



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

Instituto de Ciencias Matemáticas

Ingeniería en Estadística Informática

“Simulador Matemático del Nuevo Sistema de  
Transporte Masivo de la Ciudad de Guayaquil.  
Troncal Terminal Guasmo – Terminal Río Daule”

## **TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA**

Presentado por:

**Galo Enrique Rodríguez Cochea**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO**

**2005**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme cumplir esta meta, a mis Padres por su apoyo incondicional en el transcurso de mis estudios y finalmente mi gratitud a mis amigas y amigos que comparten los momentos más importantes de mi vida.

# DEDICATORIA

A Dios

A mis Padres

A mis Hermanos

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

ING. ROBERT TOLEDO.  
PRESIDENTE

---

ING. WASHINGTON ARMAS.  
DIRECTOR DE TESIS

---

ING. LUIS RODRÍGUEZ.  
VOCAL

---

ING. EDUARDO ORCES.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de graduación de la ESPOL)

---

Galo Enrique Rodríguez Cochea

## RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo ha sido el de obtener una herramienta para simular el comportamiento de Trocal I del nuevo sistema de transporte para la ciudad de Guayaquil denominado METROVÍA, con el fin de observar y predecir su funcionamiento ante las variaciones de parámetros que configuran sus políticas de operación, de forma que se pueda experimentar bajo distintas consideraciones antes de ponerlas en práctica en el sistema real. El simulador ofrece información tales como la estimación de colas de esperas, tiempos críticos de espera, utilización de buses, flota de buses en circulación, número de viajes, datos de arribo y descensos de pasajeros, entre otros datos estadísticos que se convierten en un instrumento de apoyo para la evaluación y predicción de las políticas operacionales que proponen quienes están a cargo de administración de este nuevo sistema.

Para la comprobación del buen funcionamiento del simulador se realizó un breve levantamiento de información que fue complementada con datos de estudios existente sobre la troncal, adicionalmente se validó el modelo con varias técnicas de confiabilidad en su funcionamiento interno. Finalmente se analizó su comportamiento con las variaciones de sus parámetros, para verificar la coherencia de los datos.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	Pág. I
ÍNDICE GENERAL	II
ABREVIATURAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	1
1. EL TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL .....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Nuevo Sistema de transporte masivo para la ciudad de Guayaquil .	2
1.3. Troncal I: “Terminal Guasmo - Terminal Río Daule” .....	11
1.3.1. Ubicación y descripción de la ruta de la Troncal I. ....	11
1.3.2. Paraderos de la Troncal I. ....	12
1.3.3. Políticas establecidas por la M.I. Municipalidad de Guayaquil para el funcionamiento de la Troncal 1.....	14
CAPÍTULO II.....	16
2. MODELO DEL SIMULADOR.....	16
2.1. Esquema General de una Troncal.....	16

2.2.	Modelo del Sistema .....	18
2.2.1.	Aspectos modelables del sistema .....	19
2.2.2.	Estructura del Modelo.....	22
2.2.3.	Reglas y restricciones del Modelo .....	25
2.3.	Interacción entre los software utilizados para la construcción y diseño del simulador.....	26
2.4.	Codificación de Procesos en GPSS World.....	31
2.5.	Base de datos del Simulador.....	49
2.6.	Medidas de desempeño y datos que proporciona el simulador.....	50
CAPÍTULO III .....		52
3.	RECOLECCION, ANÁLISIS Y PREPARACIÓN DE DATOS.....	52
3.1.	Generalidades .....	52
3.1.1.	Objetivo de Análisis.....	52
3.1.2.	Población objetivo. ....	53
3.1.3.	Determinación de las variables.....	53
3.2.	Recolección y Medición de Datos.....	54
3.2.1.	Datos Estadísticos Existentes .....	54
3.3.	Determinación de las Distribuciones para el arribo de pasajeros. ..	60
3.4.	Determinación de las Distribuciones para el descenso de pasajeros.....	64
3.5.	Determinación de de rango de Velocidad de los buses.....	65
CAPÍTULO IV.....		73



4. VALIDACIÓN DEL SIMULADOR Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA SIMULACION DE LA TRONCAL 1: “TERMINAL GUASMO –TERMINAL RIO DAULE” .....	73
4.1. Validación.....	73
4.1.1. Técnica de validación Interna.....	74
4.1.2. Técnica de Pruebas Degenerativas.....	77
4.1.3. Técnica de Pruebas de Condiciones Extremas.....	79
4.2. Implementación del simulador bajo las políticas de operación establecidas para la Troncal I: “Guasmo Terminal – Terminal Río Daule”.....	84
4.2.1. Tiempos de recorrido de la Ruta. ....	85
4.2.2. Colas Máximas de Arribo de pasajeros. ....	89
4.2.3. Tiempo de espera promedio de pasajeros. ....	92
4.2.4. Tiempo servicio promedio en los paraderos.....	94
4.2.5. Datos de Buses .....	97
4.3. Uso de otros parámetros en el modelo del simulador.....	100
4.3.1. Tiempos de recorrido de la Ruta .....	100
4.3.2. Colas Máximas de Arribo de pasajeros. ....	101
4.3.3. Tiempo de espera promedio de pasajeros. ....	104
4.3.4. Tiempo de servicio promedio en los paraderos.....	107
4.3.5. Datos de Buses .....	111
CAPÍTULO V.....	115
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	115

## ABREVIATURAS

<b>FIFO:</b>	First in First out (primeros en entrar primeros en salir)
<b>GPSS:</b>	Sistema de Simulación de propósitos Generales
<b>M.I.:</b>	Muy Ilustre
<b>K-S:</b>	Kolmogorov-Smirnov
<b>PEPS:</b>	Primero en entrar primero en salir
<b>Vs:</b>	Versus
<b>S-N:</b>	Orientación de Sur a Norte
<b>N-S:</b>	Orientación de Norte a Sur
<b>Psjs:</b>	Pasajeros
<b>Min:</b>	Minutos
<b>Seg:</b>	Segundos
<b>DMT:</b>	Dirección Municipal de Transporte
<b>SMT1:</b>	SysMetrovía Troncal 1

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.1.</b> Mapa de la Ruta de la Troncal.....	12
<b>Figura 2.1.</b> Esquema de una Troncal de Transporte Público.....	16
<b>Figura 2.2.</b> Esquema del Simulador. Herramientas de software.....	27
<b>Figura 2.3.</b> Diagrama Entidad – Relación.....	49
<b>Figura 4.1.</b> Intervalo de Confianza para el contenido promedio de pasajeros.....	75
<b>Figura 4.2.</b> Intervalo de la longitud máxima de pasajeros.....	76
<b>Figura 4.3.</b> Tiempo promedio de espera en un paradero según la frecuencia de buses.....	78
<b>Figura 4.4.</b> Tiempo espera en un paradero según El escenario 2.....	82
<b>Figura 4.5.</b> Cola máxima de pasajeros en un paradero según El escenario 2.....	83
<b>Figura 4.6.</b> Tiempo promedio que recorre un bus en llegar de un paradero a otro.....	87
<b>Figura 4.7.</b> Tiempo promedio que recorre un bus en llegar a un paradero teniendo como punto de partida el Terminal de Integración Guasmo Sur.....	88
<b>Figura 4.8.</b> Utilidad Máxima del uso de la capacidad por paradero.....	99
<b>Figura 4.9.</b> Utilidad Máxima del uso de la capacidad de buses de acuerdo a la frecuencia de salida de buses.....	113

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b>	Lista de Paraderos de la Troncal 1.....	13
<b>Tabla 2</b>	Horas en que se levantó información.....	56
<b>Tabla 3</b>	Lista de paraderos según su orientación.....	57
<b>Tabla 4</b>	Fechas de Medición de datos.....	58
<b>Tabla 5</b>	Origen de datos considerados para el simulador.....	59
<b>Tabla 6</b>	Estadística descriptiva de la demanda de pasajeros del Paradero IESS (N-S) de 17h00 a 18h00.....	62
<b>Tabla 7</b>	Parámetros de Poisson por paradero y hora según datos tomados del P02 a P13.....	63
<b>Tabla 8</b>	Parámetros de Poisson por paradero y hora según datos tomados del P14 a P35.....	63
<b>Tabla 9</b>	Parámetros de Poisson por paradero y hora según datos tomados del P36 a P47.....	64
<b>Tabla 10</b>	Rango de velocidades de buses.....	65
<b>Tabla 11</b>	Ejemplo del cálculo de tiempo de recorrido del P12 al S39.....	66
<b>Tabla 12</b>	Media y Desviación del tiempo que tarda un bus en ir de un punto de parada a otro.....	68
<b>Tabla 13</b>	Estadística del contenido Promedio de la cola de pasajeros.....	74
<b>Tabla 14</b>	Estadística de longitud máxima o de la cola de pasajeros.....	76
<b>Tabla 15</b>	Cuadro de Tiempo promedio de espera según la frecuencia de salida de buses.....	78
<b>Tabla 16</b>	Resultados de la simulación bajo el Escenario 1.....	80
<b>Tabla 17</b>	Resultados de la simulación bajo el Escenario 2.....	81
<b>Tabla 18</b>	Tiempos promedios de traslados de la Troncal 1.....	85
<b>Tabla 19</b>	Longitud de cola máxima de espera de pasajeros por paradero y hora.....	89
<b>Tabla 20</b>	Clasificación de los tiempos de espera (Armstrong 1987, p.53).	92
<b>Tabla 21</b>	Tiempos de espera promedio malos y pésimos.....	93
<b>Tabla 22</b>	Tiempos de permanencia promedia de los buses en el paradero	95

<b>Tabla 23</b>	Utilidad Máxima del uso de la capacidad por paradero.....	98
<b>Tabla 24</b>	Longitud de cola máxima de espera de pasajeros por paradero y hora con frecuencia de salida de buses cada 3 minutos.....	101
<b>Tabla 25</b>	Longitud de cola máxima de espera de pasajeros por paradero y hora con frecuencia de salida de buses cada 4 minutos.....	102
<b>Tabla 26</b>	Tiempos de espera promedio malos y pésimos con frecuencia de salida de buses cada 3 minutos.....	104
<b>Tabla 27</b>	Tiempos de Espera promedio malos y pésimos con frecuencia de salida de buses cada 4 minutos.....	105
<b>Tabla 28</b>	Tiempos de permanencia promedio de los buses en el paradero con frecuencia de buses cada 3 minutos.....	107
<b>Tabla 29</b>	Tiempos de permanencia promedio de los buses en el paradero con frecuencia de buses cada 4 minutos.....	109
<b>Tabla 30</b>	Utilidad Máxima del uso de la capacidad de los buses en el paradero según la frecuencia de salida de buses.....	112

## INTRODUCCIÓN

La implantación de sistemas de transporte público masivo estructurados buscan proporcionar un servicio de mejor calidad al que prestan los sistemas de transporte actual, que por muchos años han predominado en nuestro país, crea la necesidad y conveniencia del diseño y construcción de herramientas que permitan evaluar el desempeño de dichos sistemas.

Sin embargo la evaluación de los sistemas en cuestión mediante métodos analíticos, se convierte en una tarea ardua y en algunos casos imposible, cuando la interacción de los fenómenos constitutivos aumenta.

Existe además el inconveniente de que la mayoría de los supuestos en los que se basan los modelos adecuados para estos sistemas, tales como los modelos de colas, que a pesar de existir métodos de solución analítica, éstos no representan bien la realidad.

Pero la aplicación de un procedimiento de simulación, podría conducir a una buena aproximación. Aquí, surge la construcción de un modelo de simulación como una alternativa para superar los inconvenientes antes mencionados y otros en particular.

A través de la simulación se busca no solo estimar medidas de desempeño no disponibles analíticamente que son de vital importancia, sino también

resolver ciertas interrogantes sin necesidad de hacer pruebas en el sistema real, las cuales podrían ocasionar pérdidas si no se consiguen los resultados deseados y además implican costos de espera mientras se adecuan los medios y circunstancias para su implantación.

Estas tareas se vuelven más sencillas con la construcción de un software que permita la manipulación de parámetros requeridos y disponibles dentro del sistema, a fin de evaluar bajo las condiciones deseadas. De este modo claramente se convierte en una herramienta de apoyo para la toma de decisiones.

El estudio que se presenta en el desarrollo de esta tesis tiene como objetivo construir un modelo de simulación para evaluar el comportamiento de la Troncal I : “Terminal Guasmo – Termina Río Duale”. Se cuenta como base para la construcción y evaluación del proyecto las políticas de operación establecidos por la M.I. Municipalidad de Guayaquil.

# CAPÍTULO I

## 1. EL TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

### 1.1. Antecedentes

La creciente oferta de transporte provocada por mas de 160 líneas de buses que circulan por la ciudad, provocan diariamente un congestionamiento vehicular caótico, esto sumado al mal servicio que brindan los choferes, la falta de disciplina de los conductores, la diversidad de vehículos, y el escaso orden de tránsito, crean la necesidad de buscar nuevas alternativas a fin de disminuir estos problemas que hacen del transporte urbano de pasajeros de Guayaquil sea una tarea difícil de manejar.



La infraestructura actual y las vías existentes no brindan un abastecimiento adecuado para reducir de manera significativa las falencias del transporte público.

La demanda en las horas pico es alta, y es en estas horas donde los problemas de congestionamiento se agudizan debido a la gran cantidad de buses laborando, la falta de orden y el incumplimiento de las señales de tránsito.

## **1.2. Nuevo Sistema de transporte masivo para la ciudad de Guayaquil**

METROVIA es el nuevo Sistema de Transporte Masivo de Pasajeros de la Ciudad de Guayaquil que esta siendo desarrollado por su Ilustre Municipalidad como respuesta a los múltiples problemas que viene soportando la ciudadanía en la actualidad, el cual tiene como objetivo fundamental mejorar el nivel de servicio del transporte público masivo urbano.

Este sistema consta de 7 Troncales:

- Terminal Guasmo – Terminal Río Daule.
- Terminal 25 de Julio – Terminal Río Daule.
- Terminal Bastión Popular – Centro Urbano.

- Terminal Batallón del Suburbio - Centro Urbano.
- Terminal Puente Portete – Centro Urbano.
- Terminal Prosperina – Centro Urbano.
- Terminal Orquídeas – Centro Urbano.

Los buses que servirán para cada una de estas troncales, transitarán en carriles exclusivos por lo cual no se verá afectada por tráfico externo. A través de ellos los buses tendrán preferencia en la circulación del tráfico y como consecuencia los usuarios serán beneficiados en la reducción de tiempo de viaje a su destino.

El plan de transporte masivo buscará suplir la demanda, operativa y tarifaria de la ciudad de Guayaquil, dicho sistema estudios solo tiene desarrolladas las tres primeras troncales como primera fase, entre las cuales se encuentra la troncal “Terminal Guasmo – Terminal Río Daule” (Troncal I), que en la actualidad ya se está construyendo su estructura física y que se espera que funcione a partir de los primeros meses del año 2006, ésta troncal se citará como parte de estudio para esta tesis.

Cada troncal tiene las mismas características, estas son:

- A lo largo de cada troncal se hallan las paradas de buses las mismas que están cerradas y cubiertas para proteger a los

usuarios, los cuales solo pueden ingresar al paradero si primero cancelan su pasaje para luego abordar a los buses, a estas paradas se las denominan de preembarque, y se clasifican en paradas normales y paradas de Integración.

- Cuenta con dos tipos de buses: el articulado de mayor capacidad y que circulará solo por el carril exclusivo y los “buses alimentadores” que son los que abastecen otras áreas de la ciudad y que llegan a cada paradero para dejar allí a los pasajeros que luego toman los buses articulados.
- Las personas podrán utilizar libremente este sin pagar otro pasaje, en cualquier bus que encuentre dentro del sistema.

### **Paraderos**

Las paradas serán ubicadas con una distancia entre sí de 400 y 600 mts, de acuerdo a las normas de distancia promedio que camina el peatón. Sin embargo en las zonas de mayor concentración de pasajeros se han colocado a menor distancia, y en las zonas con menor afluencia de pasajeros a una mayor distancia.

La infraestructura de los paraderos se desarrolla describiendo un ingreso y una salida dotadas de rampas para facilitar la movilidad de los discapacitados, un área de ingreso en la que estará situada la boletería para el cobro del pasaje, un área de espera, un área de control de ingreso y por último el área de la salida donde se ubicarán los tornos de salida. Al ingresar a los paraderos las personas deberán cancelar su pasaje y luego estar listos para abordar el bus en forma cómoda y rápida.

### **Paradero de Transferencia**

Las paradas de transferencia son espacios diseñados para que los usuarios puedan transferirse de un servicio de una troncal a otra con diferentes rutas o recorridos.

### **Tipo de Estructura de Paraderos**

- Tipo A: Ubicadas en el parterre central de la acera, en calles con circulación vehicular en uno o doble sentido, donde los accesos y salidas peatonales se efectúan a través de rampas. Los anchos referenciales son de 3m., 3.50m., 4m., y 6m., y longitudes referenciales de 30m. y 60m.

- Tipo B: Ubicadas en aceras izquierdas con respecto al sentido de circulación vehicular, y que ocupan la calzada de la vía transversal a los carriles exclusivos, cuenta con dos módulos integrado uno con otro, el módulo grande que es paralelo al sentido de la circulación de la troncal tiene un ancho de 3m. y 4m., una longitud de 26m. y 52m., el módulo pequeño que ocupa parte de la calzada de la vía transversal, en algunos casos, tiene un ancho y una longitud de 5m, y en otros casos un ancho de 2m. y una longitud de 15m, en este módulo se encuentran las áreas de ingreso y salida como el área de control, a éste módulo se unen las rampas de ingreso y salida.
- Tipo C: Ubicadas bajo pasos elevados donde se presentan diferentes niveles con respecto a los carriles exclusivos, lo que motiva que el módulo de la parada comprenda dos andenes que prestan su servicio a cada sentido de circulación de transporte público. Su ingreso y salida peatonal se canaliza por un solo lado. El ancho referencial de esta parada es de aproximadamente 11.8 mts. Su perímetro será cerrado sin causar obstrucción visual, optimizando los espacios verdes abiertos con jardinería y mobiliario urbano.

- Tipo D: Ubicados en parterres centrales que tienen forma trapezoidal, su ancho referencial por un lado es de 3m. y su longitud es de 30m.
- Tipo E: Ubicadas en el centro de la calle y que cumplen la función de paradas de transferencia entre dos o más troncales, su ancho y longitudes dependen de su ubicación con respecto a cada una de las troncales.
- Tipo F: Ubicadas bajo pasos elevados, cuyas bases con respecto al nivel de las calzadas se encuentran a un mismo nivel, pero que por el ancho de estas, es necesario considerar paradas paralelas que sirvan a los dos sentidos de circulación, estas paradas que se encuentran comunicadas entre sí, tienen en sus módulos grandes un ancho referencial de 3.5m. y una longitud de 24m., su módulo pequeño que las comunica tiene un ancho de 6 metros y una longitud de 12m.

### **Terminal de Integración**

Son espacios diseñados para permitir el trasbordo de los pasajeros que utilizan las vías troncales, como aquellos que sirven a los barrios mediante buses denominados alimentadores. Estas paradas por lo

tanto normalmente tienen una mayor capacidad de pasajeros y deben tener características especiales para poder recibir vehículos que vienen y van a diferentes sitios.

### **Objetivos del Sistema de transporte Metrovía**

La M. I. Municipalidad de Guayaquil a través de La Fundación Municipal de Transporte Masivo Urbano de Guayaquil está en búsqueda de los siguientes objetivos.

- Desarrollar una red integrada de servicios de transporte urbano masivo de pasajeros de elevada calidad y amplia cobertura en la ciudad de Guayaquil.
- Adecuar la oferta de servicios y la infraestructura de soporte a los requerimientos de la demanda, proporcionando a los usuarios una amplia movilidad y acceso a toda la ciudad con el menor tiempo y costo posible.
- Atender en particular las necesidades de transporte originadas en el fomento y expansión de nuevos núcleos de poblaciones, favoreciendo especialmente la integración de zonas de menor grado de desarrollo económico.
- Priorizar el uso del transporte público masivo urbano.

- Proteger el medio ambiente limitando el impacto negativo que sobre el mismo produce el funcionamiento de los vehículos automotores.
- Disminuir los niveles de siniestralidad, a través del mejoramiento del desempeño de transporte automotor.
- Proteger los derechos de los usuarios tendiendo al logro de mayores estándares de calidad en la operación de los servicios.

### **Ventajas del sistema de transporte Metrovía**

#### Para los transportistas

- Racionalidad
- Menor recorrido
- Menor costo operacional
- Menor desgaste de la flota
- Optimización del mantenimiento
- Menor número de empleados
- Mayor rentabilidad



### Para los Usuarios

- Menor tiempo de viaje
- Menor costo del viaje
- Mayor seguridad
- Mayor confiabilidad
- Mayor estandarización de las flotas
- Identificación de las líneas

### Para la Ciudad

- Reducción de congestionamiento vehicular
- Reducción de contaminación
- Mayor racionalidad de las funciones y comportamiento urbano
- Mejoramiento de la productividad
- Disminución de conflictos del transporte público

### **1.3. Troncal I: “Terminal Guasmo - Terminal Río Daule”**

La “Troncal I” es la primera línea troncal o primer corredor a operar, correspondiente a la línea que se extenderá entre las terminales de transferencia “El Guasmo” y “Río Daule”, con una longitud aproximada de 15.5 Km., en los que se implementarán 36 paradas de preembarque, distanciadas media aproximadamente de 400 metros entre si, la cual se estima que 140.000 personas podrán utilizar este servicio diariamente.

#### **1.3.1. Ubicación y descripción de la ruta de la Troncal I.**

Acorde al Plan de Transporte elaborado por la M.I. Municipalidad de Guayaquil en conjunto con la DMT, estipula que el recorrido de primera línea troncal es la siguiente:

La ruta saldrá de la Estación de transferencia Guasmo, ubicada al sur este de la avenida Las Esclusas hacia la Av. Adolfo Simonds, a la Av. Serrano hasta llegar a la Domingo Comín, luego E. Alfaro, Pedro Carbo, Rocafuerte, Tomás Martínez, Malecón Simón Bolívar, Túnel bajo el Cerro Santa Ana, Pedro Menéndez, Benjamín Rosales hasta llegar a la terminal Río Daule, frente a la Terminal Terrestre.

El recorrido de retorno se inicia en el Terminal Río Daule sigue por Benjamín Rosales, hacia la Avenida P. Menéndez y por esta hacia el Túnel, bajo el cerro del Carmen, Calle Boyacá, Av. Olmedo, Calle Chile, Rosa Borja Icasa, Avenidas Domingo Comín, Avenida Serrano, Adolfo Simonds y De las Esclusas.

### Semaforización

A lo largo del recorrido se colocarán semáforos de última tecnología en 77 intersecciones para garantizar una movilización rápida, eficiente y segura.



**Figura 1. 1. Mapa de la Ruta de la Troncal I**

### 1.3.2. Paraderos de la Troncal I.

La Troncal I contará con 36 paradas de preembarque (paraderos), a continuación se detalla la lista de paradas.

**Tabla 1.**  
**Lista de paraderos de la Troncal I**

<b>Núm.</b>	<b>Paradero</b>	<b>Dirección</b>	<b>Ubicación</b>
1	Guasmo Sur	Adolfo Simonds y Raúl Clemente Huerta	PPC
2	Guasmo Norte	Adolfo Simonds y Calle 52B-SE	PPC
3	La Floresta 2	Roberto Serrano y Av 11 SE	PPC
4	La Floresta 1	Roberto Serrano y 1ra Peat 10B SE	PPC
5	Guasmo Central	Domingo Comín y Roberto Serrano	PPC
6	Los Tulipanes	Domingo Comín y Calle 50 C SE	PPC
7	La Pradera 1	Domingo Comín y Pío Jaramillo A	PAI
8	La Pradera 2	Domingo Comín y Pío Jaramillo A	PAI
9	Cdla.Nueve De Octubre	Domingo Comín y Juan Martínez	PPC
10	Caraguay	Domingo Comín y Calle 44 SE	PPC
11	Barrio Cuba	Domingo Comín y Tomás Wrigth M.	PAI
12	Barrio del Centenario	Domingo Comín y El oro	PAI
13	Hosp. León Becerra	Eloy Alfaro y García Goyena	PAI
14	El Astillero	Eloy Alfaro y Argentina	PAI
15	La Providencia	Eloy Alfaro y Maldonado	PAI
16	Plaza de la Integración	Eloy Alfaro y Febres Cordero	PAI
17	Biblioteca Municipal	Pedro Carbo y Sucre	PT
18	Correos	Pedro Carbo y Francisco Xavier Aguirre	PPC
19	Banco Central	Pedro Carbo y Francisco P. Icaza	PAI
20	Jardines del Malecón	Rocafuerte y Tomás Martínez	PPC
21	Las Peñas	Malecón y Loja	PAI
22	Atarazana	Pedro Menéndez G. y Plaza Dañin	PPC
23	FAE	Pedro Menéndez G. ( FAE)	PPC
24	Liceo Naval	Pedro Menéndez G. (Base Naval Norte)	PPC
25	Banderas	Benjamín Rosales (Urb. Sta. Leonor)	PPC
26	Liceo Naval	Pedro Menéndez G. (Base Naval Norte)	PPC
27	Hosp. Luis Vernaza	Boyacá y Manuel Galecio	PPC
28	Boca 9	Boyacá y Víctor M. Rendón	PPC
29	Catedral	Boyacá y Clemente Ballén	PPC
30	IESS	Olmedo y Boyacá y Chimborazo	PT
31	La Providencia	Chile y Brasil	PAI
32	EL Astillero	Chile y Letamendi	PAI
33	Hosp. León Becerra	Chile y Colombia	PAI
34	Barrio del Centenario	Chile y Azuay	PAI
35	Barrio Cuba	Rosa Borja de Ycaza y Tomás Wrigth M.	PAI
36	Caraguay	Domingo Comin y Calle 44 SE	PPC

### **1.3.3. Políticas establecidas por la M.I. Municipalidad de Guayaquil para el funcionamiento de la Troncal 1.**

Entre las políticas que fueron propuestas por la M.I. Municipalidad de Guayaquil para el funcionamiento del Sistema Metrovía se tiene:

#### **a. Intervalos de tiempos de salida de buses de las Terminales de Integración**

Cada 5 minutos

#### **b. Tiempos de permanencia de los buses en los Paraderos de la Troncal.**

El tiempo de permanencia en cada uno de los paraderos es de 60 segundos. Sin embargo los buses no podrán irse del paradero hasta que la última persona por descender en la parada, haya bajado. Además el bus puede irse antes de que finalice el tiempo de espera cuando no hay personas en la cola esperando subir o cuando su capacidad total haya sido ocupada. Si al finalizar el tiempo de espera aun existen personas en la cola del bus no podrán abordar debido a que éste cerrara sus puertas para continuar con su recorrido.

**c. Comportamiento de las Colas de Espera de los pasajeros en los Paraderos Troncales.**

Las personas que arriban los paraderos no van a formar una fila de espera para abordar el bus, por lo cual el orden de ascenso es independiente de cómo hayan llegado al paradero.

**d. Funcionamiento de los Buses en el Ascenso y Descenso de las Personas.**

Los buses cuentan con 8 puertas; de las cuales 4 han sido destinadas para los ascensos de pasajeros y 4 para los descensos de pasajeros.

## CAPÍTULO II

### 2. MODELO DEL SIMULADOR

#### 2.1. Esquema General de una Troncal

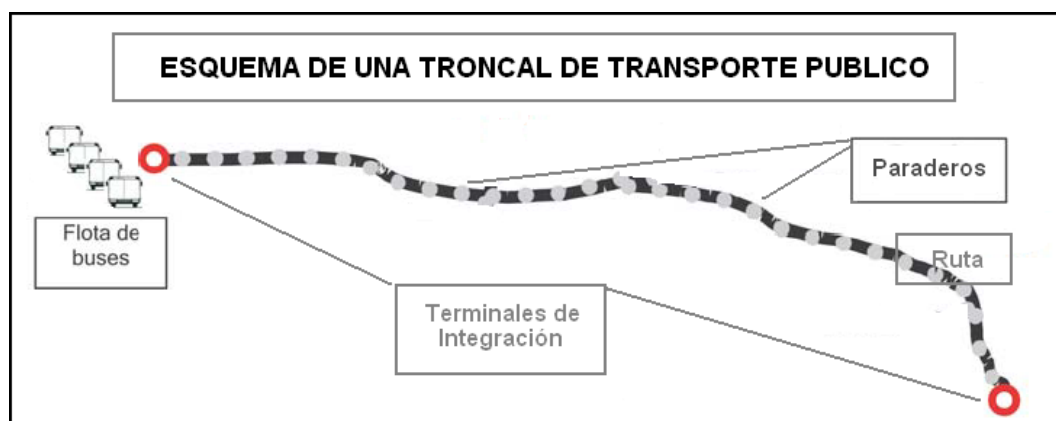


Figura 2. 1. Esquema de una Troncal de Transporte Público

El esquema sobre el cual opera una troncal esta representado como se muestra en la figura 4, los elementos más importantes de dicho esquema son:

- Paradero
- Terminales de Integración
- Ruta de Buses
- Flota de buses

**Paraderos**, en donde se presentan procesos de arribo y descenso de pasajeros. Aquí se espera el arribo de los buses que transitan por toda la ruta, que los conduce a su paradero destino. Los usuarios en ciertos paraderos denominados “Paraderos de transferencia” también pueden hacer transbordos, de ser necesario para llegar a su destino final.

**Terminales de Integración**, los cuales son estaciones terminales, en donde además de presentarse los mismos eventos que se presentan en los paraderos, se despachan buses para la troncal.

**Ruta de buses**, la cual tiene un sitio de origen y uno de destino, recorre toda la troncal y se detienen en todos los paraderos durante su trayecto.

**Flota de buses**, de la cual se asignará cierto número para cubrir la demanda de cada ruta. Que dependerá de la frecuencia con que salgan de las terminales.



**Troncal**, sobre la cual transitan los buses y están ubicados los paraderos.

## 2.2. Modelo del Sistema

Una Troncal de transporte público merece ser considerado como modelo de colas completo, y no mediante modelos típicos (como por ejemplo el M/M/s), adecuados sólo para estudiar de forma individual sus componentes, tales caso como el de las estaciones de parada (paraderos) que son los más importantes dentro del sistema.

No obstante podría ser mas preciso el empleo de procesos de Poisson no homogéneos (no estacionario), mediante el cual sea posible tener en cuenta el aumento en la tasa de llegada de los usuarios durante intervalos específicos (horas pico); así como también el empleo de tasas de servicio dependientes del estado del sistema. Pero en muchos casos se encuentran obstáculos para aplicar los resultados en los estados deseables, ya que es muy probable encontrarse con expresiones para las cuales no es posible hallar una expresión analítica.

Una Troncal de transporte público puede ser modelado mediante una *simulación dinámica por eventos discretos*, donde el movimiento de las entidades, (buses) producen eventos y el sistema interactúa

modificando sus variables y generando nuevos eventos. Partiendo de esto hay que buscar cuales son los aspectos que es necesario modelar.

### **2.2.1. Aspectos modelables del sistema**

#### **Tiempo de paso entre puntos de parada**

El tiempo de paso es el tiempo que le cuesta a un bus atravesar de punto de parada a otra. De las cuales existen de 4 formas:

- De un paradero a otro paradero.
- De un paradero a un semáforo en rojo.
- De un semáforo en verde a un paradero.
- De un semáforo en verde a un semáforo en rojo.

El tiempo de paso es fácilmente deducible si se cuenta con un rango de velocidades permitido dependiendo del área donde transite el bus. El cual puede ser modelado mediante una distribución uniforme con parámetros deducidos del rango de velocidades.

De esta forma si conocemos la distancia en metros de cada uno de los puntos de parada se puede generar los eventos necesarios por segundo para el sistema.

## Fuentes de Aleatoriedad Existente

En el comportamiento de una troncal, a niveles microscópicos en períodos de tiempo pequeños existe una variabilidad en el comportamiento de su demanda.

- **Intensidad de entrada.** Es el número de personas que entran en una unidad de tiempo al sistema. Es decir el número estimado de personas que arriban a un paradero en una unidad de tiempo al que fácilmente se lo puede modelar con un ingreso aleatorio bajo una Distribución de Poisson con parámetro  $\lambda_i$  en cada punto de arribo (paradero). La unidad de tiempo de estudio para este caso es un minuto. Pero dado que la simulación es un modelo dinámico por eventos discreto, donde la variable es el tiempo, para generar los eventos podemos considerar al arribo de pasajeros como un ingreso aleatorio bajo una Distribución Exponencial con parámetro  $(1/\lambda_i)*60$ , a la que llamaremos *Distribución de Arribo*, dado que el simulador genera eventos cada segundo, por conveniencia el valor deberá ser multiplicado por 60 segundos.

- **Intensidad de salida.** Es el número de pasajeros que sale en una unidad de tiempo del sistema. Es decir es el número estimado de personas que descienden en los diferentes destinos (paraderos) que existen dentro del sistema, lo cual también puede ser modelado con una salida aleatoria bajo una Distribución de Poisson con parámetro  $\lambda_t$ , en cada punto de parada (paradero), a la que llamaremos *Número de Descenso* donde dicho parámetro dependerá de la frecuencia de buses. Sea  $f_B$  la frecuencia de bus,  $N_B$  Número esperado arribo de buses durante una hora y  $N$  el número de personas que descienden en un paradero durante una unidad de tiempo (una hora), entonces,  $N_B = 60 / f_B$  y  $\lambda_t = N/N_B$ .

Cabe recalcar que dentro de un período de tiempo específico las distribuciones de arribos y descensos según los datos recolectados, bajo un análisis estadístico estricto, quizás puede probarse que provienen de alguna otra distribución no sugerida en esta sección, sin embargo las distribuciones mencionadas anteriormente son la mas adecuadas para el modelo. En caso contrario la aplicación deberá permitir definir varios tipos de distribuciones a simular.

### 2.2.2. Estructura del Modelo

En el modelo se incluyen varias estructuras que representan objetos o entidades del dominio de la realidad que se está modelando y otras estructuras puramente necesarias para hacer posible la simulación.

Las estructuras que representan objetos o entidades de la realidad son los siguientes:

- Paradero
- Persona
- Bus
- Semáforos
- Escenario

*La estructura Paradero* tiene un conjunto de variables que en cualquier instante de tiempo determinan exactamente su estado, y las variables son:

- Número de personas esperando servicio en el paradero.
- Número total de personas que ingresan al sistema por el paradero.

- Número de personas que abandonan el sistema por el paradero
- Tiempo en el que ocurre el siguiente arribo de una persona.

*La estructura Persona* que tiene una sola variable que es muy importante en el desarrollo del modelo, esta variable es el tiempo de arribo al sistema la cual nos sirve para el cálculo de las estadísticas.

*La estructura de Bus* tiene un conjunto de variables que definen su estado en cualquier momento:

- Número de personas a bordo
- Próxima parada a la que arriba
- Tiempo al que arriba a la siguiente parada

*La estructura Semáforo* tiene un conjunto de variables que son definidas antes de la simulación y pueden incidir en los resultados de los diferentes escenarios a simular:

- Semáforos señalados (activos)
- Tiempo de luz verde
- Tiempo de luz roja

*La estructura escenario* contiene un conjunto de variables que son definidas al inicializar la simulación y que son vitales y que influyen en los resultados. Estas variables se dividen en Parámetros de Servicio y Parámetros de Sistema. Estas son:

#### Parámetros de Servicio

- Frecuencia de buses
- Capacidad máxima del bus

#### Parámetros de Sistema

- Número de Iteraciones
- Hora máxima de simulación

La estructura de datos que es propia del modelo y no existe en el dominio del modelo se denomina Planificador, que es una lista de eventos y tiene ciertas características que mencionamos a continuación:

- Los eventos que contiene el Planificador son: el arribo de las personas a los paraderos, número de descensos de personas en el paradero y el arribo de los buses a los paraderos.

- EL planificador se mantiene ordenado con respecto al tiempo, es decir, que el evento más próximo a ocurrir se encuentra en la cabeza del Planificador.
  
- El Planificador se constituye en el reloj del simulador, ya que los incrementos de tiempo se dan de un evento al siguiente que ocurre en el tiempo.

### **2.2.3. Reglas y restricciones del Modelo**

- Las personas arriban y descienden en forma aleatoria en un paradero y siguen un patrón de acuerdo a la información proporcionada por la Ilustre Municipalidad de Guayaquil, basada en un estudio previo por esta institución y por las ciertas mediciones y comparaciones efectuadas.
- Todas las personas que llegan en un bus a las terminales de integración abandonan el sistema.
- Los buses cumplen con el recorrido en el circuito sin que un bus rebase a otro.
- Los buses no son afectados por tráfico ajeno a los de la flota de la troncal dado que disponen de un carril exclusivo.
- Los buses esperan en el paradero hasta que la última persona por descender en la parada, haya bajado, y/o todas las

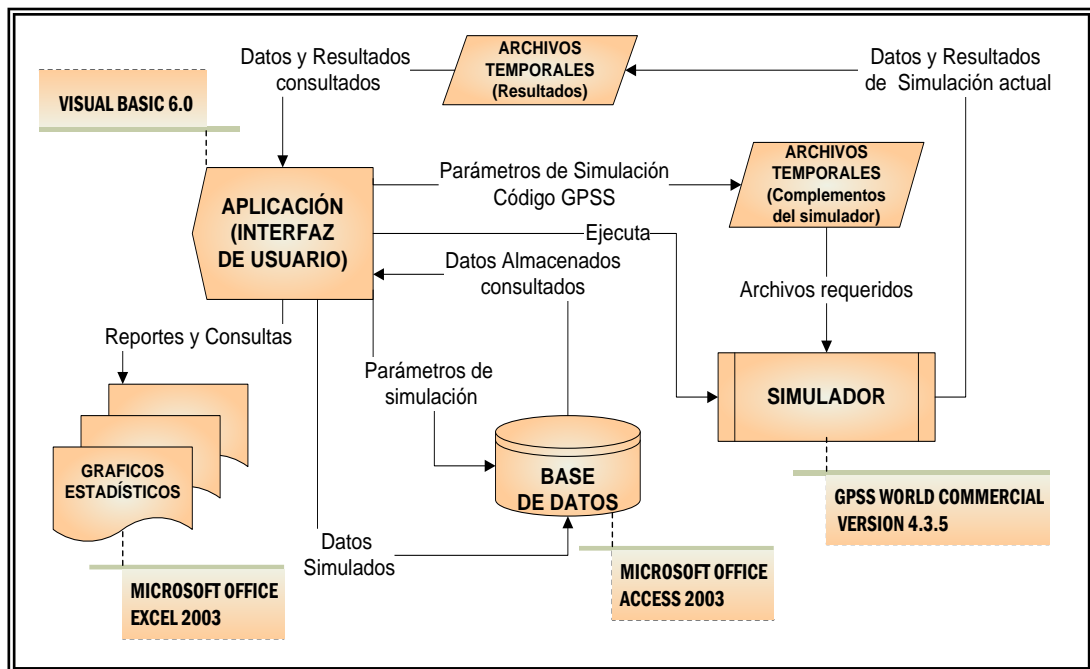


personas que esperaban el servicio hayan abordado el bus siempre y cuando el bus no esté lleno.

- El horario de funcionamiento de la troncal es desde las 05H00 y máximo hasta las 24H00, por lo tanto la simulación, máximo tendrá un parámetro de 19 horas como horario a simular.
- La disciplina de servicio en cada parada puede ser Aleatoria o FIFO (o sea el primero que llega es el primero que recibe el servicio).
- La simulación terminará al cabo de cumplir el tiempo establecido como horario, sin importar en que parte del sistema se encuentren los buses o personas, y almacenará los valores y parámetros hasta ese instante de finalización.

### **2.3. Interacción entre los software utilizados para la construcción y diseño del simulador.**

Se han utilizado varias herramientas de software tanto de programación como de utilitarios básicos, éstas se detallan en la figura 3.2, como letreros en cada una de los componentes del simulador. El simulador al que de ahora en adelante se lo llamará SMT1 (SysMetrovía Troncal I), consta de 3 componentes y en cada parte ha sido necesario utilizar un software adecuado para su desarrollo.



**Figura 2.2. Esquema del Simulador. Herramientas de Software**

La figura anterior muestra cómo está construido y diseñado el simulador.

La **Base de Datos**, fue creada en **Microsoft Office Access 2003**, en ella se almacenan todos los datos requeridos para la simulación, así como también los resultados de la misma. La información es guardada en la base a través de una interfaz de usuario donde se ingresan todos los parámetros deseados para la simulación. A su vez, concluida la simulación, los resultados, que son cargados temporalmente en unos archivos generados por el SMT1, pueden ser guardados en la base si así lo desea o requiere el usuario.

Se justifica el uso de éste utilitario para el desarrollo de la base, dado que ésta no requiere de aplicaciones específicas que proporcione ventajas avanzadas, sino más bien de aplicaciones típicas que ofrecen recursos suficientes para el diseño y creación de una base sencilla. Además que por pertenecer al grupo de Microsoft Office, que comúnmente está instalado en cualquier estación de trabajo (computador), se tiene la ventaja de prescindir de la necesidad de un recurso adicional como requerimientos de software para el funcionamiento del SMT1.

El **Simulador**, para este componente se ha utilizado el lenguaje de programación **GPSS World Commercial Version 4.3.5** (General Purpose Simulation System que significa Sistema de Simulación de Propósitos generales). Éste programa a través de un archivo principal, lee varios archivos temporales, que son creadas por el SMT1 al momento de ejecutar la simulación, dichos archivos contienen módulos de sentencias y comandos de GPSS codificados de acuerdo a los parámetros y variables ingresadas, y que comprenden cada una de las estructuras mencionadas en el modelo del simulador. También crea un archivo temporal donde se cargan todos los resultados de tiempos de servicio, tasas de colas y totales específicos que se producen en cada hora de tiempo simulado.

Se justifica el uso de esta aplicación, ya que se trata de un software exclusivo de programación para simulación y sus instrucciones brindan facilidad en la codificación del modelo, y adicionalmente como ventaja proporciona información, que usando otras herramientas sería difícil conseguir, tornándose una tarea dura y compleja para obtener los resultados deseados.

Cabe señalar que el lenguaje de programación GPSS, no permite desarrollar una interfaz adecuada para la manipulación de datos, y su entorno informático no es muy amigable para un usuario común, por lo que se necesitaría tener experiencia en el manejo de ésta herramienta. Es por esta razón, surge la necesidad de crear y desarrollar una aplicación que facilite la comunicación entre el usuario y el sistema a fin de simplificar las tareas de simulación.

La **aplicación**, es decir la interfaz de usuario fue desarrollada en **Visual Basic 6.0** , este componente comprende la interacción de todos sus componentes, hace de interprete entre el software de simulación y el usuario y a su vez el manejo de información en la base de datos.

Esta aplicación cumple las siguientes funciones que se detallan a continuación:

- Permite la manipulación y almacenamiento en la base de datos de las variables y parámetros de simulación; tales como a las que denominamos fuentes de aleatoriedad, o sea, nos referimos a las distribuciones de arribo y de descenso; de los semáforos que se desea establecer dentro de la troncal y su respectiva configuración del tiempo ciclo y tiempo de luz verde, condiciones iniciales como capacidad de bus, frecuencia de bus, velocidad promedio de bus y número de iteraciones.
- Crea archivos temporales con código en lenguaje GPSS que siguen una estructura de acuerdo al modelo del simulador. Estos archivos se crean y se actualizan en cada proceso a simular, según los parámetros almacenados en la base y a las variables de sistema establecidas, luego, éstos son leídos por el programa GPSS que es ejecutado por la aplicación para realizar la simulación.
- Lee los datos en los archivos temporales de resultados de la simulación para presentar reportes y también para poder almacenarlos en la base de datos, si es requerido.
- Realiza consulta de datos para análisis, de congestión de buses, colas de usuarios, demanda y servicio de pasajeros de cada paradero. Para la presentación de gráficos de datos de los resultados utiliza Microsoft Office Excel 2003.

Es importante señalar que, a pesar de que la palabra “diseño” está incluida en el texto de la tesis, no tiene la connotación típica en informática (ya que esta suele ir asociada a la programación orientada a objetos), sino que más bien se refiere al desarrollo y elección de las características estéticas de la aplicación.

#### **2.4. Codificación de Procesos en GPSS World.**

Existen varios procesos que han sido codificados en GPSS para su simulación, entre ellos se tiene:

- Funcionamiento de los paraderos.
  - Condiciones de funcionamiento.
  - Ascenso de pasajeros.
  - Descenso de pasajeros.
  
- Arribo de pasajeros a los paradero.
  
- Funcionamiento de Semáforos.
  
- El reloj del Simulador.

### **Simulación del funcionamiento de los Paraderos.**

Para la codificación de este proceso se tuvo las siguientes consideraciones que regirán sobre cualquier condición de funcionamiento:

- Los buses no podrán irse del paradero hasta que el último pasajero por descender haya bajado del bus.
- Los buses, en cualquier circunstancia podrán dar por finalizado el tiempo en el paradero siempre que el bus este lleno.

Los buses que utilizará la Troncal I poseen 4 puertas dobles de las cuales se las puede usar de la siguiente forma:

**Caso 1:** De las 4 puertas, 2 pueden ser utilizadas para ascender y las otras restantes para descender. (Ascenso y descensos independientes).

**Caso 2:** Las 4 puertas son usadas primero para que todos desciendan y luego todas para ascender. (Ascensos dependientes).

Adicionalmente en ambos casos mencionados anteriormente se puede presentar las siguientes variables con respecto al tiempo de permanencia del bus en el paradero.

- a. El bus permanece justo el tiempo establecido, es decir no puede retirarse antes ni después del tiempo establecido.
- b. El bus deberá permanecer en el paradero hasta el tiempo establecido, no podrá salir antes. Si existen pasajeros en la cola puede permanecer hasta que la cola este vacía.
- c. El bus a lo mucho puede permanecer en el paradero hasta el tiempo establecido, puede irse antes en caso de que la cola este vacía.
- d. El bus no tiene un tiempo establecido para permanecer en el paradero. Puede irse una vez que hayan subidos todos los pasajeros que existen en la cola.

A continuación se presenta una parte de la codificación en GPSS del proceso paradero, el cual no cambia con las variaciones de las condiciones antes mencionadas. Se utiliza como ejemplo el paradero 2.



	DEPART	T1_QUE_P2_TRASLADO
	QUEUE	T1_QUE_P2_GENERAL
	QUEUE	T1_QUE_P2_ESPERA
	ENTER	T1_STO_P2_ESPACIO
	QUEUE	T1_QUE_P2_TIEMPO
	DEPART	T1_QUE_P2_ESPERA
	TEST NE	S\$T1 STO P2 CAPACIDAD,0,T1_LBL_P2_ET1
	LEAVE	T1_STO_P2_CAPACIDAD,S\$T1 STO_P2_CAPACIDAD
T1_LBL_P2_ET1	ENTER	T1_STO_P2_CAPACIDAD,P\$T1_PAR_CAPACTUAL_SN
	SAVEVALUE	T1_SAV_P2_TOTAL,P\$T1_PAR_TCAPACIDAD_SN
	LOGIC R	T1_LGS_P2_END_SUB
	LOGIC R	T1_LGS_P2_SWITCH
	LOGIC R	T1_LGS_P2_TIME_IS_UP
	ASSIGN	T1_PAR_P2_BAJADAS,(PR_CALCULAR_BAJADAS(P\$T1_PAR_CAPACTUAL_SN, FN\$T1_FUN_P2_BAJADAS))
	SAVEVALUE	T1_SAV_P2_TOTAL_BAJAN+,P\$T1_PAR_P2_BAJADAS
	SAVEVALUE	T1_SAV_TBAJAN+,P\$T1_PAR_P2_BAJADAS
	TEST NE	P\$T1_PAR_P2_BAJADAS,0,T1_LBL_P2_SPLIT
	LEAVE	T1_STO_P2_CAPACIDAD,P\$T1_PAR_P2_BAJADAS
T1_LBL_P2_SPLIT	SPLIT	2,T1_LBL_P2_DESTINOS,T1_PAR_P2_ID
T1_LBL_P2_DESTINOS	TRANSFER	FN,T1_FUN_P2_DESTINOS1

Este bloque de comandos simula la llegada de un bus a un paradero. Se usa la entidad QUEUE para obtener las estadísticas de espera del bus antes de ocupar el andén, el ingreso andén es simulado por el comando ENTER.

Se hace uso de la entidad LOGICSWITCH, para definir 3 estados de control al momento de los ascensos y descensos de pasajeros así como también del tiempo en que permanece el bus en el sitio de parada.

- El control de descenso de pasajeros es simulado por T1\_LGS\_P2\_END\_SUB, que estado RESET indica que esta habilitado los descensos del bus, el estado SET indicará que ya ha finalizado los descensos de pasajeros.

- Los ascensos de pasajeros son controlados a través T1\_LGS\_P2\_SWITCH, el estado RESET indica que no esta habilitado los ascensos de pasajeros, y el estado SET indica que los pasajeros pueden abordar el bus.
- El tiempo que permanece un bus en el paradero es controlado por T1\_LGS\_P2\_TIME\_IS\_UP, el estado RESET indica que aun no finaliza el tiempo de permanencia del bus en el paradero. Por el contrario el estado SET indica que el tiempo ha finalizado.

Aunque lo que se desea simular es el comportamiento de los pasajeros al ascender y descender de un bus, es necesario el manejo de estos 3 procesos de forma independiente, pero de manera sincronizada y referentes al mismo proceso, por lo que se hace uso del bloque SPLIT, que facilita esta tarea, creando transacciones adicionales pero con la misma característica (copias), en el ejemplo anterior se puede observar que el comando SPLIT crea dos copias, entonces se tendría tres transacciones las cuales cada una va manejar uno de los tres procesos antes mencionado. Una vez concluido cada proceso es necesario almacenar en variables temporales los resultados como la capacidad del bus, en un almacenamiento temporal para esto es utiliza el bloque STORAGE, para volver a convertir las tres transacciones en una sola se

utiliza la entidad ASEMBLE, con lo cual se vuelve a convertir en la transacción bus.

La siguiente parte del código varía de acuerdo a las condiciones antes mencionadas por lo que se tiene:

*Caso 1.a.:* Donde los Ascensos y descensos son independientes y El bus permanece justo el tiempo establecido, es decir no puede retirarse antes ni después del tiempo establecido.

T1_LBL_P2_ESPBUS1	LOGIC R	T1_LGS_P2_TIME_IS_UP
	ASSIGN	T1_PAR_P2_TIEMPO_BUS,V\$T1_VAR_P2_ESPERABUS
T1_LBL_P2_LOOP	ADVANCE	1
	TEST NE	{S\$T1_STO_P2_CAPACIDAD},X\$T1_SAV_P2_TOTAL,T1_LBL_P2_END_TIME
T1_LBL_P2_TLOOP	LOOP	T1_PAR_P2_TIEMPO_BUS,T1_LBL_P2_LOOP
T1_LBL_P2_END_TIME	GATE LS	T1_LGS_P2_END_SUB
	LOGIC S	T1_LGS_P2_TIME_IS_UP
	LOGIC R	T1_LGS_P2_SWITCH
T1_LBL_P2_SALT1	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE
T1_LBL_P2_BAJADAS	LOGIC R	T1_LGS_P2_END_SUB
	QUEUE	T1_QUE_P2_TIME_BAJADAS
	TEST NE	P\$T1_PAR_P2_BAJADAS,0,T1_LBL_P2_FINBAJ
	ADVANCE	{CALCULAR_TIEMPO(4,V\$T1_VAR_TIEMPO_BAJADA,P\$T1_PAR_P2_BAJADAS)}
T1_LBL_P2_FINBAJ	DEPART	T1_QUE_P2_TIME_BAJADAS
	LOGIC S	T1_LGS_P2_END_SUB
	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE
T1_LBL_P2_SUBIDAS	TEST L	{S\$T1_STO_P2_CAPACIDAD},X\$T1_SAV_P2_TOTAL,T1_LBL_P2_JUMP2
	QUEUE	T1_QUE_P2_TIEMPO_SUBIDAS
	LOGIC S	T1_LGS_P2_SWITCH
	UNLINK	T1_QUE_P2_PASAJEROS,T1_LBL_P2,1
	GATE LR	T1_LGS_P2_SWITCH
	GATE SE	T1_STO_P2_DOOR
	DEPART	T1_QUE_P2_TIEMPO_SUBIDAS
T1_LBL_P2_JUMP2	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE

En esta secuencia quien controla que se cumplan las condiciones de este caso, es la entidad ASSIGN, donde se almacena el tiempo que debe esperar el bus en el paradero, luego entra a un bloque de control de tiempo ADVANCE 1, donde se controla el avance de cada

segundo, el bloque TEST NE controla si el bus no esta lleno, con lo que quedaría finalizado el tiempo del bus en el paradero, el bloque LOOP indica la disminución del tiempo de espera.

*Caso 1. b.:* Donde los Ascensos y descensos son independientes y el bus deberá permanecer en el paradero hasta el tiempo establecido, no podrá salir antes. Si existen pasajeros en la cola puede permanecer hasta que la cola este vacía.

T1_LBL_P2_ESPBUS1	LOGIC R	T1_LGS_P2_TIME_IS_UP
	ASSIGN	T1_PAR_P2_TIEMPO_BUS,V\$T1_VAR_P2_ESPERABUS
T1_LBL_P2_LOOP	ADVANCE	1
	TEST NE	(S\$T1_STO_P2_CAPACIDAD),X\$T1_SAV_P2_TOTAL,T1_LBL_P2_END_TIME
T1_LBL_P2_TLOOP	LOOP	T1_PAR_P2_TIEMPO_BUS,T1_LBL_P2_LOOP
	GATE LS	T1_LGS_P2_END_SUB
T1_LBL_P2_EXTRA	TEST NE	CH\$T1_QUE_P2_PASAJEROS,0,T1_LBL_P2_END_TIME
	TEST NE	(S\$T1_STO_P2_CAPACIDAD),X\$T1_SAV_P2_TOTAL,T1_LBL_P2_END_TIME
	ADVANCE	1
	TRANSFER	,T1_LBL_P2_EXTRA
T1_LBL_P2_END_TIME	GATE LS	T1_LGS_P2_END_SUB
	LOGIC S	T1_LGS_P2_TIME_IS_UP
	LOGIC R	T1_LGS_P2_SWITCH
T1_LBL_P2_SALT1	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE
T1_LBL_P2_BAJADAS	LOGIC R	T1_LGS_P2_END_SUB
	QUEUE	T1_QUE_P2_TIME_BAJADAS
	TEST NE	P\$T1_PAR_P2_BAJADAS,0,T1_LBL_P2_FINBAJ
	ADVANCE	(CALCULAR_TIEMPO(4,V\$T1_VAR_TIEMPO_BAJADA,P\$T1_PAR_P2_BAJADAS))
T1_LBL_P2_FINBAJ	DEPART	T1_QUE_P2_TIME_BAJADAS
	LOGIC S	T1_LGS_P2_END_SUB
	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE
T1_LBL_P2_SUBIDAS	TEST L	(S\$T1_STO_P2_CAPACIDAD),X\$T1_SAV_P2_TOTAL,T1_LBL_P2_JUMP2
	QUEUE	T1_QUE_P2_TIEMPO_SUBIDAS
	LOGIC S	T1_LGS_P2_SWITCH
	UNLINK	T1_QUE_P2_PASAJEROS,T1_LBL_P2,1
	GATE LR	T1_LGS_P2_SWITCH
	GATE SE	T1_STO_P2_DOOR
	DEPART	T1_QUE_P2_TIEMPO_SUBIDAS
T1_LBL_P2_JUMP2	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE

Este bloque funciona de manera similar al anterior, la diferencia radica en que una vez que ha finalizado el tiempo (o sea sale del bloque LOOP) a través de la entidad TEST NE verifica si la cola de pasajeros

esta vacía, en caso de no estar lleno el bus procederá continuar con el ascenso de pasajeros y avanza el tiempo a través de un nuevo bloque ADVANCE, luego utiliza la entidad TRANSFER, para volver a preguntar el estado de la cola de pasajeros y continuar con el proceso de ascensos en caso de que necesite y se pueda.

*Caso 1.c.:* Donde los Ascensos y descensos son independientes y el bus a lo mucho puede permanecer en el paradero hasta el tiempo establecido, o decir puede irse antes en caso de que la cola este vacía.

T1_LBL_P2_ESPBUS1	LOGIC R	T1_LGS_P2_TIME_IS_UP
	ASSIGN	T1_PAR_P2_TIEMPO_BUS,V\$T1_VAR_P2_ESPERABUS
T1_LBL_P2_LOOP	ADVANCE	1
	TEST NE	P\$T1_PAR_P2_TIEMPO_BUS,1,T1_LBL_P2_TLOOP
	GATE LS	T1_LGS_P2_END_SUB,T1_LBL_P2_TLOOP
	TEST NE	CH\$T1_QUE_P2_PASAJEROS,0,T1_LBL_P2_END_TIME
	TEST NE	(S\$T1_STO_P2_CAPACIDAD),X\$T1_SAV_P2_TOTAL,T1_LBL_P2_END_TIME
T1_LBL_P2_TLOOP	LOOP	T1_PAR_P2_TIEMPO_BUS,T1_LBL_P2_LOOP
T1_LBL_P2_END_TIME	GATE LS	T1_LGS_P2_END_SUB
	LOGIC S	T1_LGS_P2_TIME_IS_UP
	LOGIC R	T1_LGS_P2_SWITCH
T1_LBL_P2_SALT1	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE
T1_LBL_P2_BAJADAS	LOGIC R	T1_LGS_P2_END_SUB
	QUEUE	T1_QUE_P2_TIME_BAJADAS
	TEST NE	P\$T1_PAR_P2_BAJADAS,0,T1_LBL_P2_FINBAJ
	ADVANCE	(CALCULAR_TIEMPO(4,V\$T1_VAR_TIEMPO_BAJADA,P\$T1_PAR_P2_BAJADAS))
T1_LBL_P2_FINBAJ	DEPART	T1_QUE_P2_TIME_BAJADAS
	LOGIC S	T1_LGS_P2_END_SUB
	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE
T1_LBL_P2_SUBIDAS	TEST L	(S\$T1_STO_P2_CAPACIDAD),X\$T1_SAV_P2_TOTAL,T1_LBL_P2_JUMP2
	QUEUE	T1_QUE_P2_TIEMPO_SUBIDAS
	LOGIC S	T1_LGS_P2_SWITCH
	UNLINK	T1_QUE_P2_PASAJEROS,T1_LBL_P2,1
	GATE LR	T1_LGS_P2_SWITCH
	GATE SE	T1_STO_P2_DOOR
	DEPART	T1_QUE_P2_TIEMPO_SUBIDAS
T1_LBL_P2_JUMP2	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE

Este bloque de secuencias es similar al caso 1.a., difiere en que dentro del LOOP constantemente a través del comando GATE LS pregunta el

estado del logicswitch T2\_LGS\_END\_SUB que controla el descenso de pasajeros en caso de haber finalizado los ascensos usando el bloque TEST NE primero pregunta si la cola de ascensos esta vacía, si es así saldrá del bloque de control y saldrá de la parada para continuar su ruta.

*Caso 1.d.:* Donde los Ascensos y descensos son independientes y el bus no tiene un tiempo establecido para permanecer el paradero. Puede irse una vez que hayan subidos todos los pasajeros que existen en la cola.

T1_LBL_P2_ESPBUS1	LOGIC R	T1_LGS_P2_TIME_IS_UP
	ASSIGN	T1_PAR_P2_TIEMPO_BUS,V\$T1_VAR_P2_ESPERABUS
T1_LBL_P2_ESPER	ADVANCE	1
	GATE LS	T1_LGS_P2_END_SUB,T1_LBL_P2_TESPE
	GATE SNF	T1_STO_P2_CAPACIDAD,T1_LBL_P2_END_TIME
	TEST NE	CH\$T1_QUE_P2_PASAJEROS,0,T1_LBL_P2_END_TIME
T1_LBL_P2_TESPE	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ESPER
T1_LBL_P2_END_TIME	GATE LS	T1_LGS_P2_END_SUB
	LOGIC S	T1_LGS_P2_TIME_IS_UP
	LOGIC R	T1_LGS_P2_SWITCH
T1_LBL_P2_SALT1	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE
T1_LBL_P2_BAJADAS	LOGIC R	T1_LGS_P2_END_SUB
	QUEUE	T1_QUE_P2_TIME_BAJADAS
	TEST NE	P\$T1_PAR_P2_BAJADAS,0,T1_LBL_P2_FINBAJ
	ADVANCE	(CALCULAR_TIEMPO(4,V\$T1_VAR_TIEMPO_BAJADA,P\$T1_PAR_P2_BAJADAS))
T1_LBL_P2_FINBAJ	DEPART	T1_QUE_P2_TIME_BAJADAS
	LOGIC S	T1_LGS_P2_END_SUB
	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE
T1_LBL_P2_SUBIDAS	TEST L	(S\$T1_STO_P2_CAPACIDAD),X\$T1_SAV_P2_TOTAL,T1_LBL_P2_JUMP2
	QUEUE	T1_QUE_P2_TIEMPO_SUBIDAS
	LOGIC S	T1_LGS_P2_SWITCH
	UNLINK	T1_QUE_P2_PASAJEROS,T1_LBL_P2,1
	GATE LR	T1_LGS_P2_SWITCH
	GATE SE	T1_STO_P2_DOOR
	DEPART	T1_QUE_P2_TIEMPO_SUBIDAS
T1_LBL_P2_JUMP2	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE

En este caso el control del tiempo es establecido según comportamiento de los pasajeros, una vez concluido los descensos con el uso de la entidad GATE NSF se controla si el bus esta lleno, luego

con la entidad TEST NE se controla el tamaño de la cola hasta sea cero, en ambos casos si el bus esta lleno o la cola esta vacía la transacción saldrá del bloque, y finalizará su tiempo. La entidad TRANSFER simula el bloque secuencial de forma recursiva para generar tiempos de espera de 1 segundo.

*Caso 2.a.* Ascensos dependen de que primero se realicen los descensos y el bus permanece justo el tiempo establecido, es decir no puede retirarse antes ni después del tiempo establecido.

T1_LBL_P1_DESTINOS	TRANSFER	FN,T1_FUN_P1_DESTINOS1
T1_LBL_P1_ESPBUS1	LOGIC R	T1_LGS_P1_TIME_IS_UP
	ASSIGN	T1_PAR_P1_TIEMPO_BUS,V\$T1_VAR_P1_ESPERABUS
T1_LBL_P1_LOOP	ADVANCE	1
	TEST NE	(S\$T1_STO_P1_CAPACIDAD),X\$T1_SAV_P1_TOTAL,T1_LBL_P1_END_TIME
T1_LBL_P1_TLOOP	LOOP	T1_PAR_P1_TIEMPO_BUS,T1_LBL_P1_LOOP
T1_LBL_P1_END_TIME	GATE LS	T1_LGS_P1_END_SUB
	LOGIC S	T1_LGS_P1_TIME_IS_UP
	LOGIC R	T1_LGS_P1_SWITCH
T1_LBL_P1_SALT1	TRANSFER	,T1_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T1_LBL_P1_BAJADAS	LOGIC R	T1_LGS_P1_END_SUB
	QUEUE	T1_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	TEST NE	P\$T1_PAR_P1_BAJADAS,0,T1_LBL_P1_FINBAJ
	ADVANCE	(CALCULAR_TIEMPO(S,V\$T1_VAR_TIEMPO_BAJADA,P\$T1_PAR_P1_BAJADAS))
T1_LBL_P1_FINBAJ	DEPART	T1_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	LOGIC S	T1_LGS_P1_END_SUB
	TRANSFER	,T1_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T1_LBL_P1_SUBIDAS	GATE LS	T1_LGS_P1_END_SUB
	TEST L	(S\$T1_STO_P1_CAPACIDAD),X\$T1_SAV_P1_TOTAL,T1_LBL_P1_JUMP2
	QUEUE	T1_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
	LOGIC S	T1_LGS_P1_SWITCH
	UNLINK	T1_QUE_P1_PASAJEROS,T1_LBL_P1,1
	GATE LR	T1_LGS_P1_SWITCH
	GATE SE	T1_STO_P1_DOOR
	DEPART	T1_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
T1_LBL_P1_JUMP2	TRANSFER	,T1_LBL_P1_ENSAMBLAJE

En este caso es muy similar al caso 1.a. la variante radica que como primero se realizan los descensos, todas las puertas son utilizadas para bajar, por tal razón en el la entidad ADVANCE del bloque de bajadas el

parámetro 4, ahora es 8. La segunda variante radica en el uso de la entidad GATE LS para el logicswitch T1\_GLS\_END\_SUB, lo que hace simular la espera hasta que terminen de bajar una vez del estado del logicswitch este en SET. El resto del código permanece igual.

*Caso 2.b.* Ascensos dependen de que primero se realicen los descensos y el bus deberá permanecer en el paradero hasta el tiempo establecido, no podrá salir antes. Si existen pasajeros en la cola puede permanecer hasta que la cola este vacía.

T1_LBL_P2_DESTINOS	TRANSFER	FN,T1_FUN_P2_DESTINOS1
T1_LBL_P2_ESPBUS1	LOGIC R	T1_LGS_P2_TIME_IS_UP
	ASSIGN	T1_PAR_P2_TIEMPO_BUS,V\$T1_VAR_P2_ESPERABUS
T1_LBL_P2_LOOP	ADVANCE	1
	TEST NE	(S\$T1_STO_P2_CAPACIDAD),X\$T1_SAV_P2_TOTAL,T1_LBL_P2_END_TIME
T1_LBL_P2_TLOOP	LOOP	T1_PAR_P2_TIEMPO_BUS,T1_LBL_P2_LOOP
	GATE LS	T1_LGS_P2_END_SUB
T1_LBL_P2_EXTRA	TEST NE	CH\$T1_QUE_P2_PASAJEROS,0,T1_LBL_P2_END_TIME
	TEST NE	(S\$T1_STO_P2_CAPACIDAD),X\$T1_SAV_P2_TOTAL,T1_LBL_P2_END_TIME
	ADVANCE	1
	TRANSFER	,T1_LBL_P2_EXTRA
T1_LBL_P2_END_TIME	GATE LS	T1_LGS_P2_END_SUB
	LOGIC S	T1_LGS_P2_TIME_IS_UP
	LOGIC R	T1_LGS_P2_SWITCH
T1_LBL_P2_SALT1	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE
T1_LBL_P2_BAJADAS	LOGIC R	T1_LGS_P2_END_SUB
	QUEUE	T1_QUE_P2_TIME_BAJADAS
	TEST NE	P\$T1_PAR_P2_BAJADAS,0,T1_LBL_P2_FINBAJ
	ADVANCE	(CALCULAR_TIEMPO(8,V\$T1_VAR_TIEMPO_BAJADA,P\$T1_PAR_P2_BAJADAS))
T1_LBL_P2_FINBAJ	DEPART	T1_QUE_P2_TIME_BAJADAS
	LOGIC S	T1_LGS_P2_END_SUB
	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE
T1_LBL_P2_SUBIDAS	GATE LS	T1_LGS_P2_END_SUB
	TEST L	(S\$T1_STO_P2_CAPACIDAD),X\$T1_SAV_P2_TOTAL,T1_LBL_P2_JUMP2
	QUEUE	T1_QUE_P2_TIEMPO_SUBIDAS
	LOGIC S	T1_LGS_P2_SWITCH
	UNLINK	T1_QUE_P2_PASAJEROS,T1_LBL_P2,1
	GATE LR	T1_LGS_P2_SWITCH
	GATE SE	T1_STO_P2_DOOR
	DEPART	T1_QUE_P2_TIEMPO_SUBIDAS
T1_LBL_P2_JUMP2	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE

En este bloque es muy similar al caso 1.b. las diferencias son las mismas del caso anterior.



*Caso 2.c.* Ascensos dependen de que primero se realicen los descensos y el bus a lo mucho puede permanecer en el paradero hasta el tiempo establecido, puede irse antes en caso de que la cola este vacía.

T1_LBL_P1_ESPBUS1	LOGIC R	T1_LGS_P1_TIME_IS_UP
	ASSIGN	T1_PAR_P1_TIEMPO_BUS,V\$T1_VAR_P1_ESPERABUS
T1_LBL_P1_LOOP	ADVANCE	1
	TEST NE	(S\$T1_STO_P1_CAPACIDAD),X\$T1_SAV_P1_TOTAL,T1_LBL_P1_END_TIME
T1_LBL_P1_TLOOP	LOOP	T1_PAR_P1_TIEMPO_BUS,T1_LBL_P1_LOOP
T1_LBL_P1_END_TIME	GATE LS	T1_LGS_P1_END_SUB
	LOGIC S	T1_LGS_P1_TIME_IS_UP
	LOGIC R	T1_LGS_P1_SWITCH
T1_LBL_P1_SALT1	TRANSFER	,T1_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T1_LBL_P1_BAJADAS	LOGIC R	T1_LGS_P1_END_SUB
	QUEUE	T1_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	TEST NE	P\$T1_PAR_P1_BAJADAS,O,T1_LBL_P1_FINBAJ
	ADVANCE	(CALCULAR_TIEMPO(S,V\$T1_VAR_TIEMPO_BAJADA,P\$T1_PAR_P1_BAJADAS))
T1_LBL_P1_FINBAJ	DEPART	T1_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	LOGIC S	T1_LGS_P1_END_SUB
	TRANSFER	,T1_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T1_LBL_P1_SUBIDAS	GATE LS	T1_LGS_P1_END_SUB
	TEST L	(S\$T1_STO_P1_CAPACIDAD),X\$T1_SAV_P1_TOTAL,T1_LBL_P1_JUMP2
	QUEUE	T1_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
	LOGIC S	T1_LGS_P1_SWITCH
	UNLINK	T1_QUE_P1_PASAJEROS,T1_LBL_P1,1
	GATE LR	T1_LGS_P1_SWITCH
	GATE SE	T1_STO_P1_DOOR
	DEPART	T1_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
T1_LBL_P1_JUMP2	TRANSFER	,T1_LBL_P1_ENSAMBLAJE

Los cambios son los mismos que el anterior y el resto del código es similar a del Caso 1.c.

*Caso 2.d.* Ascensos dependen de que primero se realicen los descensos y el bus no tiene un tiempo establecido para permanecer el paradero. Puede irse una vez que hayan subidos todos los pasajeros que existen en la cola.

T1_LBL_P2_ESPBUS1	LOGIC R	T1_LGS_P2_TIME IS UP
	ASSIGN	T1_PAR_P2_TIEMPO_BUS,V\$T1_VAR_P2_ESPERABUS
T1_LBL_P2_ESPER	ADVANCE	1
	GATE LS	T1_LGS_P2_END_SUB,T1_LBL_P2_TESPE
	GATE SNF	T1_STO_P2_CAPACIDAD,T1_LBL_P2_END_TIME
	TEST NE	CH\$T1_QUE_P2_PASAJEROS,0,T1_LBL_P2_END_TIME
T1_LBL_P2_TESPE	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ESPER
T1_LBL_P2_END_TIME	GATE LS	T1_LGS_P2_END_SUB
	LOGIC S	T1_LGS_P2_TIME IS UP
	LOGIC R	T1_LGS_P2_SWITCH
T1_LBL_P2_SALT1	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE
T1_LBL_P2_BAJADAS	LOGIC R	T1_LGS_P2_END_SUB
	QUEUE	T1_QUE_P2_TIME_BAJADAS
	TEST NE	P\$T1_PAR_P2_BAJADAS,0,T1_LBL_P2_FINBAJ
	ADVANCE	(CALCULAR_TIEMPO(8,V\$T1_VAR_TIEMPO_BAJADA,P\$T1_PAR_P2_BAJADAS))
T1_LBL_P2_FINBAJ	DEPART	T1_QUE_P2_TIME_BAJADAS
	LOGIC S	T1_LGS_P2_END_SUB
	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE
T1_LBL_P2_SUBIDAS	GATE LS	T1_LGS_P2_END_SUB
	TEST L	(S\$T1_STO_P2_CAPACIDAD),X\$T1_SAV_P2_TOTAL,T1_LBL_P2_JUMP2
	QUEUE	T1_QUE_P2_TIEMPO_SUBIDAS
	LOGIC S	T1_LGS_P2_SWITCH
	UNLINK	T1_QUE_P2_PASAJEROS,T1_LBL_P2,1
	GATE LR	T1_LGS_P2_SWITCH
	GATE SE	T1_STO_P2_DOOR
	DEPART	T1_QUE_P2_TIEMPO_SUBIDAS
T1_LBL_P2_JUMP2	TRANSFER	,T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE

Igual que en los casos anteriores sufren los mismos cambios el resto del código es igual a del caso 1.d.

Ahora se presenta la última parte de la codificación en GPSS de la simulación del funcionamiento de los paraderos.

T1_LBL_P2	GATE LS	T1_LGS_P2_SWITCH,T1_LBL_P2_REENTER
	GATE SNF	T1_STO_P2_DOOR
	ENTER	T1_STO_P2_CAPACIDAD,1
	SAVEVALUE	T1_SAV_P2_TOTAL_SUBEN+,1
	SAVEVALUE	T1_SAV_TSUBEN+,1
	GATE LR	T1_LGS_P2_TIME_IS_UP,T1_LBL_P2_CAMBIO
	TEST L	S\$T1_STO_P2_CAPACIDAD,X\$T1_SAV_P2_TOTAL,T1_LBL_P2_CAMBIO2
	ENTER	T1_STO_P2_DOOR
	UNLINK	T1_QUE_P2_PASAJEROS,T1_LBL_P2,1
	ADVANCE	V\$T1_VAR_TIEMPO_SUBIDA
	LEAVE	T1_STO_P2_DOOR
	TERMINATE	
T1_LBL_P2_CAMBIO	LOGIC R	T1_LGS_P2_SWITCH
	LOGIC S	T1_LGS_P2_TIME_IS_UP
	LEAVE	T1_STO_P2_CAPACIDAD,1
	TRANSFER	,T1_LBL_P2_REENTER
T1_LBL_P2_CAMBIO2	LOGIC R	T1_LGS_P2_SWITCH
	LOGIC S	T1_LGS_P2_TIME_IS_UP
	ENTER	T1_STO_P2_DOOR
	ADVANCE	V\$T1_VAR_TIEMPO_SUBIDA
	LEAVE	T1_STO_P2_DOOR
	TERMINATE	
T1_LBL_P2_ENSAMBLAJE	ASSEMBLE	3
	ASSIGN	T1_PAR_CAPACTUAL_SN,S\$T1_STO_P2_CAPACIDAD
	LEAVE	T1_STO_P2_ESPACIO
	DEPART	T1_QUE_P2_TIEMPO
	DEPART	T1_QUE_P2_GENERAL

En este último bloque se simula el proceso de ascenso de pasajeros al bus y reducción de la cola de espera a través de la entidad UNLINK. Se realiza la sincronización y se ensamblan las tres transacciones de control en el proceso de ascensos y descensos antes mencionados con el uso del bloque ASEMBLE. Se asigna el valor del almacenamiento temporal al parámetro de la transacción bus. Se simula además el abandono del bus del paradero a través del bloque LEAVE T1\_STO\_P2\_ESPACIO, liberando esta entidad.

### **Simulación del arribo de pasajeros a los paraderos**

En este proceso a ser codificado, se debe tomar en cuenta la disciplina de las colas de espera de pasajeros en los paraderos, de las cuales para el funcionamiento del simulador se ha considerado:

- Colas con disciplina FIFO o PERS (primero en entrar, primero en salir).
- Colas con disciplina Aleatoria.

### Arribo de pasajeros con disciplina FIFO en la cola

	GENERATE	FN\$T1_FUN_P1_LLEGADAS
	TEST E	CH\$T1_QUE_P1_PASAJEROS,0,T1_LBL_P1_REENTER
	GATE LR	T1_LGS_P1_SW TCH,T1_LBL_P1
T1_LBL_P1_REENTER	LINK	T1_QUE_P1_PASAJEROS,FIFO

En este proceso se simula el arribo de personas a través del bloque GENERATE la cual hace referencia a una función que determina el tiempo de entre llegadas de la transacción persona o pasajero con una distribución específica.

Con la entidad TEST se verifica si la cola T1\_QUE\_P1\_PASAJEROS (userchain) esta vacía, en caso de ser cierto se envía la transacción a verificar si es que existe un bus para poder subir, si no, simulará la formación de la cola de espera.

Para la simulación de la cola de pasajeros se hizo uso de la entidad USERCHAIN que a través del bloque LINK coloca a la transacción pasajero en la cola, el orden es controlado con un parámetro que le asigna a la transacción, en este caso con una de sus propiedades FIFO,

fácilmente se le asigna un orden con dicha disciplina a cada una de las transacciones que entran a este bloque

### Arribo de pasajeros con disciplina de Aleatoria en la cola

	GENERATE	FN\$T1_FUN_P1_LLEGADAS
	ASSIGN	ORDEN, (CALCULAR_ORDEN(V\$T1_VAR_P1_MEDIA, RN1))
	TEST E	CH\$T1_QUE_P1_PASAJEROS, 0, T1_LBL_P1_REENTER
	GATE LR	T1_LGS_P1_SWITCH, T1_LBL_P1
T1_LBL_P1_REENTER	LINK	T1_QUE_P1_PASAJEROS, P\$ORDEN

Esta a diferencia de colas FIFO el parámetro que se le asigna para que siga un orden específico es aleatorio, se hace uso de la entidad ASSING que a través del parámetro ORDEN asigna un parámetro aleatorio a cada transacción que pasa por este bloque, éste será enviado como parámetro con la entidad LINK cuando pasa a ser parte de la cadena USERCHAIN. El resto de entidades del código, funciona de manera similar al método anterior.

### Simulación del funcionamiento de los semáforos

En la simulación de los semáforos se debe ser considerados dos controles:

- Cambio de estado de luces de semáforo
- Control de llegada de buses al semáforo

### Cambio de estado de luces del semáforo

T1_LBL_CICLO1	GENERATE	, , MX\$T1_MTX_SEMAF (1,3) , 1, 50
	LOGIC R	T1_LGS_SEMAFORO1
	ADVANCE	MX\$T1_MTX_SEMAF (1,1)
	LOGIC S	T1_LGS_SEMAFORO1
	ADVANCE	MX\$T1_MTX_SEMAF (1,2)
	TRANSFER	, T1_LBL_CICLO1

Para la simulación del cambio de luces se utilizó la entidad LOGICSWITCH, donde el estado SET simula luz verde y el estado RESET la luz rojo, la entidad ADVANCE simula el tiempo que permanecen las luces en dicho estado. Esta transacción es única para cada semáforo y se encuentra de forma cíclica dentro de todo el proceso de simulación con la aplicación de la entidad TRANSFER.

Dentro del GENERATE que simula la transacción semáforo, existe un parámetro de una matriz que indica un retraso en la generación de la transacción, esto se debe a que en el sistema real, los semáforos no funcionan de manera sincronizada mas bien entre ellos existe una diferencia en los cambios de estado de luces.

### Control de llegada de buses al semáforo.

QUEUE	T1_QUE_SEMAFORO1
GATE LR	T1_LGS_SEMAFORO1
DEPART	T1_QUE_SEMAFORO1

Este bloque simula el control de paso de bus por un semáforo, un vez que la transacción bus arriba a este bloque al llegar a la entidad QUEUE se obtiene la estadística del tiempo de espera en dicho semáforo, luego con la entidad GATE LR consulta si el estado del LOGIC SWITCH esta en RESET (luz verde), si es así continua la transacción, en caso contrario, espera a que este en estado reset para continuar.

### **Simulación del Reloj del simulador**

GENERATE	3 600
TERMINATE	1

El bloque GENERATE simula el reloj del simulador, dado que la simulación genera eventos cada segundo para simular una hora de simulación debe ir como parámetro 3600, la entidad TERMINATE va decrementando cada segundo simulado.

Este proceso se lo puede hacer para las 19 horas de tiempo de funcionamiento de la troncal, nos proporcionara información que ocurra cada hora, en las diferentes iteraciones que se realizan.

## 2.5. Base de datos del Simulador.

La base de datos del sistema donde se guardan la información tanto de los parámetros para la simulación y los resultados obtenidos luego de su ejecución, esta conformada por 10 tablas. El detalle de los campos utilizados y en cada una de las tablas y sus relaciones se muestra en la siguiente figura.

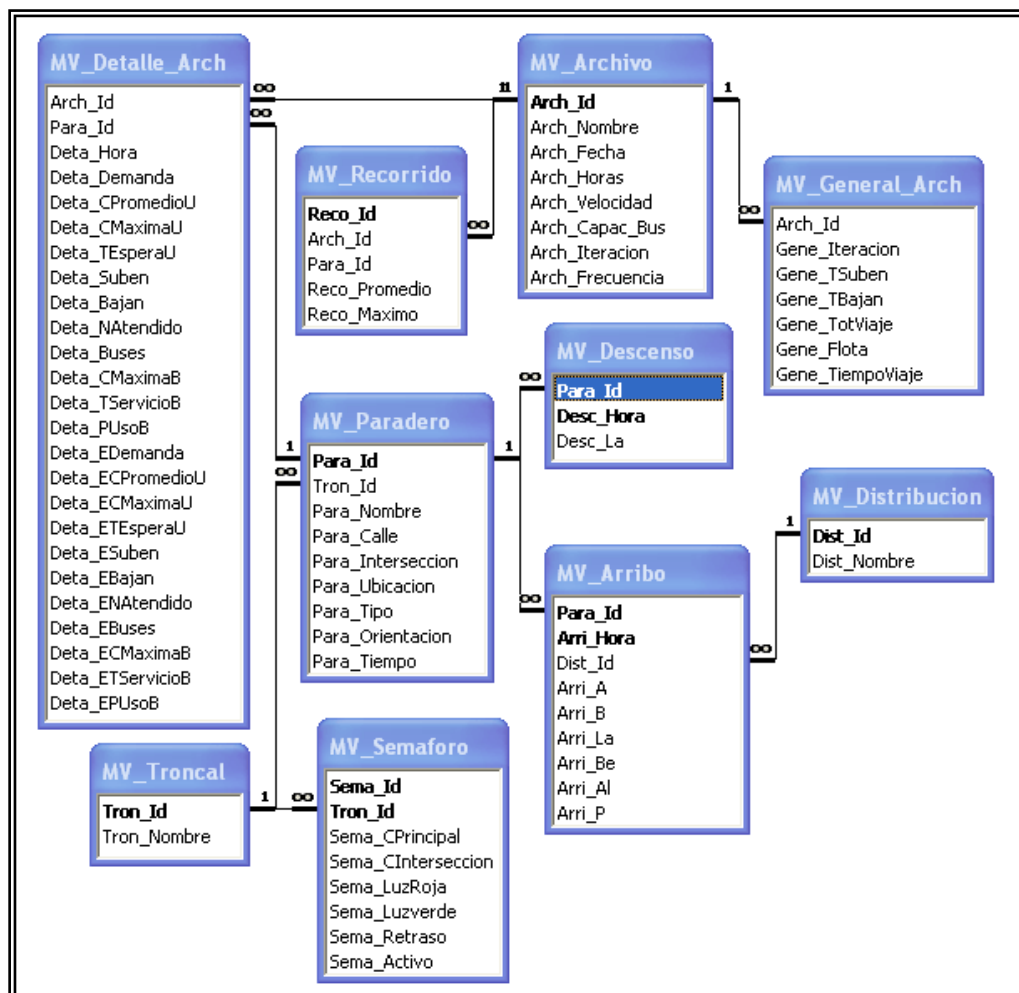


Figura 2. 3. Diagrama Entidad - Relación



## 2.6. Medidas de desempeño y datos que proporciona el simulador.

El Sistema SySMetrovia Troca1 V1.0 proporciona información de los resultados de la simulación que pueden ser analizados para usos pertinentes del usuario, estos datos corresponden a cada hora simulada por paradero y a datos generales de la troncal. El sistema muestra lo siguiente:

### Por paradero

- Hora de Simulación.
- Número de Iteración.
- Demanda Acumulada de Pasajeros.
- Total de demanda de pasajeros (TDP).
- Cola promedio de pasajeros (CPP).
- Cola máxima de pasajeros (CMP).
- Tiempo de espera promedio de pasajeros (TEPP)
- Número de pasajeros que suben o ascienden (NPS)
- Número de pasajeros que bajan o descienden (NPB)
- Número de pasajeros no atendidos (NPNA)
- Número Arribo de Buses (NAB)
- Cola Máxima de Buses (CMB)
- Tiempo de Servicio Promedio de Bus (TEPB)
- Porcentaje de uso de buses (PUB)

### General

- Número total de Pasajeros que ingresan a la troncal durante el tiempo de simulación (Suben)
- Número total de Pasajeros transportados durante el tiempo de simulación, es decir los que fueron servidos y salen de la troncal (Bajan)
- Número total de viajes durante el tiempo de simulación, es decir el número de carros que iniciaron el recorrido por la troncal.
- Flota operativa, es decir número de carros necesarios para que operen a través de la troncal.
- Tiempo promedio estimado de viaje del recorrido de la troncal.

# CAPÍTULO III

## 3. RECOLECCIÓN, ANÁLISIS Y PREPARACIÓN DE DATOS

### 3.1. Generalidades

#### 3.1.1. Objetivo de Análisis

Analizar y determinar las entradas y las salidas de datos del modelo, los cuales deben ser tratados de la forma adecuada para que el simulador brinde información tanto descriptiva como predictiva del sistema. Para cumplir con estas características, una alternativa es, que una vez que se tiene datos tomados sobre el sistema real, se halle funciones del comportamiento del sistema, (es decir funciones de distribución probabilística), esto permitirá que se puedan repetir el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones, y por lo tanto facilite su análisis y estudio.

El sistema en este caso es la Troncal I, una entrada de datos que se puede determinar de la forma antes mencionada, es la demanda y descenso de pasajeros, descritas como fuentes de aleatoriedad en el capítulo III, y donde sugieren qué modelo seguir.

### **3.1.2. Población objetivo.**

Usuarios del transporte público de la ciudad de Guayaquil, que transitan por el área que comprende la “Troncal I” y que se trasladan dentro y a través de la misma.

### **3.1.3. Marco muestral.**

Todos los usuarios de transporte público que hacen uso de éste servicio, a través de los distintos sitios de parada que están ubicados dentro del área que comprende a la “Troncal I”

### **3.1.3. Determinación de las variables**

#### **Variable DAPH: Distribución de Arribo de Pasajeros por hora**

Esta variable cuantitativa representa la distribución (según el estudio) a la cual convergen los datos del número de personas que arriban (Demanda) a un paradero en cada hora.

**Variable NDPH: Número Descenso de Pasajeros por hora.**

Esta variable cuantitativa representa el número de personas que descienden de los buses en un paradero en cada hora. Para fines prácticos la variable, dará lugar a una Distribución de Poisson para simular un descenso de pasajero. (Véase sección 3.3 del Capítulo 3), Fuentes de Aleatoriedad).

**3.2. Recolección y Medición de Datos****3.2.1. Datos Estadísticos Existentes**

Gracias a la ayuda y colaboración del la Dirección Municipal de Transporte de la Ilustre Municipalidad de Guayaquil, se obtuvo información referencial del comportamiento de los sitios de parada y los datos de programación de operación de la “Troncal I”. En la información proporcionada por esta institución, consta el número de pasajeros por hora y paradero tanto para los datos de demanda y descenso de pasajeros.

Los datos comprenden valores tomados en un día corriente (martes miércoles y jueves), entre semana, considerando la suma de todas las personas que esperaban tomar un bus (demanda) y la suma de todas las personas que bajaban de un bus (descensos), de cualquiera de las

líneas de transporte público que actualmente operan y que transitan por las calles de cada uno de los sectores donde estarán ubicados los paraderos que pertenecerán a la ruta de la “troncal I”, esto permite tener un conocimiento general del desempeño que tendrá el sistema.

### **3.2.2. Medición de Datos en los Paraderos de la Troncal I**

El proceso de medición fue realizado de forma similar a lo realizado por la Ilustre municipalidad de Guayaquil. Se consideró la cantidad de personas que toman un bus (ascensos) dentro del segmento del área donde estarán establecidos los paraderos de la “Troncal I”, y de igual forma se procedió con la medición del número de personas que bajan (descensos) de un bus.

Ya que los recursos son limitados no es posible tomar datos durante las 19 horas (05h00 a 24h00) de operación que tendrá la Metrovía, y mucho menos para varios días de la semana como para realizar un análisis minucioso y más preciso. Aunque esta información es importante, la idea consiste en tener datos reales a fin de evaluar el simulador y analizar si sus resultados son coherentes y confiables.

Para la toma de datos se dividió las horas que operará la troncal en 2 jornadas, la primera jornada es de 05h00 a 13h00 y la segunda jornada

es de 13h00 hasta las 00H00, y dado que se asume que los días martes, miércoles y jueves tiene un comportamiento similar. Se tomó datos en estos tres días y se los considera como uno solo para la simulación, al que se le denomina día corriente. Dentro de cada jornada se tomo datos, registrando valores por minuto como unidad de tiempo, del número de personas que arriban al paradero. También se registró el total de pasajeros que bajaban en el paradero durante toda la hora.

En la primera jornada se hizo mediciones durante 6 horas y en la segunda jornada durante 5 horas. Dichas horas tomadas son consideradas como de mayor movimiento de pasajeros.

**Tabla 2.**  
**Horas en que se levantó información.**

JORNADA	HORARIO	INFORMACION LEVANTADA
PRIMERA	05:00 - 06:00	NO
	06:00 - 07:00	NO
	07:00 - 08:00	SI
	08:00 - 09:00	SI
	09:00 - 10:00	SI
	10:00 - 11:00	SI
	11:00 - 12:00	SI
	12:00 - 13:00	SI
SEGUNDA	13:00 - 14:00	NO
	14:00 - 15:00	NO
	15:00 - 16:00	NO
	16:00 - 17:00	SI
	17:00 - 18:00	SI
	18:00 - 19:00	SI
	19:00 - 20:00	SI
	20:00 - 21:00	SI
	21:00 - 22:00	NO
	22:00 - 23:00	NO
	23:00 - 00:00	NO

Es importante aclarar que aunque físicamente se comenta de 36 paraderos, que sumado las terminales de transferencia se convierten en 38 sitios de parada, realmente para consideración del simulador se convierten en 48 paraderos, ya que algunos de ellos producen demanda y descensos de pasajeros tanto en sentido Sur-Norte como en sentido Norte-Sur, por lo cual se divide la información de acuerdo a su orientación, de tal forma como se detalla a continuación en la siguiente tabla:

**Tabla 3.**  
**Lista de Paraderos según su orientación**

Referencia	Paradero	Orientación
P01	Terminal Guasmo	S-N
P02	Guasmo Sur	S-N
P03	Guasmo Norte	S-N
P04	La Floresta 2	S-N
P05	La Floresta 1	S-N
P06	Guasmo Central	S-N
P07	Los Tulipanes	S-N
P08	La Pradera 2	S-N
P09	Cdla. Nueve De Octubre	S-N
P10	Caraguay	S-N
P11	Barrio Cuba	S-N
P12	Barrio del Centenario	S-N
P13	Hosp. León Becerra	S-N
P14	El Astillero	S-N
P15	La Providencia	S-N
P16	Plaza de la Integración	S-N
P17	Biblioteca Municipal	S-N
P18	Correos	S-N
P19	Banco Central	S-N
P20	Jardines del Malecón	S-N
P21	Las Peñas	S-N
P22	Atarazana	S-N
P23	FAE	S-N
P24	Liceo Naval	S-N
P25	Banderas	S-N
P26	Terminal Río Daule	N-S
P27	Banderas	N-S
P28	Liceo Naval	N-S
P29	FAE	N-S
P30	Atarazana	N-S
P31	Hosp. Luís Vernaza	N-S
P32	Boca 9	N-S
P33	Catedral	N-S



Continúa tabla anterior...

Referencia	Paradero	Orientación
P34	IESS	N-S
P35	La Providencia	N-S
P36	EL Astillero	N-S
P37	osp.. León Becerra	N-S
P38	Barrio del Centenario	N-S
P39	Barrio Cuba	N-S
P40	Caraguay	N-S
P41	Cdla.Nueve De Octubre	N-S
P42	La Pradera 1	N-S
P43	Los Tulipanes	N-S
P44	Guasmo Central	N-S
P45	La Floresta 1	N-S
P46	La Floresta 2	N-S
P47	Guasmo Norte	N-S
P48	Guasmo Sur	N-S

La medición de los datos fue efectuada en el período comprendido entre septiembre 7 del 2004 y Noviembre 11 del 2004, a continuación se presenta el detalle de los días y los paraderos en que se levantó la información.

Tabla 4.

## Fechas de Medición de datos

Martes	Miércoles	Jueves
Septiembre 7 P02, P48	Septiembre 8 P03, P47	Septiembre 9 P04, P46
Septiembre 14 P05, P45	Septiembre 15 P06, P44	Septiembre 16 P07, P43
Septiembre 21 P08	Septiembre 22 P42	Septiembre 23 P09, P41
Septiembre 28 P10	Septiembre 29 P11	Septiembre 30 P12
Octubre 5 P13	Octubre 6 P14	Octubre 7 P15
Octubre 12 P15	Octubre 13 P21	Octubre 14 P23,P29
Octubre 19 P24,P28	Octubre 20 P33	Octubre 21 P34
Octubre 26 P35	Octubre 27 P36	Octubre 28 P37
Noviembre 9 P38	Noviembre 10 P39	Noviembre 11 P40

Adicionalmente se debe acotar que se esta modelando un sistema que en la actualidad físicamente no existe, por lo cual se vuelve complicada la recolección de datos, tal es el caso de estimar una demanda en sectores donde no existen paraderos y que actualmente tampoco existe una ruta de tráfico de transporte público en el área, como por ejemplo el paradero ya construido “Banco Central”, ubicado en Pedro Carbo y Francisco P. Icaza. Por esta razón aquellos que presentan este inconveniente se los excluyó al momento de toma de datos, sin embargo, se consideraron como datos del paradero para el sistema, los proporcionados por la Municipalidad. De igual forma se procedió en las horas que no se levantó información de los paraderos medidos.

**Tabla 5.**  
**Origen de datos considerados para el simulador**

Referencia	Paradero	Orientación	Origen de Datos
P01	Terminal Guasmo	S-N	Dato Municipal
P02	Guasmo Sur	S-N	Dato levantado
P03	Guasmo Norte	S-N	Dato levantado
P04	La Floresta 2	S-N	Dato levantado
P05	La Floresta 1	S-N	Dato levantado
P06	Guasmo Central	S-N	Dato levantado
P07	Los Tulipanes	S-N	Dato levantado
P08	La Pradera 2	S-N	Dato levantado
P09	Cdla. Nueve De Octubre	S-N	Dato levantado
P10	Caraguay	S-N	Dato levantado
P11	Barrio Cuba	S-N	Dato levantado
P12	Barrio del Centenario	S-N	Dato levantado
P13	Hosp. León Becerra	S-N	Dato levantado
P14	El Astillero	S-N	Dato levantado
P15	La Providencia	S-N	Dato levantado
P16	Plaza de la Integración	S-N	Dato levantado
P17	Biblioteca Municipal	S-N	Dato Municipal
P18	Correos	S-N	Dato Municipal
P19	Banco Central	S-N	Dato Municipal
P20	Jardines del Malecón	S-N	Dato Municipal
P21	Las Peñas	S-N	Dato levantado
P22	Atarazana	S-N	Dato Municipal
P23	FAE	S-N	Dato levantado
P24	Liceo Naval	S-N	Dato levantado

Continúa tabla anterior....

Referencia	Paradero	Orientación	Origen de Datos
P25	Banderas	S-N	Dato Municipal
P26	Terminal Río Daule	N-S	Dato levantado
P27	Banderas	N-S	Dato Municipal
P28	Liceo Naval	N-S	Dato levantado
P29	FAE	N-S	Dato levantado
P30	Atarazana	N-S	Dato Municipal
P31	Hosp. Luís Vernaza	N-S	Dato Municipal
P32	Boca 9	N-S	Dato Municipal
P33	Catedral	N-S	Dato levantado
P34	IESS	N-S	Dato levantado
P35	La Providencia	N-S	Dato levantado
P36	EL Astillero	N-S	Dato levantado
P37	Hosp. León Becerra	N-S	Dato levantado
P38	Barrio del Centenario	N-S	Dato levantado
P39	Barrio Cuba	N-S	Dato levantado
P40	Caraguay	N-S	Dato levantado
P41	Cdla. Nueve De Octubre	N-S	Dato levantado
P42	La Pradera 1	N-S	Dato levantado
P43	Los Tulipanes	N-S	Dato levantado
P44	Guasmo Central	N-S	Dato levantado
P45	La Floresta 1	N-S	Dato levantado
P46	La Floresta 2	N-S	Dato levantado
P47	Guasmo Norte	N-S	Dato levantado
P48	Guasmo Sur	N-S	Dato Municipal

### 3.3. Determinación de las Distribuciones para el arribo de pasajeros.

Los experimentos que dan valores numéricos de una variable aleatoria  $X$ , el número de resultados que ocurren durante un intervalo dado o en una región específica, se llaman Experimentos de Poisson. El intervalo puede ser de cualquier longitud, como un minuto, un día, una semana, un mes o incluso un año.

Una variable aleatoria de Poisson es el número  $X$  de resultados que ocurren durante un experimento de Poisson y su distribución de probabilidades se llama distribución de Poisson. La distribución de probabilidades de Poisson se corresponde con la siguiente expresión:

$$P(X = x) = \begin{cases} \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} & , \quad x = 0,1,2,3\dots \\ 0 & , \quad \text{resto de } x \end{cases}$$

siendo  $\lambda$  el número medio de resultados.

Dado las características que presenta una Distribución de Poisson, se justifica el interés en evaluar si los datos tomados acerca del número de pasajeros que arriban (ascensos) por minuto, a un sitio de parada, tienden a una distribución de Poisson.

Para análisis y evaluación de los datos recopilados se utilizó como método de bondad de ajustes la prueba Kolmogorov y Smirnov (KS). Para lo cual se utilizó el software estadístico SPSS.

Como prueba de hipótesis se tiene:

$H_0$ : La demanda de pasajeros de un paradero específico en un horario específico tiene distribución Poisson con media  $\lambda_i$  personas por minuto.

Vs.

$H_1$ : La demanda de pasajeros de un paradero específico en un horario no tiene distribución Poisson con media  $\lambda_i$  personas por minuto.

Este análisis se lo realiza para todos lo paraderos en que se levantó la información, en cada uno de los horarios respectivos. Como el procedimiento es el mismo, a continuación se presenta un ejemplo de este análisis. Un día corriente en el Paradero IESS de 07h00 a 08:00

**Tabla 6**  
**Estadística descriptiva de la demanda de pasajeros**  
**del Paradero IESS (N-S) de 17h00 a 18h00**

Estadística Descriptiva	
Media	12.867
Varianza	12.43
Desviación Estándar	3.53
Mínimo	5
Máximo	20
Número de casos	60

$H_0$ : La demanda de pasajeros en el paradero IESS (N-S) en el horario de 17h00 a 18h00 tiene distribución Poisson con media 12.867 personas por minuto.

Vs.

$H_1$ : La demanda de pasajeros en el paradero IESS (N-S) en el horario de 17h00 a 18h00 no tiene distribución Poisson con media 12.867 personas por minuto.

El valor estadístico de la prueba es 0.808 y el valor  $p$  de la prueba es 0.531, por lo que no se rechaza la hipótesis  $H_0$ , es decir la demanda de pasajeros en el paradero IESS (N-S) en el horario de 17h00 a 18h00 tiene distribución Poisson con media 12.867 personas por minuto.

A continuación se presentan los resultados de la evaluación, para comprobar, si las diferentes variables aleatorias medidas en la realidad se corresponden con algún modelo como los tipos Poisson. En este caso el parámetro  $\lambda_i$  corresponde a la tasa media de arribo de personas por minuto. En todos los casos se pudo comprobar que pueden ser representados a través de una Poisson.

**Tabla 7.**  
**Parámetros de Poisson por paradero y hora**  
**según datos tomados del P02 a P13.**

HORARIO	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13
7:00 - 8:00	1,13	0,48	5,42	5,53	4,95	6,05	3,68	2,48	1,77	1,18	1,80	2,00
8:00 - 9:00	1,42	0,37	4,57	4,97	4,58	5,45	3,30	2,02	1,38	0,60	1,67	1,55
9:00 - 10:00	0,33	0,17	3,45	2,47	2,30	3,13	2,02	3,40	1,25	0,97	1,93	2,32
10:00 - 11:00	0,42	0,23	3,17	2,05	1,95	2,82	1,85	4,62	1,23	1,65	1,80	2,40
11:00 - 12:00	0,65	0,27	3,40	2,38	2,28	3,87	1,75	3,72	1,82	2,97	1,93	2,52
12:00 - 13:00	0,50	0,27	3,37	2,45	2,28	3,37	1,70	1,97	2,02	2,75	1,77	1,42
16:00 - 17:00	0,75	0,28	3,98	3,52	4,07	4,98	2,87	2,27	1,80	1,62	1,87	1,83
17:00 - 18:00	1,00	0,42	4,27	4,98	4,22	5,37	3,02	3,10	1,95	3,05	2,10	2,02
18:00 - 19:00	0,48	0,38	3,97	5,67	3,95	4,85	2,15	3,47	2,55	3,65	1,98	2,33
19:00 - 20:00	0,43	0,20	2,87	2,43	3,18	4,03	1,63	2,73	3,58	2,22	1,73	1,70
20:00 - 21:00	0,42	0,15	2,75	1,87	1,23	2,75	1,20	1,93	1,78	1,88	1,18	1,65

**Tabla 8.**  
**Parámetros de Poisson por paradero y hora**  
**según datos tomados del P14 a P35.**

HORARIO	P14	P15	P16	P21	P23	P24	P27	P28	P29	P33	P34	P35
7:00 - 8:00	0,63	0,45	0,37	3,55	1,40	0,65	2,53	7,63	0,57	1,00	0,42	0,35
8:00 - 9:00	0,35	0,73	0,77	3,80	0,78	0,98	1,67	13,27	0,92	6,22	1,20	1,68
9:00 - 10:00	0,98	1,42	1,22	3,65	1,55	1,13	1,68	15,90	1,18	5,25	4,48	2,07
10:00 - 11:00	1,05	2,75	2,92	4,08	1,68	1,43	1,93	15,83	1,37	8,58	9,08	3,27
11:00 - 12:00	0,75	2,83	4,55	3,92	1,77	1,53	2,37	16,08	1,63	11,23	12,22	3,58
12:00 - 13:00	0,58	1,75	4,40	3,65	1,90	1,80	2,23	16,18	1,37	9,40	14,32	3,72
16:00 - 17:00	0,88	4,28	3,38	3,23	2,05	1,98	2,13	18,57	1,53	8,75	14,80	4,53
17:00 - 18:00	0,48	4,05	3,85	3,37	2,62	1,93	2,18	18,72	2,02	9,93	14,53	4,47
18:00 - 19:00	0,60	4,28	1,87	4,28	2,82	2,15	2,08	20,83	2,03	11,63	15,45	1,95
19:00 - 20:00	0,70	1,58	1,03	3,70	2,03	1,98	1,77	14,00	1,67	9,72	12,90	1,37
20:00 - 21:00	0,67	1,30	0,50	3,57	1,55	1,37	1,40	10,33	1,40	2,10	1,72	0,97

**Tabla 9.**  
**Parámetros de Poisson por paradero y hora**  
**según datos tomados del P36 a P47.**

HORARIO	P36	P37	P38	P39	P40	P41	P42	P43	P44	P45	P46	P47
7:00 - 8:00	1,22	0,25	0,78	1,60	1,70	1,27	0,17	0,12	0,15	0,07	0,02	0,02
8:00 - 9:00	1,25	0,50	0,65	1,17	1,62	0,90	0,15	0,15	0,15	0,07	0,02	0,02
9:00 - 10:00	1,92	1,03	1,30	0,93	2,23	1,12	0,47	0,20	0,10	0,08	0,02	0,02
10:00 - 11:00	2,07	1,57	1,28	1,23	2,70	1,78	0,58	0,22	0,03	0,08	0,03	0,02
11:00 - 12:00	2,18	1,63	1,58	1,42	2,77	1,93	0,60	0,20	0,03	0,13	0,02	0,02
12:00 - 13:00	2,77	1,65	1,62	1,57	2,47	1,83	0,55	0,17	0,13	0,07	0,03	0,02
16:00 - 17:00	2,63	1,65	1,57	1,98	3,23	1,92	0,62	0,27	0,13	0,10	0,02	0,02
17:00 - 18:00	2,82	1,80	1,68	1,95	2,93	2,03	0,65	0,20	0,15	0,18	0,03	0,02
18:00 - 19:00	2,85	1,83	1,75	1,97	2,85	2,07	0,65	0,18	0,07	0,12	0,02	0,02
19:00 - 20:00	2,55	1,58	1,65	1,92	2,63	1,95	0,62	0,27	0,08	0,12	0,02	0,02
20:00 - 21:00	1,60	1,17	1,40	1,08	2,30	1,58	0,52	0,15	0,07	0,02	0,02	0,02

### 3.4. Determinación de las Distribuciones para el descenso de pasajeros

Como se mencionó en el capítulo 3.3 acerca de la fuentes de aleatoriedad, los descensos pueden ser aproximados a través de una distribución de Poisson con parámetro  $\lambda_i$  en cada uno de los puntos de los paraderos, pero dicho parámetro depende la frecuencia del bus que tenga el sistema y de el número esperado de persona que descienden de un bus en una hora determinada.

Por ejemplo si en un paradero el número esperado de personas es 150 en una hora, y los buses tienen una frecuencia de 5 minutos entonces se tiene que,

$f_B = 3$  por lo tanto  $N_B = 60/3 = 20$  es el número de buses que se espera que arriben en una hora,  $N = 150$ , en consecuencia  $\lambda_q = 150/20 = 7,5$ . por lo tanto se podría decir que en una hora específica en un paradero donde se bajan aproximadamente 150 personas con buses de frecuencia de arribo cada 5 minutos en promedio se bajan 7.5 personas.

### 3.5. Determinación de de rango de Velocidad de los buses

La velocidad de los buses fue determinada a través de un rango de velocidades, en un determinado intervalo de distancias y de acuerdo al sector donde circula el bus, sea esta céntrica, comercial o apartada.

**Tabla 10.**

**Rango de velocidades de buses**

Intervalo de velocidad (Km/h)	Intervalo de Distancias (mts) / Zona
10-20	0-30
21-30	31-60
31-40	Céntrica
41-50	Comercial
51-60	Apartada

Zona céntrica son áreas de gran congestionamiento y donde el límite de velocidad es 40 km/h



Zona Comercial se refiere a los sectores donde existe un congestionamiento medio. En este sector los buses circulan a un máximo de 50 km/h.

Zona Apartada son áreas de vivienda o sectores donde existen vías amplias para un mayor circulación, por lo que se esta permitido ir a 60 km/h.

**Determinación de la media y desviación del tiempo de recorrido de bus en ir de un punto de parada a otro.**

Si ya se cuenta con un intervalo de velocidades que esta expresado en Km/h es necesario llevarlo a mts/segundo para usar esta información en el simulador. Así se puede determinar el tiempo que demora en trasladarse el bus de un sitio de parada a otro, por lo tanto es posible determinar el tiempo de los límites inferior y superior dentro del intervalo. Para una mayor comprensión de este tema se presenta un ejemplo.

**Tabla 11**  
**Ejemplo del Cálculo de tiempo**  
**de recorrido del P12 al S39**

<b>Del Paradero 12 al Semáforo 39</b>	
Distancia (mts)	80
Zona:	Céntrica
Velocidad(km/H)	31-40

Al convertir la velocidad expresada en Km/hora a mts/s que un intervalo de [8.611 -11.11] de velocidad y convertido este intervalo en tiempo queda [7,2 – 9,29].

Luego de esto es posible calcular la media y la desviación que tarda un bus del P12 al S39,

$$Media = \frac{Tiempo(LimiteSuperior) + Tiempo(LimiteInferior)}{2}$$

$$Desviación = Tiempo(LimiteSuperior) - Media$$

ó

$$Desviación = Media - Tiempo(LimiteSuperior)$$

De aquí que se obtiene que la media es =  $(7,2+9,29)/2 = 8,25$

Y la desviación =  $9,29-8,25 = 1,04$  ó  $8,25-7,2 = 1,04$ .

La siguiente tabla nos permite identificar las distancias que existen entre cada punto de parada (paradero y semáforo), y así como también el tiempo promedio y desviación estándar que tarda un bus en pasar cierta distancia acuerdo a lo establecido en la Tabla 10.

**Tabla 12.**  
**Media y Desviación del tiempo que tarda**  
**un bus en ir de un punto de parada a otro.**

ZONA	DESDE	HASTA	DISTANCIA (mts)	MEDIA (seg)	DESVIACION (Seg)
Comercial	P01	S001	30	7,61	2,21
	S001	S002	180	14,38	1,42
	S002	S003	480	38,35	3,79
	S003	S004	40	5,83	1,03
	S004	P02	20	5,07	1,47
	P02	S005	160	12,78	1,26
	S005	S006	440	35,16	3,48
	S006	P03	50	7,29	1,29
	P03	S007	50	7,29	1,29
	S007	S008	80	6,39	0,63
	S008	S009	270	21,57	2,13
	S009	S010	50	7,29	1,29
	S010	P04	20	5,07	1,47
	P04	S011	250	19,98	1,98
	S011	P05	50	7,29	1,29
	P05	S012	50	7,29	1,29
	S012	S013	90	7,19	0,71
	S013	S014	90	7,19	0,71
	S014	S015	380	30,36	3,00
	S015	P06	20	5,07	1,47
	P06	S016	30	7,61	2,21
	S016	P07	500	39,95	3,95
	P07	S017	20	5,07	1,47
	S017	S018	100	7,99	0,79
	S018	S019	400	31,96	3,16
	S019	S020	200	15,98	1,58
	S020	P08	80	6,39	0,63
P08	S021	290	23,17	2,29	
S021	S022	70	5,59	0,55	
S022	S023	350	27,97	2,77	
S023	P09	20	5,07	1,47	
P09	S024	80	6,39	0,63	
S024	S025	180	14,38	1,42	
S025	S026	260	20,77	2,05	
S026	S027	150	11,99	1,19	
S027	P10	10	2,54	0,74	
Céntrica	P10	S028	60	8,74	1,54
	S028	S029	270	27,83	3,53
	S029	S030	90	9,28	1,18
	S030	S031	90	9,28	1,18
	S031	S032	90	9,28	1,18
	S032	P11	20	5,07	1,47
	P11	S033	80	8,25	1,05
	S033	S034	60	8,74	1,54
	S034	S035	80	8,25	1,05
	S035	S036	80	8,25	1,05
S036	S037	140	14,43	1,83	

Continúa tabla anterior...

ZONA	DESDE	HASTA	DISTANCIA (mts)	MEDIA (seg)	DESVIACION (Seg)
Céntrica	S037	S038	260	26,80	3,40
	S038	P12	20	5,07	1,47
	P12	S039	80	8,25	1,05
	S039	S040	80	8,25	1,05
	S040	S041	80	8,25	1,05
	S041	S042	90	9,28	1,18
	S042	S043	80	8,25	1,05
	S043	P13	20	5,07	1,47
	P13	S044	60	8,74	1,54
	S044	S045	80	8,25	1,05
	S045	S046	80	8,25	1,05
	S046	S047	80	8,25	1,05
	S047	S048	80	8,25	1,05
	S048	S049	80	8,25	1,05
	S049	P14	20	5,07	1,47
	P14	S050	60	8,74	1,54
	S050	S051	80	8,25	1,05
	S051	S052	90	9,28	1,18
	S052	S053	80	8,25	1,05
	S053	S054	90	9,28	1,18
	S054	P15	20	5,07	1,47
	P15	S055	60	8,74	1,54
	S055	S056	80	8,25	1,05
	S056	S057	90	9,28	1,18
	S057	S058	80	8,25	1,05
	S058	P16	20	5,07	1,47
	P16	S059	30	7,61	2,21
	S059	S060	610	62,87	7,97
	S060	P17	20	5,07	1,47
	P17	S061	80	8,25	1,05
	S061	S062	90	9,28	1,18
	S062	S063	90	9,28	1,18
	S063	S064	100	10,31	1,31
S064	P18	20	5,07	1,47	
P18	S065	80	8,25	1,05	
S065	S066	130	13,40	1,70	
S066	S067	100	10,31	1,31	
S067	P19	0	0,00	0,00	
P19	S068	80	8,25	1,05	
S068	S069	60	8,74	1,54	
S069	S070	100	10,31	1,31	
S070	S071	170	17,52	2,22	
S071	P20	60	8,74	1,54	
P20	S072	20	5,07	1,47	
S072	S073	90	9,28	1,18	
S073	S074	80	8,25	1,05	
S074	S075	240	24,74	3,14	
S075	P21	30	7,61	2,21	
P21	S076	200	20,61	2,61	
Apartada	S076	S077	1420	92,72	7,52
	S077	P22	50	7,29	1,29
	P22	S078	460	30,04	2,44
	S078	P23	50	7,29	1,29

Continúa tabla anterior...

ZONA	DESDE	HASTA	DISTANCIA (mts)	MEDIA (seg)	DESVIACION (Seg)
Apartada	P23	P24	450	29,38	2,38
	P24	S079	20	5,07	1,47
	S079	P25	1020	66,60	5,40
	P25	S080	1010	65,95	5,35
	S080	S081	300	19,59	1,59
	S081	S082	300	19,59	1,59
	S082	S083	100	6,53	0,53
	S083	P26	30	7,61	2,21
	P26	S084	30	7,61	2,21
	S084	S085	100	6,53	0,53
	S085	S086	250	16,32	1,32
	S086	S087	270	17,63	1,43
	S087	S088	1070	69,86	5,66
	S088	P27	50	7,29	1,29
	P27	S089	950	62,03	5,03
	S089	P28	30	7,61	2,21
	P28	P29	510	33,30	2,70
	P29	S090	30	7,61	2,21
	S090	P30	450	29,38	2,38
	P30	S091	20	5,07	1,47
S091	S092	550	35,91	2,91	
S092	S093	1120	73,13	5,93	
S093	S094	100	6,53	0,53	
S094	P31	40	5,83	1,03	
Céntrica	P31	S095	80	8,25	1,05
	S095	S096	50	7,29	1,29
	S096	S097	120	12,37	1,57
	S097	S098	80	8,25	1,05
	S098	S099	90	9,28	1,18
	S099	P32	20	5,07	1,47
	P32	S100	70	7,21	0,91
	S100	S101	50	7,29	1,29
	S101	S102	90	9,28	1,18
	S102	S103	90	9,28	1,18
	S103	S104	80	8,25	1,05
	S104	S105	90	9,28	1,18
	S105	P33	20	5,07	1,47
	P33	S106	80	8,25	1,05
	S106	S107	90	9,28	1,18
	S107	S108	80	8,25	1,05
	S108	S109	90	9,28	1,18
S109	S110	80	8,25	1,05	
S110	P34	40	5,83	1,03	
P34	S111	100	10,31	1,31	
S111	S112	100	10,31	1,31	
S112	S113	200	20,61	2,61	
S113	S114	70	7,21	0,91	
S114	S115	70	7,21	0,91	
S115	S116	50	7,29	1,29	
S116	S117	80	8,25	1,05	

Continúa tabla anterior...

ZONA	DESDE	HASTA	DISTANCIA (mts)	MEDIA (seg)	DESVIACION (Seg)
Céntrica	S117	P35	20	5,07	1,47
	P35	S118	60	8,74	1,54
	S118	S119	80	8,25	1,05
	S119	S120	80	8,25	1,05
	S120	S121	90	9,28	1,18
	S121	S122	80	8,25	1,05
	S122	P36	20	5,07	1,47
	P36	S123	60	8,74	1,54
	S123	S124	80	8,25	1,05
	S124	S125	80	8,25	1,05
	S125	S126	80	8,25	1,05
	S126	S127	80	8,25	1,05
	S127	S128	80	8,25	1,05
	S128	P37	20	5,07	1,47
	P37	S129	80	8,25	1,05
	S129	S130	80	8,25	1,05
	S130	S131	80	8,25	1,05
	S131	S132	80	8,25	1,05
	S132	S133	80	8,25	1,05
	S133	S134	90	9,28	1,18
	S134	P38	20	5,07	1,47
	P38	S135	60	8,74	1,54
	S135	S136	100	10,31	1,31
	S136	S137	140	14,43	1,83
	S137	S138	150	15,46	1,96
	S138	S139	150	15,46	1,96
	S139	S140	170	17,52	2,22
	S140	P39	30	7,61	2,21
	P39	S141	60	8,74	1,54
	S141	S142	80	8,25	1,05
S142	S143	80	8,25	1,05	
S143	S144	80	8,25	1,05	
S144	S145	80	8,25	1,05	
S145	P40	180	18,55	2,35	
Comercial	P40	S146	140	11,19	1,11
	S146	S147	260	20,77	2,05
	S147	S148	160	12,78	1,26
	S148	P41	30	7,61	2,21
	P41	S149	70	5,59	0,55
	S149	S150	350	27,97	2,77
	S150	S151	300	23,97	2,37
	S151	P42	50	7,29	1,29
	P42	S152	250	19,98	1,98
	S152	S153	400	31,96	3,16
	S153	S154	100	7,99	0,79
	S154	P43	20	5,07	1,47
	P43	S155	480	38,35	3,79
	S155	P44	20	5,07	1,47
P44	S156	30	7,61	2,21	
S156	S157	380	30,36	3,00	
S157	S158	90	7,19	0,71	

Continúa tabla anterior...

ZONA	DESDE	HASTA	DISTANCIA (mts)	MEDIA (seg)	DESVIACION (Seg)
Comercial	S158	S159	90	7,19	0,71
	S159	P45	50	7,29	1,29
	P45	S160	50	7,29	1,29
	S160	P46	250	19,98	1,98
	P46	S161	20	5,07	1,47
	S161	S162	50	7,29	1,29
	S162	S163	270	21,57	2,13
	S163	S164	80	6,39	0,63
	S164	P47	50	7,29	1,29
	P47	S165	50	7,29	1,29
	S165	S166	440	35,16	3,48
	S166	P48	160	12,78	1,26
	P48	S167	20	5,07	1,47
	S167	S168	40	5,83	1,03
	S168	S169	480	38,35	3,79
	S169	S170	180	14,38	1,42
	S170	P01	30	7,61	2,21

## **CAPÍTULO IV**

### **4. VALIDACIÓN DEL SIMULADOR Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA SIMULACIÓN DE LA TRONCAL 1: “TERMINAL GUASMO – TERMINAL RÍO DAULE”.**

#### **4.1. Validación.**

La etapa de validación es un proceso que tiene como objetivo determinar la habilidad que tiene el sistema para representar la realidad. En su mayor parte las técnicas de validación que existen están orientadas de dos maneras. La primera, esta dirigida a la comparación de los resultados de la simulación con los datos del sistema real, y la segunda busca determinar la confiabilidad del modelo respecto a su comportamiento y la coherencia de sus resultados.



Cabe indicar que el sistema que esta modelando no existe, por lo que no se podría realizar la validación respecto a los datos que resultan del simulador y los del sistema real.

#### 4.1.1. Técnica de validación Interna.

Esta técnica habla acerca del número de corridas de una simulación, y el efecto que tiene el resultado promedio de sus datos a medida que aumenta el número de iteraciones, en principio el resultado promedio presenta un período de inestabilidad que a medida que aumenta el número de corridas, éste se vuelve estable, es en ese instante que se puede asumir que los datos obtenidos son confiables. Es decir los resultados deben tener convergencia hacia algún valor en un gran número de corridas.

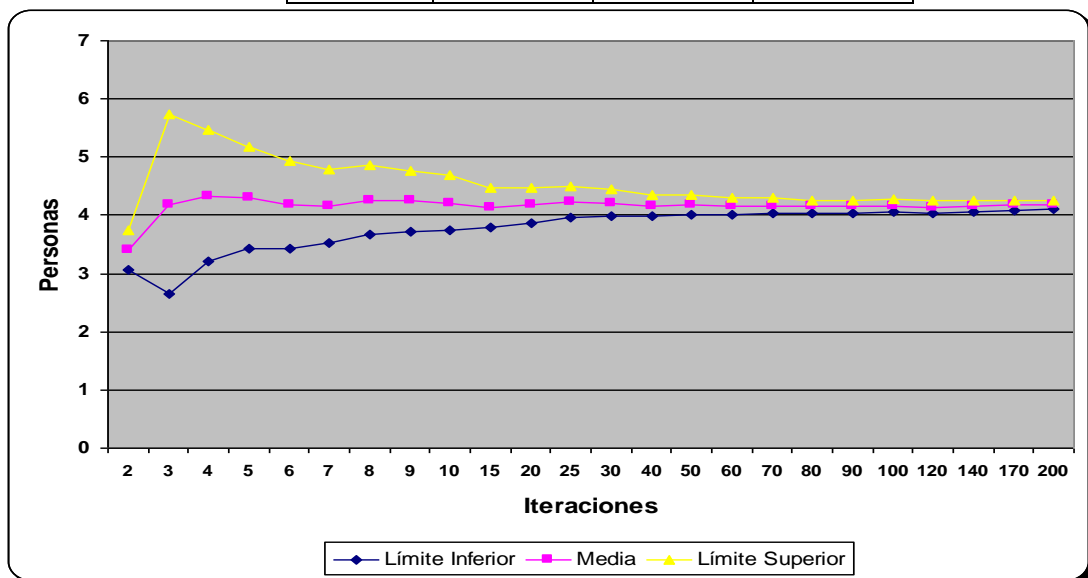
Dado que las estructuras construidas para los paraderos es la misma, se considerara un modelo de un paradero ejemplo para la validación.

**Tabla 13.**  
**Estadística del contenido Promedio de la cola de pasajeros**

Número de iteraciones	Media	Límite Inferior	Límite Superior
2	3.405	3.062	3.749
3	4.186	2.643	5.728
4	4.332	3.204	5.459
5	4.297	3.421	5.173

Continúa tabla anterior...

Número de iteraciones	Media	Límite Inferior	Límite Superior
6	4.183	3.434	4.933
7	4.149	3.513	4.786
8	4.259	3.667	4.851
9	4.243	3.721	4.766
10	4.213	3.741	4.684
15	4.139	3.795	4.482
20	4.171	3.876	4.465
25	4.225	3.956	4.493
30	4.207	3.975	4.440
40	4.168	3.978	4.359
50	4.182	4.013	4.351
60	4.166	4.021	4.312
70	4.162	4.034	4.291
80	4.144	4.029	4.260
90	4.149	4.038	4.260
100	4.161	4.050	4.273
120	4.143	4.036	4.250
140	4.152	4.054	4.250
170	4.169	4.081	4.257
200	4.180	4.099	4.261

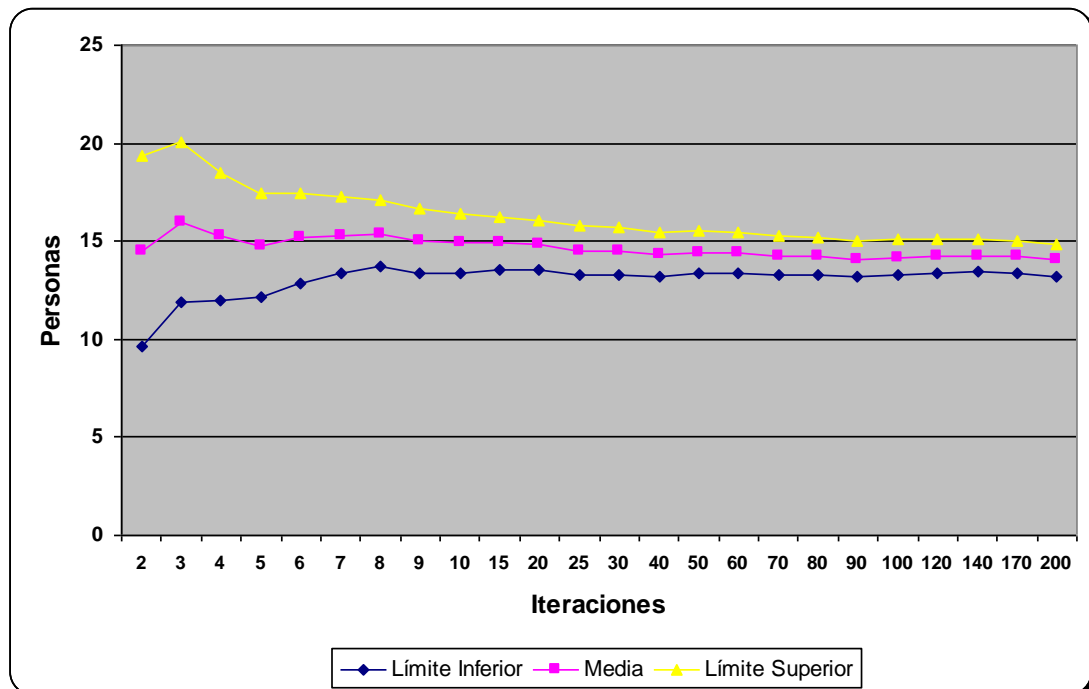


**Figura 4. 1. Intervalo de Confianza para el contenido promedio de pasajeros**

Según la tabla y figura anterior se puede observar a medida que aumenta el número de iteraciones, el intervalo de confianza para la medida de la cola promedio de pasajeros converge a un solo valor y el intervalo se vuelve más pequeño.

**Tabla 14.**  
**Estadística de longitud máxima o de la cola de pasajeros**

Número de iteraciones	Media	Límite Inferior	Límite Superior
2	14.500	9.600	19.400
3	16.000	11.920	20.080
4	15.250	12.012	18.488
5	14.800	12.141	17.459
6	15.167	12.880	17.453
7	15.286	13.339	17.232
8	15.375	13.680	17.070
9	15.000	13.334	16.666
10	14.900	13.397	16.403
15	14.909	13.550	16.268
20	14.833	13.584	16.083
25	14.538	13.252	15.825
30	14.500	13.306	15.694
40	14.333	13.175	15.492
50	14.438	13.335	15.540
60	14.412	13.375	15.449
70	14.278	13.266	15.290
80	14.211	13.244	15.177
90	14.100	13.158	15.042
100	14.190	13.277	15.104
120	14.227	13.353	15.101
140	14.261	13.423	15.099
170	14.208	13.400	15.017
200	14.040	13.197	14.883



**Figura 4. 2. Intervalo de la longitud máxima de pasajeros**

De igual manera de acuerdo a la tabla y gráfico anterior los datos convergen a un solo valor y el intervalo de confianza se reduce a medida que crece el número de iteraciones.

La prueba se realizó para todas las demás variables de respuesta del simulador consiguiendo los mismos resultados, por lo que se puede concluir que de acuerdo a las pruebas realizadas el simulador es confiable.

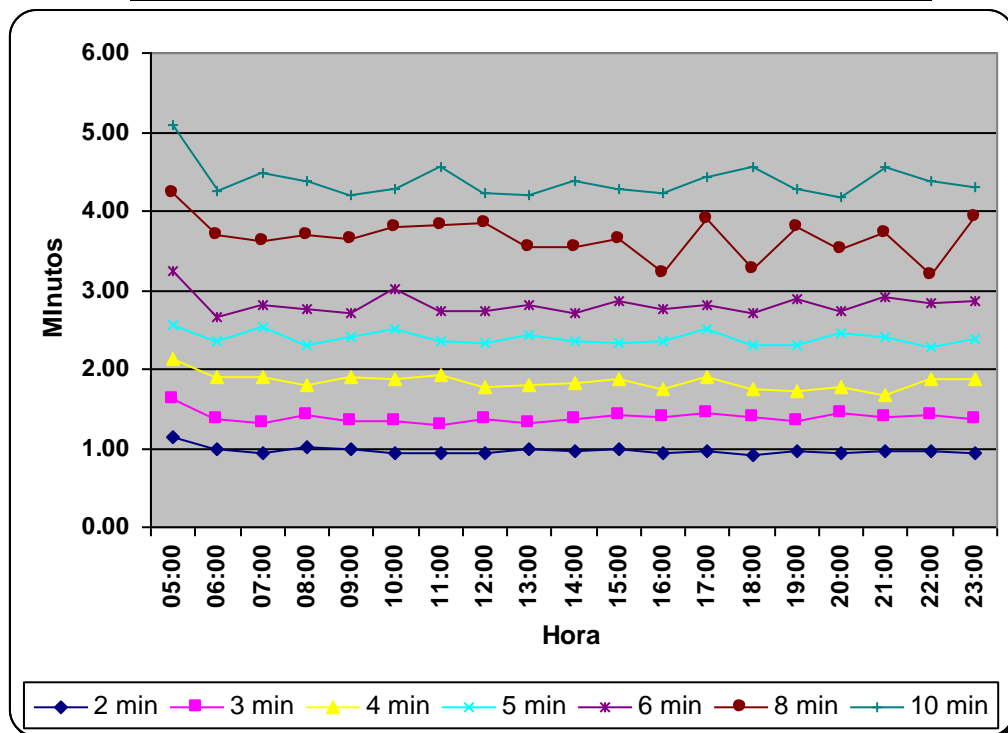
#### **4.1.2. Técnica de Pruebas Degenerativas.**

Esta prueba se basa en el análisis del comportamiento del simulador cuando éste es sometido a los cambios de unas variables, el efecto que sufre debe ser coherente respecto al cambio en el valor de la variable. Por ejemplo, tiempo de espera promedio de pasajeros debe ir reduciéndose a medida que la frecuencia de buses es mayor.

De la misma forma que en la sección anterior, se toma como ejemplo un paradero cualquiera, bajo las condiciones de que en el paradero la tasa de arribos de pasajeros se mantiene constante durante todo el día con una tasa exponencial con media 10. Los buses permanecerán hasta que la cola arribo de pasajeros este vacía o el bus se haya llenado.

**Tabla 15.**  
**Cuadro de Tiempo promedio de espera según**  
**la frecuencia de salida de buses.**

HORARIO	FRECUCNCIA DE SALIDA DE BUSES DEL TERMINAL							
	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	8 min	10 min	
05:00 - 06:00	1.13	1.63	2.12	2.57	3.24	4.22	5.09	
06:00 - 07:00	0.98	1.36	1.89	2.35	2.65	3.70	4.26	
07:00 - 08:00	0.95	1.32	1.90	2.53	2.80	3.61	4.49	
08:00 - 09:00	1.00	1.41	1.81	2.31	2.77	3.70	4.37	
09:00 - 10:00	0.98	1.35	1.91	2.39	2.72	3.65	4.20	
10:00 - 11:00	0.93	1.34	1.86	2.51	3.01	3.80	4.28	
11:00 - 12:00	0.95	1.29	1.91	2.36	2.72	3.83	4.55	
12:00 - 13:00	0.94	1.37	1.77	2.32	2.72	3.85	4.22	
13:00 - 14:00	0.98	1.33	1.79	2.42	2.80	3.55	4.19	
14:00 - 15:00	0.97	1.36	1.83	2.37	2.70	3.55	4.38	
15:00 - 16:00	1.00	1.42	1.87	2.33	2.86	3.65	4.29	
16:00 - 17:00	0.95	1.39	1.75	2.34	2.77	3.20	4.23	
17:00 - 18:00	0.97	1.43	1.89	2.50	2.81	3.89	4.44	
18:00 - 19:00	0.90	1.38	1.74	2.31	2.71	3.27	4.56	
19:00 - 20:00	0.97	1.35	1.73	2.30	2.89	3.79	4.27	
20:00 - 21:00	0.94	1.44	1.78	2.45	2.72	3.51	4.18	
21:00 - 22:00	0.96	1.39	1.66	2.40	2.92	3.72	4.56	
22:00 - 23:00	0.96	1.41	1.87	2.27	2.84	3.20	4.39	
23:00 - 00:00	0.94	1.38	1.87	2.37	2.86	3.93	4.30	



**Figura 4. 3.** Tiempo promedio de espera en un paradero según la frecuencia de buses

Según la tabla y el gráfico anterior se puede verificar que con una frecuencia mayor de salida de buses del terminal, es menor el tiempo de espera promedio de arribo de pasajeros en el paradero. El mismo análisis se realizó para el resto de variables encontrando resultados satisfactorios por lo cual se puede concluir que bajo esta técnica el simulador es confiable.

#### **4.1.3. Técnica de Pruebas de Condiciones Extremas.**

Esta técnica enuncia el hecho de poner a prueba el simulador bajo parámetros de entrada de las variables en condiciones extremas, el objetivo es analizar la coherencia de los datos bajo parámetros aberrantes y poco usuales en la espera de que las variables de respuestas sean acorde a la lógica de los escenarios planteados.

Como ejemplo de condiciones extremas podemos probar un exceso de demanda de pasajeros vs una menor oferta de buses, lo cual lógicamente provocará un alto tiempo de espera en la cola de pasajeros que esperan abordar un bus y una alta utilización de buses. Por otro se puede probar que con una excesiva oferta de buses y una baja demanda de pasajeros, lo cual provocaría que los buses pasen ociosos y los tiempos de espera de pasajeros sean muy bajos.

Escenario 1: Frecuencia de salida de buses del terminal cada 60 segundos (1 minuto), tiempo que permanece en el paradero 120 segundos (2 minutos), la tasa de arribo en el paradero exponencial con parámetro 120 segundos y permanece constante durante todo el día.

Resultados de la simulación:

**Tabla 16.**  
**Resultados de la simulación bajo el Escenario 1**

Horario	Tiempo de Espera promedio	Cola Máxima de pasajeros	Máxima utilización de buses
05:00 - 06:00	2.63	2.00	6.00
06:00 - 07:00	0.00	0.00	6.00
07:00 - 08:00	0.00	0.00	6.00
08:00 - 09:00	0.00	0.00	8.00
09:00 - 10:00	0.00	0.00	7.00
10:00 - 11:00	0.00	0.00	6.00
11:00 - 12:00	0.00	0.00	8.00
12:00 - 13:00	0.00	0.00	5.00
13:00 - 14:00	0.00	0.00	7.00
14:00 - 15:00	0.00	0.00	7.00
15:00 - 16:00	0.00	0.00	7.00
16:00 - 17:00	0.00	0.00	7.00
17:00 - 18:00	0.00	0.00	6.00
18:00 - 19:00	0.00	0.00	8.00
19:00 - 20:00	0.00	0.00	9.00
20:00 - 21:00	0.00	0.00	9.00
21:00 - 22:00	0.00	0.00	9.00
22:00 - 23:00	0.00	0.00	8.00
23:00 - 00:00	0.00	0.00	6.00

Como nos muestra la tabla 16. los resultados son lógicos los tiempos promedio de esperas son nulos dado que el bus llega a cada minuto y las personas arriban cada 2 minutos por lo cual todo los usuarios llegan a ser atendidos a tiempo, sin embargo se puede notar que en el horario de 05:00 a 06:00 presenta una cola promedio de 2 pasajeros con un

tiempo promedio de 2. 63 minutos esto se debe al tiempo que le toma el bus de llegar al paradero cuando sale del terminal, y que seguramente arribaron estas personas y tuvieron que esperar el primer bus, para el resto de los casos los valores son cero. Y como era de esperarse la utilización de los buses es baja.

Escenario 2: Frecuencia de salida de buses del terminal cada 1200 segundos (20 minutos), tiempo que permanece en el paradero 180 segundos (3 minutos), la tasa de arribo en el paradero exponencial con parámetro 8 segundos y permanece constante durante todo el día.

**Tabla 17.**  
**Resultados de la simulación bajo el Escenario 2**

Horario	Tiempo de Espera promedio	Cola Máxima de pasajeros	Máxima utilización de buses
05:00 - 06:00	22.33	313.00	180.00
06:00 - 07:00	28.43	507.00	180.00
07:00 - 08:00	31.14	633.00	180.00
08:00 - 09:00	36.92	780.00	180.00
09:00 - 10:00	40.34	960.00	180.00
10:00 - 11:00	42.01	1140.00	180.00
11:00 - 12:00	44.78	1320.00	180.00
12:00 - 13:00	46.19	1514.00	180.00
13:00 - 14:00	47.96	1713.00	180.00
14:00 - 15:00	48.86	1906.00	180.00
15:00 - 16:00	49.72	2088.00	180.00
16:00 - 17:00	50.59	2266.00	180.00
17:00 - 18:00	50.56	2457.00	180.00
18:00 - 19:00	51.46	2624.00	180.00
19:00 - 20:00	52.36	2805.00	180.00
20:00 - 21:00	52.34	2975.00	180.00
21:00 - 22:00	52.83	3178.00	180.00
22:00 - 23:00	53.19	3394.00	180.00
23:00 - 00:00	53.70	3583.00	180.00



Los resultados de la simulación mostrados en la tabla 17 confirman la coherencia de los datos con respecto al escenario 2. Los tiempos promedios de espera de los pasajeros son altos y van creciendo en el transcurso del día debido a que la tasa de arribo se mantiene constante, consecuentemente las colas máximas de esperas son muy altas y también muestran un comportamiento creciente, y además la utilización de los buses es máxima, ya que los buses arriban cada media hora, por lo que es de esperar que se llenen y que exista mucha gente sin ser atendida y haciendo grandes colas, los siguientes gráficos permite tener una mejor apreciación de lo que se ha comentado.

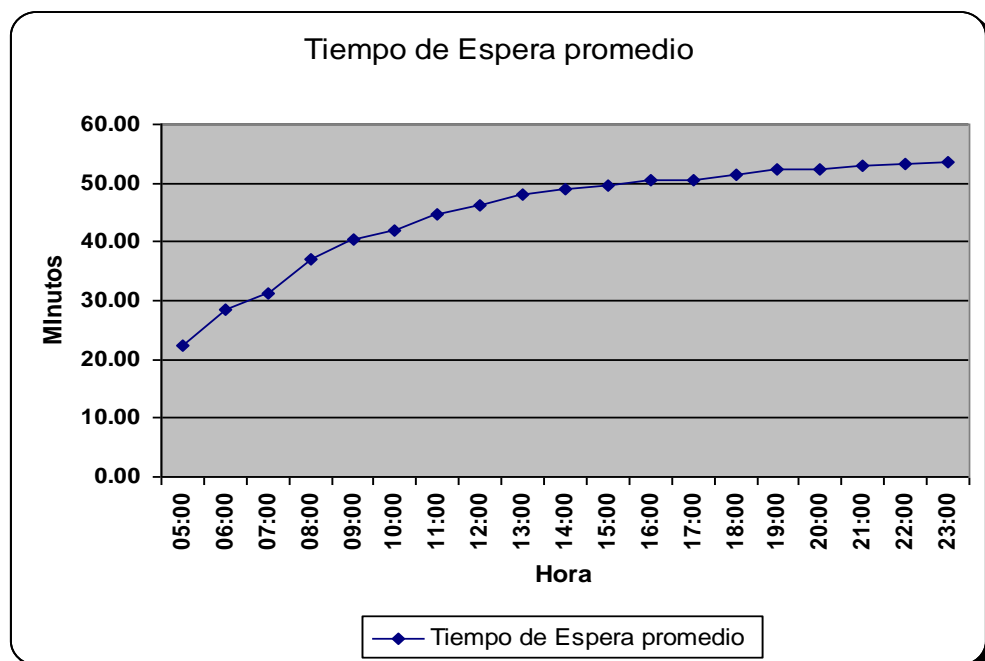
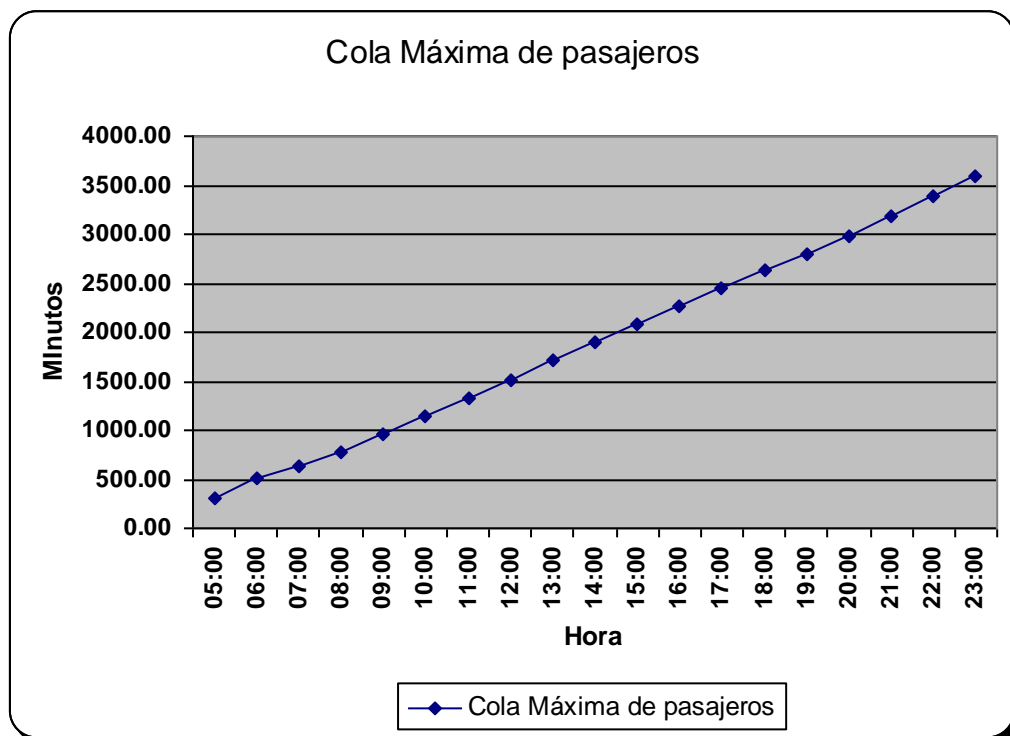


Figura 4. 4. Tiempo espera en un paradero según el escenario 2

Se aprecia claramente que a medida que pasan las horas, los tiempos de esperas tienen un comportamiento creciente.



**Figura 4. 5. Cola máxima de pasajeros en un paradero según El escenario 2**

La cola máxima de pasajeros presenta el mismo comportamiento que los tiempos de esperas, en realidad estas variables están correlacionadas, a un mayor tiempo de espera de pasajeros, se presume una mayor longitud de cola.

#### **4.2. Implementación del simulador bajo las políticas de operación establecidas para la Troncal I: “Guasmo Terminal – Terminal Río Daule.”**

Luego de haber hecho algunas pruebas para la validación del modelo, se puede concluir que el simulador esta en capacidad de ser implementado, dado que los resultados en las pruebas de validación fueron satisfactorios.

El siguiente paso es realizar la simulación a la Troncal 1 para analizar su comportamiento, bajo las políticas de operación establecidas por el municipio (Véase sección 3.4 capítulo 1).

Es importante señalar que los datos obtenidos en esta simulación son referenciales y tiene como objetivo verificar la coherencia de los resultados obtenidos del simulador, ya que los datos no representa exactamente la realidad por tratarse de un sistema que aún no se ha implementado y las medidas de desempeño que surjan de este análisis no pueden ser considerados como confiables para la toma de decisiones.

En las secciones posteriores se presentará los resultados más relevantes de la implementación, con el objetivo de simplificar la evaluación ya que analizar todas las medidas de desempeño que ofrece

el simulador para cada uno de los paraderos sería inapropiado dada la gran cantidad de información a presentar.

#### 4.2.1. Tiempos de recorrido de la Ruta.

Dependiendo de la distancia y sector donde se encuentre cada paradero dependerá la distancia que tome en trasladarse de un sitio a otro.

**Tabla 18.**  
**Tiempos promedios de traslados de la Troncal 1.**

Paradero	Tiempo entre Paraderos (segundos)	Tiempo entre Paraderos (minutos)	Tiempo desde el Terminal (segundos)	Tiempo desde el Terminal (minutos)
* 001	0	0.00	0	0
002	109	1.82	109	1.82
003	111	1.85	220	3.67
004	116	1.93	336	5.60
005	48	0.80	384	6.40
006	108	1.80	492	8.20
007	60	1.00	552	9.20
008	93	1.55	645	10.75
009	92	1.53	737	12.28
010	111	1.85	848	14.13
011	95	1.58	943	15.72
012	125	2.08	1068	17.80
013	111	1.85	1179	19.65
014	124	2.07	1303	21.72
015	59	0.98	1362	22.70
016	91	1.52	1453	24.22
017	96	1.60	1549	25.82
018	88	1.47	1637	27.28
019	61	1.02	1698	28.30
020	86	1.43	1784	29.73
021	79	1.32	1863	31.05
022	119	1.98	1982	33.03
023	37	0.62	2019	33.65
024	29	0.48	2048	34.13
025	86	1.43	2134	35.57
* 026	180	3.00	2314	38.57
027	202	3.37	2516	41.93
028	84	1.40	2600	43.33
029	33	0.55	2633	43.88
030	37	0.62	2670	44.50

Continúa tabla anterior...

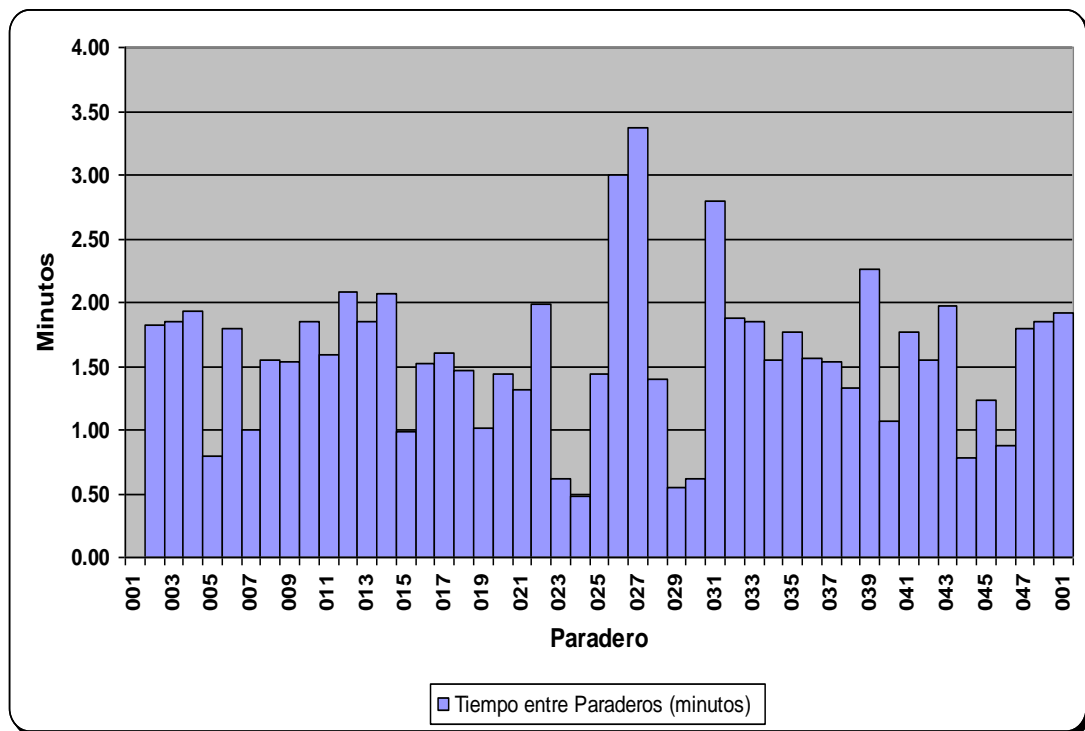
Paradero	Tiempo entre Paraderos (segundos)	Tiempo entre Paraderos (minutos)	Tiempo desde el Terminal (segundos)	Tiempo desde el Terminal (minutos)
* 031	168	2.80	2838	47.30
032	113	1.88	2951	49.18
033	111	1.85	3062	51.03
034	93	1.55	3155	52.58
035	106	1.77	3261	54.35
036	94	1.57	3355	55.92
037	92	1.53	3447	57.45
038	80	1.33	3527	58.78
039	136	2.27	3663	61.05
040	64	1.07	3727	62.12
041	106	1.77	3833	63.88
042	93	1.55	3926	65.43
043	118	1.97	4044	67.40
044	47	0.78	4091	68.18
045	74	1.23	4165	69.42
046	53	0.88	4218	70.30
047	108	1.80	4326	72.10
048	111	1.85	4437	73.95
001	115	1.92	4552	75.87

\* Los P001 y P026 representan el Terminal Guasmo y Terminal Río Duale respectivamente

La tabla anterior muestra los tiempos que le toma a un bus trasladarse de un sitio a otro, señaladas en segundo y en minutos, las columnas 2 y 3 representa el tiempo que tarda en promedio un bus de un paradero a otro partiendo desde el Terminal (P001).

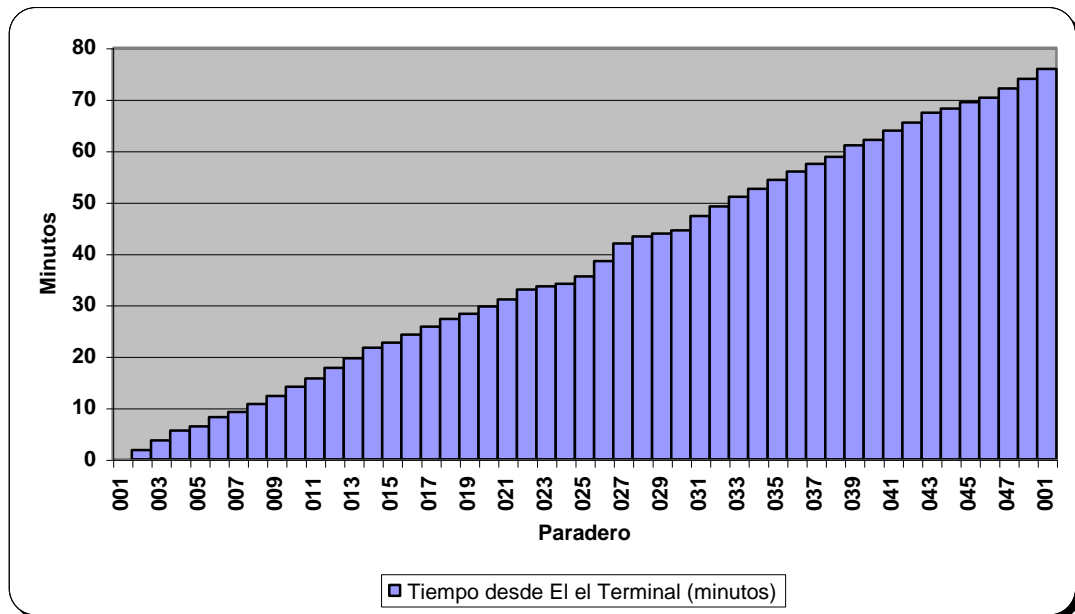
Por ejemplo el bus que sale del Terminal de Integración (P001) hasta llegar al Paradero Guasmo Sur (P002) tarda 1.82 minutos en llegar, un bus que sale del Paradero Plaza Integración (P016) tarda 1.52 minutos en llegar al Paradero Biblioteca Municipal 17.

En La siguiente figura se puede observar lo antes mencionado.



**Figura 4. 6. Tiempo promedio que recorre un bus en llegar de un paradero a otro.**

Las columnas 4 y 5 representan el tiempo que tarda un bus en llegar a un paradero desde que sale del Terminal hasta llegar a un determinado paradero. Por ejemplo un bus que sale del Terminal le toma 17.8 minutos llegar hasta el Paradero Barrio Centenario. A continuación figura de los resultados obtenidos.



**Figura 4. 7. Tiempo promedio que recorre un bus en llegar a un paradero teniendo como punto de partida el Terminal de Integración Guasmo Sur.**

A través de estos se puede conocer que tiempo le toma a un pasajero trasladarse de un sitio a otro, además se obtiene como información importante para la troncal 1 que el tiempo que tarda un bus en recorrer toda la troncal en un día corriente es de 75.87 minutos, cabe indicar que este tiempo no incluye el tiempo de servicio en las paradas, es decir no incluye el tiempo que tarda un bus en cada parada en el proceso de ascenso y descenso de pasajeros.

El Tiempo recorrido de la ruta en un día corriente, incluyendo tiempos de permanencia en cada paradero según los datos del simulador dice, que

el tiempo promedio de recorrido de toda la ruta es 91.67 minutos con un tiempo mínimo de 91.35 minutos y el tiempo máximo de 91.91 minutos.

#### 4.2.2. Colas Máximas de Arribo de pasajeros.

Conocer la longitud máxima de un paradero es de mucha importancia para las dimensiones físicas de las instalaciones del paradero, este valor permite conocer la magnitud que debe tener el paradero para poder albergar a todos los usuarios que intentan ingresar al sistema.

Dentro la simulación para la Troncal I para un día corriente se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 19.**  
**Longitud de cola máxima de espera de pasajeros por paradero y hora**

Identificación de Paradero	Nombre de Paradero	Hora	Número de pasajeros
007	Los Tulipanes	07:00	186
		08:00	357
		09:00	368
008	La Pradera 2	07:00	104
		08:00	201
		09:00	252
009	Cdla. Nueve De Octubre	10:00	227
		09:00	82
		10:00	160
010	Caraguay	10:00	78
013	Hosp. León Becerra	10:00	70
		11:00	74
015	La Providencia	18:00	61
* 016	Plaza de la Integración	17:00	91
		18:00	115
		19:00	79
* 017	Biblioteca Municipal	11:00	74
		12:00	68
		15:00	70
		16:00	108
		17:00	245
		18:00	557
		19:00	743
		20:00	561



Continúa tabla anterior...

Identificación de Paradero	Nombre de Paradero	Hora	Número de pasajeros
* 018	Correos	16:00	114
		17:00	297
		18:00	550
		19:00	758
		20:00	817
		21:00	469
* 019	Banco Central	17:00	95
		18:00	210
		19:00	343
		20:00	439
		21:00	449
* 020	Jardines del Malecón	19:00	72
		20:00	84
		21:00	86
021	Las Peñas	18:00	97
		19:00	145
		20:00	199
		21:00	273
		22:00	63
022	Atarazana	16:00	62
		17:00	80
		18:00	165
		19:00	199
		20:00	200
		21:00	188
023	FAE	18:00	155
		19:00	234
028	Liceo Naval	20:00	299
		08:00	77
		09:00	89
		10:00	84
		11:00	84
		12:00	86
		13:00	87
		14:00	90
		15:00	91
		16:00	95
		17:00	97
		18:00	120
032	Boca 9	18:00	131
		19:00	167
033	Catedral	11:00	76
		12:00	65
		16:00	61
		17:00	77
		18:00	352
		19:00	585
		20:00	565
034	IESS	21:00	65
		11:00	84
		12:00	94
		13:00	87
		14:00	81
		15:00	83
		16:00	101

Continúa tabla anterior...

Identificación de Paradero	Nombre de Paradero	Hora	Número de pasajeros
034	IESS	17:00	188
		18:00	716
		19:00	1394
035	La Providencia	17:00	157
		18:00	220
		19:00	269
		20:00	312
		21:00	327
036	EL Astillero	20:00	88
		21:00	116
		22:00	123
038	Barrio del Centenario	20:00	69
		21:00	91

\* Datos referenciales proporcionados por la M.I. Municipalidad.

Según la tabla anterior uno de los paraderos que presenta una mayor longitud de cola es el paradero IESS lo cual hace pensar que las instalaciones de este paradero deben ser mas grandes que las demás, lo cual coincide con la realidad ya que el paradero IESS es un Paradero de Transferencia, cuya instalación alberga un gran número de personas. Sin embargo hay que prestar mucha atención, ya que según los datos debe ser capaz de albergar 1394 personas en el horario de las 19:00. Este indicador seguramente se reducirá con un mayor número de frecuencia de buses, ya que los datos fueron calculados con una frecuencia de 5 minutos, según políticas de operación del la Troncal I.

Es importante indicar que en la tabla anterior se consideró aquellos paraderos que obtuvieron una longitud de cola máxima mayor a 60 pasajeros como muestra de grandes colas, esta restricción es sólo para

ejemplo de los resultados obtenidos, se acoge a ningún tiempo de consideración especial.

#### 4.2.3. Tiempo de espera promedio de pasajeros.

Es el lapso transcurrido en que el pasajero llega a la parada hasta cuando aborda el bus. El tiempo promedio de pasajeros incide mucho al momento de determinar políticas de operación en la troncal, quizás es uno de los más importantes ya que se trata del tiempo que le toma al sistema en atender a un cliente, (recordemos el lema: un cliente atendido a tiempo es un cliente seguro) y es uno de los objetivos del sistema.

**Tabla 20.**  
**Clasificación de los tiempos de espera (Armstrong 1987, p.53)**

Minutos	Calificativo
0 - 3	Bueno
4 - 11	Regular
12 - 19	Malo
> 20	Pésimo

Según esta clasificación se señala que el tiempo de espera es aceptable si es que los pasajeros que no pueden subir en el primer bus que llega, podrán subirse en el siguiente bus con absoluta seguridad, esto cuando se tiene servicios con alta frecuencia, en los que el tiempo de intervalo entre dos buses no sea mayor a 8 minutos.

Dada la clasificación anterior, expuesta en la tabla 19, se presentan los datos bajo las condiciones de que el servicio sea malo y pésimo. Es decir con tiempos de espera mayores iguales a 12 minutos.

**Tabla 21.**  
**Tiempos de Espera promedio malos y pésimo**

Identificación de Paradero	Nombre de Paradero	Hora	Tiempo de espera
007	Los Tulipanes	07:00	13.25
		08:00	31.14
		09:00	21.96
008	La Pradera 2	07:00	13.00
		08:00	29.93
		09:00	31.62
		10:00	12.86
009	Cda. Nueve De Octubre	09:00	12.66
		10:00	14.83
010	Caraguay	09:00	22.75
		10:00	26.13
012	Barrio del Centenario	10:00	12.70
013	Hosp. León Becerra	10:00	15.90
014	El Astillero	09:00	12.07
		10:00	21.11
		11:00	13.66
016	Plaza de la Integración	18:00	24.06
017	Biblioteca Municipal	18:00	25.68
		19:00	32.09
		20:00	15.26
018	Correos	17:00	28.48
		18:00	39.31
		19:00	37.26
		20:00	37.31
019	Banco Central	18:00	22.81
		19:00	33.63
		20:00	31.33
		21:00	26.03
020	Jardines del Malecón	19:00	18.41
		20:00	25.08
		21:00	22.04
021	Las Peñas	19:00	21.41
		20:00	27.70
		21:00	31.99
022	Atarazana	17:00	12.67
		18:00	23.12
		19:00	35.52
		20:00	31.78
023	FAE	21:00	35.56
		18:00	27.54
		19:00	32.19
		22:00	15.54

Continúa tabla anterior...

Identificación de Paradero	Nombre de Paradero	Hora	Tiempo de espera
033	Catedral	18:00	13.68
		19:00	30.17
		20:00	27.07
034	IESS	18:00	23.26
		19:00	32.60
		21:00	37.55
035	La Providencia	17:00	14.52
		18:00	30.80
		22:00	21.18
036	EL Astillero	20:00	27.39
		21:00	30.90
		22:00	28.02
037	Hosp. León Becerra	19:00	12.25
		20:00	25.22
		22:00	34.34
038	Barrio del Centenario	19:00	13.28
		20:00	24.65
		21:00	35.12
		22:00	30.90
040	Caraguay	22:00	12.86

En esta parte se excluyo datos que pertenecen al horario de 05:00 a 06:00 y que en esta hora se encuentra altos índices de esperas especialmente en los últimos pasajeros, dado que los buses salen del Terminal y tarda el tiempo en que le toma al primer bus llegar al paradero.

#### 4.2.4. Tiempo servicio promedio en los paraderos.

Es el tiempo que el bus permanece en un paradero mientras se realizan los procesos de ascenso y descenso de pasajeros. Dado que una de las políticas de funcionamiento con respecto al tiempo de permanencia de los buses es que permanezca hasta que el último de los pasajeros por

descender haya bajado y la cola de espera de pasajeros este vacía o que el bus este lleno, conocer los tiempos de espera más altos es de ayuda para poder manejar que tiempo podrían permanecer los buses en el paradero en caso de que se desee limitar este aspecto.

**Tabla 22.**  
**Tiempos de permanencia promedio de los buses en el paradero**

Identificación de Paradero	Nombre de Paradero	Hora	Tiempo de permanencia del bus
007	Los Tulipanes	09:00	20.64
015	La Providencia	07:00	21.44
016	Plaza de la Integración	09:00	27.12
		10:00	31.00
		11:00	29.07
017	Biblioteca Municipal	08:00	28.98
		09:00	31.46
		10:00	38.84
		11:00	34.09
		12:00	26.61
		13:00	24.25
		14:00	28.03
		15:00	30.29
		16:00	27.73
		17:00	20.72
018	Correos	10:00	20.45
		11:00	20.16
		21:00	23.90
019	Banco Central	21:00	24.34
024	Liceo Naval	09:00	22.72
		10:00	29.02
		11:00	33.03
		12:00	39.22
		13:00	41.34
		14:00	34.27
		15:00	32.88
		16:00	44.06
		17:00	47.45
		18:00	48.04
027	Banderas	19:00	35.98
		20:00	21.62
		10:00	24.94
		11:00	27.10

Continúa tabla anterior...

Identificación de Paradero	Nombre de Paradero	Hora	Tiempo de permanencia del bus
027	Banderas	12:00	27.86
		13:00	25.52
		14:00	22.22
		15:00	24.73
		16:00	25.29
		17:00	23.22
028	Liceo Naval	08:00	32.76
		09:00	39.74
		10:00	39.87
		11:00	40.37
		12:00	40.55
		13:00	42.12
		14:00	43.82
		15:00	44.67
		16:00	46.59
		17:00	47.28
033	Catedral	10:00	23.92
		11:00	29.18
		12:00	25.71
		13:00	21.93
		15:00	21.66
		16:00	23.52
		17:00	24.99
034	IESS	20:00	26.63
		08:00	24.70
		09:00	34.20
		10:00	37.44
		11:00	38.03
		12:00	40.00
		13:00	36.91
		14:00	36.72
		15:00	37.72
		16:00	38.34
048	Guasmo Sur	17:00	32.11
		21:00	20.08
		15:00	20.37
		16:00	20.69
		17:00	25.48
		18:00	26.44

De acuerdo a la tabla anterior, como muestra se seleccionó a aquellos paraderos donde el tiempo de permanencia promedio fue mayor a 20 segundos.

Se observa que los valores más altos ocurrieron en el paradero Liceo Naval (P028) a las 18:00 con un tiempo de permanencia de 52.08 segundos por lo cual se puede decir que si los buses permanecen más allá de un minuto como tiempo mínimo de permanencia, esta decisión sería inadecuada.

#### **4.2.5. Datos de Buses**

La cantidad de buses que circulan dentro de toda la troncal en un día corriente, permite tener una idea de la flota operativa de buses con que debe contar la troncal, los datos obtenidos del simulador indica que con una frecuencia de buses de 5 minutos, la flota operativa promedio es de 19.3 buses con un mínimo de 19 buses y un máximo de 20 buses, es decir se necesita por lo menos 20 buses para que operen dentro de la troncal.

El número de viajes que se realiza en la troncal, también es importante a fin de estimar costos operativos que implican la utilización de los buses, del simulador se obtuvo que se realizaron 228 viajes. Esto quiere decir que cada bus realiza en promedio 11.4 vueltas por día.



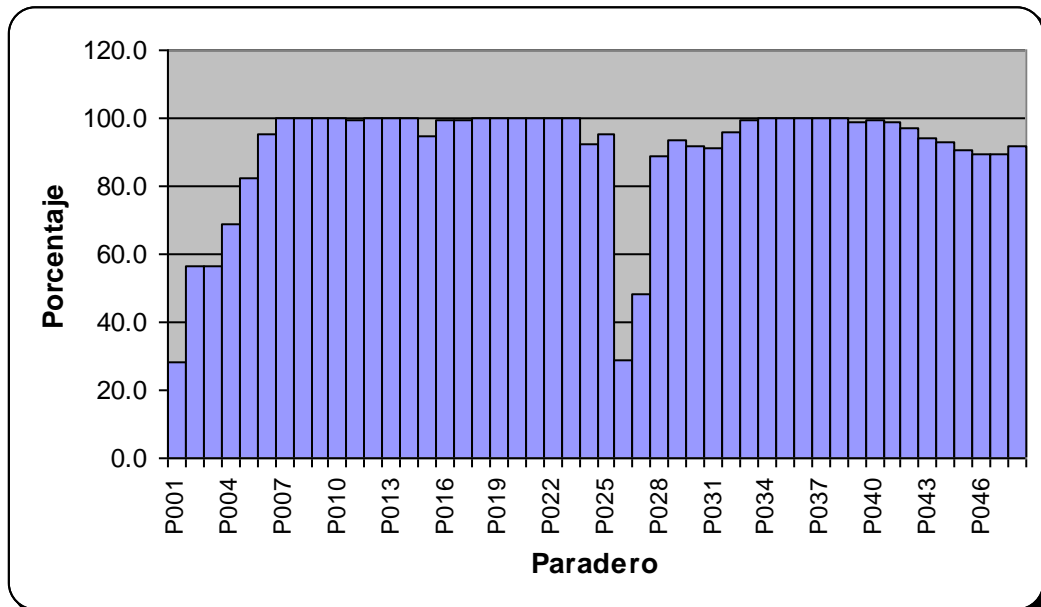
Respecto a los cuellos de botella (buses que debieron hacer cola para entrar a un paradero) no se registraron datos, es decir con la frecuencia de buses cada 5 minutos no existe cuellos de botella en el sistema.

### Utilidad Máxima de uso de la capacidad.

Este aspecto trata acerca del porcentaje máximo de uso de la capacidad que tiene el bus al momento de ingresar al paradero. A continuación se presentan los datos obtenidos en un día corriente, bajo una frecuencia de buses de 5 minutos.

**Tabla 23.**  
**Utilidad Máxima del uso de la capacidad por paradero**

Paradero	Porcentaje	Paradero	Porcentaje
P001	28.3	P025	95.0
P002	56.7	P026	28.7
P003	56.8	P027	48.2
P004	68.8	P028	88.8
P005	82.2	P029	93.8
P006	95.1	P030	91.8
P007	99.9	P031	91.0
P008	100.0	P032	95.7
P009	99.9	P033	99.5
P010	100.0	P034	100.0
P011	99.5	P035	100.0
P012	99.8	P036	100.0
P013	99.8	P037	100.0
P014	100.0	P038	100.0
P015	94.9	P039	98.8
P016	99.2	P040	99.3
P017	99.6	P041	98.8
P018	100.0	P042	97.1
P019	100.0	P043	94.2
P020	100.0	P044	93.0
P021	99.9	P045	90.5
P022	100.0	P046	89.4
P023	100.0	P047	89.6
P024	92.5	P048	91.8



**Figura 4. 8 . Utilidad Máxima del uso de la capacidad por paradero**

De acuerdo a la tabla y el gráfico anterior se puede notar cómo los buses que salen del Terminal Guasmo Sur (P001) poco a poco van incrementando su utilidad a medida que van avanzando por los paraderos hasta llegar al paradero de los Tulipanes (P007) donde la capacidad de los buses parece estar copada en su totalidad y así se van manteniendo hasta llegar al Terminal Río Daule (P026) y de forma similar ocurre cuando el bus va de retorno al Terminal Guasmo sur.

Es lógico pensar entonces que van a existir grandes colas de pasajeros y por ende altas tasas de tiempo promedio de espera de pasajeros ya que al arribar casi lleno los buses puede ocurrir que no puedan subirse todos los usuarios que están en espera.

### **4.3. Uso de otros parámetros en el modelo del simulador.**

La variable que tiene mayor efecto sobre el sistema es la frecuencia de salidas de buses desde los Terminales de Integración, es por ello que ahora se va analizar el comportamiento del sistema con una frecuencia de salida de buses cada 3 y cada 4 minutos.

#### **4.3.1. Tiempos de recorrido de la Ruta**

Si la frecuencia de buses disminuye el tiempo máximo de recorrido debe disminuir debido a que las colas máximas se reducen y que el tiempo de servicio o de permanencia en el paradero también disminuye. De la simulación de un día corriente se obtuvo que:

- Con una frecuencia de salida de buses de 3 minutos del Terminal el tiempo recorrido promedio de toda la ruta incluyendo tiempo de servicio es 85.88 minutos con un mínimo de 85.68 minutos y un máximo de 85.99 minutos. Por lo tanto en comparación con las políticas municipales el tiempo de recorrido de toda la ruta disminuye en un 6.31%.
- Con una frecuencia de salida de buses de 4 minutos del Terminal el tiempo de recorrido promedio de toda la ruta incluyendo tiempo de servicio es 88.64 con un mínimo con un mínimo de 88.44

minutos y un máximo de 88.78 minutos. Por lo tanto en comparación con las políticas municipales el tiempo de recorrido de toda la ruta disminuye en un 3.31%.

#### 4.3.2. Colas Máximas de Arribo de pasajeros.

Como es de esperarse las colas máximas deben reducirse, a continuación se presentan en la tabla los resultados.

**Tabla 24.**  
Longitud de cola máxima de espera de pasajeros por paradero y hora con frecuencia de salida de buses cada 3 minutos.

Identificación de Paradero	Nombre de Paradero	Hora	Número de pasajeros	Variación respecto a la Política Municipal
017	Biblioteca Municipal	18:00	65	Disminuye un 88.33%
028	Liceo Naval	09:00	63	Disminuye un 29.21%
		10:00	61	Disminuye un 27.38%
		13:00	64	Disminuye un 26.43%
		14:00	67	Disminuye un 25.55%
		15:00	67	Disminuye un 26.37%
		16:00	68	Disminuye un 28.42%
		17:00	70	Disminuye un 27.83%
033	Catedral	18:00	79	Disminuye un 34.16%
		18:00	63	Disminuye un 82.10%
034	IESS	12:00	63	Disminuye un 32.97%
		13:00	61	Disminuye un 29.88%
		16:00	67	Disminuye un 33.66%
		17:00	71	Disminuye un 66.23%
		18:00	104	Disminuye un 85.47%
		19:00	85	Disminuye un 93.90%

De acuerdo a la tabla anterior se muestra el porcentaje de variación que sufre cada paradero en sus respectivos horarios en comparación con la

tabla 19 de la sección anterior y se puede notar que cola máxima del paradero IESS en el horario de las 19:00 disminuyo notablemente en un 93.90%, y además se observa que muchas de las colas máximas desaparecieron del rango de consideración de mayores a 60 pasajeros como se realizó antes con la política anterior.

**Tabla 25.**  
**Longitud de cola máxima de espera de pasajeros por paradero y hora con frecuencia de salida de buses cada 4 minutos.**

Identificación de Paradero	Nombre de Paradero	Hora	Número de pasajeros	Variación respecto a la Política Municipal
017	Biblioteca Municipal	11:00	65	Disminuye un 12.16%
		15:00	63	Disminuye un 10%
		16:00	67	Disminuye un 37.96%
		17:00	75	Disminuye un 69.39%
		18:00	87	Disminuye un 84.38%
		19:00	74	Disminuye un 90.04%
018	Correos	17:00	74	Disminuye un 75.08%
		18:00	139	Disminuye un 74.73%
		19:00	124	Disminuye un 83.64%
019	Banco Central	18:00	137	Disminuye un 34.76%
		19:00	193	Disminuye un 43.73%
020	Jardines del Malecón	19:00	63	Disminuye un 12.5%
021	Las Peñas	18:00	88	Disminuye un 9.28%
		19:00	132	Disminuye un 8.97%
		20:00	114	Disminuye un 42.71%
022	Atarazana	18:00	120	Disminuye un 27.27%
		19:00	149	Disminuye un 25.13%
		20:00	144	Disminuye un 28%
023	FAE	18:00	134	Disminuye un 13.55%
		19:00	214	Disminuye un 8.55%
		20:00	239	Disminuye un 20.07%
028	Liceo Naval	08:00	66	Disminuye un 14.29%
		09:00	77	Disminuye un 13.48%
		10:00	71	Disminuye un 15.48%
		11:00	70	Disminuye un 16.67%
		12:00	72	Disminuye un 16.28%
		13:00	72	Disminuye un 17.24%
		14:00	77	Disminuye un 14.44%
		15:00	79	Disminuye un 13.19%
		16:00	81	Disminuye un 14.74%
		17:00	82	Disminuye un 15.46%
		18:00	95	Disminuye un 20.83%
19:00	70	Disminuye un 23.91%		

Continúa tabla anterior...

Identificación de Paradero	Nombre de Paradero	Hora	Número de pasajeros	Variación respecto a la Política Municipal
033	Catedral	11:00	61	Disminuye un 19.74%
		18:00	109	Disminuye un 69.03%
		19:00	97	Disminuye un 83.42%
034	IESS	11:00	65	Disminuye un 22.62%
		12:00	74	Disminuye un 21.28%
		13:00	70	Disminuye un 19.54%
		14:00	68	Disminuye un 16.05%
		15:00	70	Disminuye un 15.66%
		16:00	84	Disminuye un 16.83%
		17:00	95	Disminuye un 49.47%
		18:00	465	Disminuye un 35.06%
		19:00	786	Disminuye un 43.62%
		20:00	767	Disminuye un 46.44%
035	La Providencia	18:00	75	Disminuye un 65.91%
		19:00	125	Disminuye un 53.53%
		20:00	159	Disminuye un 49.04%
036	EL Astillero	20:00	84	Disminuye un 4.55%
038	Bario del Centenario	20:00	62	Disminuye un 10.14%

De acuerdo a la tabla anterior se muestra el porcentaje de variación que sufre cada paradero en sus respectivos horarios en comparación con la tabla 19 de la sección anterior, y se puede notar que igual que en los casos anteriores la cola máxima del paradero IESS en el horario de las 19:00 es la de mayor longitud, sin embargo con una frecuencia de salida de buses cada 4 minutos, disminuyo un 43.62%. Aquí también se observa que muchas de las colas máximas desaparecieron del rango de consideración de mayores a 60 pasajeros como se realizó antes con la política anterior.

### 4.3.3. Tiempo de espera promedio de pasajeros.

Igualmente para estos valores se espera una disminución provocada por un arribo de buses en intervalos más cortos, en comparación con la política anterior.

**Tabla 26.**  
**Tiempos de Espera promedio malos y pésimos con**  
**frecuencia de salida de buses cada 3 minutos**

Nombre de Paradero	Hora	Tiempo de espera	Variación respecto a la Política Municipal
Los Tulipanes	07:00	1.48	Disminuye un 88.82%
	08:00	1.47	Disminuye un 95.27%
	09:00	1.48	Disminuye un 93.28%
La Pradera 2	07:00	1.54	Disminuye un 88.13%
	08:00	1.51	Disminuye un 94.96%
	09:00	1.48	Disminuye un 96.45%
	10:00	1.51	Disminuye un 88.25%
Cdla. Nueve De Octubre	09:00	1.50	Disminuye un 88.13%
	10:00	1.49	Disminuye un 89.98%
Caraguay	09:00	1.55	Disminuye un 93.19%
	10:00	1.52	Disminuye un 94.17%
Barrio del Centenario	10:00	1.51	Disminuye un 88.07%
Hosp. León Becerra	10:00	1.50	Disminuye un 90.56%
El Astillero	09:00	1.54	Disminuye un 87.25%
	10:00	1.54	Disminuye un 92.71%
	11:00	1.63	Disminuye un 88.1%
Plaza de la Integración	18:00	1.64	Disminuye un 93.18%
Biblioteca Municipal	18:00	1.73	Disminuye un 93.26%
	19:00	1.64	Disminuye un 94.9%
	20:00	1.56	Disminuye un 89.77%
Correos	17:00	1.99	Disminuye un 93.02%
	18:00	2.16	Disminuye un 94.5%
	19:00	1.85	Disminuye un 96.09%
	20:00	1.61	Disminuye un 96.59%
Banco Central	18:00	2.28	Disminuye un 90%
	19:00	1.93	Disminuye un 94.27%
	20:00	1.65	Disminuye un 96%
	21:00	1.55	Disminuye un 94.03%
Jardines del Malecón	19:00	1.99	Disminuye un 89.18%
	20:00	1.69	Disminuye un 93.25%
	21:00	1.60	Disminuye un 92.76%
Las Peñas	19:00	2.02	Disminuye un 90.56%
	20:00	1.68	Disminuye un 93.92%
	21:00	1.62	Disminuye un 94.93%
Atarazana	17:00	2.12	Disminuye un 83.24%
	18:00	2.71	Disminuye un 88.29%
	19:00	2.17	Disminuye un 93.88%
	20:00	1.72	Disminuye un 95.89%
	21:00	1.63	Disminuye un 96.42%

Continúa tabla anterior...

Nombre de Paradero	Hora	Tiempo de espera	Variación respecto a la Política Municipal
FAE	18:00	3.38	Disminuye un 87.71%
	19:00	2.59	Disminuye un 93.86%
	22:00	1.82	Disminuye un 96.28%
Catedral	18:00	1.68	Disminuye un 87.7%
	19:00	1.53	Disminuye un 94.91%
	20:00	1.48	Disminuye un 94.55%
IESS	18:00	2.35	Disminuye un 89.88%
	19:00	1.95	Disminuye un 95.42%
	21:00	1.55	Disminuye un 97.25%
La Providencia	17:00	1.88	Disminuye un 87.03%
	18:00	3.46	Disminuye un 91.52%
	22:00	1.57	Disminuye un 92.58%
EL Astillero	20:00	1.63	Disminuye un 94.05%
	21:00	1.54	Disminuye un 96.24%
	22:00	1.47	Disminuye un 94.74%
Hosp. León Becerra	19:00	2.55	Disminuye un 79.17%
	20:00	1.69	Disminuye un 93.32%
	22:00	1.56	Disminuye un 95.45%
Barrio del Centenario	19:00	2.69	Disminuye un 79.74%
	20:00	1.71	Disminuye un 93.06%
	21:00	1.57	Disminuye un 95.52%
	22:00	1.52	Disminuye un 95.08%
Caraguay	22:00	1.52	Disminuye un 88.15%

Se puede observar que respecto a la tabla 21 todos los tiempos de espera ahora están en el rango de tiempos buenos es decir aceptables, para la espera de buses, y los demás datos están en ese rango ningún tiempo de espera supera los 4 minutos.

**Tabla 27.**  
**Tiempos de Espera promedio malos y pésimos con frecuencia de salida de buses cada 4 minutos.**

Nombre de Paradero	Hora	Tiempo de espera	Variación respecto a la Política Municipal
Los Tulipanes	07:00	1.48	Disminuye un 85.08%
	08:00	1.47	Disminuye un 93.68%
	09:00	1.48	Disminuye un 91.06%
La Pradera 2	07:00	1.54	Disminuye un 81.34%
	08:00	1.51	Disminuye un 92.94%
	09:00	1.48	Disminuye un 95.38%
	10:00	1.51	Disminuye un 84.48%
Cdma. Nueve De Octubre	09:00	1.50	Disminuye un 84.37%
	10:00	1.49	Disminuye un 86.98%
Caraguay	09:00	1.55	Disminuye un 91.23%
	10:00	1.52	Disminuye un 92.2%



Continúa tabla anterior...

Nombre de Paradero	Hora	Tiempo de espera	Variación respecto a la Política Municipal
Barrio del Centenario	10:00	1.51	Disminuye un 84.41%
Hosp. León Becerra	10:00	1.50	Disminuye un 87.58%
El Astillero	09:00	1.54	Disminuye un 82.36%
	10:00	1.54	Disminuye un 90.28%
	11:00	1.63	Disminuye un 84.64%
Plaza de la Integración	18:00	1.64	Disminuye un 91.19%
Biblioteca Municipal	18:00	1.73	Disminuye un 88.86%
	19:00	1.64	Disminuye un 93.01%
	20:00	1.56	Disminuye un 87.21%
Correos	17:00	1.99	Disminuye un 81.52%
	18:00	2.16	Disminuye un 70.25%
	19:00	1.85	Disminuye un 84.19%
	20:00	1.61	Disminuye un 95.63%
Banco Central	18:00	2.28	Disminuye un 37.53%
	19:00	1.93	Disminuye un 47.46%
	20:00	1.65	Disminuye un 94.2%
	21:00	1.55	Disminuye un 92.36%
Jardines del Malecón	19:00	1.99	Disminuye un 18.59%
	20:00	1.69	Disminuye un 86.7%
	21:00	1.60	Disminuye un 90.73%
Las Peñas	19:00	2.02	Disminuye un 10.7%
	20:00	1.68	Disminuye un 80.96%
	21:00	1.62	Disminuye un 93.51%
Atarazana	17:00	2.12	Disminuye un 63.87%
	18:00	2.71	Disminuye un 28.39%
	19:00	2.17	Disminuye un 14.1%
	20:00	1.72	Disminuye un 67.12%
	21:00	1.63	Disminuye un 95.48%
FAE	18:00	3.38	Disminuye un 14.47%
	19:00	2.59	Disminuye un 4.69%
	22:00	1.82	Disminuye un 86.75%
Catedral	18:00	1.68	Disminuye un 72.78%
	19:00	1.53	Disminuye un 90.47%
	20:00	1.48	Disminuye un 92.72%
IESS	18:00	2.35	Disminuye un 43.75%
	19:00	1.95	Disminuye un 25.98%
	21:00	1.55	Disminuye un 94.68%
La Providencia	17:00	1.88	Disminuye un 74.02%
	18:00	3.46	Disminuye un 57.2%
	22:00	1.57	Disminuye un 89.99%
EL Astillero	20:00	1.63	Disminuye un 7.79%
	21:00	1.54	Disminuye un 92.71%
	22:00	1.47	Disminuye un 93.37%
Hosp. León Becerra	19:00	2.55	Disminuye un 9.92%
	20:00	1.69	Disminuye un 6.25%
	22:00	1.56	Disminuye un 94.3%
Barrio del Centenario	19:00	2.69	Disminuye un 8.58%
	20:00	1.71	Disminuye un 5.41%
	21:00	1.57	Disminuye un 83.08%
	22:00	1.52	Disminuye un 93.41%
Caraguay	22:00	1.52	Disminuye un 84.28%

De acuerdo a la tabla anterior se puede apreciar que también todos los tiempos de de espera, con respecto a la tabla 21 han disminuido notablemente y que caen en el rango de tiempos aceptables.

#### 4.3.4. Tiempo de servicio promedio en los paraderos.

Consecuentemente con los datos anteriores los resultados deben presentar disminución en el tiempo de servicio ya que las colas máximas han disminuido

**Tabla 28.**  
**Tiempos de permanencia promedio de los buses en el paradero con frecuencia de buses cada 3 minutos**

Identificación de Paradero	Nombre de Paradero	Hora	Tiempo de permanencia del bus	Variación respecto a Política Municipal
007	Los Tulipanes	09:00	5.19	Disminuye un 74.84%
015	La Providencia	07:00	13.32	Disminuye un 37.86%
016	Plaza de la Integración	09:00	16.76	Disminuye un 38.19%
		10:00	19.14	Disminuye un 38.27%
		11:00	17.81	Disminuye un 38.74%
017	Biblioteca Municipal	08:00	17.86	Disminuye un 38.36%
		09:00	19.12	Disminuye un 39.22%
		10:00	21.47	Disminuye un 44.72%
		11:00	20.71	Disminuye un 39.24%
		12:00	17.04	Disminuye un 35.97%
		13:00	15.75	Disminuye un 35.03%
		14:00	17.28	Disminuye un 38.35%
		15:00	18.89	Disminuye un 37.63%
		16:00	18.89	Disminuye un 31.89%
		17:00	17.55	Disminuye un 15.31%
018	Correos	19:00	16.40	Disminuye un 38.99%
		20:00	6.33	Disminuye un 79.67%
		10:00	12.12	Disminuye un 40.73%
019	Banco Central	11:00	12.38	Disminuye un 38.6%
		21:00	3.52	Disminuye un 85.27%
019	Banco Central	21:00	4.69	Disminuye un 80.75%
024	Liceo Naval	09:00	13.08	Disminuye un 42.42%
		10:00	15.64	Disminuye un 46.12%
		11:00	17.48	Disminuye un 47.08%
		12:00	22.59	Disminuye un 42.42%
		13:00	23.93	Disminuye un 42.12%
		14:00	20.33	Disminuye un 40.67%
		15:00	19.24	Disminuye un 41.48%

Continúa tabla anterior...

Identificación de Paradero	Nombre de Paradero	Hora	Tiempo de permanencia del bus	Variación respecto a Política Municipal
024	Liceo Naval	16:00	25.60	Disminuye un 41.9%
		17:00	28.85	Disminuye un 39.2%
		18:00	29.44	Disminuye un 38.72%
		19:00	22.10	Disminuye un 38.58%
		20:00	13.22	Disminuye un 38.83%
027	Banderas	10:00	15.39	Disminuye un 38.31%
		11:00	16.88	Disminuye un 37.7%
		12:00	16.99	Disminuye un 38.99%
		13:00	15.82	Disminuye un 38.01%
		14:00	13.91	Disminuye un 37.41%
		15:00	15.20	Disminuye un 38.56%
		16:00	15.49	Disminuye un 38.74%
028	Liceo Naval	17:00	14.30	Disminuye un 38.4%
		08:00	19.97	Disminuye un 39.04%
		09:00	24.10	Disminuye un 39.35%
		10:00	24.21	Disminuye un 39.28%
		11:00	24.51	Disminuye un 39.28%
		12:00	24.66	Disminuye un 39.19%
		13:00	25.36	Disminuye un 39.79%
		14:00	26.62	Disminuye un 39.26%
		15:00	26.86	Disminuye un 39.88%
		16:00	28.19	Disminuye un 39.49%
		17:00	28.28	Disminuye un 40.19%
		18:00	31.26	Disminuye un 39.94%
033	Catedral	19:00	21.53	Disminuye un 41.03%
		20:00	15.85	Disminuye un 40.36%
		10:00	15.33	Disminuye un 35.91%
		11:00	18.14	Disminuye un 37.84%
		12:00	16.10	Disminuye un 37.38%
		13:00	13.96	Disminuye un 36.35%
		15:00	13.92	Disminuye un 35.73%
034	IESS	16:00	14.71	Disminuye un 37.44%
		17:00	16.04	Disminuye un 35.83%
		20:00	7.39	Disminuye un 72.25%
		08:00	15.29	Disminuye un 38.09%
		09:00	20.95	Disminuye un 38.74%
		10:00	22.84	Disminuye un 38.98%
		11:00	23.39	Disminuye un 38.5%
		12:00	24.83	Disminuye un 37.93%
		13:00	23.37	Disminuye un 36.7%
		14:00	22.97	Disminuye un 37.45%
		15:00	23.62	Disminuye un 37.37%
048	Guasmo Sur	16:00	24.06	Disminuye un 37.25%
		17:00	22.87	Disminuye un 28.78%
		21:00	3.03	Disminuye un 93.96%
		15:00	11.41	Disminuye un 44.01%
048	Guasmo Sur	16:00	11.75	Disminuye un 43.19%
		17:00	14.49	Disminuye un 43.12%
		18:00	15.58	Disminuye un 41.08%

Se puede notar que los tiempos de permanencia de los buses de forma como se esperaba disminuyeron significativamente, según estos datos, igual que con la política anterior el valor mas alto se presenta en el paradero Liceo Naval (P028) a las 18:00 con tiempo de permanencia de 31.26 segundos, pero ahora con 31.26 segundos, lo que significa que disminuyó en un 39.94 %.

**Tabla 29.**  
**Tiempos de permanencia promedio de los buses en el paradero con frecuencia de buses cada 4 minutos**

Identificación de Paradero	Nombre de Paradero	Hora	Tiempo de permanencia del bus	Variación respecto a Política Municipal
007	Los Tulipanes	09:00	6.74	Disminuye un 67.34%
015	La Providencia	07:00	17.36	Disminuye un 19.02%
016	Plaza de la Integración	09:00	22.09	Disminuye un 18.54%
		10:00	25.02	Disminuye un 19.3%
		11:00	23.40	Disminuye un 19.5%
017	Biblioteca Municipal	08:00	23.45	Disminuye un 19.07%
		09:00	25.27	Disminuye un 19.66%
		10:00	28.55	Disminuye un 26.51%
		11:00	27.26	Disminuye un 20.04%
		12:00	21.96	Disminuye un 17.47%
		13:00	20.27	Disminuye un 16.4%
		14:00	22.62	Disminuye un 19.28%
		15:00	24.95	Disminuye un 17.64%
		16:00	23.85	Disminuye un 13.99%
		17:00	21.89	Aumenta un 5.67%
018	Correos	19:00	22.03	Disminuye un 18.05%
		20:00	8.24	Disminuye un 73.55%
		10:00	16.01	Disminuye un 21.71%
019	Banco Central	11:00	16.10	Disminuye un 20.12%
		21:00	4.34	Disminuye un 81.83%
019	Banco Central	21:00	5.84	Disminuye un 76%
024	Liceo Naval	09:00	17.91	Disminuye un 21.19%
		10:00	19.98	Disminuye un 31.16%
		11:00	23.37	Disminuye un 29.23%
		12:00	30.15	Disminuye un 23.13%
		13:00	32.30	Disminuye un 21.88%
		14:00	27.07	Disminuye un 20.99%
		15:00	25.44	Disminuye un 22.63%
		16:00	34.48	Disminuye un 21.73%
		17:00	38.10	Disminuye un 19.72%

Continúa tabla anterior...

Identificación de Paradero	Nombre de Paradero	Hora	Tiempo de permanencia del bus	Variación respecto a Política Municipal
024	Liceo Naval	18:00	38.38	Disminuye un 20.12%
		19:00	29.35	Disminuye un 18.44%
		20:00	17.51	Disminuye un 19.02%
027	Banderas	10:00	20.18	Disminuye un 19.1%
		11:00	21.98	Disminuye un 18.91%
		12:00	22.35	Disminuye un 19.76%
		13:00	20.74	Disminuye un 18.74%
		14:00	18.02	Disminuye un 18.89%
		15:00	19.99	Disminuye un 19.2%
		16:00	20.24	Disminuye un 19.95%
		17:00	18.76	Disminuye un 19.21%
028	Liceo Naval	08:00	26.27	Disminuye un 19.82%
		09:00	32.08	Disminuye un 19.28%
		10:00	32.12	Disminuye un 19.43%
		11:00	32.51	Disminuye un 19.48%
		12:00	32.80	Disminuye un 19.12%
		13:00	33.47	Disminuye un 20.54%
		14:00	35.52	Disminuye un 18.95%
		15:00	35.85	Disminuye un 19.75%
		16:00	37.70	Disminuye un 19.07%
		17:00	37.88	Disminuye un 19.89%
		18:00	41.69	Disminuye un 19.91%
033	Catedral	19:00	27.98	Disminuye un 23.37%
		20:00	20.87	Disminuye un 21.46%
		10:00	19.48	Disminuye un 18.55%
		11:00	23.69	Disminuye un 18.81%
		12:00	20.66	Disminuye un 19.64%
		13:00	17.91	Disminuye un 18.33%
		15:00	17.71	Disminuye un 18.23%
		16:00	19.05	Disminuye un 19%
034	IESS	17:00	20.72	Disminuye un 17.1%
		20:00	9.38	Disminuye un 64.77%
		08:00	20.00	Disminuye un 19.01%
		09:00	27.45	Disminuye un 19.73%
		10:00	30.28	Disminuye un 19.11%
		11:00	30.78	Disminuye un 19.05%
		12:00	32.42	Disminuye un 18.94%
		13:00	30.23	Disminuye un 18.1%
		14:00	29.86	Disminuye un 18.69%
		15:00	30.46	Disminuye un 19.24%
048	Guasmo Sur	16:00	31.58	Disminuye un 17.65%
		17:00	29.36	Disminuye un 8.57%
		21:00	3.55	Disminuye un 92.9%
		15:00	16.03	Disminuye un 21.32%
		16:00	16.22	Disminuye un 21.59%
		17:00	20.31	Disminuye un 20.3%
		18:00	21.28	Disminuye un 19.51%

En este caso, casi todos los valores disminuyen, pero el paradero Biblioteca Municipal en el horario de las 17:00 sufrió un incremento de un 5.67%. El tiempo promedio de servicio más alto se sigue presentando en el paradero Liceo Naval a las 18:00.

#### **4.3.5. Datos de Buses**

A una mayor frecuencia de buses implica una cantidad mayor de buses que circulen dentro de toda la troncal en un día corriente.

- Con una frecuencia de buses de 3 minutos, 31.08 son los buses que circulan por toda la troncal, con un mínimo de 30 buses y máximo de 31 buses, es decir se necesita por lo menos 31 buses para que operen dentro de la troncal. El número de viajes que se realiza en la troncal, es de 380 viajes, lo que indica que cada bus en promedio realiza 12.22 vueltas por día. Tampoco se registraron cuellos de botellas.
- Con una frecuencia de buses de 4 minutos, 23.7 son los buses que circulan por toda la troncal, con un mínimo de 23 buses y máximo de 24 buses, es decir se necesita por lo menos 24 buses para que operen dentro de la troncal. El número de viajes que se realiza en la troncal, es de 285 viajes, lo que indica que cada bus en promedio realiza 12.02 vueltas por día. Tampoco se registraron cuellos de botellas.

### Utilidad Máxima del uso de la capacidad.

Es de esperar que con una menor frecuencia de buses la utilidad máxima del uso de la capacidad disminuya, a continuación se presentan los resultados obtenidos en la simulación:

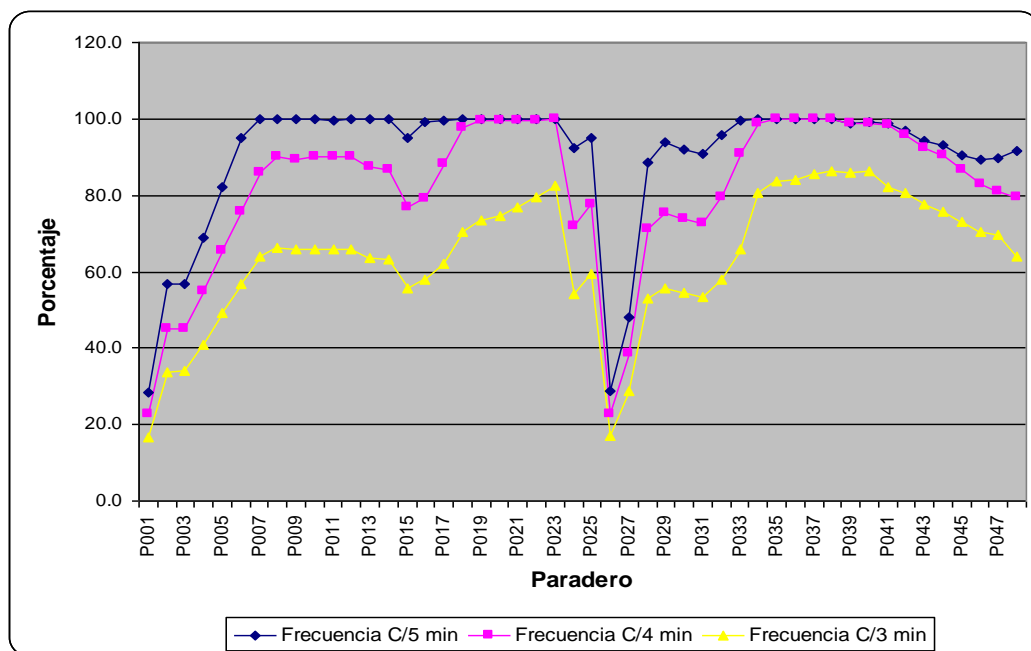
**Tabla 30.**  
Utilidad Máxima del uso de la capacidad de buses en el paradero según la frecuencia de salida de buses.

Paradero	Frecuencia bus cada 3 minutos	Frecuencia bus cada 4 minutos
	Porcentaje	Porcentaje
P001	16.8	22.7
P002	33.9	45.1
P003	33.9	45.2
P004	41.0	54.8
P005	49.0	65.5
P006	56.7	75.8
P007	64.0	85.9
P008	66.3	89.9
P009	65.8	89.4
P010	66.1	90.2
P011	65.9	90.0
P012	65.9	90.2
P013	63.8	87.4
P014	63.3	86.8
P015	55.7	76.9
P016	58.0	79.3
P017	62.2	88.4
P018	70.3	97.8
P019	73.6	99.4
P020	74.6	99.4
P021	76.9	99.5
P022	79.3	99.7
P023	82.4	99.9
P024	54.2	71.8
P025	59.6	77.6
P026	17.1	22.9
P027	28.6	38.4
P028	53.0	71.3
P029	55.7	75.3
P030	54.4	73.7
P031	53.3	72.7
P032	58.1	79.7
P033	65.8	90.7

Continúa tabla anterior...

Paradero	Frecuencia bus cada 3 minutos	Frecuencia bus cada 4 minutos
	Porcentaje	Porcentaje
P034	80.6	98.9
P035	83.8	99.9
P036	84.2	99.9
P037	85.4	99.9
P038	86.3	99.9
P039	85.9	98.7
P040	86.4	98.9
P041	82.1	98.3
P042	80.8	95.9
P043	77.5	92.3
P044	75.7	90.5
P045	72.9	86.5
P046	70.3	82.8
P047	69.5	81.1
P048	64.0	79.4

La tabla anterior muestra como disminuyen los porcentajes de utilización de buses a través a medida de disminuye la frecuencia. El siguiente gráfico nos brinda una mejor apreciación de lo comentado.



**Figura 4. 9. Utilidad máxima del uso de la capacidad de los buses de acuerdo a la frecuencia de salida de buses**



El gráfico anterior permite observar como de acuerdo a la frecuencia, la máxima utilidad de los buses varía de acuerdo a la frecuencia de salida de buses. Con una frecuencia de salida de 5 minutos los buses tienden a llegar llenos a los paraderos, por otro lado con una frecuencia de salida de 3 minutos los buses tienden a caer en cierto estado de ociosidad, ya que el valor máximo llega a 86.4% de utilidad, por lo cual parece recomendable que los buses de la Troncal salgan de los terminales con una frecuencia de 4 minutos.

# CAPÍTULO V

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Es importante indicar que las conclusiones expuestas en la presente tesis, se fundamentan en los resultados obtenidos de la simulación, la cual se realizó bajo las condiciones y parámetros de funcionamiento de la ruta y los datos del comportamiento de la demanda y descenso de pasajeros en los distintos sitios de parada que fueron proporcionados por la Dirección Municipal de Transporte de la M.I. Municipalidad de Guayaquil.

- El tiempo de recorrido de bus de toda la ruta de la troncal 1 es de 91.67 minutos aproximadamente.

- El número de buses mínimo a operar por todo el corredor de la troncal es de 20 buses con una capacidad de 180 pasajeros.
- El número de viajes que se realizan dentro el horario de funcionamiento de la Metrovía es de 228 viajes (vueltas)
- La cola máxima de pasajeros que esperan ser atendida por un bus se registra en el paradero IESS de 19:00 – 20:00. con una longitud 1432.
- El paradero que registra la menor cola de espera es el paradero Guamo Norte con una longitud de 2 personas.
- El mayor tiempo de espera se presenta en el paradero Correos de 18:00 – 19:00 con un tiempo de espera de 39.31, cabe indicar que este dato se tomo como referencia de los datos proporcionados por el Municipio.
- El mayor tiempo de permanencia ocurrió en el paradero Liceo Naval con tiempo de 52.08 segundos.
- Con una frecuencia de buses de 3 minutos el tiempo de recorrido de bus de toda la ruta del la troncal disminuye un 6.31%. y con una frecuencia de 4 minutos disminuye un 3.31%.
- Con una frecuencia de buses de 3 minutos el número de buses mínimo a operar por todo el corredor de la troncal aumenta en un 55%, y con una frecuencia de 4 minutos aumenta en un 15%.
- Con una frecuencia de buses de 3 minutos el número de viajes que se realizan dentro el horario de funcionamiento de la Metrovía

aumenta en un 66.67% y con una frecuencia de 4 minutos aumenta en un 20%.

- Con una frecuencia de buses de 3 minutos la cola máxima de pasajeros que esperan ser atendida por un bus se registra en el paradero IESS de 18:00 – 19:00 con una longitud de 104 pasajeros. Y con una frecuencia de 4 minutos la cola máxima le corresponde también al paradero IESS de 19:00 – 20:00 con una longitud de 786 pasajeros.
- Con una frecuencia de buses de 3 minutos el paradero que registra la menor cola de espera es el paradero Guasmo Norte con una longitud de 1 persona. Y con una frecuencia de 4 se mantiene el mismo dato como la menor cola
- Con una frecuencia de buses de 3 minutos el mayor tiempo de espera se presenta en el paradero La providencia de 18:00 – 19:00 con un tiempo de espera de 3.46 segundos.
- Con una frecuencia de buses de 3 minutos el mayor tiempo de permanencia ocurrió en el paradero Liceo Naval de 18:00 a 19:00 con un tiempo de 31.26 segundos. Y con una frecuencia de 4 minutos el tiempo el mayor tiempo de permanencia se presenta la misma hora y en el mismo paradero con un tiempo de 41.69 segundos.
- La utilidad máxima del uso de la capacidad de los buses se manifiesta de manera adecuada con una frecuencia de 4 minutos, ya

que con 5 minutos los buses tienen a arribar llenos a los paraderos y con una frecuencia de 3 minutos los buses tienden a caer en un estado de ociosidad.

- El software SysMetrovía Troncal 1 V1.0 ha si validado obteniendo respuestas satisfactorias lo cual, en consecuencia el software está en capacidad de ser implantado para la Troncal 1: Guasmo Terminal – Terminal Río Daule.
- Aunque los datos utilizados para la evaluación del sistema no representan de manera confiable la realidad, los resultados son coherentes y acorde a los objetivos planteados en la necesidad de implementar un sistema que sirva para evaluar el comportamiento de la Troncal 1.

## RECOMENDACIONES

- Dado que el levantamiento de información tuvo como objetivo principal ayudar al diseño y construcción del simulador, ésta no fue realizada de manera adecuada, se sugiere efectuar un estudio más profundo sobre el comportamiento de la demanda y descenso de pasajeros a fin de obtener resultados que represente mejor la realidad del comportamiento de la troncal.
- Es importante indicar que si realiza un estudio específico para el comportamiento de ascenso y descenso de pasajeros, este se lo realice una vez que empiece a funcionar el sistema real que esta próximo a empezar a operar en los primero meses del año 2006, ya que los nuevos sitios de parada y la reorganización del tránsito darán

lugar a nuevos comportamientos de los pasajeros respecto a los sitios de parada.

- De acuerdo a los datos tomados y a los proporcionados por la Dirección Municipal de Transporte, el paradero Guasmo Norte no justifica el hecho de ser un sitio de parada, dado su baja afluencia de pasajeros, por lo cual se recomienda estudiar mejor la ubicación de esta instalación.
- De acuerdo a la evaluación de los datos la frecuencia de buses debe ser establecida cada cuatro minutos, a fin de reducir los tiempos de espera de los usuarios y optimizar la utilidad adecuada de los buses de la troncal.

# **ANEXOS**





# ***SYSMETROVÍA TRONCAL 1 V.1.0***

## **MANUAL DE USUARIO**

### **INTRODUCCION**

Este manual contiene información acerca de cómo se debe operar el software SysMetrovia Troncal 1 V1.0, y además nos indica cómo funcionan cada una de las opciones que posee. Es importante recordarle que se debe leer esta guía antes y durante la utilización del sistema, ya que lo orientará paso a paso el manejo del mismo.

### **Requerimientos mínimos de Hardware**

- Procesador Pentium III 900 Mhz
- Memoria RAM de 128MB
- Espacio en disco 1GB

### **Requerimientos de Software**

- Sistema operativo Windows 98 o superior
- GPSS World Commercial Version
- Microsoft Office 2003

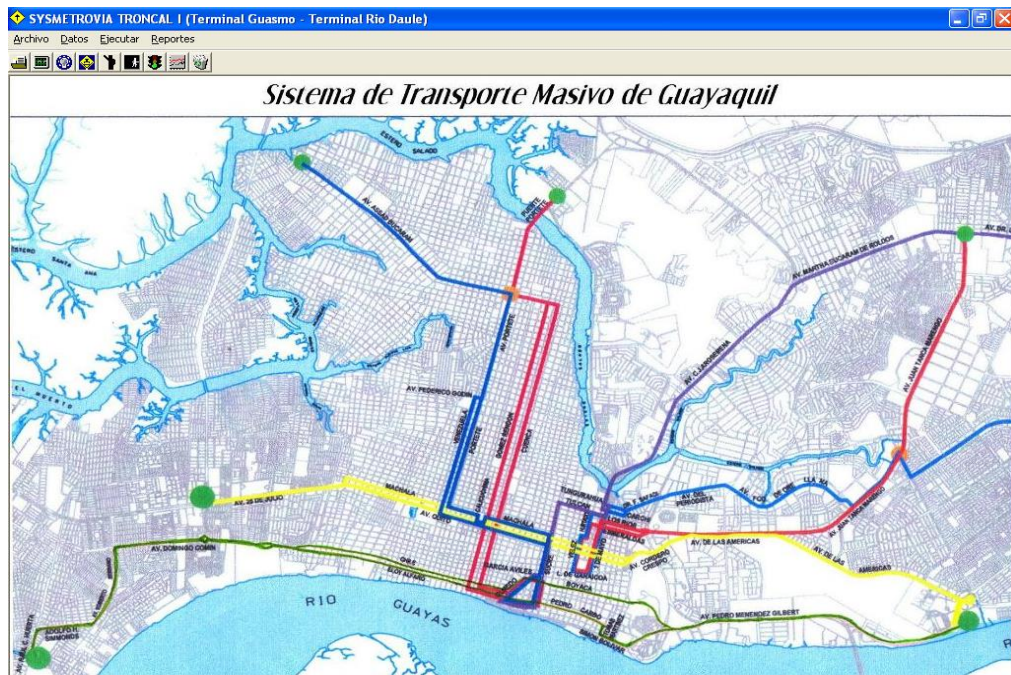
## PANTALLA DE INICIO

Al ejecutar el sistema aparece la pantalla de inicio, que tiene a fin crear un ambiente agradable al usuario al comenzar la utilización del software. Para ingresar a la pantalla principal debe hacer click en el botón aceptar.



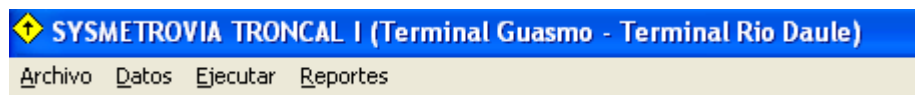
## PANTALLA PRINCIPAL

Al ingresar aparece la pantalla principal del sistema que tiene un fondo del mapa de todo el sistema troncalizado de transporte que tendrá la Metrovía.



En la pantalla principal del Simulador se encuentra la barra de menú y la barra de herramientas

- Mediante la Barra de menú, como su nombre lo indica es un menú que contiene diferentes opciones que ofrece el sistema. Bastará hacer click en el menú que se desea, y escoger una de las opciones que se muestran en cascada.



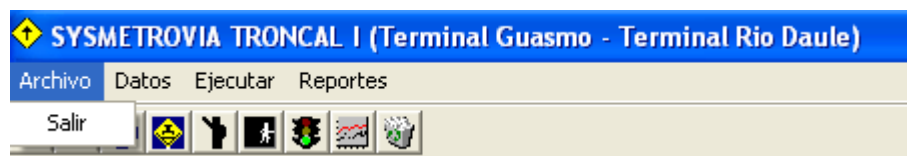
- Por medio de la Barra de Herramientas, a través de sus botones permiten el acceso directo a cada uno de las opciones. Es suficiente con hacer click en el botón correspondiente.



## Barra de Menú

La barra de menú presenta las siguientes opciones:

1. Archivo
  - *Salir* : Esta opción nos permite salir del sistema



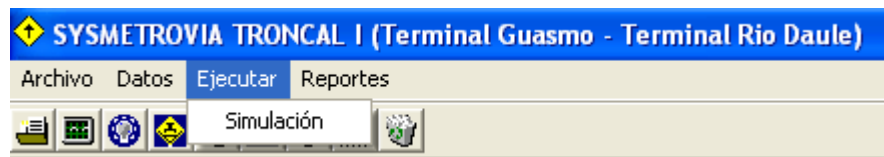
2. Datos
  - Arribo de pasajeros

- Descenso de Pasajeros
- Semáforos
- Políticas de Operación



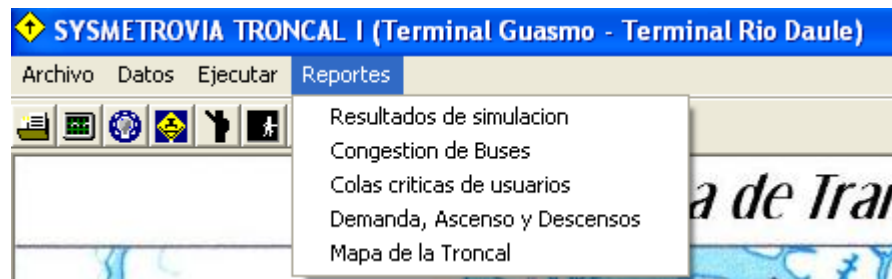
### 3. Ejecutar

- Simular.



### 4. Reportes

- Resultados de Simulación
- Congestión de Buses
- Colas críticas de Usuarios
- Demanda, Ascensos y Descensos
- Mapa de la Troncal



## Datos

### Arribo de pasajeros

Esta opción de datos permite la modificación de los parámetros de las distribuciones de arribo de cada una de horas disponibles (05:00-23:00) en cada uno de los paraderos de la troncal I.

Esta ventana permite a través de un Combo box seleccionar los paraderos. En el instante en que se hace click, en algún paradero de la lista aparece inmediatamente la información respecto a éste en los cuadros de texto de la cabecera.

**Arribo de Pasajeros**

**DISTRIBUCION DE ARRIBO DE PASAJEROS**

**Cabecera**

Troncal: TERMINAL GUASMO - TERMINAL RIO DAULE

Paradero: Terminal Guasmo Ubicación: T

Tipo: A Sentido: S-N

Dirección: Raul Clemente Huerta (calle 53 SE) y 3 Pje 12B SE

**Parámetros**

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{(x-\lambda)}{\beta}}, \beta \geq 0$$

$\lambda$ : 0  $\beta$ : 42.35294

**ARRIBOS**

Horario de Arribo: 05:00 - 05:59

Distribución de Arribo: Exponencial

Modificar Salir

Además esta pantalla permite la modificación de las distribuciones que se simulan en cada una de las horas disponible a través del botón de comando *Modificar*. Aquí debe ingresarse los parámetros correspondientes a cada distribución según sea el caso.

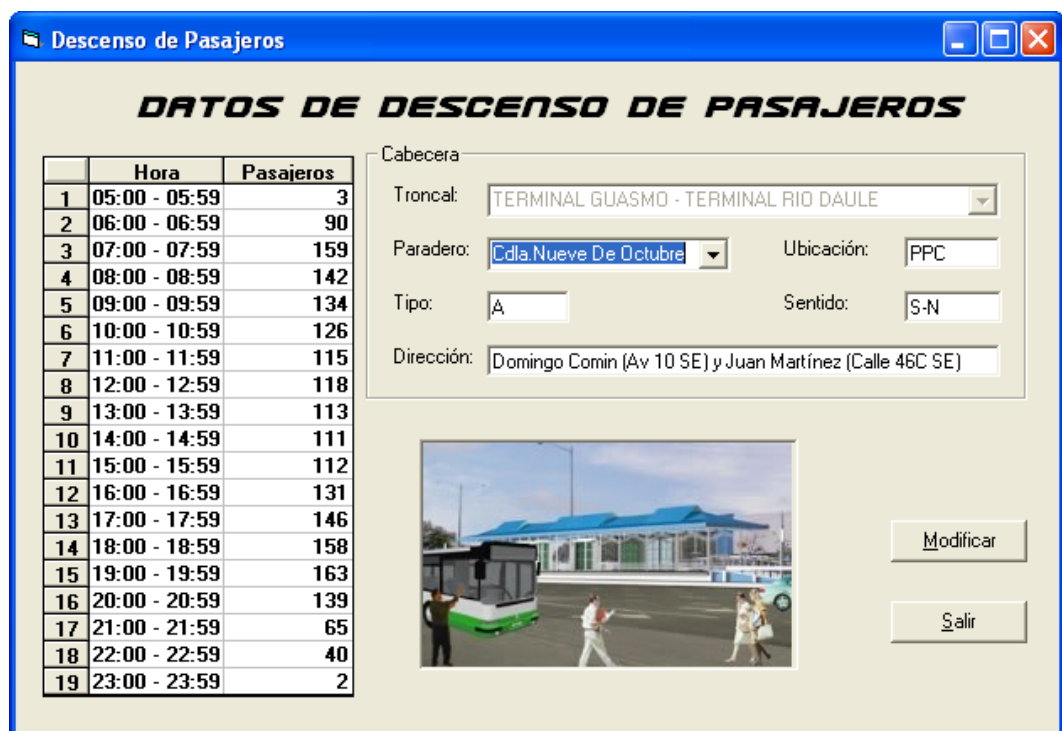
Para poder acceder a esta pantalla se lo puede hacer de dos formas:

- Por medio de la barra de menú, haciendo click en *Datos* y luego click en *Arribo de pasajeros*
- Mediante la Barra de Herramientas, al hacer click en el botón



### Descenso de Pasajeros

En esta pantalla permite ingresar o modificar los datos del número de descenso de personas en el paradero que haya seleccionado a través del combo box en cada una de las horas disponibles que aparece en la pantalla.



	Hora	Pasajeros
1	05:00 - 05:59	3
2	06:00 - 06:59	90
3	07:00 - 07:59	159
4	08:00 - 08:59	142
5	09:00 - 09:59	134
6	10:00 - 10:59	126
7	11:00 - 11:59	115
8	12:00 - 12:59	118
9	13:00 - 13:59	113
10	14:00 - 14:59	111
11	15:00 - 15:59	112
12	16:00 - 16:59	131
13	17:00 - 17:59	146
14	18:00 - 18:59	158
15	19:00 - 19:59	163
16	20:00 - 20:59	139
17	21:00 - 21:59	65
18	22:00 - 22:59	40
19	23:00 - 23:59	2


Cabecera

Troncal:

Paradero:  Ubicación:

Tipo:  Sentido:

Dirección:



Para poder acceder a esta pantalla se lo puede hacer de dos formas:

- Por medio de la barra de menú, haciendo click en *Datos* y luego seleccionando *Descenso de pasajeros*.
- Mediante la barra de herramientas haciendo click en el botón





## Semáforos

Esta pantalla permite consultar y seleccionar los semáforos que van a funcionar en la ruta. Muestra una lista con todas las direcciones de la ruta donde actualmente existen los semáforos y de aquella donde podría funcionar alguno.

Para modificar las opciones y el comportamiento de cada semáforo se debe hacer primero click en el botón de comando *Modificar*.

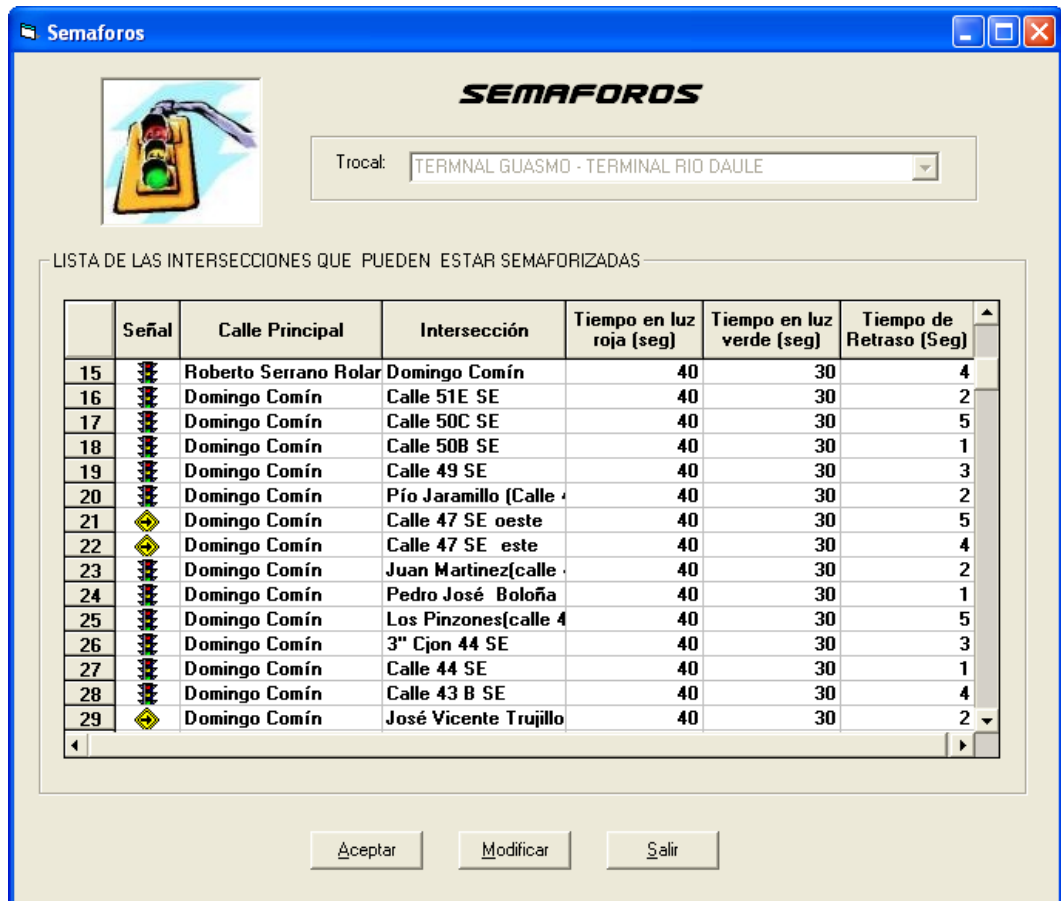
En La columna *señal* al hacer click en el objeto se tendrá dos estado

-  representa un semáforo que está activo
-  representa un semáforo inactivo o que no existe, o que no es necesario en esa intersección.

En la pantalla además de las columnas de dirección también aparecen las columnas de tiempo de *luz roja* y *luz verde* que como su nombre lo indica se puede establecer el tiempo que funciona cada luz. También existe la columna *tiempo de retraso*, en la que se registra el tiempo de retraso que existe en el funcionamiento de las luces con respecto a los otros semáforos, ya que en el sistema real no todos los semáforos cambian de luces de forma sincrónica.



Una vez configurado los datos o haber hecho modificaciones es necesario hacer click en el botón de comando *Aceptar* antes de salir de la pantalla, ya que ésta permite que se guarden los cambios en la base y luego pueda crear los archivos de la simulación con los datos deseados.



Para poder acceder a esta pantalla se lo puede hacer de dos formas:

- Por medio de la barra de menú, haciendo click en *Datos* y luego seleccionando *Semáforos*.
- Mediante la barra de herramientas haciendo click en el botón





## **Políticas de Operación.**

Esta pantalla permite establecer las políticas de operación con que van a funcionar los paraderos y los buses.

*Disciplina de la cola de pasajeros*, en esta parte aparecen dos opciones:

- Aleatoria. Significa que las personas que esperan un bus en el paradero no tienen un orden específico al momento de abordar el bus.
- FIFO. Significa que las personas que esperan un bus en el paradero tiene un orden, y cuando aborden el bus, el primero que llegue al paradero es el primero que sube al bus.

*Orden de Descenso y Arribo de pasajeros*, en esta parte también aparecen dos opciones:

- Independientes. Significa que una vez que el bus arriba al paradero, en el instante que abre sus puertas las personas que suben y las personas que bajan lo hacen a la vez sin importar quien baja o sube primero.
- Dependientes. Significa que una vez que el bus arriba al paradero, en el instante que abre sus puertas, los pasajeros que van a abordar el bus, deben esperar primero que todas las personas que se quedan en el paradero bajen para luego ellos poder subir.

*Tiempo de espera de bus en el paradero*, esta parte consta de cuatro opciones que van a ser combinadas con las opciones de *Orden de Descenso y Arribo de pasajeros*, estas opciones son:

- *Permanecer sólo el tiempo establecido*. Condiciona a que los buses deben permanecer un tiempo determinado en el paradero y que no pueden irse ni antes, ni después del tiempo establecido. Sin importar si existen personas en la cola o no.
- *Permanecer por lo menos el tiempo establecido*, Condiciona a que los buses deben estar mínimo el tiempo establecido y si existen personas en la cola una vez concluido el tiempo de permanencia, puede prolongar el tiempo de espera hasta que nadie quede en la cola.
- *Permanecer no mas del tiempo establecido*, Condiciona a que los buses deben estar máximo el tiempo establecido y si existen personas en la cola una vez concluido el tiempo de permanencia, puede no prolongar el tiempo de espera. Sin embargo puede irse antes del tiempo establecido una vez que la cola de pasajeros este vacía.
- *Permanecer sin tiempo establecido*, Permite a los buses tener libertad en el tiempo de permanencia en el paradero. Pueden irse una vez que la cola este vacía y pueden prolongar su permanencia mientras existan personas en la cola.

Nota: Cabe indicar que sobre estas opciones siempre van preponderar dos condiciones:

- Si el bus se llena, en cualquier instante, sin importar cuales sean las políticas, deberá abandonar el paradero y continuar con su ruta.
- Sin importar las políticas de operación, el bus no puede irse antes de que el último pasajero por descender haya bajado del bus.

Para poder acceder a esta pantalla se lo puede hacer de dos formas:

- Por medio de la barra de menú, haciendo click en *Datos* y luego seleccionando *Políticas de operación*.
- Mediante la barra de herramientas haciendo click en el botón



## Ejecutar

### Simulación

Esta pantalla permite crear y ejecutar una simulación.



**Simulación**

**SIMULACION**  
TRONCAL I

TERMINAL GUASMO - TERMINAL RIO DAULE

Frecuencia de Salida de buses:  Minutos

Capacidad de Buses:  Pasajeros

Tiempo: Desde  Hasta

Número de Iteraciones:

Aceptar Cancelar

Consta de las siguientes opciones:

*Frecuencia de salida de buses.* Aquí se puede establecer la frecuencia con que salen los buses de las Terminales de Integración, especificando el tiempo en minutos.

*Capacidad de buses.* Aquí se puede establecer la capacidad de pasajeros que puede albergar los buses.

*Tiempo de Simulación.* En esta parte se establece el tiempo a simular que puede ser desde las 05:00 hasta las 24:00. Es importante señalar que el sistema no acepta horas intermedias tales como 11:30, solo acepta horas completas, en su defecto debería ser hasta 11:00 o hasta las 12:00.

*Número de Iteraciones.* Aquí se especifica el número de veces que el sistema simulará el mismo escenario.

Para poder acceder a esta pantalla se lo puede hacer de dos formas:

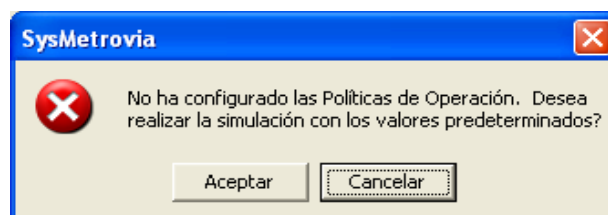
- Por medio de la barra de menú, haciendo click en *Ejecutar* y luego seleccionando *Simulación*.
- Mediante la barra de herramientas haciendo click en el botón



### **Cómo crear una simulación?**

Para crear una simulación primero deberá especificar todos los datos referentes a los arribos de pasajeros, descensos de pasajeros y semáforos, pero antes de simular deberá primero establecer las políticas de operación de la ruta.

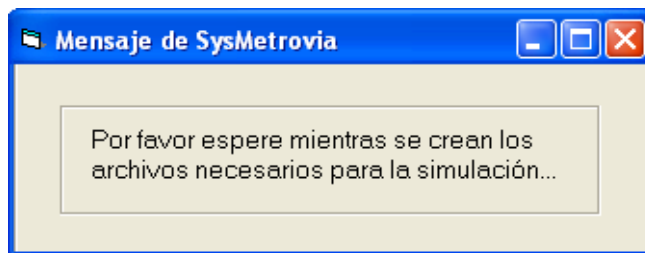
Si accede directamente a intentar simular sin antes haber establecido las políticas de operación al dar click en el botón de comando *aceptar* mostrará el siguiente mensaje



Este cuadro de dialogo restringirá la simulación hasta que establezca las políticas de operación, en su defecto dando click en el botón de comando *aceptar* permite crear una simulación con los valores predeterminados para las políticas de operación, estos valores son:

- Disciplina de colas de ascenso de pasajeros: Aleatoria
- Orden de Descenso y Arribo de pasajeros: Independiente
- Tiempo de espera de buses en los paraderos: Permanecer sin tiempo establecido.

Una vez que se ejecuta la simulación aparecerá el siguiente cuadro:

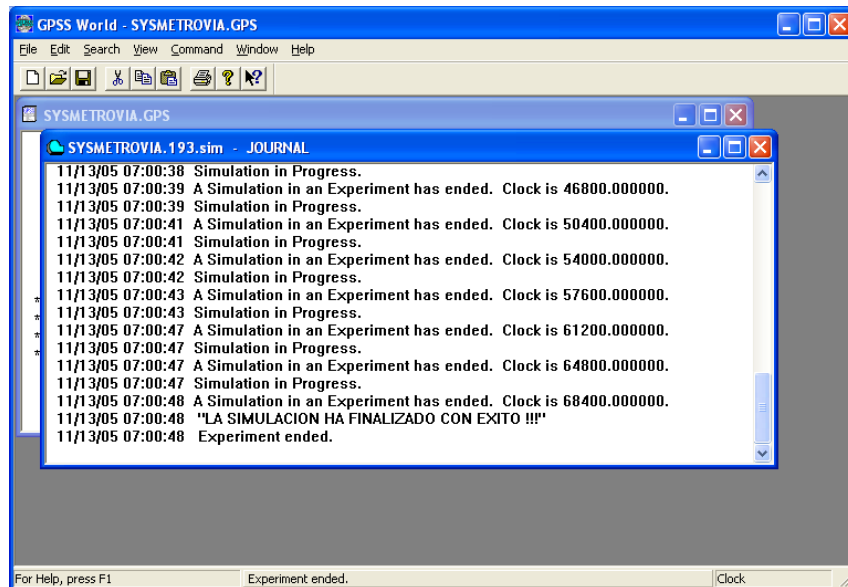


Este cuadro indica que el sistema esta recopilando todos los datos necesarios para la simulación y empieza a crear archivos temporales en código Gpss para que se realice la simulación.

Una vez concluida la creación de estos archivos, empieza a realizarse la simulación y aparece en pantalla el editor de Gpss iniciando la simulación y mostrando mensajes de cada hora simulada con una con un contador de reloj expresado en segundos, tal como se muestra a continuación:

\_\_\_\_\_

Los datos anteriores indican que se realizó la primera hora de simulación (3600 segundos).



Al final de la simulación el editor mostrará el mensaje “LA SIMULACION HA FINALIZADO CON ÉXITO. Experiment ended“, lo que indica que ha finalizado la simulación y se ha realizado con éxito. Se procede a cerrar esta ventana sin guardar cambios.

## Reportes

### Resultados de Simulación

Esta pantalla muestra los resultados de una simulación que ha sido recientemente ejecutada o de alguna que existe guardada en la base de datos. Aquí se muestran en detalle todas las estimaciones más importantes que calcula el simulador, detallada por cada hora de tiempo simulado y es presentada por selección de paraderos.

**Panel de parámetros del archivo de simulación**

**Selector de paradero y referencias**

**Datos Generales de la Simulación**

**Resultados**

### RESULTADOS DE SIMULACION

Troncal: TERMINAL GUASMO - TERMINAL RIO DAULE  
 Paradero: Los Tulipanes Ubicación: PPC  
 Tipo: A Sentido: S-N  
 Dirección: Domingo Comin (Av 10 SE) y Calle 50 C SE / Puyo (Calle

**Datos Generales de la Simulación**

Itera	Total Suben	Total Bajan	Total Viajes	Flota Oper	Tiempo Viaje
1	142229	142109	380	31	85.92
2	142105	141961	380	30	85.66
3	141356	141212	380	31	85.89
4	142440	142325	380	31	85.78
5	141721	141583	380	30	85.68
Prom	141851.4	141718.4	380.0	30.8	85.84

Simulación: Simulación\_F3\_C180\_I100  
 Tiempo de Simulación: 19 Horas No. de Iteraciones: 100  
 Frecuencia bus: C/ 3 Min. Capacidad de bus: 180 Pasaj

**Detalle**

	Hora	Demanda por Hora (Pasajeros)	Cola Promedio (Pasajeros)	Cola Máxima (Pasajeros)	T. Espera Promedio (Pasaj-Min)	Suben (Pasaj)	Bajan (Pasaj)	No atendidos (Pasaj)	N. Arribo de Buses	Cola Maxima (buses)	T. Servicio Promedio (Bus-Seg)	% de Uso de Buses	N. Max. uso de buses
1	05:00	17.76	0.74	4.00	2.52	17.19	0.80	0.57	16.06	1.00	1.69	3.03	14.20
2	06:00	121.41	3.15	12.00	1.51	117.64	9.95	4.34	19.95	1.00	3.50	31.84	87.25
3	07:00	359.19	9.08	28.00	1.48	354.24	69.55	9.29	19.99	1.00	9.24	62.05	142.86
4	08:00	328.07	8.39	26.00	1.47	328.92	54.22	8.44	20.02	1.00	8.57	63.95	142.04
5	09:00	188.18	4.93	17.00	1.48	190.26	37.15	6.36	20.00	1.00	5.19	50.00	123.06
6	10:00	170.66	4.44	15.00	1.47	170.94	26.22	6.08	20.01	1.00	4.74	42.12	95.50
7	11:00	232.46	6.07	20.00	1.50	233.32	34.90	5.22	19.99	1.00	6.21	44.66	102.64
8	12:00	203.40	5.26	17.00	1.48	204.72	42.28	3.89	20.00	1.00	5.54	43.18	97.94
9	13:00	227.71	5.88	19.00	1.50	227.81	45.99	3.78	20.00	1.00	6.10	43.45	99.16
10	14:00	154.93	4.03	14.00	1.49	155.93	29.30	2.78	20.00	1.00	4.38	40.20	91.68
11	15:00	215.66	5.55	18.00	1.50	215.04	43.71	3.40	19.99	1.00	5.79	41.65	94.91
12	16:00	300.57	7.71	24.00	1.50	299.83	43.01	4.11	20.00	1.00	7.87	46.52	105.98
13	17:00	320.84	8.23	26.00	1.50	320.03	49.96	4.91	19.99	1.00	8.35	49.49	114.77
14	18:00	288.59	7.49	24.00	1.51	287.94	53.26	5.47	19.95	1.00	7.58	46.74	110.16
15	19:00	242.44	6.33	20.00	1.51	242.43	57.98	5.38	20.16	1.00	6.42	36.01	91.69
16	20:00	165.24	4.34	15.00	1.50	169.18	52.31	1.50	20.45	1.00	4.68	26.43	69.39
17	21:00	87.06	2.32	9.00	1.54	87.76	22.73	0.92	20.31	1.00	2.92	15.33	50.11
18	22:00	35.35	0.92	5.00	1.52	36.15	9.92	0.17	20.16	1.00	2.14	6.16	27.62
19	23:00	11.11	0.28	2.00	1.50	11.25	2.68	0.03	20.08	1.00	1.57	1.59	10.84

Promedios Totales por Paradero  
 Demanda: 3670.63 Suben: 3670.59 Bajan: 685.91

**Promedios Totales del paradero**

**Detalle de estimaciones del sitio de parada**

*Panel de parámetros del archivo de simulación.* Proporciona información general de la Simulación tales como: Nombre de la simulación, horas simuladas, frecuencia de buses, Número de Iteraciones realizadas y capacidad de los buses

**Simulación: Simulación\_F3\_C180\_I100**  
 Tiempo de Simulación: 19 Horas No. de Iteraciones: 100  
 Frecuencia bus: C/ 3 Min. Capacidad de bus: 180 Pasaj



*Selector de paradero y referencias.* Permite seleccionar el paradero del cual se desea ver la información, que al seleccionar un paradero automáticamente aparecerán en los cuadros de texto, los datos básicos del paradero, de los que consta la Dirección, Ubicación, Sentido, y Tipo

Troncal:	TERMINAL GUASMO - TERMINAL RIO DAULE		
Paradero:	Los Tulipanes	Ubicación:	PPC
Tipo:	A	Sentido:	S-N
Dirección:	Domingo Comin (Av 10 SE) y Calle 50 C SE / Puyo (Calle		

Datos Generales. Muestra los resultados generales de la simulación. Los datos contienen,

- *Iteración*, es el numero de iteración que se realizó en la simulación.
- *Total Suben*, es el número total de personas que entraron al sistema, y que abordaron un bus.
- *Total Bajan*, es el número total de personas que abandonó el sistema, es decir el número de personas que llegaron a su destino y descendieron de bus en alguno de los paraderos de la troncal.
- *Total Viajes*, es el número de viajes que se hicieron dentro del tiempo simulado (horas).
- *Flota Oper*, es el número de buses que cubren todo el recorrido de la troncal o que permanecen en el corredor, por lo cual se estima que es la flota operativa mínima que se necesita para circular por toda la troncal.
- *Tiempo de Viaje*, es el tiempo que le toma a un bus en dar una vuelta por la troncal (tiempo que le toma a un bus en ir desde el Terminal Guasmo Sur al Terminal Río Daule, y del Terminal Río Daule al Terminal Guamo Sur). Este valor esta especificado en minutos.

Itera	Total Suben	Total Bajan	Total Viajes	Flota Oper	Tiempo Viaje
1	142229	142109	380	31	85.92
2	142105	141961	380	30	85.66
3	141356	141212	380	31	85.89
4	142440	142325	380	31	85.78
5	141721	141583	380	30	85.68
Prom	141851.4	141718.4	380.0	30.8	85.84

Al final de la tabla se muestran los promedios de cada columna.

#### Detalle de estimaciones del sitio de parada

	Hora	Demanda por Hora (Pasajeros)	Cola Promedio (Pasajeros)	Cola Máxima (Pasajeros)	T. Espera Promedio (Pasaj-Min)	Suben (Pasi)	Bajan (Pasi)	No atendidos (Pasi)	N. Arribo de Buses	Cola Maxima (buses)	T. Servicio Promedio (Bus-Seg)	% de Uso de Buses	N. Max. uso de buses
1	05:00	17.76	0.74	4.00	2.52	17.19	0.80	0.57	16.06	1.00	1.69	3.03	14.20
2	06:00	121.41	3.15	12.00	1.51	117.64	9.95	4.34	19.95	1.00	3.50	31.84	87.25
3	07:00	359.19	9.08	28.00	1.48	354.24	69.55	9.29	19.99	1.00	9.24	62.05	142.86
4	08:00	328.07	8.39	26.00	1.47	328.92	54.22	8.44	20.02	1.00	8.57	63.95	142.04
5	09:00	188.18	4.93	17.00	1.48	190.26	37.15	6.36	20.00	1.00	5.19	50.00	123.06
6	10:00	170.66	4.44	15.00	1.47	170.94	26.22	6.08	20.01	1.00	4.74	42.12	99.50
7	11:00	232.46	6.07	20.00	1.50	233.32	34.90	5.22	19.99	1.00	6.21	44.66	102.64
8	12:00	203.40	5.26	17.00	1.48	204.72	42.28	3.89	20.00	1.00	5.54	43.18	97.94
9	13:00	227.71	5.88	19.00	1.50	227.81	45.99	3.78	20.00	1.00	6.10	43.45	99.16
10	14:00	154.93	4.03	14.00	1.49	155.93	29.30	2.78	20.00	1.00	4.38	40.20	91.68
11	15:00	215.66	5.55	18.00	1.50	215.04	43.71	3.40	19.99	1.00	5.79	41.65	94.91
12	16:00	300.57	7.71	24.00	1.50	299.83	43.01	4.11	20.00	1.00	7.87	46.52	105.98
13	17:00	320.84	8.23	26.00	1.50	320.03	49.96	4.91	19.99	1.00	8.35	49.49	114.77
14	18:00	288.59	7.49	24.00	1.51	287.94	53.26	5.47	19.95	1.00	7.58	46.74	110.16
15	19:00	242.44	6.33	20.00	1.51	242.43	57.98	5.38	20.16	1.00	6.42	36.01	91.69
16	20:00	165.24	4.34	15.00	1.50	169.18	52.31	1.50	20.45	1.00	4.68	26.43	69.39
17	21:00	87.06	2.32	9.00	1.54	87.76	22.73	0.92	20.31	1.00	2.92	15.33	50.11
18	22:00	35.35	0.92	5.00	1.52	36.15	9.92	0.17	20.16	1.00	2.14	6.16	27.62
19	23:00	11.11	0.28	2.00	1.50	11.25	2.68	0.03	20.08	1.00	1.57	1.59	10.84

Esta parte muestra los promedios de cada hora en cada columna según sea el dato. Las columnas esta conformadas por

- *Hora*, es la hora de inicio de cada hora simulada.
- *Demanda por hora (Pasajeros)*, es el número de personas que arribaron al paradero y que estuvieron esperando un bus en una hora específica.
- *Cola Promedio (Pasajeros)*, es el número de personas que en promedio hicieron cola para tomar un bus dentro de una hora específica.


- *Cola Máxima (Pasajeros)*, es el número de personas máximo que hizo cola para tomar un bus dentro de una hora específica.
- *T. Espera Promedio (Pasj – Mín)*, es el tiempo promedio de espera de un pasajero para abordar un bus, esta información esta detallada en minutos.
- *Suben (Pasj)*, es el número promedio de personas que abordó un bus dentro de una hora específica.
- *Bajan (Pasj)*, es el número promedio de personas que han tomado un bus y se bajan dentro del paradero, en alguna hora específica.
- *No atendidos (Pasj)*, es el número promedio de personas que estuvo esperando un bus en una hora específica y que no fue atendida, es decir no pudo abordar un bus en dicha hora.
- *N. Arribo de Buses*, es el número promedio de arribo de buses a un paradero en una hora específica.
- *Cola Máxima (Buses)*, indica el número máximo de buses que tuvieron que hacer cola para ingresar al paradero.
- *T. Servicio. Promedio (Bus-Segundos)*. Es el tiempo que en promedio el bus permanece en el paradero para realizar los ascensos y descensos de pasajeros, en una hora específica.
- *% Uso de buses*, representa el porcentaje con que los buses llegaron llenos al paradero.
- *N. max uso de buses*, representa el número máximo de puesto que estuvieron ocupados al momento en que el bus arribo al paradero en una hora específica.

#### *Promedios Totales por paraderos*

Contiene: *Demanda* es el número promedio total de arribo de pasajeros de las horas simuladas. *Suben* es el número promedio total de las personas

que abordan un bus en las horas simuladas. *Bajan* es el número promedio total que bajaron en el paradero durante las horas simuladas

Promedios Totales por Paradero

Demanda:	<input type="text" value="3670.63"/>	Suben:	<input type="text" value="3670.59"/>	Bajan:	<input type="text" value="685.91"/>		<input type="button" value="E"/>
----------	--------------------------------------	--------	--------------------------------------	--------	-------------------------------------	---	----------------------------------

Esta parte también posee dos botones que son los siguientes:



proporciona un cuadro de dialogo que permitirá realizar gráficos en Excel según sea la selección.

Al hacer click en este botón aparece el siguiente cuadro de dialogo

**Gráficos**

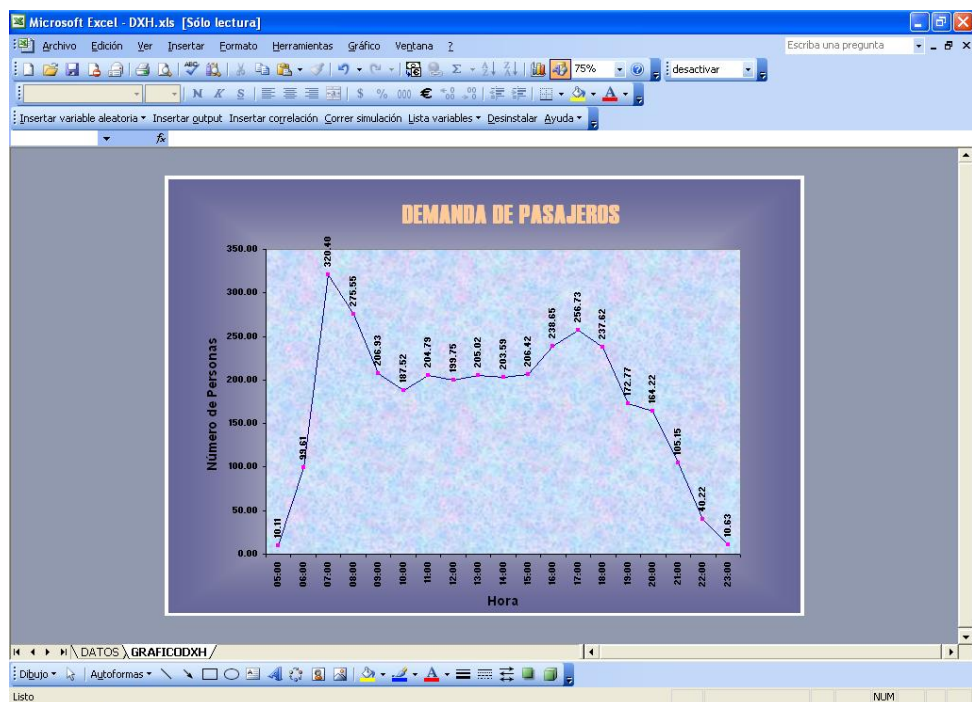
**GRAFICOS**

- Demanda de pasajeros
- Cola Promedio de pasajeros
- Cola Máxima de pasajeros
- Tiempo promedio de espera de pasajeros
- Número de pasajeros que suben
- Número de pasajeros que Bajan
- Tiempo de servicio promedio de bus
- Porcentaje de uso de bus en paradero

Aquí se selecciona el gráfico que desea ver, entre los cuales puede graficar:

- Demanda de Pasajeros
- Cola promedio de pasajeros
- Cola máxima de pasajeros
- Tiempo promedio de espera de pasajeros
- Número de pasajeros que Suben
- Número de pasajeros que Baján
- Tiempo de servicio promedio de buses
- Porcentaje uso de buses en paradero

Para obtener el gráfico seleccionado debe hacer click en el botón de comando *Graficar*. En ese instante los datos son enviados a la aplicación Microsoft Excel que mostrará el gráfico seleccionado, tal como se muestra en la siguiente figura.



Para volver a la pantalla de *resultados de simulación* se debe hacer click en el botón *salir*.

**E**

muestra los errores estándar de cada estimador de cada una de las horas del paradero.

Al hacer click en este botón aparece en pantalla los errores estándar de cada uno de los estimadores presentados en el *detalle de estimaciones del sitio de parada*. A continuación se presenta una figura de lo que muestra esta opción.

Promedios

**ERRORES ESTANDAR**  
**LA FLORESTA 2**

Detalle

	Hora	Demanda por Hora (Pasajeros)	Cola Promedio (Pasajeros)	Cola Máxima (Pasajeros)	T. Espera Promedio (Pasaj-Min)	Suben (Pasj)	Bajan (Pasj)	No Atendidos (Pasj)	N. Arribo de Buses	Cola Maxima (buses)	T. Servicio Promedio (Bus-Seg)	% de Uso de Buses	N. Max uso de buses
1	05:00	0.29	0.02	0.00	0.07	0.29	0.09	0.08	0.00	0.00	0.02	0.04	0.21
2	06:00	1.53	0.07	0.00	0.01	1.53	0.24	0.29	0.00	0.00	0.06	0.16	0.71
3	07:00	1.86	0.08	0.00	0.01	1.86	0.32	0.48	0.00	0.00	0.08	0.20	0.77
4	08:00	1.35	0.07	0.00	0.01	1.50	0.33	0.39	0.00	0.00	0.06	0.19	0.68
5	09:00	1.50	0.07	0.00	0.01	1.44	0.35	0.38	0.00	0.00	0.06	0.18	0.81
6	10:00	1.41	0.06	0.00	0.01	1.39	0.28	0.36	0.00	0.00	0.06	0.14	0.75
7	11:00	1.48	0.07	0.00	0.01	1.41	0.30	0.36	0.00	0.00	0.06	0.16	0.65
8	12:00	1.24	0.06	0.00	0.01	1.29	0.30	0.33	0.00	0.00	0.05	0.15	0.62
9	13:00	1.37	0.07	0.00	0.01	1.39	0.33	0.34	0.00	0.00	0.06	0.14	0.51
10	14:00	1.27	0.06	0.00	0.01	1.31	0.29	0.35	0.00	0.00	0.06	0.15	0.61
11	15:00	1.51	0.07	0.00	0.01	1.52	0.32	0.36	0.00	0.00	0.07	0.16	0.55
12	16:00	1.67	0.07	0.00	0.01	1.72	0.35	0.38	0.00	0.00	0.07	0.16	0.61
13	17:00	1.53	0.07	0.00	0.01	1.50	0.33	0.42	0.00	0.00	0.06	0.18	0.65
14	18:00	1.44	0.07	0.00	0.01	1.48	0.38	0.36	0.00	0.00	0.06	0.14	0.63
15	19:00	1.15	0.06	0.00	0.01	1.21	0.32	0.30	0.00	0.00	0.05	0.13	0.61
16	20:00	1.23	0.06	0.00	0.01	1.27	0.29	0.32	0.00	0.00	0.05	0.12	0.51
17	21:00	1.07	0.05	0.00	0.01	1.13	0.27	0.22	0.00	0.00	0.05	0.09	0.59
18	22:00	0.61	0.03	0.00	0.02	0.60	0.20	0.14	0.00	0.00	0.02	0.05	0.47
19	23:00	0.30	0.02	0.00	0.04	0.33	0.10	0.07	0.00	0.00	0.02	0.02	0.24

Salir

Para volver a la pantalla de *resultados de simulación* se debe hacer clic en el botón *salir*.

Esta pantalla además contiene las siguientes opciones:

- *Simulación Actual*, permite cargar la información de la última simulación.
- *Abrir*, permite abrir alguna simulación existente guardada en la base de datos.
- *Guardar*, permite guardar la simulación actual en la base de datos, una vez consultado sus datos.
- *Eliminar*, borra archivos de simulación guardadas.
- *Salir*, permite regresar a la pantalla principal.

Para poder acceder a esta pantalla se lo puede hacer de dos formas:

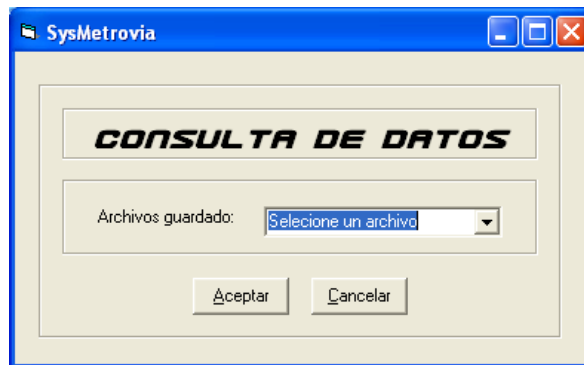
- Por medio de la barra de menú, haciendo click en *Reportes* y luego seleccionando *Resultados de simulación*.
- Mediante la barra de herramientas haciendo click en el botón



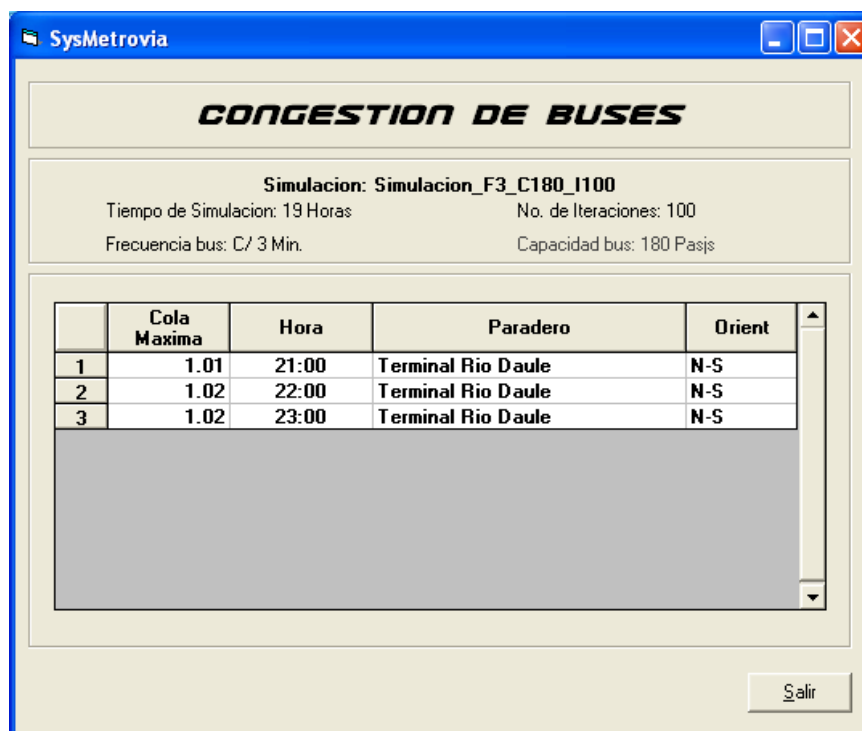
### **Congestión de buses.**

Esta ventana permite hacer una búsqueda seleccionando una simulación existente, y su objetivo es verificar si es que en la simulación se presentaron cuello de botella en la simulación de los buses. Es decir si es que en algún momento un bus alcanzo a otro en una parada y tuvo que espera a que el que va adelante se vaya, para poder ingresar al anden de parada.

Al escoger esta opción que solo podrá hacerlo mediante la barra de menú, le mostrará un cuadro de dialogo para poder seleccionar un archivo existente tal como se muestra en la siguiente figura:



Esta pantalla presenta las opciones de *Aceptar* para ejecutar la consulta y *Cancelar* para cancelar la consulta. Al hacer click se obtiene.

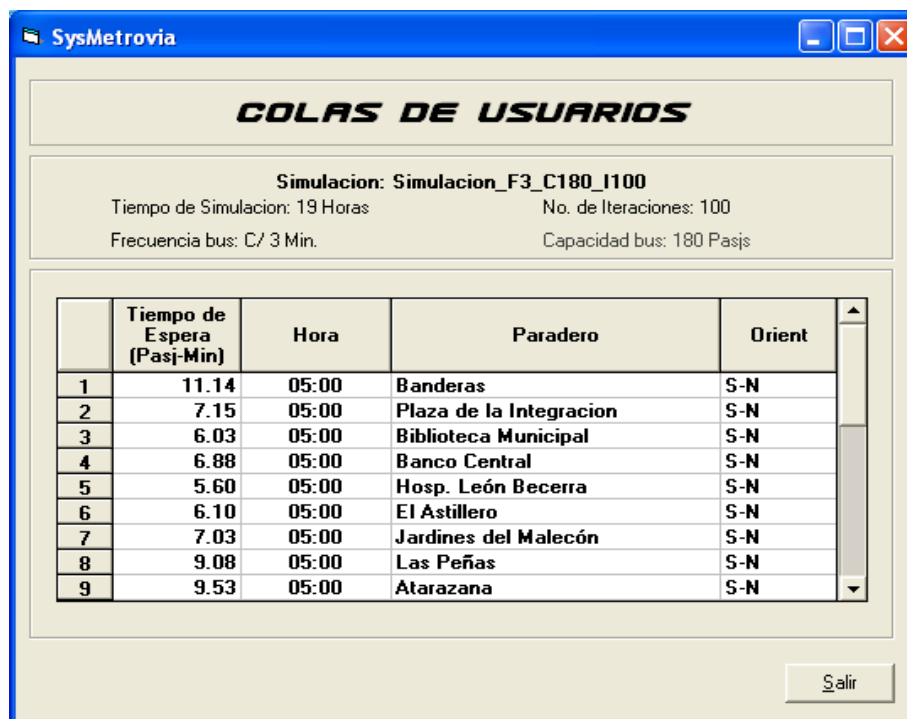
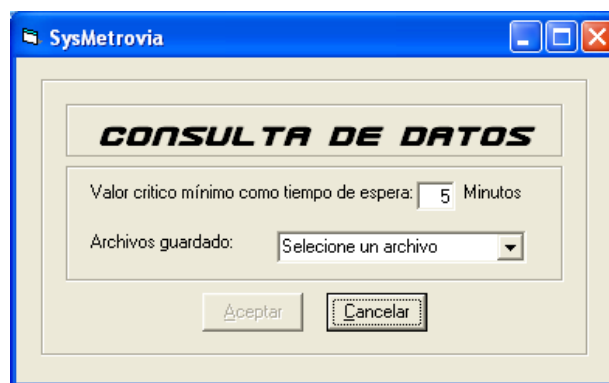


Esta pantalla consta del panel de parámetros del archivo de simulación, y muestra en sus columnas de detalle, el promedio de la cola máxima de Buses, la hora en que se presento la congestión y el paradero donde ocurrió especificando su orientación.



## Cola crítica de Usuarios.

Esta opción permite hacer una búsqueda seleccionando una simulación existente, y su objetivo es consultar dónde y a que hora se presentaron los mayores tiempos de espera respecto al valor crítico mínimo establecido, que deberá ser especificado en minutos, tal como se muestra en la siguiente figura



Al escoger esta opción solo podrá hacerlo mediante la barra de menú

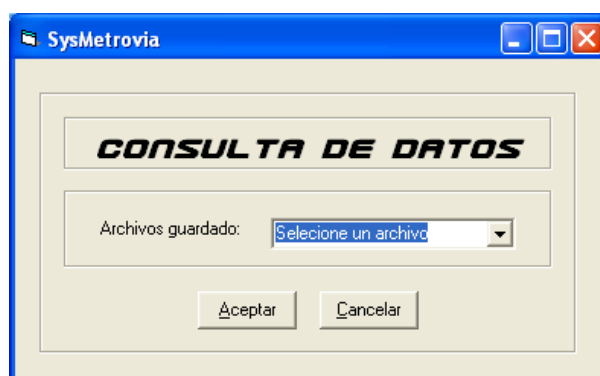
Una vez que se selecciona un archivo para acceder a los resultados deberá hacer click en el botón de comando *Aceptar*. En la pantalla anterior muestra los resultados de un ejemplo consultado.

Esta pantalla también, posee un panel de parámetros del archivo de simulación, y muestra en sus columnas el tiempo de Espera promedio de Pasajeros, el valor está especificado en minutos, los datos aparecen ordenados por hora, y muestra los paraderos donde ocurrió el evento y la orientación del paradero. Para salir de esta pantalla debe hacer click en el botón de comando *Salir*.

Para esta opción solo podrá tener acceso mediante la barra de menú, al hacer click en *Reportes* y luego en *cola Crítica de Usuarios*

### **Demanda, Ascenso y Descenso de pasajeros**

Esta es una consulta que permite ver de manera resumida los totales promedios por paradero y los totales globales de la Demanda, ascenso y descenso de pasajeros. Igual que en opciones anteriores solo podrá hacer esta consulta para archivos guardados. Al hacer click en esta opción le presentará un cuadro de dialogo para escoger el archivo que desea consultar



Al hacer click en el botón de comando Aceptar muestra la siguiente pantalla



Esta pantalla también posee un panel de parámetros de la simulación y en su detalle muestra, el nombre del paradero, su orientación, y los valores de la demanda, Ascensos (Suben), y Descenso (Bajan) de pasajeros. En la parte inferior muestra los totales globales para toda la troncal

Esta opción solo podrá seleccionarla a través de la barra de menú, al hacer click en *Reportes* y luego en *cola Demanda, Ascensos y Descensos*. Para salir de esta pantalla debe hacer click en el botón de comando *Salir*.

## Mapa de la Troncal

Esta pantalla permite al usuario, tener una idea visual de donde se encuentran ubicados físicamente los paraderos dentro de la ruta, proporcionando un mapa por el cual podrá desplazarse a través de las barras de desplazamiento para localizar cada paradero.

Datos del paradero

Mapa de la Troncal

**MAPA DE LA TRONCAL 1: GUASMO TERMINAL - TERMINAL RIO DAULE**

**MAPA DE LA TRONCAL GUASMO TERMINAL - TERMINAL RIO DAULE**

Simulación: Simulación\_F3\_C180\_I100  
 Tiempo de Simulación: 19 Horas    No. de Iteraciones: 100  
 Frecuencia bus: C/ 3 Min.    Capacidad de bus: 180 Pasaj

**LA FLORESTA 2**

Tipo:  Ubicación:  Sentido:   
 Dirección: Roberto Serrano (Calle 52 SE) y Av 11 SE / Calle 51SE



Hora	Demanda (Pajis)	Cola Prom (Pajis)	T. Espe. Prom Pasaj (Min)	Suben (Pasaj)	T. Serv Prom Bus (Seg)
05:00	10.04	0.35	2.12	9.64	1.47
06:00	102.60	2.71	1.53	97.75	2.99
07:00	323.27	7.99	1.44	314.04	8.21
08:00	271.09	6.83	1.41	273.14	7.19
09:00	206.59	5.27	1.42	209.74	5.60
10:00	190.60	4.93	1.45	191.50	5.17
11:00	202.96	5.29	1.47	204.17	5.50
12:00	202.71	5.22	1.46	203.16	5.45
13:00	206.42	5.30	1.46	207.18	5.55
14:00	200.04	5.16	1.47	200.08	5.37
15:00	209.24	5.35	1.46	208.97	5.58
16:00	237.88	6.02	1.45	237.21	6.30
17:00	253.37	6.43	1.46	253.58	6.69
18:00	235.97	6.05	1.47	236.49	6.28
19:00	172.02	4.53	1.49	174.62	4.78
20:00	162.37	4.23	1.50	162.77	4.48
21:00	103.71	2.82	1.53	104.92	3.13
22:00	39.86	1.07	1.51	41.03	2.05
23:00	10.65	0.29	1.50	11.14	1.46

Detalle de básicos del los resultados de la simulación

Botones de acceso a la información

Barras de Desplazamiento

En el mapa existen botones de acceso a la información que representan los sitios donde están ubicados los paraderos, estos botones son:

-  Representan los paraderos normales
-  Representan los Terminales de Integración

Al hacer click en cualquiera de estos botones le mostrará la información correspondiente en el panel de *Datos del paradero*, tales como nombre, dirección, tipo, ubicación, etc. También mostrará en la *panel de detalles básicos de la simulación*, los datos de la hora, demanda de pasajeros, cola promedio de pasajeros, Tiempos espera promedio (especificado en minutos), Número de pasajeros que subieron, y el tiempo de servicio promedio de los buses en el paradero,

Para poder acceder a esta pantalla se lo puede hacer de dos formas:

- Por medio de la barra de menú, haciendo click en Reportes y luego seleccionando Mapa de la Troncal de simulación.
- Mediante la barra de herramientas haciendo click en el botón

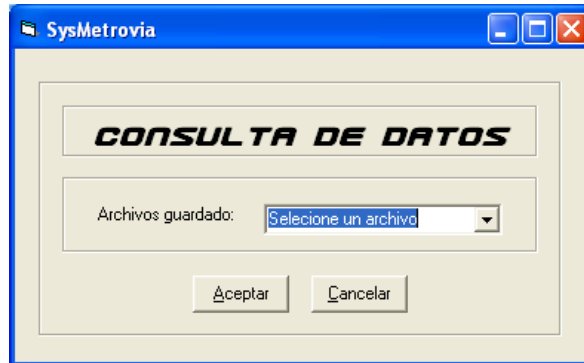


### **Abrir una simulación.**

Para abrir una simulación existente se debe ir a la barra de herramienta y hacer clic en el botón



Luego aparecerá el cuadro de dialogo que permite escoger el archivo que desea consultar.



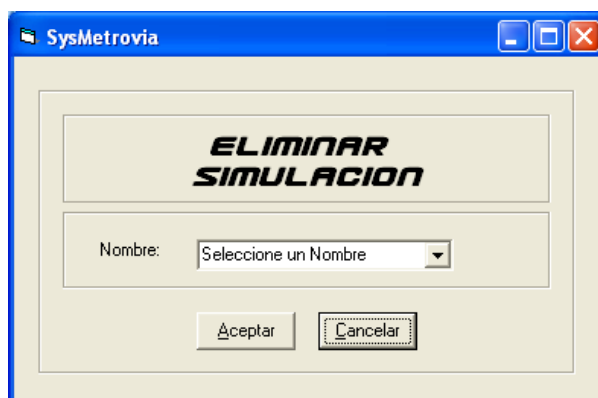
Al aceptar se abrirá automáticamente la pantalla de *resultados de simulación* donde se cargarán todos los resultados.

### **Eliminar una simulación**

Para eliminar una simulación existente se debe ir a la barra de herramienta y hacer click en el botón



Luego aparecerá el cuadro de dialogo que permite escoger el archivo que desea eliminar



## **GLOSARIO**

### **Parada de Transferencia.**

Es el espacio físico donde los pasajeros se pueden transferir de una ruta troncal a otra ruta troncal.

### **Terminales de Integración.**

Es el espacio físico donde comienza o termina el recorrido los buses de la troncal y los buses alimentadores.

### **Carriles Exclusivos.**

Espacio delimitado dentro de una calzada por el cual puede circular un bus perteneciente a una troncal.

### **Bus Alimentador.**

Vehículo ofrecen sus servicios en una ruta alimentadora.

### **Ruta Alimentadora.**

Grupo de vías autorizadas por los servicios que provienen de la zonas periféricas hasta una estación Terminal del sistema integrado.

**Ruta Troncal.**

Conjunto de vías que incluyen los carriles exclusivos, segregadas del tránsito general, a través de las cuales se vinculan dos estaciones terminales, y por las que circulan unidades troncales de elevada capacidad.



## **BIBLIOGRAFÍA**

1. John E. Freund, Irwin Millar y Marylees Miller, "Estadística Matemática con Aplicaciones, Prentice Hall. año 1999
2. Geoffrey Gordon, "Simulación de Sistemas", Prentice Hall, año 1980.
3. Scheaffer McClave, "Probabilidad y Estadística para Ingeniería", Grupo Editorial Iberoamerica, año 1990.
4. Douglas C. Montgomery, "Diseño y Análisis de Experimentos", Grupo Editorial Iberoamerica, año 1991.
5. David Briggs y Luís Lindau, "Avances en Ingeniería de Tránsito y Transporte y Transporte", Soboc, Quito, Ecuador año 2002.
6. El Universo, Planos de Guayaquil, primera Edición, año 2001.
7. M.I. Municipalidad de Guayaquil, "Elaboración de Prediseños y Diseños definitivos de las Paradas del Sistema Troncalizado de Transporte Público de la Ciudad de Guayaquil: Primera Etapa", Julio 2002.
8. M.I. Municipalidad de Guayaquil, "Plan de Racionalización del Transporte Público de la Ciudad de Guayaquil", Agosto 2002.

9. M.I. Municipalidad de Guayaquil, "Plan de Transporte Masivo Urbano de la Ciudad de Guayaquil, Implantación del Corredor Troncal I", Diciembre 2002.
10. M.I. Municipalidad de Guayaquil, "Información sobre el Sistema de Transporte Masivo de Pasajeros de la Ciudad de Guayaquil - Metrovía", Octubre 2003.
11. M.I. Municipalidad de Guayaquil, "Informe del Plan de Racionalización del Transporte Público Masivo de la Ciudad de Guayaquil - Metrovía", Octubre 2004.
12. <http://sigma.poligran.edu.co/politecnico/apoyo/Decisiones/curso/simulacionppt.pdf>variable