOTAL	SÍMBOLO
	S - N	N - S	VUELTA COMPLETA	
Operador	Bus	Bus	Bus	Oper
Frecuencia	30	30	60	Veh-Hr
Distancia Total	12.8	12.7	25.45	Km
Tiempo de recorrido	0:37:55	0:37:38	1:15:33	hr/min/s
Pasajeros por Km	7077	6100	13177	Pax-Km
Vehículos por Km	383	381	764	Veh-Km
Vehículos por hora requeridos	19	19	38	Veh-Hr
Pasajeros por Km/Vehículos por Km	22	19	20	Pax-Km/ Veh-
Pasajeros por Km/Vehículos por Hr	435.2	378	1930	Pax-Km/ Veh-
Velocidad Media	20.1	20.2	20.2	Km - Hr
Flota efectiva	19	19	38	Vehs
Volumen Crítico	1000	930	1656	Pax
% de Ocupación Crítica	44.44	41.33	42.89	%
Abordajes	1860	1640	3500	Pax
% Ocupación media	28.80	24.90	26.70	%



### ANEXO 3.3 RESULTADOS ECONÓMICOS PARA LA HORA PROMEDIO

DESCRIPCIÓN	CANTIDADES	SÍMBOLO
<b>Oferta operativa:</b>		
Nº Unidades (Bus)	40	U
hr/día (Horas laborables)	16	Hr
Vehículos por hora	42.5	Veh-Hr
Vehículos por día	680	Veh-Día
Kilómetros recorridos por hora	12.75	Veh-Día
<b>Combustible:</b>		
Parámetro de consumo	0.4500	Lt.
Combustible por hora en Litros	229.5	Lt.
Combustible por día en Litros	3672	Lt.
Combustible por día en galones	970	Gl.
Costo (Galón -USD)	1.04	USD
A. Costo Total por Combustible	1009	USD
<b>Mantenimiento:</b>		
Costo de mantenimiento por Bus - Hr	8.16	USD
Costo de mantenimiento por Flota - Hr	326.40	USD
Costo de mantenimiento por Flota - día	5222.40	USD
B. Costo total por mantenimiento	5222.4	
<b>Costo total de operación:</b>		
Costos Total de Operación - ( A + B)	\$ 6231.24	USD
<b>Demanda:</b>		
Viajes/día (Pasajeros -Día)	32534	Pax-día
Tarifa equivalente - USD	0.2098	USD
Ingresos por tarifa - USD	\$ 6825.63	USD
<b>Ganancia Total de la Flota:</b>		
Ganancia Total por Flota - hora	37.15	USD
Ganancia Total por Flota - día	594.39	USD
<b>Ganancia Unitaria:</b>		
Ganancia Unitaria - (Bus - hora)	\$0.93	USD
Ganancia Unitaria - (Bus - día)	\$14.86	USD
Ganancia Unitaria - (Bus - semana)	\$81.73	USD
Ganancia Unitaria - USD - (Bus - mes)	\$326.91	USD
Porcentaje de utilidad	9.54 %	%

### RESULTADOS OPERATIVOS

DESCRIPCIÓN	SENTIDO DE CIRCULACIÓN		TOTAL	SÍMBOLO
	S - N	N - S	VUELTA	
Operador	Bus	Bus	Bus	Oper
Frecuencia	21.3	21.3	42.6	Veh-Hr
Distancia Total	12.8	12.7	25.45	Km
Tiempo de recorrido	0:37:55	0:37:38	1:15:33	hr/min/s
Pasajeros por Km	4872	4194	9066	Pax-Km
Vehículos por Km	272	271	542	Veh-Km
Vehículos por hora requeridos	14	13	27	Veh-Hr
Pasajeros por Km/Vehículos por Km	18	16	17	Pax-Km/ Veh
Pasajeros por Km/Vehículos por Hr	361.9	313.9	338	Pax-Km/ Veh
Velocidad Media	20.1	20.2	20.2	Km - Hr
Flota efectiva	13.5	13.4	27	Vehs
Volumen Crítico	590	549	1139	Pax
% de Ocupación Crítica	36.93	34.37	35.65	%
Abordajes	1084	949	2033	Pax
% Ocupación media	23.90	20.70	22.30	%



**ANEXO 4**

**RESULTADOS DE LA MODELACIÓN  
PARA LA PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN**



### ANEXO 4.1 RESULTADOS ECONÓMICOS PARA LA HORA VALLE O NORMAL

DESCRIPCIÓN	CANTIDADES	SÍMBOLO
<b>Oferta operativa:</b>		
Nº Unidades (Flota)	32	U
hr/día (Horas laborables)	14	Hr
Vehículos por hora	32	Veh-Hr
Vehículos por día	448	Veh-Día
Kilómetros recorridos por hora	12.75	Km - Hr
<b>Combustible:</b>		
Parámetro de consumo	0.4500	Lt. - Km
Combustible por hora en Litros	183.6	Lt.
Combustible por día en Litros	2570.4	Lt.
Combustible por día en galones	680.0	Gl.
Costo (Galón -USD)	1.04	USD
<b>A. Costo Total por Combustible</b>	<b>707</b>	<b>USD</b>
<b>Mantenimiento:</b>		
Costo de mantenimiento por Bus - Hr	8.16	USD
Costo de mantenimiento por Flota - Hr	261.12	USD
Costo de mantenimiento por Flota - día	3655.68	USD
<b>B. Costo total por mantenimiento</b>	<b>3655.7</b>	
<b>Costo total de operación:</b>		
<b>Costos Total de Operación - ( A + B)</b>	<b>4362.88</b>	<b>USD</b>
<b>Demanda:</b>		
Viajes/día (Pasajeros -Día)	25536	Pax-día
Tarifa equivalente - USD	0.2098	USD
Ingresos por tarifa - USD	5357.45	USD
<b>Ganancia Total de la Flota:</b>		
Ganancia Total por Flota - hora	71.04	USD
Ganancia Total por Flota - día	994.57	USD
<b>Ganancia Unitaria:</b>		
Ganancia Unitaria - (Bus - hora)	2.22	USD
Ganancia Unitaria - (Bus - día)	31.08	USD
Ganancia Unitaria - (Bus - semana)	170.94	USD
Ganancia Unitaria - USD - (Bus - mes)	683.77	USD

### RESULTADOS OPERATIVOS

DESCRIPCIÓN	SENTIDO DE CIRCULACIÓN		TOTAL	SÍMBOLO
	S - N	N - S	VUELTA COMPLETA	
Operador	Bus	Bus	Bus	Oper
Frecuencia	16	16	32	Veh-Hr
Distancia Total	12.8	12.7	25.45	Km
Tiempo de recorrido	0:37:55	0:37:38	1:15:33	hr/min/s
Pasajeros por Km	4371	3763	8134	Pax-Km
Vehículos por Km	204	203	407	Veh-Km
Vehículos por hora requeridos	10	10	20	Veh-Hr
Pasajeros por Km/Vehículos por Km	21	19	20	Pax-Km/ Veh-
Pasajeros por Km/Vehículos por Hr	432.3	375	403.7	Pax-Km/ Veh-
Velocidad Media	20.1	20.2	20.2	Km - Hr
Flota efectiva	10	10	20	Vehs
Volumen Crítico	530	493	1023	Pax
% de Ocupación Crítica	44.17	41.08	42.63	%
Abordajes	965	859	1824	Pax
% Ocupación media	28.57	24.70	26.60	%



## ANEXO 4.2 RESULTADOS ECONÓMICOS PARA LA HORA PICO

DESCRIPCIÓN	CANTIDADES	SÍMBOLO
<b>Nº Unidades (Bus)</b>		
Nº Unidades (Bus)	32	U
hr/día (Horas laborables)	2	Hr
Vehículos por hora	48	Veh-Hr
Vehículos por día	96	Veh-Día
Kilómetros recorridos por hora	12.77	Veh-Día
<b>Combustible:</b>		
Parámetro de consumo	0.45	Lt. - Km
Combustible por hora en Litros	183.9	Lt.
Combustible por día en Litros	367.8	Lt.
Combustible por día en galones	91.9	Gl.
Costo (Galón -USD)	1.04	USD
A. Costo Total por Combustible	96	USD
<b>Mantenimiento:</b>		
Costo de mantenimiento por Bus - Hr	8.16	USD
Costo de mantenimiento por Flota - Hr	261.12	USD
Costo de mantenimiento por Flota - día	522.24	USD
B. Costo total por mantenimiento	522.2	
<b>Costo total de operación:</b>		
Costos Total de Operación - ( A + B)	617.86	USD
<b>Demanda:</b>		
Viajes/día (Pasajeros -Día)	7000	Pax-día
Tarifa equivalente - USD	0.2098	USD
Ingresos por tarifa - USD	1468.60	USD
<b>Ganancia Total de la Flota:</b>		
Ganancia Total por Flota - hora	26.59	USD
Ganancia Total por Flota - día	850.74	USD
<b>Ganancia Unitaria:</b>		
Ganancia Unitaria - (Bus - hora)	13.29	USD
Ganancia Unitaria - (Bus - día)	26.59	USD
Ganancia Unitaria - (Bus - semana)	146.22	USD
Ganancia Unitaria - USD - (Bus - mes)	584.88	USD

## RESULTADOS OPERATIVOS

DESCRIPCIÓN	SENTIDO DE CIRCULACIÓN		TOTAL	SÍMBOLO
	S - N	N - S	VUELTA COMPLETA	
Operador	Bus	Bus	Bus	Oper
Frecuencia	24	24	48	Veh-Hr
Distancia Total	12.8	12.7	25.45	Km
Tiempo de recorrido	0:37:55	0:37:38	1:15:33	hr/min/s
Pasajeros por Km	8251	7113	15364	Pax-Km
Vehículos por Km	306	305	611	Veh-Km
Vehículos por hora requeridos	15	15	30	Veh-Hr
Pasajeros por Km/Vehículos por Km	27	23	25	Pax-Km/ Veh-
Pasajeros por Km/Vehículos por Hr	543.8	472.5	508.4	Pax-Km/ Veh-
Velocidad Media	20.1	20.2	20.2	Km - Hr
Flota efectiva	15	15	30	Vehs
Volumen Crítico	1000	930	1656	Pax
% de Ocupación Crítica	55.56	51.67	53.61	%
Abordajes	1860	1640	3500	Pax
% Ocupación media	35.90	31.10	33.30	%



### ANEXO 4.3 RESULTADOS ECONÓMICOS PARA LA HORA PROMEDIO

DESCRIPCIÓN	CANTIDADES	SÍMBOLO
<b>Oferta operativa:</b>		
Nº Unidades (Bus)	32	U
hr/día (Horas laborables)	16	Hr
Vehículos por hora	34.0	Veh-Hr
Vehículos por día	544	
Kilómetros recorridos por hora	12.75	Veh-Día
<b>Combustible:</b>		
Parámetro de consumo	0.4500	Lt.
Combustible por hora en Litros	183.6	Lt.
Combustible por día en Litros	2938	Lt.
Combustible por día en galones	776	Gl.
Costo (Galón -USD)	1.04	USD
A. Costo Total por Combustible	807	USD
<b>Mantenimiento:</b>		
Costo de mantenimiento por Bus - Hr	8.16	USD
Costo de mantenimiento por Flota - Hr	261.12	USD
Costo de mantenimiento por Flota - día	4177.92	USD
B. Costo total por mantenimiento	4177.9	
<b>Costo total de operación:</b>		
Costos Total de Operación - ( A + B)	\$ 4985.00	USD
<b>Demanda:</b>		
Viajes/día (Pasajeros -Día)	32534	Pax-día
Tarifa equivalente - USD	0.2098	USD
Ingresos por tarifa - USD	\$ 6825.63	USD
<b>Ganancia Total de la Flota:</b>		
Ganancia Total por Flota - hora	115.04	USD
Ganancia Total por Flota - día	1840.64	USD
<b>Ganancia Unitaria:</b>		
Ganancia Unitaria - (Bus - hora)	\$3.59	USD
Ganancia Unitaria - (Bus - día)	\$57.52	USD
Ganancia Unitaria - (Bus - semana)	\$345.12	USD
Ganancia Unitaria - USD - (Bus - mes)	\$1 495.52	USD
Porcentaje de utilidad	36.92 %	%

### RESULTADOS OPERATIVOS

DESCRIPCIÓN	SENTIDO DE CIRCULACIÓN		TOTAL	SÍMBOLO
	S - N	N - S	VUELTA	
Operador	Bus	Bus	Bus	Oper
Frecuencia	17	17	34	Veh-Hr
Distancia Total	12.8	12.7	25.45	Km
Tiempo de recorrido	0:37:55	0:37:38	1:15:33	hr/min/s
Pasajeros por Km	4872	4194	9066	Pax-Km
Vehículos por Km	217	216	433	Veh-Km
Vehículos por hora requeridos	11	10	21	Veh-Hr
Pasajeros por Km/Vehículos por Km	22	19	21	Pax-Km/ Veh-
Pasajeros por Km/Vehículos por Hr	398.2	345.3	371.9	Pax-Km/ Veh-
Velocidad Media	20.1	20.2	20.2	Km - Hr
Flota efectiva	11	10	21	Vehs
Volumen Crítico	590	549	1139	Pax
% de Ocupación Crítica	46.27	43.06	44.67	%
Abordajes	1084	949	2033	Pax
% Ocupación media	29.97	25.91	27.90	%



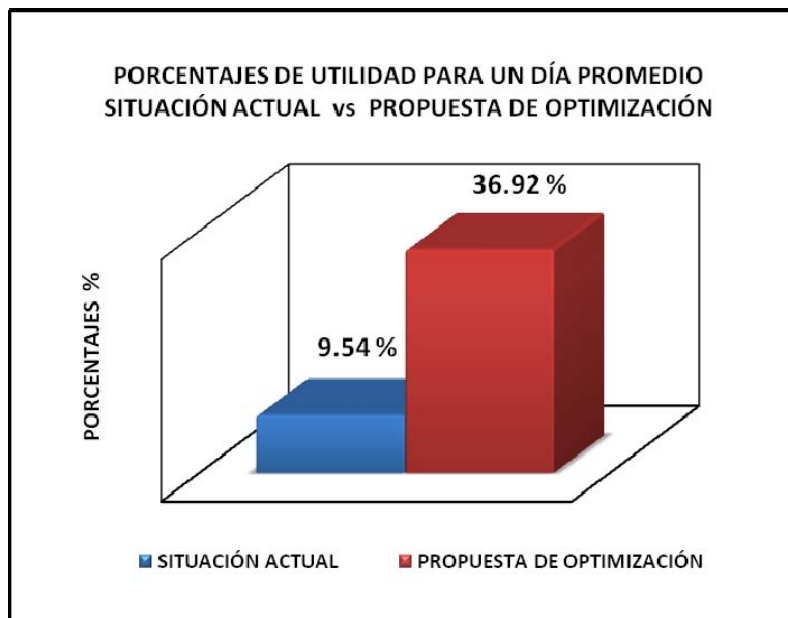
**ANEXO 5**  
**GRÁFICOS COMPARATIVOS**





### ANEXO 5.1

#### PORCENTAJES DE UTILIDAD PARA UN DÍA PROMEDIO SITUACIÓN ACTUAL VS PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN



### ANEXO 5.2

#### UTILIDAD ECONÓMICA EN EL TIEMPO SITUACIÓN ACTUAL VS PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN

