



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
INSTITUTO DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
INGENIERÍA EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA**

*SIMULADOR MATEMÁTICO DEL NUEVO SISTEMA DE
TRANSPORTE MASIVO PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.
TRONCAL "BATALLÓN DEL SUBURBIO-CENTRO URBANO"*

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA

Presentada por:

Ingrid del Rosario Sarmiento Torres

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2005

AGRADECIMIENTO

Con el reconocimiento más profundo deseo agradecer a:

Dios y al Hermano Gregorio, por mantener mi salud y guiarme,

A mis padres y hermanos por el amor y la confianza que me brindan día a día,

A todas las personas que colaboraron en la culminación de mi carrera, especialmente a David y Geovanny dos fuerzas que nunca me dejaron sola a pesar de la distancia.

DEDICATORIA

A mi mamita,
A Carlos, Pablo,
A Omar,
A mis Profesores

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Robert Toledo
PRESIDENTE

Ing. Washington Armas Cabrera
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Soraya Solís
VOCAL

Ing. Carlos Villafuerte
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Ingrid Sarmiento Torres

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla el modelo de simulación matemática para el Sistema de Transportación Masiva para la ciudad de Guayaquil, Troncal 4 "Batallón del Suburbio-Centro", con la finalidad de predecir el comportamiento de esta ruta con un nivel de precisión del 95%, en función de la demanda de pasajeros y recursos del sistema.

Se construyó el modelo en base a resultados con respecto a colas de espera de pasajeros y unidades de transporte, ascensos y descensos de pasajeros, tiempos de recorridos, entre otros. El lenguaje GPSS, simula el modelo numéricamente; el usuario ingresará los parámetros utilizando una aplicación más amigable desarrollada en Visual Basic; los resultados requeridos serán presentados por gráficas y en manera de reportes por medio de Crystal Reports. La validación del simulador utiliza información de doce paraderos de la ruta y las políticas establecidas por el ente regulador del sistema, buscando estabilidad entre los usuarios y recursos del sistema.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN

I

ÍNDICE GENERAL

II

ABREVIATURAS

V

ÍNDICE DE GRÁFICOS

VI

ÍNDICE DE TABLAS

VIII

INTRODUCCIÓN

1

CAPÍTULO 1

1. SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN URBANA DE PASAJEROS DE LA
CIUDAD DE GUAYAQUIL.

1.1. Introducción.....

....

1.2. Generalidades de la Transportación Urbana de la Ciudad de

3

4

Guayaquil.....	
1.3. Sistema Integrado de Transporte Masivo de pasajeros para la ciudad de Guayaquil “SISTEMA METROVÍA “.....	5
1.4. Diferencias entre el Actual y el Nuevo Sistema de Transporte Urbano de la ciudad de Guayaquil.....	14
1.5. Ruta Troncal 4 “Batallón del Suburbio-Centro Urbano”.....	16
1.5.1. Políticas de funcionamiento, propuestas por la M.I. Municipalidad de Guayaquil para la Troncal 4	19

CAPÍTULO 2

2. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DEL SIMULADOR DEL SISTEMA INTEGRAL DE TRANSPORTE TRONCAL 4 “SSIT4” (Batallón del Suburbio-Centro Urbano)	
2.1. Introducción.....	21
.....	
2.2. Etapas para la Construcción del Simulador “SSIT4”.....	22
2.2.1. Parámetros, Políticas y Resultados del modelo de simulación	23
2.2.2. Paquetes de Software utilizados en el Desarrollo del	31

Simulador “SSIT4”	
2.2.2.1. Interacción de los Paquetes de Software Utilizados	35
2.3. Estructura General del Simulador “SSIT4”	37
2.3.1. Codificación de Procesos en GPSS World.....	37
2.3.2. Diseño de la Base de Datos	64

CAPÍTULO 3

3. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

3.1. Introducción.....	71
.....	
3.2. Metodología para la Recolección de Información.....	72
3.2.1. Selección de Paraderos.....	73
3.2.2. Selección de Días.....	78
3.2.3. Selección de Horas.....	78
3.3. Toma de Datos.....	79
3.4. Análisis de Datos.....	86

3.4.1. Llegadas de las Personas al Paradero.....	86
3.4.2. Destinos de los Pasajeros.....	91

CAPÍTULO 4

4. VALIDACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL SIMULADOR "SSIT4"

4.1. Introducción.....	94
4.2. Validación del Modelo de Simulación.....	95
4.3. Implementación del Simulador "SSIT4".....	114
....	

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones y Recomendaciones.....	126
--	-----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Págs.
Gráfico 2.1.	Interacción de los paquetes de software..... 35
Gráfico 3.1.	Histograma de Probabilidad de una variable aleatoria Poisson con media 4.7 personas por minuto..... 90
Gráfico 4.1.	Contenido promedio de cola de espera de pasajeros..... 97
Gráfico 4.2.	Prueba de Validación Interna para la longitud máxima de cola de espera de los pasajeros..... 98
Gráfico 4.3.	Prueba degenerativa: Tiempo entre salida de los buses Vs. Cola máxima de espera en el paradero..... 100
Gráfico 4.4.	Número de Buses que Llegan al Paradero 1..... 110
Gráfico 4.5.	Número de Buses que Llegan al Paradero 2..... 110
Gráfico 4.6.	Número de Buses que Llegan al Terminal de Integración..... 111
Gráfico 4.7.	Tiempo Total de Recorrido de Toda la Ruta..... 112
Gráfico 4.8.	Número de Pasajeros que Entraron a los Paraderos..... 113
Gráfico 4.9.	Número Total de Vueltas..... 113
Gráfico 4.10.	Total de Pasajeros..... 115
Gráfico 4.11.	Longitud Promedio de Cola de Espera de Pasajeros..... 116
Gráfico 4.12.	Longitud Máxima de Cola de Espera..... 117
Gráfico 4.13.	Total de Buses que entraron al Paradero..... 118
Gráfico 4.14.	Total de Buses que entraron al paradero sin hacer cola..... 119
Gráfico 4.15.	Tiempo Promedio que espera el bus en Cola..... 119

Gráfico 4.16.	Longitud Promedio de Cola de Espera de Buses.....	120
Gráfico 4.17.	Cantidad Promedio de Ascenso de Pasajeros.....	121
Gráfico 4.18.	Cantidad Promedio de Descenso de Pasajeros.....	121
Gráfico 4.19.	Tiempos de ascensos de pasajeros.....	123
Gráfico 4.20.	Tiempos de descensos de pasajeros.....	123
Gráfico 4.21.	Tiempos Promedios de Recorrido hasta los Paraderos.....	124
Gráfico 4.22.	Máxima Capacidad Utilizada del bus.....	125

INDICE DE TABLAS

		Págs.
Tabla 2.1.	Combinaciones de Políticas de Funcionamiento de los Paraderos.....	42
Tabla 2.2.	Descripción de tablas.....	66
Tabla 3.1.	Paraderos Existentes a lo largo de la ruta Troncal 4.....	73
Tabla 3.2.	Paraderos Propuestos a lo largo de la ruta Troncal 4.....	74
Tabla 3.3.	Paraderos para el levantamiento de información	75
Tabla 3.4.	Descripción de Paraderos a lo largo de la ruta Troncal 4.....	76
Tabla 3.5.	Horas en que se realizó el levantamiento de información.....	79
Tabla 3.6.	Distribución de Horas para alimentar el simulador.....	79
Tabla 3.7.	Descripción de Semáforos de la ruta Troncal 4.....	81
Tabla 3.8.	Intervalos de Velocidad empleados en la ruta Troncal 4.....	83
Tabla 3.9.	Intervalos de Tiempo empleados en la ruta Troncal 4.....	84
Tabla 3.10.	Hipótesis de la Distribución del flujo de personas Paradero 3, día lunes de 07h00 a 08h00.....	89
Tabla 3.11.	Información para la variable Destino de Pasajeros: Paradero 3, día Lunes....	92
Tabla 3.12.	Función de Probabilidad Empírica del Destino de Pasajeros: Paradero 3, día Lunes.....	93
Tabla 4.1.	Prueba de Validación Interna para el contenido promedio de la cola de espera de los pasajeros.....	96
Tabla 4.2.	Prueba de Validación Interna para la longitud máxima de la cola de espera	97

	de los pasajeros.....	
Tabla 4.3.	Tiempos entre salida de los buses desde la Terminal de Integración.....	100
Tabla 4.4.	Prueba Condiciones Extremas (mayor oferta vs. menor demanda): Cola Máxima de Espera de Pasajeros en el Paradero.....	102
Tabla 4.5.	Prueba Condiciones Extremas (mayor oferta vs. menor demanda): Tiempo promedio de espera de pasajeros en el paradero.....	103
Tabla 4.6.	Prueba Condiciones Extremas (mayor oferta vs. menor demanda): Máxima utilización del bus.....	103
Tabla 4.7.	Prueba Condiciones Extremas (menor oferta vs. mayor demanda): Cola Máxima de Espera en el Paradero.....	104
Tabla 4.8.	Prueba Condiciones Extremas (menor oferta vs. mayor demanda): Tiempo promedio de espera en el paradero.....	105
Tabla 4.9.	Prueba Condiciones Extremas (menor oferta vs. mayor demanda): Máxima utilización del bus.....	105
Tabla 4.10.	Prueba Valores Fijos: Distancia entre Objetos	107
Tabla 4.11.	Prueba Valores Fijos: Tiempo entre llegada de las personas a los paraderos	107
Tabla 4.12.	Tiempo de Permanencia de los buses en los paraderos.....	107
Tabla 4.13.	Prueba Valores Fijos (Forma Analítica): Número de buses que llegan a los objetos.....	108
Tabla 4.14.	Prueba Valores Fijos (Forma Analítica): Tiempo que tarda el bus en llegar a cada uno de los objetos que conforma la ruta.....	109
Tabla 4.15.	Tiempos Promedios de Recorrido hasta los Paraderos.....	124

INTRODUCCIÓN

El estudio de sistemas complejos ya no resulta una tarea difícil; la simulación es una técnica muy poderosa y ampliamente usada en la ciencia, para analizar y estudiar sistemas complejos. El proceso de simulación consiste básicamente, en ejecutar el modelo a través del tiempo, por lo general en una computadora, para generar muestras representativas y poder evaluar políticas y estrategias para analizar los cambios en el comportamiento del sistema.

El presente estudio tiene como objetivo principal construir un modelo de simulación, el cual deberá ser capaz de predecir el comportamiento del nuevo Sistema de Transportación Masiva de Pasajeros de la ciudad de Guayaquil denominado METROVÍA TRONCAL 4 “Batallón del Suburbio-Centro Urbano”.

El Departamento Municipal de Transporte de la M.I.Municipalidad de Guayaquil, sería el usuario indicado para el software de simulación, el mismo que presentará una interfaz amigable y de fácil manejo.

El estudio del comportamiento del sistema, está basado en las políticas de operación que la M.I.Municipalidad de Guayaquil tiene establecidas y en nuevas políticas de operación.

La validación del simulador se realizó para asegurar que el modelo no incumple los objetivos para el cual fue creado. El proceso de validación consta de dos etapas, en la primera etapa se emplean datos falsos, y en la segunda etapa se emplean los datos que se obtuvieron en el proceso de levantamiento de información de la ruta Troncal 4.

CAPÍTULO 1

1. SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN URBANA DE PASAJEROS DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

1.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente capítulo es conocer la situación real del sistema de transporte urbano de Guayaquil, y a la vez conocer también, el nuevo Sistema Integrado de Transporte Masivo Urbano diseñado para nuestra ciudad; para así poder establecer las principales diferencias entre ambos sistemas de transportación para la urbe porteña.

Este capítulo también tiene el propósito de dar los lineamientos generales y lineamientos tanto físicos como operacionales, bajo los cuáles funcionará el Sistema Integral de Transporte.

Específicamente se conocerá la ruta de la Troncal 4 “Batallón del Suburbio-Centro Urbano”, y se expondrán además, las políticas de operación establecidas por la M.I. Municipalidad de Guayaquil, para el funcionamiento de la misma.

1.2. GENERALIDADES DE LA TRANSPORTACIÓN URBANA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Actual Sistema de Transportación Urbana

La transportación urbana de la ciudad de Guayaquil, desde hace mucho tiempo ha sido considerada como un desafío a la paciencia y la seguridad de cualquier persona; tanto así que en la actualidad es uno de los problemas que dificultan la modernización de la Perla del Pacífico.

El sistema de transporte urbano vigente está conformado por 73 cooperativas, legalmente registradas en la Comisión de Transito del Guayas, las cuales abarcan un total de 174 recorridos ó rutas que funcionan con aproximadamente 4.096 unidades de transporte. Esta excesiva cantidad de buses ha sido una de las principales causas de congestión vehicular, accidentes de tránsito y contaminación ambiental. Además, este grupo económico presenta una heterogeneidad administrativa, ya que cada cooperativa funciona

bajo sus propios estatutos y políticas, originando un estancamiento en su desarrollo.

1.3. SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE MASIVO URBANO DE GUAYAQUIL “SISTEMA METROVÍA”

Evolución del Sistema Integral de Transporte Masivo

El nuevo concepto de transportación urbana tuvo origen en Curitiba, una ciudad brasilera con problemas de transporte y con poco presupuesto, que decidió cerrar el acceso vehicular a las áreas de mayor congestión e implementar un sistema con carriles exclusivos, y paraderos ubicados cada 500 metros, en cuyo interior una cajera se dedicara al cobro del pasaje, dando comienzo a un novedoso sistema de transporte “**Tubobus**”, de bajo costo y que al mismo tiempo minimizara el tráfico y la contaminación ambiental.

Actualmente, estas medidas creativas y sencillas forman parte de un modelo de desarrollo urbano que ha tenido una larga evolución y desarrollo en diversas ciudades de América Latina, denominado **Tubobus** en Curitiba-Brasil, **Transmilenio** en Bogotá-Colombia, **O-Bahn** en Alemania.

La M.I. Municipalidad de Guayaquil ha realizado el diseño de 7 rutas Troncales, basado estudios realizados por consultores nacionales

expertos en transporte. Tras las respectivas evaluaciones, se concluyó que por las características topográficas de la ciudad el esquema más conveniente era el de Transmilenio (Bogotá). Estas rutas abarcarán toda la urbe y reemplazarán en veinte años las 174 rutas de transporte urbano existentes en la actualidad.

Nuevo Sistema de Transportación Urbana

El nuevo sistema, denominado Sistema Integrado de Transporte Masivo Urbano de Guayaquil – SISTEMA METROVÍA, contemplará la creación de una amplia red de transporte, que cubrirá todas las áreas de la ciudad de Guayaquil, cambiando totalmente la estructura actual del transporte de la urbe.

Este sistema tiene como cimiento, la conformación de una red de corredores troncales de transporte automotor de elevada capacidad, operados en vías exclusivas y alimentados por buses integrados física, operativa y tarifariamente, que permitirán dar una respuesta satisfactoria a las necesidades de movilidad del usuario del sistema, la ciudadanía. Este modelo es similar al utilizado en diversas ciudades brasileras y al de Bogotá; antes de implementar el sistema, se lo sustentó en tres premisas:

1. No emplear ninguna tecnología que implique subvención por parte del Estado.
2. No aumentar las tarifas, y principalmente
3. No prescindir de los transportistas que prestan el servicio en la urbe.

El nuevo SISTEMA METROVÍA, es un sistema organizado que ayudará a ordenar la ciudad, educará y movilizará gran cantidad de usuarios, y lo mejor de todo, hará un papel muy importante en el mejoramiento de la calidad de vida en nuestra ciudad.

Objetivos del SISTEMA METROVÍA

La M.I. Municipalidad de Guayaquil, ha analizado previamente el logro de los siguientes objetivos por parte del SISTEMA METROVÍA:

1. Desarrollar una red integrada de servicios de transporte urbano masivo de pasajeros de elevada calidad y amplia cobertura en la ciudad de Guayaquil.
2. Proporcionar a los usuarios una amplia movilidad a todos los sectores de la ciudad, adecuándose a los requerimientos de la demanda, con el menor tiempo y costo posible.

3. Apoyar la integración de zonas con menor grado de desarrollo económico, atendiendo particularmente las necesidades de transporte originadas en la expansión de nuevas poblaciones.
4. Priorizar el uso del transporte público urbano masivo.
5. Reducir el impacto negativo a la conservación del medio ambiente.
6. Disminuir los niveles de siniestralidad, a través del mejoramiento del desempeño del transporte automotor.
7. Tender a mayores estándares de calidad en la operación de los servicios, protegiendo los derechos de los usuarios.

Rutas Troncales

El Sistema METROVÍA, con la finalidad de conseguir una amplia cobertura territorial, estará conformado por las siguientes rutas troncales (*Ver anexo A*):

- **Troncal 1** “*Guasmo-Terminal Río Daule*”
- **Troncal 2** “*25 de Julio-Terminal Río Daule*”
- **Troncal 3** “*Bastión Popular-Centro Urbano*”
- **Troncal 4** “*Batallón del Suburbio-Centro Urbano*”
- **Troncal 5** “*Puente Portete-Centro Urbano*”

- **Troncal 6** “*Prosperina- Centro Urbano*”
- **Troncal 7** “*Orquídeas-Centro Urbano*”

Descripción Física del Sistema

- **Paraderos**

Los paraderos estarán instalados a lo largo del recorrido de las rutas troncales, su ubicación estará definida por el flujo de pasajeros; en las zonas con mayor concentración de pasajeros se ubicaran entre 400 y 700 metros, y en las zonas con menor afluencia de pasajeros cada 2 kilómetros.

Una vez que las personas ingresen al paradero, deben cancelar su pasaje y luego estar listas para abordar el bus en forma cómoda y rápida. Existen cuatro áreas principales: el área de ingreso, donde estará situada la boletería para el cobro del pasaje; el área de espera, el área de control de ingreso y por último el área de la salida. La infraestructura de los paraderos está basada en un ingreso y una salida, ambas dotadas de rampas para facilitar la movilidad de los discapacitados.

Tipos de Estructura Física de los Paraderos

a) Parada Tipo A

Son aquellas 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.

b) Parada Tipo B

Son aquellas 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 los áreas de ingreso y salida como el área de control, a este módulo se unen las rampas de ingreso y salida.

c) Parada Tipo C

Son aquellas 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 11.8m. Su perímetro será cerrado sin causar obstrucción visual, optimizando los espacios verdes abiertos con jardinería y mobiliario urbano.

d) Parada Tipo D

Son aquellos ubicados en parterres centrales que tienen forma trapezoidal, su ancho referencial por un lado es de 3m. y su longitud es de 30m.

e) Parada Tipo E

Son aquellas 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.

f) Parada Tipo F

Son aquellas 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 6m. y una longitud de 12m.

Tipos de Paradas

▪ ***Paradas de Transferencia***

Constituye las paradas en la que los usuarios pueden transferirse de un servicio troncal a otro con diferentes rutas o recorridos.

Los estudios realizados por el Municipio de Guayaquil han determinado las siguiente Paradas de Transferencia:

✓ *Parada José Joaquín de Olmedo*

✓ *Parada Primero de Mayo*

✓ *Parada Antonio José de Sucre*

▪ ***Paradas de Integración***

Son espacios diseñados para recibir, tanto a los pasajeros que utilizan los buses troncales, como aquellos que llegan mediante los buses alimentadores.

▪ ***Terminal de Integración***

Constituye el espacio físico en el que finalizan o inician su recorrido los buses troncal y los buses alimentadores. Todo

Terminal de Integración cuenta con un paradero de integración, el mismo que permite el trasbordo de los usuarios de un bus alimentador a un bus troncal, y viceversa.

La infraestructura de la Terminal está formada por diversas áreas, Administrativa, Operativa, Talleres de Mantenimiento, Estacionamientos, Comercio entre otras que ofrecerán facilidades al usuario.

- **Sistema de Semaforización**

La M.I. Municipalidad de Guayaquil tiene previsto la implementación de un sistema moderno de semaforización, con el fin de hacer más eficiente la operación del SISTEMA METROVÍA. El sistema consiste en la instalación de semáforos accionados por el tráfico, con preferencia para la circulación de los buses troncal, lo cual garantizará una movilización rápida. La única desventaja de este nuevo sistema de semaforización, es el alto costo que implica su adquisición, debido a esto el SISTEMA METROVÍA inicialmente funcionará con el actual sistema de semaforización.

- **Integración Tarifaria**

Uno de los aspectos interesantes del nuevo sistema lo constituye la integración de viajes a través de una misma tarifa. Esta integración se realizará a través de las estaciones, buses y paradas.

La recaudación de los valores, estará a cargo de una empresa seleccionada, que depositará el dinero en un fideicomiso desde donde se pagará a los operadores y gastos administrativos correspondientes.

1.4. DIFERENCIAS ENTRE EL ACTUAL Y EL NUEVO SISTEMA DE TRANSPORTE DE GUAYAQUIL

Las diferencias entre la transportación urbana actual y el nuevo sistema METROVÍA, se presentan desde su estructura operativa hasta la infraestructura que servirá de soporte a la ejecución de sus servicios; básicamente, se está hablando de otra modalidad de transportación urbana, cuya única similitud serán los usuarios.

A continuación se presentan las principales diferencias, tanto a nivel operacional como administrativo:

✓ *Nivel Operacional*

Menor tiempo de recorrido; la ruta operará en carriles exclusivos, evitando de esta manera la congestión vehicular.

Bajo Costo; con la modalidad de pago de la tarifa única mientras el usuario se mantenga dentro del sistema; beneficio sin duda alguna para los ciudadanos porteños.

Paradas exclusivas; se implantará una educación al usuario para el ingreso y egreso de pasajeros al sistema, reduciendo de esta manera el nivel de siniestralidad.

✓ *Nivel Administrativo*

A diferencia del transporte urbano actual, el sistema METROVÍA estará regido por la Fundación Transporte Masivo Urbano de Guayaquil, la autoridad titular de la gestión. Ente al cual las actuales cooperativas y asociaciones de transporte urbano pueden asociarse cumpliendo ciertas normativas.

Se busca seguir un modelo de calidad del servicio público, por esto se manejará un registro y base de datos estadísticos, que no existe en la actualidad.

Estas diferencias buscan un mejor cuidado al ambiente urbano como también la satisfacción del usuario; por tanto los usuarios deberán ajustar su conducta a las normas establecidas por la Fundación Transporte Masivo Urbano de Guayaquil, haciendo respetar los derechos y obligaciones de los mismos.

1.5. RUTA TRONCAL 4 “BATALLÓN DEL SUBURBIO-CENTRO URBANO”

El enfoque de la presente tesis está basado en crear un modelo de simulación, el cual servirá para pronosticar el comportamiento de la ruta Troncal 4, la misma que funcionará de acuerdo a los parámetros de operación definido por la M.I. Municipalidad de Guayaquil en el sector sur oeste de la ciudad.

La operación de esta ruta afectará entre cooperativas y asociaciones de transportación actual 10 aproximadamente, un total de 15 rutas o recorridos por el sector objeto de estudio.

Estudios realizados para la Ruta Troncal 4

El nuevo proyecto de transportación urbana, ha sido dividido en 2 fases, ya que el plazo que la M.I. Municipalidad ha establecido para el funcionamiento total de la red de transporte (7 Troncales), es de 20 años.

Para la primera fase se proyecta la construcción de las tres troncales iniciales, que se implementarán progresivamente hasta el año 2007.

Para estas rutas se ha realizado el estudio con respecto al recorrido

de los Buses Troncales y de los Buses Alimentadores, ubicación de Paraderos Troncales, Paraderos Alimentadores, Paraderos de Integración, Terminales de Integración, estudios de demanda de pasajeros, entre otros; se pretende además realizar pruebas con el propósito de identificar posibles falencias del sistema y buscar una solución.

La segunda fase consiste en implementar las cuatro Troncales restantes, de las cuales únicamente se tiene diseñado la ruta del recorrido de los Buses Troncales, que incluso pueden ser modificadas en base a estudios posteriores. La ruta Troncal 4, ruta objeto de estudio se encuentra en la segunda fase, es por esto que no existe información documentada.

Recorrido de la Ruta Troncal 4

La M.I. Municipalidad de Guayaquil conjuntamente con los consultores nacionales y extranjeros, quienes son los encargados de realizar una propuesta para racionalizar el sistema de transporte urbano, han diseñado el siguiente recorrido para de los buses troncales que conforman la Troncal 4 “Batallón del Suburbio-Centro Urbano”:

✓ Estación

“Batallón del Suburbio”, Assad Bucaram (29 ava) y Calle Q.

✓ **Salida**

Calle Q – Assad Bucaram (29 ava) – Portete de Tarqui –
Federico Godín (11 ava) – Venezuela – Av. Quito – Cristóbal
Colón – Pedro Carbo (Bahía) – Antonio J. de Sucre.

✓ **Retorno**

Av. Machala – José de Antepara – Portete de Tarqui – Assad
Bucaram (29 ava) – Estación.

La ruta Troncal 4 recorrerá aproximadamente 20700 m. en total; la ruta no tiene asignada una Terminal de Integración, que funcionará como punto de partida y punto de llegada, pero su ubicación podría estar en el sector de Assad Bucaram (La 29) y la calle Suscal (La Q).

Paraderos Troncales

Actualmente no existen estudios realizados con respecto a la ubicación de los paraderos de los buses troncales que conforman la ruta Troncal 4, pero es indispensable la información para realizar la simulación de los paraderos en el sector suroeste de la ciudad. Debido a esto, se tomaron en cuenta los paraderos existentes a lo largo de la

ruta y además ha sido necesario rediseñar la ubicación de los mismos, para que cumplan las políticas de ubicación establecidas.

Sistema de Semaforización

Es de gran interés para el Municipio la utilización de semáforos inteligentes, con tecnología de punta, pero esto implica un elevado costo y tiempo, por ello, se predecirá el funcionamiento de la ruta Troncal 4 con el actual sistema de semaforización.

1.5.1. POLÍTICAS DE FUNCIONAMIENTO, PROPUESTAS POR LA M.I. MUNICIPALIDAD DE GUAYAQUIL PARA LA RUTA TRONCAL 4

Las políticas operacionales propuestas por la Municipalidad de Guayaquil, se refieren básicamente al funcionamiento de los buses troncales, paraderos troncales y paraderos de integración, los cuales se detallan a continuación:

- ***Intervalo de salida de los Buses Troncales de la Terminal de Integración***

Este tiempo es fijo, la salida del bus se realizará cada 2.5 minutos (150 segundos)

- ***Tiempo de Espera del Bus Troncal en el Paradero***

El tiempo establecido de permanencia en el paradero es de 60 segundos. El bus se puede ir antes que finalice el tiempo de espera, cuando ya no hay personas esperando por arribar al bus ó cuando la capacidad del bus (180 asientos) esté ocupada en su totalidad. Cabe recalcar que sí al finalizar el tiempo de espera todavía existen personas en el paradero, el bus no los recibirá ya que su tiempo ha finalizado, procederá a cerrar sus puertas y continuar con el recorrido, así tenga capacidad disponible.

- ***Comportamiento de las Colas de Espera de los Pasajeros en los Paraderos Troncales***

Las personas no formarán filas de espera, por esto las subidas de las personas a los buses troncales es independiente del orden en que han llegado al paradero.

- ***Ascenso y Descenso de las Personas del Bus Troncal***

El proceso de subidas y bajadas se inicia inmediatamente cuando el bus troncal llega al paradero, las características que poseen los buses permiten que estas acciones se

realicen de manera simultánea, 4 puertas han sido asignadas para las subidas y 4 para las bajadas.

CAPÍTULO 2

2. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DEL SIMULADOR DEL SISTEMA INTEGRAL DE TRANSPORTE TRONCAL 4 “SSIT4” (Batallón del Suburbio-Centro Urbano)

2.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se detallará la construcción del simulador que se utilizará para modelar el comportamiento de la ruta Troncal 4 “Batallón del Suburbio-Centro Urbano”. El capítulo se encuentra dividido en dos secciones que cubrirán la construcción del modelo en su totalidad.

La primera sección describe las etapas para la construcción del modelo de simulación, para tener una definición exacta del sistema a

simular, se explican las políticas y parámetros; factores determinantes en el modelo del simulador, que permitirán obtener los resultados deseados de la implementación del modelo. Una vez definidos los resultados que se esperan obtener, el siguiente paso es decidir el lenguaje de computación que se utilizará para procesar el modelo, por ello se detallan los paquetes de software a ser utilizados y la interacción entre los mismos.

La estructura general del simulador se describe en la segunda sección principal, básicamente se explica en detalle el modelamiento realizado en GPSS World y se define la base de datos que almacenará la información que se obtuvo en el proceso de simulación.

2.2. ETAPAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SIMULADOR “SSIT4”

La primera etapa para la construcción del modelo radica en definir los objetivos del sistema, en este caso es realizar un modelo de simulación en el que se analice específicamente el comportamiento de la ruta Troncal 4 “Batallón del Suburbio-Centro Urbano”; el mismo que no sólo funcionará basado en las políticas establecidas por el Municipio de Guayaquil, sino también, en función de nuevas políticas de operación, lo que servirá para analizar los cambios en el comportamiento de la ruta.

La segunda etapa consiste en codificar los procedimientos, los mismos que describen el comportamiento de la ruta Troncal 4; para ello se debe seleccionar el software de simulación en el que se codificarán dichas instrucciones, el software GPSS World 4.3.5., ha sido el software seleccionado para la construcción del modelo por las características que posee, es confiable, flexible y capaz de modelar escenarios de situaciones reales.

Debido a que los usuarios principales, miembros del Departamento Municipal de Transporte de la M.I. Municipalidad de Guayaquil, desconocen el lenguaje de GPSS World, fue necesario desarrollar un software que posea una interfaz amigable y de fácil manejo. Los resultados obtenidos en la simulación del sistema de transporte, serán utilizados para la toma de decisiones; de aquí nace la necesidad de almacenar dichos resultados en una base de datos que tenga la capacidad de controlar grandes cantidades de registros.

2.2.1. PARÁMETROS, POLÍTICAS Y RESULTADOS DEL MODELO DE SIMULACIÓN

El modelo que se está desarrollando es una representación de una situación real, por ello es necesario describir cuales serán las variables asociadas a él, que permitan no sólo

predecir el comportamiento de la ruta de transporte con las políticas establecidas por el Municipio, sino también analizar el cambio en el comportamiento de dicha ruta con nuevas políticas de operación. Luego de definir las variables o parámetros bajo los cuales trabajará el simulador, es importante conocer las posibles políticas de funcionamiento. Se exponen además, las variables resultado que se esperan; éstas se encuentran en base a los parámetros y políticas definidos.

Parámetros de Operación

El sistema de transporte estará caracterizado por un conjunto de parámetros, sean estos determinísticos o probabilísticos, que serán los datos de entrada del sistema simulador.

Parámetros Determinísticos

Dentro de los parámetros generales que definirán el diseño del sistema simulado, se encuentran:

- Número de Horas de operación y días a simular el Sistema de Transporte.
- Especificaciones físicas de la ruta Troncal 4 “Batallón del Suburbio-Centro Urbano”

- Terminal de Integración, Paraderos y Estaciones de Transferencia, con sus respectivas ubicaciones a lo largo de la ruta.
- Semáforos, con sus respectivas ubicaciones y su tiempo en cada estado (Verde/Rojo) durante su operación.

Parámetros Probabilísticos

Se refieren básicamente a variables que siguen un comportamiento probabilístico, que afecta el funcionamiento del sistema simulador. Estos parámetros son dependientes del día y hora de operación del sistema y son los siguientes:

- *Distribución de probabilidad del tiempo entre llegadas de personas a la estación de preembarque*

Esta distribución indicará la tasa de llegadas de pasajeros a cada estación.

- *Distribución de probabilidad del tiempo entre llegadas de buses alimentadores a la estación de preembarque:*

Indica la tasa de llegadas de buses alimentadores, encargados de transportar a los pasajeros desde las zonas periféricas de la ciudad hasta las estaciones de preembarque, a cada estación.

- *Distribución de probabilidad del número de personas que llegan en cada bus alimentador:*

Esta distribución guarda mucha relación con la anterior, la cantidad de pasajeros que aporte el bus alimentador a la estación al momento de llegar, estará distribuido de acuerdo a lo que se defina en este tipo de distribución.

- *Distribución de probabilidad origen-destino para los usuarios del sistema de transporte, diferenciando si es como destino final o transferencia:*

Este tipo de distribución define las probabilidades de que una persona que asciende al bus en un punto X , descienda en los puntos subsecuentes $X+1, X+2, \dots, X+N$, siendo de vital importancia para el funcionamiento del simulador, ya que estas distribuciones son las que controlarán el flujo de los pasajeros en la ruta y el descenso de pasajeros en su punto de destino.

Políticas de Operación

El comportamiento de los participantes del sistema (unidad de transporte/personas) en las estaciones de preembarque o paraderos, son de importancia para modelar el simulador

adecuadamente. Estos comportamientos están sujetos a diferentes políticas que se detallan a continuación:

- *Política de salida entre Buses Troncales de la Terminal de Integración.*
 - Constante: el tiempo constante que el usuario desea analizar.
 - Dependiente del Día: el tiempo de salida entre buses varía dependiendo del día.
 - Dependiente del Día y la Hora: tiempos entre salidas de los buses varían dependiendo del día y la hora de operación.

- *Política de Espera del Bus Troncal en el Paradero o Estación de Preembarque*
 - *Tiempo de espera fijo:* La unidad de transporte no podrá extender el tiempo de permanencia en el paradero, aún cuando todavía existan personas esperando por subir al bus. “No puede irse, antes ni después del tiempo de espera establecido”.
 - *Tiempo de espera fijo, pero puede excederlo:* El bus extenderá su tiempo de espera en el paradero sí

existiesen pasajeros en el paradero. “No puede irse antes, pero si puede irse después del tiempo de espera establecido”.

- *Tiempo de permanencia flexible, pero no puede excederlo:* Si todavía no ha finalizado el tiempo de espera en el paradero y no existen pasajeros esperando por subir, el bus da por finalizado su tiempo de espera y continúa con el recorrido. Si todavía hay personas esperando por subir y el tiempo de espera ya ha finalizado el bus no extenderá su tiempo de espera y continuará con su recorrido. “Puede irse antes, pero no puede exceder el tiempo de espera establecido”.
- *Tiempo de permanencia flexible, pero puede excederlo:* Si todavía no ha finalizado el tiempo de espera en el paradero y no existe nadie esperando por subir, el bus continúa con el recorrido, y además si al finalizar el tiempo de espera y todavía hay personas esperando por subir el bus extiende su tiempo de espera hasta que no haya nadie en el paradero esperando por subir. “Puede irse antes o después del tiempo de espera establecido”

- *Política de Colas de Espera de los Pasajeros*
 - *Aleatoria*: En los paraderos no existirán filas de espera, el ascenso de las personas al bus es independiente del orden de llegada.
 - *FIFO (Primeros en Llegar primeros en subir)*: La subida de las personas al bus depende de su llegada al paradero, es decir, primeros en llegar primeros en subir al bus.

- *Política de Ascenso y Descenso de las Personas*
 - *Ascensos y Descensos Independientes*: Las personas pueden subir y bajar por cualquiera de las 4 puertas que tienen los buses troncales.
 - *Ascensos y Descensos Dependientes*: Primero se realiza las bajadas de las personas del bus y luego se realiza las subidas igualmente por cualquiera de las puertas que tienen los buses troncales.

Resultados de la simulación

Uno de los objetivos del presente trabajo, es proporcionar indicadores que permitan, determinar un conjunto de políticas de

operación que equilibren las necesidades de los pasajeros con los recursos del sistema de transporte.

Las variables de resultados que van a ser obtenidas de la simulación son las siguientes:

- *Colas de espera de Pasajeros*
 - ✓ Total de pasajeros que entraron al paradero o estación de transferencia.
 - ✓ Longitud promedio de cola de espera.
 - ✓ Longitud máxima de la cola de espera.
 - ✓ Tiempo promedio de espera de pasajeros.

- *Colas de espera de Buses*
 - ✓ Total de buses que entraron al paradero o estación.
 - ✓ Total de buses que entraron al paradero o estación sin hacer cola.
 - ✓ Tiempo promedio de espera en cola.
 - ✓ Longitud promedio de cola de espera de buses.
 - ✓ Longitud Máxima de cola de espera de buses.

- *Utilización de la capacidad de los buses*
 - ✓ Capacidad promedio utilizada del bus
 - ✓ Máxima capacidad utilizada del bus

- ✓ Porcentaje de utilización de la capacidad del bus

- *Ascensos y Descensos de Pasajeros*
 - ✓ Total de pasajeros que ascendieron y descendieron.
 - ✓ Cantidad promedio de pasajeros que ascendieron y descendieron.
 - ✓ Máximo número de pasajeros que ascendieron y descendieron.

- *Tiempos de permanencia del bus en el paradero o estación.*
- *Tiempos en ascensos y descensos en el paradero o estación.*
- *Tiempos promedios de recorridos hasta los paraderos o estaciones.*

2.2.2. PAQUETES DE SOFTWARE UTILIZADOS EN EL DESARROLLO DEL SIMULADOR “SSIT4”

Basado en el propósito de diseñar un software que ayude a obtener los resultados mencionados anteriormente, surge la necesidad de crear una aplicación con un ambiente amigable para el usuario y que a su vez mantenga la confiabilidad y precisión de los resultados, obteniendo de esta manera un Sistema de Simulación de Transporte acorde a las

necesidades de los usuarios del sistema. Los paquetes a utilizar y las funciones que éstos cumplen se detalla a continuación:

- **Microsoft Visual Basic 6.0**

Software diseñado para facilitar el desarrollo de aplicaciones en un entorno grafico como Windows 98, Windows NT o superior. Visual Basic dispone de las herramientas necesarias para superar la limitante del conocimiento del lenguaje de simulación GPSS World, ya que permite diseñar entornos amigables y de fácil utilización para todo tipo de aplicaciones.

Las características de acceso a datos le permiten crear bases de datos, para los formatos más conocidos, además las tecnologías ActiveX™ le permiten usar la funcionalidad proporcionada por otras aplicaciones Windows.

El usuario ingresará los datos requeridos para diseñar la ruta Troncal 4, desde el ambiente gráfico desarrollado bajo Visual Basic, que será la única aplicación con la que el usuario va a interactuar, ya que, las demás aplicaciones realizarán sus funciones de forma interna para el usuario.

- **Microsoft SQL Server 2000**

La estructura para el almacenamiento de la información en una base relacional, juega un papel fundamental en el desarrollo del sistema simulador; ya que sería ilógico tener que alimentar el simulador con todos los parámetros cada vez que se desea simular el comportamiento de la ruta Troncal 4.

Es por eso que se seleccionó un motor de base de datos que tenga la capacidad para manejar volúmenes de información y ofrezca la seguridad y protección que requieren los datos. El paquete seleccionado para cumplir este propósito fue Microsoft SQL Server 2000, el lenguaje de gestión de bases de datos más conocido en la actualidad, el mismo que se define como un lenguaje de consulta y programación de bases de datos. Se lo utiliza para acceder a los datos con el objetivo de consultar, actualizar y gestionar sistemas de bases de datos relacionales.

- **Minuteman GPSS World 4.3.5**

Herramienta poderosa para la realización de modelos complejos y para el control de variables de estado de la simulación, permite observar además, el cambio de las

mismas mientras es ejecutado, facilitando de esta manera la verificación de las operaciones para el cual fue diseñado, contribuyendo de esta manera a la validación del modelo de simulación creado.

Este paquete será el encargado de realizar la simulación del modelo que describe el funcionamiento de la ruta Troncal 4. Procesará la información de entrada que describa la ruta de transporte de la ruta Troncal 4 con las políticas de operación que el usuario quiera analizar, luego de el proceso de simulación proporcionará los resultados obtenidos.

- **Seagate Crystal Reports 8.5**

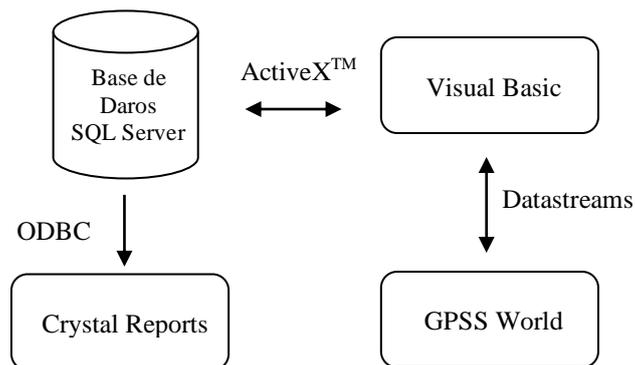
Se presenta además la necesidad de utilizar una herramienta que permita presentar los resultados obtenidos, dicha herramienta tiene que ser capaz de manejar grandes volúmenes de datos y acceder a motores de bases de datos. La herramienta seleccionada para esta actividad fue Crystal Reports, software especializado en la presentación de reportes impresos, posee características de flexibilidad y facilidad de uso.

2.2.2.1. INTERACCIÓN DE LOS PAQUETES DE SOFTWARE UTILIZADOS

Para conseguir adecuadamente un conjunto de requisitos funcionales y de rendimiento, se debe integrar, hardware, software, usuarios y elementos del sistema

A nivel de software, es necesario que los cuatro paquetes de software anteriormente mencionados se encuentren totalmente interrelacionados, para que el simulador realice todas las actividades requeridas. Es importante tener claro como estos paquetes de software interactúan entre sí, para ello en el siguiente esquema se resume la relación que mantienen:

Gráfico 2.1.
Interacción de los Paquetes de Software



De acuerdo al gráfico, los paquetes de software a utilizar para la construcción del Sistema Simulador de

Transporte Troncal 4 “Batallón del Suburbio-Centro Urbano” están interrelacionados, esta interrelación se explica a continuación.

Proceso de Interacción de los Paquetes de Software al ejecutar el Sistema Simulador de Transporte Troncal 4

El proceso de funcionamiento de los paquetes utilizados para la construcción del simulador se puede describir de la siguiente manera:

1. El usuario ingresa a la aplicación desde Visual Basic, donde alimentará al modelo simulador con los parámetros que definirán el funcionamiento de la ruta Troncal 4.
2. Esta información será manipulada y adecuada internamente por Visual Basic, llevándola a los formatos previamente establecidos para todos los procesos, que son parte de la simulación, así mismo este software será el encargado de escribir toda la información en datastreams.
3. Una vez creados los archivos, Visual Basic los compila y se ejecuta el modelo en GPSS, el cual

paralelamente a la ejecución, crea datastreams con los resultados de la simulación en proceso.

4. Al finalizar la ejecución del modelo, Visual Basic deberá recuperar y leer los datastreams, para enviarlos a SQL Server para su correcto almacenamiento.
5. Con los datos almacenados en SQL Server, Cristal Reports puede proceder a solicitarlos para que el usuario, el interesado en obtener los resultados de la simulación, pueda visualizarlos, ya sea en reportes impresos, reportes en pantalla o gráficamente.

2.3. ESTRUCTURA GENERAL DEL SIMULADOR “SSIT4”

La estructura general está basada en dos aspectos fundamentales para su funcionamiento; su parte medular, la codificación de procesos y subprocesos en GPSS World, y su parte complementaria el almacenamiento de los mismos en una base de datos.

2.3.1. CODIFICACIÓN DE PROCESOS EN GPSS WORLD

Los procesos que simulará GPSS son los siguientes:

1. Simulación del funcionamiento de los semáforos.

2. Simulación del funcionamiento de los paraderos.
3. Simulación de llegadas de pasajeros a los paraderos.
4. Simulación de la llegada de los pasajeros en los buses troncales.
5. Simulación del reloj que da por terminada la simulación.

Los mencionados procesos a simular, poseen formatos estándar, los cuales serán modificados de acuerdo a la información que el usuario ingrese para la construcción del simulador, y de acuerdo también, a las políticas de operación de la ruta Troncal 4.

1. Simulación del funcionamiento de los Semáforos

Para controlar la simulación de los semáforos, debemos identificar dos tipos de controles:

- Control de Cambio de estado del Semáforo.
- Control de la Llegada del Bus al Semáforo.

Control de Cambio de estado del Semáforo

T4_LBL_CICLO1	GENERATE	„MX\$T4_MTX_SEMAF(1,3),1,50
	LOGIC R	T4_LGS_SEMAFORO1
	ADVANCE	MX\$T4_MTX_SEMAF(1,1)
	LOGIC S	T4_LGS_SEMAFORO1
	ADVANCE	MX\$T4_MTX_SEMAF(1,2)
	TRANSFER	,T4_LBL_CICLO1

La entidad LOGICSWITCH, la misma que posee dos estados (Set/Reset) se empleó para la simulación de los semáforos, los que también poseen dos estados (verde/rojo). Mediante el SET del logicswitch, se simula el estado verde, y el RESET simula el estado rojo.

El cambio del semáforo se lo realiza con una sola transacción, ciclada dentro de un mismo proceso, encargada de alterar los estados del semáforo; debido a la diferencia en los tiempos iniciales de operación de los semáforos, al iniciar la simulación la transacción sale con un determinado tiempo de retraso (especificado en la 3 columna de la matriz de tiempos), ya que de no considerar este retraso, estaríamos diciendo que al inicio de operación todos los semáforos empiezan en un mismo estado y a un mismo tiempo, cosa que no ocurre en la realidad.

La secuencia del código especificado anteriormente es la siguiente:

1. El bloque GENERATE genera una transacción cuando el reloj marque el tiempo de retraso especificado por el

elemento de la matriz $MX\$T4_MTX_SEMAF(1,3)$, cabe recalcar que es una sola transacción la que se genera y que esta tiene la mayor prioridad (50), ya que en caso de que un bus llegue a un paradero y le pregunte por el estado del semáforo y al mismo tiempo el semáforo debe cambiar su estado, la transacción que se debe realizar primero es la del cambio en el estado del semáforo, de otro modo se puede dar que el bus cruce cuando el semáforo este en luz roja, lo cual es incorrecto.

2. Una vez que la transacción ha sido generada, la transacción entra al bloque LOGIC R cambiando el valor de logicswitch, es decir el valor del semáforo, a estado RESET (estado rojo).
3. El bloque ADVANCE, el cual simula el tiempo, especificado por la primera columna de la matriz, de permanencia del semáforo en el estado rojo, demora el flujo de la transacción.
4. Luego la transacción entra al bloque LOGIC S cambiando el valor de logicswitch, es decir el valor del semáforo, a estado SET (estado verde).

5. Se simula la permanencia del semáforo en luz verde, los valores de luz verde están especificados en la segunda columna de la matriz, por medio del bloque ADVANCE.
6. Luego se transfiere la transacción al paso 2. Este ciclo se repite independientemente a los demás procesos que se realicen en la simulación.

Control de Llegada del Bus Troncal al Semáforo

QUEUE	T_QUE_SEMAFORO1
GATE LS	T_LGS_SEMAFORO1
DEPART	T_QUE_SEMAFORO1

Esta secuencia de bloques simula cuando un bus tiene como siguiente objeto en su secuencia de objetos un semáforo, la transacción bus debe preguntarle al semáforo en que estado se encuentra, en caso de que esté en estado verde la transacción bus continua con su recorrido, caso contrario el flujo de la transacción se detiene hasta que el semáforo cambia a luz verde.

La secuencia del código especificado anteriormente es la siguiente:

1. El tiempo que la transacción bus espera a que el semáforo lo deje continuar, se controla mediante una entidad QUEUE, por eso antes de que la transacción

pregunte por el estado del semáforo, la transacción ingresa al bloque QUEUE y registra el tiempo actual.

2. Luego la transacción pregunta si es que el semáforo se encuentra en estado verde (SET) para así poder continuar. Si el semáforo se encuentra en estado rojo (RESET) éste le bloquea la entrada y detiene su flujo hasta que el estado cambie.
3. Una vez que la transacción bus ha cruzado el semáforo, el bloque DEPART registra el tiempo actual, para que en conjunto con el tiempo que marcó en el ingreso al Bloque QUEUE se calcule la diferencia y la registre como tiempo de permanencia en espera de que el semáforo permita continuar con el flujo.

2. Simulación del funcionamiento de los paraderos

El código de los paraderos depende de las distintas combinaciones que existen para el funcionamiento de los mismos:

Tabla 2.1.
Combinaciones de Políticas de los Paraderos

Política de Ascensos y Descensos del bus	Política de Espera del Bus en el Paradero
Subidas independiente de las bajadas	Fijo-No puede exceder el tiempo de espera
	Fijo-Si puede exceder el tiempo de espera
	Flexible-No puede exceder el tiempo de espera
	Flexible-Si puede exceder el tiempo de espera
Primero bajan, luego suben al bus	Fijo-No puede exceder el tiempo de espera
	Fijo-Si puede exceder el tiempo de espera
	Flexible-No puede exceder el tiempo de espera
	Flexible-Si puede exceder el tiempo de espera

A pesar de las diferentes combinaciones, una parte del código funciona indistintamente de la combinación en la que se esté trabajando, este se muestra a continuación, luego se va a especificar el cambio que sufre el código cuando la política cambia.

```

DEPART      T4_QUE_P1_TACUM
QUEUE       T4_QUE_P1_GENERAL
QUEUE       T4_QUE_P1_ESPERA
ENTER       T4_STO_P1_ESPACIO
DEPART      T4_QUE_P1_ESPERA
TEST NE     S$T4_STO_P1_CAPACIDAD,0,T4_LBL_P1_ET4
LEAVE       T4_STO_P1_CAPACIDAD,S$T4_STO_P1_CAPACIDAD
T4_LBL_P1_ET4 ENTER     T4_STO_P1_CAPACIDAD,P$T4_PAR_CAPACTUAL
SAVEVALUE  T4_SAV_P1_TOTAL,P$T4_PAR_TCAPACIDAD
LOGIC R     T4_LGS_P1_END_SUB
LOGIC R     T4_LGS_P1_SWITCH
LOGIC R     T4_LGS_P1_TIME_JS_UP
ASSIGN      T4_PAR_P1_BAJADAS,(PR_CALCULAR_BAJADAS(P$T4_PAR_CAPACTUAL, FN$T4_FUN_P1_BAJADAS))
TEST NE     P$T4_PAR_P1_BAJADAS,0,T4_LBL_P1_SPLIT
LEAVE       T4_STO_P1_CAPACIDAD,P$T4_PAR_P1_BAJADAS
T4_LBL_P1_SPLIT SPLIT    2,T4_LBL_P1_DESTINOS,T4_PAR_P1_ID
T4_LBL_P1_DESTINOS TRANSFER FN,T4_FUN_P1_DESTINOS1

```

Esta secuencia de bloque simula la llegada de la transacción bus al paradero, cuando el bus llega al paradero debe preguntar si puede entrar al paradero ya que los paraderos solo pueden albergar un bus a la vez, y si este espacio se encuentra ocupado por otra transacción bus, entonces la transacción tendrá que esperar a que el almacenamiento se

desocupe para poder ingresar, para contabilizar el tiempo que el bus debe esperar hasta que se desocupe dicho almacenamiento se utiliza el bloque QUEUE.

Existen tres indicadores propios de cada paradero, los cuales funcionan como variables booleanas (verdadero o falso), en GPSS se simulan estas variables mediante la entidad LOGICSWITCH las cuales se detallan a continuación:

- *T4_LGS_P1_END_SUB*

Transacción Pasajeros	
Estado del logicswitch	Bajada de Pasajeros
RESET	Continúa
SET	Terminó

- *T4_LGS_P1_TIME_IS_UP*

Transacción Bus	
Estado del logicswitch	Permanencia del bus en el paradero
RESET	Continúa
SET	Terminó

- *T4_LGS_P1_SWITCH*

Transacción Pasajeros	
Estado del logicswitch	Ascenso de Pasajeros
RESET	No inicia
SET	Inicia

Este switch es muy importante ya que es el medio de comunicación de la transacción bus con la transacción pasajero, además es el encargado de indicar que el avance de los pasajeros al bus puede iniciar.

Cuando una transacción bus entra al paradero, los tres procesos inician su operación de forma simultánea e independiente (depende de la política).

1. El control del tiempo que el bus permanece en el paradero.
2. El control de los pasajeros que bajan del bus.
3. El control de los pasajeros que suben al bus.

Al decir que 3 procesos deben empezar a funcionar desde el momento en que la transacción bus llegue al paradero, y que cada proceso es independiente uno del otro, entonces una sola transacción no puede controlar dicha simulación, sino que se utiliza un bloque SPLIT para crear dos copias de esta transacción y así poder asignar una transacción para cada proceso; al llevar a cabo dicha división surge un nuevo problema que es, que cada transacción (la original y las 2 copias) van a tener un parámetro que indique la capacidad

utilizada del bus, y si cada proceso es independiente entonces cada proceso alterará independientemente el valor de su parámetro, cuando en realidad se está hablando de un mismo bus, para evitar este inconveniente antes de hacer la división de la transacción bus, se transfiere el valor de la capacidad actual a un almacenamiento temporal (“storage”) para que las tres transacciones en lugar de modificar su parámetro, éstas modifiquen un almacenamiento en común, para evitar así incoherencias en el manejo de los datos. Una vez que los tres procesos han sido concluidos, las tres transacciones vuelven a ensamblarse para convertirse en una sola, el valor del almacenamiento temporal es devuelto al parámetro de la transacción bus.

La secuencia del código especificado anteriormente es la siguiente:

1. Liberar la entidad QUEUE T4_QUE_P1_TACUM, esta entidad nos dará las estadísticas del tiempo que demoró el bus en llegar al paradero desde la Terminal de Integración.
2. Entrar a la entidad QUEUE T4_QUE_P1_GENERAL, nos va a dar las estadísticas del tiempo total que permaneció

el bus en el paradero, incluido el tiempo de espera para poder entrar al paradero.

3. Entrar a la entidad QUEUE T4_QUE_P1_ESPERA, nos va a dar estadísticas del tiempo de espera para poder entrar al paradero.
4. El bus intenta Ingresar al paradero si el almacenamiento (de capacidad 1) T4_STO_P1_ESPACIO se encuentra ocupado, este niega la entrada a la transacción la cual tendrá que esperar hasta que el espacio este desocupado, si el almacenamiento está desocupado el bus ingresa al paradero.
5. Se libera la entidad QUEUE T4_QUE_P1_ESPERA
6. Se inicializa el almacenamiento temporal y se asigna el valor del parámetro que indica la capacidad utilizada a dicho almacenamiento.
7. Se coloca en estado RESET todos los indicadores del paradero.
8. Se reduce del almacenamiento temporal, el valor que retorne de la función de distribución que indica el número de bajadas de personas en ese paradero y para esa hora en particular.

Como ya mencionamos anteriormente los 3 procesos se deben iniciar es por esto que con el Bloque SPLIT se crean dos copias y cada una de las tres transacciones es transferida a su proceso correspondiente.

- Subidas Independiente de las Bajadas

- *Tiempo de Espera del bus es Fijo y No puede Exceder.*

- ✓ Ascenso y Descenso independientes entre sí.

- ✓ El bus no puede irse antes ni después.

T4_LBL_P1_ESPBUS1	LOGIC R	T4_LGS_P1_TIME_IS_UP
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIEMPO_ESPERA
	ASSIGN	T4_PAR_P1_TIEMPO_BUS, FN\$T4_FUN_P1_ESPERAS
T4_LBL_P1_LOOP	ADVANCE 1	
	TEST NE	(S\$T4_STO_P1_CAPACIDAD), X\$T4_SAV_P1_TOTAL, T4_LBL_P1_END_TIME
T4_LBL_P1_TLOOP LOOP		T4_PAR_P1_TIEMPO_BUS, T4_LBL_P1_LOOP
T4_LBL_P1_END_TIME	GATE LS	T4_LGS_P1_END_SUB
	LOGIC S	T4_LGS_P1_TIME_IS_UP
	LOGIC R	T4_LGS_P1_SWITCH
	DEPART	T4_QUE_P1_TIEMPO_ESPERA
T4_LBL_P1_SALT4	TRANSFER	, T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T4_LBL_P1_BAJADAS	LOGIC R	T4_LGS_P1_END_SUB
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	TEST NE	P\$T4_PAR_P1_BAJADAS, 0, T4_LBL_P1_FINBAJ
	ADVANCE	(CALCULAR_TIEMPO(4, V\$T4_VAR_TIEMPO_BAJADA, P\$T4_PAR_P1_BAJADAS))
T4_LBL_P1_FINBAJ	DEPART	T4_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	OGIC S	T4_LGS_P1_END_SUB
	TRANSFER	, T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T4_LBL_P1_SUBIDAS	ST L	(S\$T4_STO_P1_CAPACIDAD), X\$T4_SAV_P1_TOTAL, T4_LBL_P1_JUMP1
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
	LOGIC S	T4_LGS_P1_SWITCH
	NLINK	T4_QUE_P1_PASAJEROS, T4_LBL_P1, 1
	GATE LR	T4_LGS_P1_SWITCH
	GATE SE	T4_STO_P1_DOOR
	DEPART	T4_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
T4_LBL_P1_JUMP1	TRANSFER	, T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE

En esta secuencia de bloques se simulan los tres procesos anteriormente especificados, los cuales varían dependiendo del tipo de política seleccionada, para esta combinación en particular se tiene que el

ascenso y descenso de pasajeros son independientes, por ello podemos observar que el proceso de subidas no espera a que el proceso de bajadas termine. El tiempo que el bus debe permanecer en el paradero es fijo, el único caso que permitiría irse al bus antes del tiempo establecido es cuando la capacidad del bus este copada.

- *Tiempo de Espera del bus es Fijo Si puede Exceder*
 - ✓ Ascenso y Descenso Independientes.
 - ✓ El bus troncal no puede irse antes pero si puede irse después.

T4_LBL_P1_ESPBUS1	LOGIC R	T4_LGS_P1_TIME_IS_UP
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIEMPO_ESPERA
	ASSIGN	T4_PAR_P1_TIEMPO_BUS, FN\$T4_FUN_P1_ESPERAS
T4_LBL_P1_LOOP	ADVANCE	1
	TEST NE	(S\$T4_STO_P1_CAPACIDAD), X\$T4_SAV_P1_TOTAL, T4_LBL_P1_END_TIME
T4_LBL_P1_TLOOP	LOOP	T4_PAR_P1_TIEMPO_BUS, T4_LBL_P1_LOOP
	GATE LS	T4_LGS_P1_END_SUB
T4_LBL_P1_TESTS	TEST NE	CH\$T4_QUE_P1_PASAJEROS, 0, T4_LBL_P1_END_TIME
	TEST NE	(S\$T4_STO_P1_CAPACIDAD), X\$T4_SAV_P1_TOTAL, T4_LBL_P1_END_TIME
	ADVANCE	1
	TRANSFER	, T4_LBL_P1_TESTS
T4_LBL_P1_END_TIME	LOGIC S	T4_LGS_P1_TIME_IS_UP
	LOGIC R	T4_LGS_P1_SWITCH
	DEPART	T4_QUE_P1_TIEMPO_ESPERA
T4_LBL_P1_SALT4	TRANSFER	T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T4_LBL_P1_BAJADAS	LOGIC R	T4_LGS_P1_END_SUB
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	TEST NE	P\$T4_PAR_P1_BAJADAS, 0, T4_LBL_P1_FINBAJ
	ADVANCE	(CALCULAR_TIEMPO(4, V\$T4_VAR_TIEMPO_BAJADA, P\$T4_PAR_P1_BAJADAS))
T4_LBL_P1_FINBAJ	DEPART	4_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	LOGIC S	T4_LGS_P1_END_SUB
	TRANSFER	T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T4_LBL_P1_SUBIDAS	TEST L	(S\$T4_STO_P1_CAPACIDAD), X\$T4_SAV_P1_TOTAL, T4_LBL_P1_JUMP1
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
	LOGIC S	T4_LGS_P1_SWITCH
	UNLINK	T4_QUE_P1_PASAJEROS, T4_LBL_P1, 1
	GATE LR	T4_LGS_P1_SWITCH
	GATE SE	T4_STO_P1_DOOR
	DEPART	T4_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
T4_LBL_P1_JUMP1	TRANSFER	T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE

En esta secuencia de bloques se simulan los tres procesos explicados anteriormente, para esta combinación en particular se tiene que el ascenso y descenso de pasajeros son independientes, por ello podemos observar que el proceso de subidas no espera a que el proceso de bajadas termine.

El tiempo que el bus debe permanecer en el paradero es fijo y por lo tanto el bus no puede irse antes del tiempo especificado, pero si todavía existen pasajeros en cola al finalizar el tiempo establecido el bus espera a que estas suban por tanto puede irse después del tiempo especificado.

En esta y en las demás políticas el único caso en el que el bus se vaya antes del tiempo establecido es cuando, la capacidad del bus se haya completado, es decir, cuando los 180 asientos del bus estén ocupados.

- *Tiempo de Espera del bus es Flexible No puede Exceder*
 - ✓ Ascenso y Descenso Independientes.

- ✓ El bus troncal si puede irse antes pero no puede irse después.

Para esta combinación en particular se tiene que el ascenso y descenso de pasajeros son independientes, por ello el proceso de subidas no espera a que el proceso de bajadas termine.

T4_LBL_P1_ESPBUS1	LOGIC R	T4_LGS_P1_TIME_IS_UP
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIEMPO_ESPERA
	ASSIGN	T4_PAR_P1_TIEMPO_BUS, FN\$T4_FUN_P1_ESPERAS
T4_LBL_P1_LOOP	ADVANCE	1
	TEST NE	P\$T4_PAR_P1_TIEMPO_BUS, 1, T4_LBL_P1_TLOOP
	GATE LS	T4_LGS_P1_END_SUB, T4_LBL_P1_TLOOP
	TEST NE	CH\$T4_QUE_P1_PASAJEROS, 0, T4_LBL_P1_END_TIME
	TEST NE	(S\$T4_STO_P1_CAPACIDAD), X\$T4_SAV_P1_TOTAL, T4_LBL_P1_END_TIME
T4_LBL_P1_TLOOP	LOOP	T4_PAR_P1_TIEMPO_BUS, T4_LBL_P1_LOOP
T4_LBL_P1_END_TIME	GATE LS	T4_LGS_P1_END_SUB
	LOGIC S	T4_LGS_P1_TIME_IS_UP
	LOGIC R	T4_LGS_P1_SWITCH
	DEPART	T4_QUE_P1_TIEMPO_ESPERA
T4_LBL_P1_SALT4	TRANSFER	, T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T4_LBL_P1_BAJADAS	LOGIC R	T4_LGS_P1_END_SUB
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	ADVANCE	(CALCULAR_TIEMPO(4, V\$T4_VAR_TIEMPO_BAJADA, P\$T4_PAR_P1_BAJADAS))
T4_LBL_P1_FINBAJ	DEPART	T4_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	LOGIC S	T4_LGS_P1_END_SUB
	TRANSFER	, T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T4_LBL_P1_SUBIDAS	TEST L	(S\$T4_STO_P1_CAPACIDAD), X\$T4_SAV_P1_TOTAL, T4_LBL_P1_JUMP1
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
	LOGIC S	T4_LGS_P1_SWITCH
	UNLINK	T4_QUE_P1_PASAJEROS, T4_LBL_P1, 1
	GATE LR	T4_LGS_P1_SWITCH
	GATE SE	T4_STO_P1_DOOR
	DEPART	T4_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
T4_LBL_P1_JUMP1	TRANSFER	, T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE

El tiempo que el bus debe permanecer en el paradero es flexible, lo cual indica que el bus puede irse antes del tiempo especificado en caso de que no haya pasajeros en cola, pero una vez finalizado el tiempo máximo de espera aunque existan pasajeros en cola

el bus no espera a que estas personas suban por tanto no puede irse después del tiempo especificado.

- *Tiempo de Espera del bus es Flexible Si puede Exceder*
- ✓ Ascenso y Descenso Independientes.
- ✓ El bus troncal puede irse antes y también puede irse después de finalizar el tiempo de espera.

T4_LBL_P1_ESPBUS1	LOGIC R	T4_LGS_P1_TIME_IS_UP
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIEMPO_ESPERA
	GATE LS	T4_LGS_P1_END_SUB
T4_LBL_P1_TESTS	TEST NE	CH\$T4_QUE_P1_PASAJEROS,0,T4_LBL_P1_END_TIME
	TEST NE	(\$T4_STO_P1_CAPACIDAD),X\$T4_SAV_P1_TOTAL,T4_LBL_P1_END_TIME
	ADVANCE	1
	TRANSFER	,T4_LBL_P1_TESTS
T4_LBL_P1_END_TIME	LOGIC S	T4_LGS_P1_TIME_IS_UP
	LOGIC R	T4_LGS_P1_SWITCH
	DEPART	T4_QUE_P1_TIEMPO_ESPERA
T4_LBL_P1_SALT4	TRANSFER	,T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T4_LBL_P1_BAJADAS	LOGIC R	T4_LGS_P1_END_SUB
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	TEST NE	P\$T4_PAR_P1_BAJADAS,0,T4_LBL_P1_FINBAJ
	ADVANCE	(CALCULAR_TIEMPO(4,V\$T4_VAR_TIEMPO_BAJADA,P\$T4_PAR_P1_BAJADAS))
T4_LBL_P1_FINBAJ	DEPART	T4_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	LOGIC S	T4_LGS_P1_END_SUB
	TRANSFER	,T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T4_LBL_P1_SUBIDAS	TEST L	(\$T4_STO_P1_CAPACIDAD),X\$T4_SAV_P1_TOTAL,T4_LBL_P1_JUMP1
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
	LOGIC S	T4_LGS_P1_SWITCH
	UNLINK	T4_QUE_P1_PASAJEROS,T4_LBL_P1,1
	GATE LR	T4_LGS_P1_SWITCH
	GATE SE	T4_STO_P1_DOOR
	DEPART	T4_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
T4_LBL_P1_JUMP1	TRANSFER	,T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE

El ascenso y descenso de pasajeros son independientes, lo cual indica que el proceso de subidas no espera a que el proceso de bajadas termine, es decir, las personas empiezan a subir y a bajar al mismo tiempo.

El tiempo que el bus debe permanecer en el paradero es flexible, y por lo tanto el bus puede irse antes en el caso de que no haya pasajeros en cola, y además, puede irse después esto se da cuando ha finalizado el tiempo de espera y todavía están pasajeros en cola esperando por subir al bus.

- Primero bajan luego suben
 - *Tiempo de Espera del bus es Fijo No puede Exceder*
 - ✓ Primero los descensos después los ascensos.
 - ✓ El bus troncal no puede irse antes ni tampoco pueden irse después.

T4_LBL_P1_ESPBUS1	LOGIC R	T4_LGS_P1_TIME_IS_UP
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIEMPO_ESPERA
	ASSIGN	T4_PAR_P1_TIEMPO_BUS, FN\$T4_FUN_P1_ESPERAS
T4_LBL_P1_LOOP	ADVANCE	1
	TEST NE	(S\$T4_STO_P1_CAPACIDAD), X\$T4_SAV_P1_TOTAL, T4_LBL_P1_END_TIME
T4_LBL_P1_TLOOP	LOOP	T4_PAR_P1_TIEMPO_BUS, T4_LBL_P1_LOOP
T4_LBL_P1_END_TIME	GATE LS	T4_LGS_P1_END_SUB
	LOGIC S	T4_LGS_P1_TIME_IS_UP
	LOGIC R	T4_LGS_P1_SWITCH
	DEPART	T4_QUE_P1_TIEMPO_ESPERA
T4_LBL_P1_SALT4	TRANSFER	, T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T4_LBL_P1_BAJADAS	LOGIC R	T4_LGS_P1_END_SUB
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	TEST NE	P\$T4_PAR_P1_BAJADAS, 0, T4_LBL_P1_FINBAJ
	ADVANCE	(CALCULAR_TIEMPO(8, V\$T4_VAR_TIEMPO_BAJADA, P\$T4_PAR_P1_BAJADAS))
T4_LBL_P1_FINBAJ	DEPART	T4_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	LOGIC S	T4_LGS_P1_END_SUB
	TRANSFER	T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T4_LBL_P1_SUBIDAS	GATE LS	T4_LGS_P1_END_SUB
	TEST L	(S\$T4_STO_P1_CAPACIDAD), X\$T4_SAV_P1_TOTAL, T4_LBL_P1_JUMP1
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
	LOGIC S	T4_LGS_P1_SWITCH
	UNLINK	T4_QUE_P1_PASAJEROS, T4_LBL_P1, 1
	GATE LR	T4_LGS_P1_SWITCH
	GATE SE	T4_STO_P1_DOOR
	DEPART	T4_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
T4_LBL_P1_JUMP1	TRANSFER	, T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE

El ascenso y descenso de pasajeros son dependientes, es decir, el proceso de ascenso de pasajeros debe esperar a que el proceso de descenso haya finalizado, por ello podemos observar que el proceso de subidas espera a que el proceso de bajadas termine con un GATE al Logicswitch.

También debemos recalcar que para este tipo de políticas la capacidad de las puertas del bus se incrementa al doble, ya que los procesos de ascenso y descenso se realizan de manera independiente.

El tiempo que el bus debe permanecer en el paradero es fijo, y por lo tanto el bus no puede irse antes, ni después.

- *Tiempo de Espera del bus es Fijo Si puede Exceder*
 - ✓ Primero Ascensos luego descensos.
 - ✓ El bus troncal no puede irse antes pero si puede irse después.

T4_LBL_P1_ESPBUS1	LOGIC R	T4_LGS_P1_TIME_IS
QUEUE	T4_QUE_P1_TIEMPO_ESPERA	
	ASSIGN	T4_PAR_P1_TIEMPO_BUS, FN\$T4_FUN_P1_ESPERAS
T4_LBL_P1_LOOP	ADVANCE	1
	TEST NE	(\$T4_STO_P1_CAPACIDAD), X\$T4_SAV_P1_TOTAL, T4_LBL_P1_END_TIME
T4_LBL_P1_TLOOP	LOOP	T4_PAR_P1_TIEMPO_BUS, T4_LBL_P1_LOOP
	GATE LS	T4_LGS_P1_END_SUB
T4_LBL_P1_TESTS	TEST NE	CH\$T4_QUE_P1_PASAJEROS, 0, T4_LBL_P1_END_TIME
	TEST NE	(\$T4_STO_P1_CAPACIDAD), X\$T4_SAV_P1_TOTAL, T4_LBL_P1_END_TIME
	ADVANCE	1
	TRANSFER,	T4_LBL_P1_TESTS
T4_LBL_P1_END_TIME	LOGIC S	T4_LGS_P1_TIME_IS_UP
LOGIC R	T4_LGS_P1_SWITCH	
	DEPART	4_QUE_P1_TIEMPO_ESPERA
T4_LBL_P1_SALT4	TRANSFER,	T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T4_LBL_P1_BAJADAS	LOGIC R	T4_LGS_P1_END_SUB
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	TEST NE	P\$T4_PAR_P1_BAJADAS, 0, T4_LBL_P1_FINBAJ
	ADVANCE	(CALCULAR_TIEMPO(4, V\$T4_VAR_TIEMPO_BAJADA, P\$T4_PAR_P1_BAJADAS))
T4_LBL_P1_FINBAJ	DEPART	T4_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	LOGIC S	T4_LGS_P1_END_SUB
	TRANSFER,	T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T4_LBL_P1_SUBIDAS	GATE LS	T4_LGS_P1_END_SUB
	TEST L	(\$T4_STO_P1_CAPACIDAD), X\$T4_SAV_P1_TOTAL, T4_LBL_P1_JUMP1
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDA
	LOGIC S	T4_LGS_P1_SWITCH
	UNLINK	T4_QUE_P1_PASAJEROS, T4_LBL_P1, 1
	GATE LR	T4_LGS_P1_SWITCH
	GATE SE	T4_STO_P1_DOOR
	DEPART	T4_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
T4_LBL_P1_JUMP1	TRANSFER,	T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE

Primero se realizan las bajadas de las personas al bus, para luego realizar las subidas.

El tiempo que el bus debe permanecer en el paradero es fijo, y por lo tanto el bus no puede irse antes del tiempo especificado, pero si todavía existen pasajeros en cola al finalizar el tiempo establecido el bus espera a que estas personas suban por tanto puede irse después del tiempo especificado.

- *Tiempo de Espera del bus es Flexible No puede Exceder*
 - ✓ Ascensos y descensos dependientes.
 - ✓ Si puede irse antes pero no puede irse después.

T4_LBL_P1_ESPBUS1	LOGIC R	T4_LGS_P1_TIME_IS_UP
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIEMPO_ESPE
	ASSIGN	T4_PAR_P1_TIEMPO_BUS, FN\$T4_FUN_P1_ESPERAS
T4_LBL_P1_LOOP	ADVANCE	1
TEST NE	P\$T4_PAR_P1_TIEMPO_BUS, 1, T4_LBL_P1_TLOOP	
	GATE LS	T4_LGS_P1_END_SUB, T4_LBL_P1_TLOOP
	TEST NE	CH\$T4_QUE_P1_PASAJEROS, 0, T4_LBL_P1_END_TIME
	TEST NE	(S\$T4_STO_P1_CAPACIDAD), X\$T4_SAV_P1_TOTAL, T4_LBL_P1_END_TIME
T4_LBL_P1_TLOOP	LOOP	T4_PAR_P1_TIEMPO_BUS, T4_LBL_P1_LOOP
T4_LBL_P1_END_TIME	GATE LS	T4_LGS_P1_END_SUB
	LOGIC S	T4_LGS_P1_TIME_IS_UP
	LOGIC R	T4_LGS_P1_SWITCH
	DEPART	T4_QUE_P1_TIEMPO_ESPERA
T4_LBL_P1_SALT4	TRANSFER,	T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T4_LBL_P1_BAJADAS	LOGIC R	T4_LGS_P1_END_SUB
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	TEST NE	P\$T4_PAR_P1_BAJADAS, 0, T4_LBL_P1_FINBAJ
	ADVANCE	(CALCULAR_TIEMPO(8, V\$T4_VAR_TIEMPO_BAJADA, P\$T4_PAR_P1_BAJADAS))
T4_LBL_P1_FINBAJ	DEPART	T4_QUE_P1_TIME_BAJADAS
	LOGIC S	T4_LGS_P1_END_SUB
	TRANSFER,	T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE
T4_LBL_P1_SUBIDAS	GATE LS	T4_LGS_P1_END_SUB
	TEST L	(S\$T4_STO_P1_CAPACIDAD), X\$T4_SAV_P1_TOTAL, T4_LBL_P1_JUMP1
	QUEUE	T4_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
	LOGIC S	T4_LGS_P1_SWITCH
	UNLINK	T4_QUE_P1_PASAJEROS, T4_LBL_P1, 1
	GATE LR	T4_LGS_P1_SWITCH
	GATE SE	T4_STO_P1_DOOR
	DEPART	T4_QUE_P1_TIEMPO_SUBIDAS
T4_LBL_P1_JUMP1	TRANSFER,	T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE

Las subidas y bajadas funcionan igual que en la combinación anterior. La política de espera del bus en el paradero indica que el bus puede irse antes del tiempo especificado en caso de que no haya pasajeros en cola, pero también puede irse después de que haya finalizado el tiempo de espera, se da este caso cuando todavía existen pasajeros en cola esperando por subir al bus.

Segunda Parte

Esta última secuencia de bloques es la misma para todas las combinaciones anteriormente descritas.

T4_LBL_P1	GATE LS	T4_LGS_P1_SWITCH,T4_LBL_P1_REENTER
	GATE SNF	T4_STO_P1_DOOR
	ENTER	T4_STO_P1_CAPACIDAD,1
	GATE LR	T4_LGS_P1_TIME_IS_UP,T4_LBL_P1_CAMBIO
	TEST L	S\$T4_STO_P1_CAPACIDAD,X\$T4_SAV_P1_TOTAL,T4_LBL_P1_CAMBIO2
	ENTER	T4_STO_P1_DOOR
	QUEUE	T4_QUE_P1_SUBIDAS
	UNLINK	T4_QUE_P1_PASAJEROS,T4_LBL_P1,1
	ADVANCE	V\$T4_VAR_TIEMPO_SUBIDA
	LEAVE	T4_STO_P1_DOOR
	TERMINATE	
T4_LBL_P1_CAMBIO	LOGIC R	T4_LGS_P1_SWITCH
	LEAVE	T4_STO_P1_CAPACIDAD,1
	TRANSFER	,T4_LBL_P1_REENTER
T4_LBL_P1_CAMBIO2	LOGIC R	T4_LGS_P1_SWITCH
	ENTER	T4_STO_P1_DOOR
	QUEUE	T4_QUE_P1_SUBIDAS
	ADVANCE	V\$T4_VAR_TIEMPO_SUBIDA
	LEAVE	T4_STO_P1_DOOR
	TERMINATE	
T4_LBL_P1_ENSAMBLAJE	ASSEMBLE	3
	ASSIGN	T4_PAR_CAPACTUAL,S\$T4_STO_P1_CAPACIDAD
	DEPART	T4_QUE_P1_SUBIDAS,Q\$T4_QUE_P1_SUBIDAS
	LEAVE	T4_STO_P1_ESPACIO
	DEPART	T4_QUE_P1_GENERAL

Los procesos que se realizan son los siguientes:

1. Se simula la transferencia de los pasajeros desde la cola de espera en el paradero, hacia el bus troncal.
2. Se ensambla las 3 transacciones de cada uno de los procesos para formar una única transacción bus.
3. Se transfiere el valor del almacenamiento temporal al parámetro de la transacción bus.
4. Se libera el espacio del paradero y se continua con la secuencia.

3. Simulación de llegadas de pasajeros a los paraderos

En esta simulación debemos tener en cuenta la política de colas de espera de pasajeros en los paraderos; las opciones para esta política son:

- Colas FIFO o PEPS (Primero en entrar, primero en salir).
- Colas Aleatorias.

Colas FIFO o PEPS

	INITIAL	\$T4_SVL_P1_ORDEN,0
	GENERATE	FN\$T4_FUN_P1_LLEGADAS
T4_LBL_P1_CALCORDEN	EST E	CH\$T4_QUE_P1_PASAJEROS,0,T4_LBL_P1_SAVE
	SAVEVALUE	T4_SVL_P1_ORDEN,0
T4_LBL_P1_SAVE	SAVEVALUE	T4_SVL_P1_ORDEN+,1
	ASSIGN	ORDEN,X\$T4_SVL_P1_ORDEN
	TEST E	CH\$T4_QUE_P1_PASAJEROS,0,T4_LBL_P1_REENTER
	GATE LR	T4_LGS_P1_SWITCH,T4_LBL_P1
T4_LBL_P1_REENTER	LINK	T4_QUE_P1_PASAJEROS,P\$ORDEN

Con el Savevalue X\$T4_SVL_P1_ORDEN se controla el orden ó el índice del pasajero dentro del userchain. Este contador se va incrementando a medida que ingresan las personas al paradero, es decir, cuando entra la primera persona el savevalue especificado toma el valor de 1 y este se asigna como parámetro a la transacción pasajero para que lo utilice como índice de ordenamiento al momento que entra al userchain, la segunda transacción hará que el savevalue se incremente y tome el valor de 2 y repite el proceso anterior.

Una vez que las transacciones pasajeros ya han sido transferidas al bus, es decir, ya han abandonado el userchain, y en el paradero no hay gente, eso quiere decir que el primer pasajero que llegue al userchain será nuevamente el pasajero 1, por lo tanto, el savevalue X\$T4_SVL_P1_ORDEN es reseteado cada vez que el userchain se vacía, esto nos asegura, que el valor de X\$T4_SVL_P1_ORDEN no será excesivamente alto lo cual generará menos consumo de memoria.

La secuencia del código especificado anteriormente es la siguiente:

1. Se inicializa en cero el valor del savevalue X\$T4_SVL_P1_ORDEN.
2. El bloque GENERATE genera la transacción pasajero con una distribución específica.
3. La transacción prueba si el userchain que simula el paradero está vacío.
4. Si la pregunta anterior es verdadera entonces el Savevalue X\$T4_SVL_P1_ORDEN cambia a 1.
5. Si la pregunta es falsa entonces el valor del X\$T4_SVL_P1_ORDEN se incrementa en una unidad.

6. Se asigna el valor del X\$T4_SVL_P1_ORDEN al parámetro ORDEN de la transacción.
7. Luego la transacción pregunta si es que el userchain se encuentra vacío para saber si es ó no el primero de la cola, porque si es el primero de la cola, debe preguntar si hay algún bus en el paradero para transferirse directamente al bus y no pasar por la cola, pero si no es primero de la cola, adquiere la posición indicada por su parámetro ORDEN para su ubicación en el userchain.

Cola Aleatoria

	GENERATE	FN\$T4_FUN_P1_LLEGADAS
A	T4_LBL_P1_CALCORDEN	ASSIGN
		ORDEN,(CALCULAR_ORDEN(V\$T4_VAR_P1_MEDIA,RN1))
		TEST E
	CH\$T4_QUE_P1_PASAJEROS,0,T4_LBL_P1_REENTER	
C	T4_LBL_P1_REENTER	GATE LR T4_LGS_P1_SWITCH,T4_LBL_P1
		LINK T4_QUE_P1_PASAJEROS,P\$ORDEN

indica el orden que le corresponde en la cadena userchain, ya que este ya no es almacenado en un savevalue e incrementado secuencialmente, sino que este valor es calculado para cada transacción de manera aleatoria, y este es el que le indicará la posición o ubicación dentro de la cadena userchain.

La secuencia del código especificado anteriormente es la siguiente:

1. El bloque GENERATE genera la transacción pasajero con una distribución de probabilidad específica.
2. Se asigna al parámetro orden de la transacción una posición aleatoria en base a un procedimiento PLUS que retornará un número aleatorio entre 1 y el número de transacciones que tenga el userchain para saber en que posición ubicarla.
3. La transacción pregunta si es que el userchain se encuentra vacío para saber si es o no el primero de la cola, porque si es el primero de la cola, debe preguntar si hay algún bus en el paradero para transferirse directamente al bus y no ingresar a la cola innecesariamente, pero si no es el primero de la cola, adquiere la posición indicada por su parámetro ORDEN para su ubicación en el userchain.

4. Simulación de la llegada de los pasajeros en los buses troncales

```
GENERATE FN$T4_FUN_P1_TIEMPOS_ALIMENTADORAS  
ASSIGN   T4_PAR_P1_PASALIMENT, FN$T4_FUN_P1_LLEG_PERS_ALIM  
SPLIT   (P$T4_PAR_P1_PASALIMENT-1), T4_LBL_P1_TTALIMENT, T4_PAR_P1_TTID  
T4_LBL_P1_TTALIMENT TRANSFER , T4_LBL_P1_CALCORDEN
```

Esta secuencia de bloques simula la llegada de los buses alimentadores al paradero, donde cada alimentadora tiene cierta distribución de probabilidad, la cual indicará el número de pasajeros que deja en el paradero.

Cada vez que una transacción bus alimentador llega, se asigna al parámetro de la transacción el número de personas que debe dejar, (si la función de distribución le dice que bajen 40 pasajeros, estos 40 son asignados al parámetro para luego simular la bajada), debido a que el único bloque que puede crear transacciones es el bloque GENERATE como éste bloque no puede recibir una transacción, entonces para crear las transacciones de los pasajeros que se bajan del bus alimentador se utiliza un bloque SPLIT, el cual va a realizar copias de la transacción bus alimentador para luego transferirlas al paradero convirtiendo la copia de la transacción bus alimentador en transacción pasajero.

La secuencia del código especificado anteriormente es la siguiente:

1. Una transacción sale del bloque GENERATE con cierta distribución de probabilidad.

2. Luego asigna al parámetro T4_PAR_P1_PASALIMENT, el número de pasajeros que debe dejar dependiendo de lo que indique la distribución de probabilidad.
3. Luego crea las copias que luego serán convertidas en transacciones pasajeros mediante el comando SPLIT, debido a que el comando SPLIT crea copias de transacciones pero no elimina la transacción original de donde fueron creadas las copias, entonces se toma a la transacción original también como transacción pasajero, por lo tanto se la debe incluir en el número de pasajeros que debe dejar la alimentadora. Es por esto que el bloque SPLIT crea n-1 copias de la transacción donde n es el número de pasajeros que indica el parámetro.
4. Luego se transfiere tanto el original como las copias hacia el paradero.

5. Simulación del Reloj que dá por terminada la simulación

GENERATE	3600
TERMINATE	1

Toda simulación en GPSS se controla mediante el SNA Global llamado TG1, cuando el valor del TG1 es 0, se da por finalizada la simulación. El valor de este SNA es asignado

por el comando START, es decir que si corremos una simulación con un START 19, este valor de 19 es enviado al TG1, y el único comando que tiene la capacidad de disminuir el valor del TG1 es el bloque TERMINATE, pero con su operando "A" diferente de cero.

Una iteración de nuestra simulación comprenderá la operación de la troncal 4 desde las 5 de la mañana hasta las 12 de la noche, es decir, una iteración de nuestra simulación terminará cuando se haya ejecutado el modelo durante 19 horas de operación que en segundos equivale a 68400 segundos. Es por esto que para el control del tiempo de terminación de nuestra simulación se utilizó el bloque GENERATE para crear transacciones cada 3600 segundos (cada hora), la única función de esta transacción es entrar a un bloque TERMINATE1, es decir, que cada transacción que se genera disminuirá cada hora en una unidad al TG1, por lo tanto, si queremos simular 19 horas para cada iteración bastará con ejecutar un comando START con parámetro "A" de 19.

La secuencia del código especificado anteriormente es la siguiente:

1. Una transacción sale del bloque GENERATE cada 3600 segundos.
2. Esta transacción disminuye el valor del TG1 en una unidad.

2.3.2. DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

Una base de datos se define como la colección de datos cuyos elementos tienen vínculos entre sí; en otras palabras, una base de datos es una colección de datos afines que para su construcción necesita tres puntos:

- ✓ Campos: es el menor elemento, cada campo contiene sólo un elemento de dato.
- ✓ Registros: son una colección de campos relacionados.
- ✓ Tablas: es la combinación de campos y registros. Cada tabla contiene varios registros, y cada registro contiene varios campos.

De la misma manera que un registro puede contener varios campos relacionados entre sí, una base de datos contiene varias tablas relacionadas entre sí.

Las relaciones de uno a uno se utilizan para vincular los registros de una tabla de manera maestra a un solo registro

que se encuentre en otra tabla. En cambio, las relaciones de uno a muchos sirven para vincular los registros de una tabla principal a varios registros de otra tabla.

Para establecer las relaciones entre tablas se utilizan campos claves o claves principales.

Es común definir en una tabla un campo clave o “primary key”. Este tipo de campo se utiliza en la base de datos para mantener la integridad y establecer las relaciones entre tablas. Por otra parte, las claves secundarias o claves externas permiten obtener información de otras tablas, donde ésta clave opere como primaria.

Descripción de Tablas

La base de datos del simulador para la ruta Troncal 4, almacenará la información requerida y los resultados obtenidos en las 17 tablas. La descripción de las mismas se muestra a continuación:

Tabla 2.2.
Descripción de Tablas

<i>Definición de Tablas de la Base de Datos</i>	
Nombre:	<i>Simulaciones</i>
Almacena cada diseño de ruta que el usuario crea, con sus parámetros respectivos.	
Campo	Descripción

id	Código secuencial, identificador único de cada registro.
nombre	Nombre del modelo de simulación que se va a crear.
fecha	Fecha de la creación del modelo de simulación, por defecto se guarda la fecha del sistema.

Nombre:	<i>Días</i>
Almacena los días de la semana por código. Sirve como referencia para las claves foráneas.	
Campo	Descripción
id	Código secuencial, identificador único de cada registro.
descripcion	Nombre del día.

Nombre:	<i>Parámetros</i>
Almacena el número de horas de operación de un determinado modelo de ruta.	
Campo	Descripción
Id	Código secuencial, identificador único de cada registro.
id_simulacion	Clave foránea, hace referencia a la simulación con la que se está trabajando.
hora	Número de horas que va a funcionar la ruta Troncal 4.

Nombre:	<i>Detalle_Parametros</i>
Aquí se especifica que días va a simular la ruta Troncal 4.	
Campo	Descripción
id_parametro	Clave foránea, hace referencia a la tabla parámetros.
descripcion	Clave foránea, hace referencia al código del día.

Nombre:	<i>Secuencia_Objetos</i>
Almacena la secuencia de los componentes de la ruta: paraderos, semáforos y terminal de integración.	
Campo	Descripción
id_simulacion	Clave foránea, hace referencia a la simulación con la que se está trabajando.
id_objeto	Código de objeto.
tipo_objeto	Almacena el tipo de objeto paradero o semáforo ("S" o "P") respectivamente.
orden	Identificador del orden que le toca al paradero o semáforo en la ruta.
distancia	Distancia con respecto al objeto anterior en m.
tiempo	Almacena el tiempo medio que tarda el bus troncal en llegar al objeto destino.

desviacion	Desviación del tiempo que toma el bus en llegar al objeto de destino.
------------	---

Nombre:	<i>Semaforos</i>
Almacena la descripción de los semáforos que forman la ruta Troncal 4.	
Campo	Descripción
id	Código único secuencial.
id_simulacion	Clave foránea, hace referencia a la simulación con la que se está trabajando.
numero	Identificador de los semáforos de acuerdo a la simulación.
descripcion	Dirección del semáforo.

Nombre:	<i>Tipos_Paraderos</i>
Identifica la ubicación del paradero en calles de una vía o doble vía.	
Campo	Descripción
id	Código secuencial único que identifica el tipo de ubicación de los paraderos.
descripcion	Descripción del tipo de paradero (una vía, dos vías)

Nombre:	<i>Paraderos</i>
Almacena los datos principales que identifican a cada paradero, que conforma la ruta Troncal 4.	
Campo	Descripción
id	Código secuencial único del paradero
id_simulacion	Clave foránea, hace referencia a la simulación con la que se está trabajando
id_tipo	Clave foránea, hace referencia a la ubicación del paradero en calles de una vía o doble vía
numero	Identifica a cada paradero de acuerdo a la simulación
capacidad	Número máximo de personas que puede recibir
direccion	Dirección del paradero
terminal	Describe si el paradero funciona como Terminal de transferencia

Nombre:	<i>Tiempos_Semaforos</i>
Almacena los tiempos de permanencia del semáforo en estado rojo y verde.	
Campo	Descripción
id_semaforo	Clave foránea, hace referencia al semáforo.
tiempo_verde	Tiempo en segundos de permanencia en estado verde.
tiempo_rojo	Tiempo en segundos de permanencia en estado rojo

retraso	Tiempo de retraso para iniciar la operación en estado verde.
---------	--

Nombre:	<i>Tiempos_Paraderos</i>
Identifica al paradero para asignar los tiempos de permanencia del bus troncal en los paraderos	
Campo	Descripción
id	Código secuencial identificador de la tabla maestra.
id_simulacion	Clave foránea, hace referencia a la simulación con la que se está trabajando.
id_paradero	Paradero al cual se le van asignar los datos.

Nombre:	<i>Detalle_Tiempos</i>
Almacena el tiempo de permanencia del bus troncal en el paradero de acuerdo al día y hora.	
Campo	Descripción
id_tiempo	Código que hace referencia a la tabla tiempos_paraderos.
id_dia	Código que identifica el día.
hora	Hora a la que se le va asignar el tiempo.
tiempo_espera	Tiempo en segundos de permanencia del bus en el paradero.

Nombre:	<i>Salidas_Buses</i>
Almacena los tiempos entre salidas de los buses troncales, desde la Terminal de Integración.	
Campo	Descripción
id_simulacion	Clave foránea, hace referencia a la simulación con la que se está trabajando.
id_dia	Código que identifica el día.
hora	Hora a la que se le va asignar el tiempo.
t_entre_salida	Tiempo en segundos entre salida de los buses.

Nombre:	<i>Política</i>
Almacena las diferentes políticas de operación para el funcionamiento de la ruta Troncal 4.	
Campo	Descripción
id	Código secuencial, identificador de cada registro.
id_simulacion	Clave foránea, hace referencia a la simulación con la que se está trabajando.
politicaCola	Política de colas de espera en los paraderos.
politica_asc_desc	Política de ascenso y descenso de pasajeros.
politica_espera_paradero	Política de espera de buses en paraderos.
descripcion	Observaciones.

Nombre:	<i>Tipo_Distribucion</i>
Almacena los diferentes tipos de distribución que el usuario ingrese.	
Campo	Descripción
id	Código secuencial, identifica el tipo de distribución.
descripcion	Nombre del tipo de distribución.

Nombre:	<i>Tipo_Funcion</i>
Almacena el tipo de función discreta o continua, cuando sea una distribución empírica.	
Campo	Descripción
id	Código secuencial.
descripcion	Nombre del tipo de función.

Nombre:	<i>Distribuciones</i>
Almacena el tipo de distribución de probabilidad específica que pueden tener mis variables.	
Campo	Descripción
id	Código secuencial.
id_simulacion	Clave foránea, hace referencia a la simulación con la que se está trabajando.
id_paradero	Código que hace referencia al paradero.
id_tipo_distribucion	Código que identifica el tipo de distribución.

Nombre:	<i>Detalle_Distribuciones</i>
Almacena el tipo de distribución de probabilidad específica que pueden tener mis variables.	
Campo	Descripción
id_distribucion	Código secuencial
id_dia	Clave foránea, hace referencia a la simulación con la que se está trabajando.
id_tipo_funcion	Código identificador de la función empírica en continua o discreta.
hora	Hora a la cual pertenecen los datos ingresados.
funcion	Datos correspondientes a la función empírica.
datos	Datos correspondientes a las funciones que no son empíricas.

Relaciones Maestras

El uso de las relaciones maestras es una manera muy eficiente de almacenar información compleja, al establecer relaciones significativas entre tablas, se crean estructuras de datos flexibles que son fáciles de mantener.

Las relaciones de uno a muchos se utilizan para vincular los registros de una tabla principal a varios registros de otra tabla, tales relaciones se establecen mediante campos claves o claves principales. Las relaciones maestras que se crearon para nuestra base de datos se pueden apreciar en el diagrama entidad relación. (*Ver Anexo B*).

CAPÍTULO 3

3. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

3.1. INTRODUCCIÓN

Una vez realizada la formulación del modelo de simulación, es indispensable contar con los datos que permitirán obtener los resultados esperados. En este capítulo se explica la metodología empleada para cumplir este propósito, además se realiza una breve descripción del tipo de información recolectada y finalmente se realiza un análisis de la misma.

En la recolección de datos, es posible que la facilidad de obtención de algunos y la dificultad de obtención de otros, influya en el desarrollo del modelo. Cabe recalcar que, analizar con precisión los

parámetros probabilísticos de la ruta Troncal 4, no es el propósito de la presente tesis. Pero si es necesario realizar la recolección de datos que requiere el modelo, en una menor escala lo cual implica un menor nivel de precisión.

3.2. METODOLOGÍA PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

En base a los resultados que se esperan obtener con el modelo de simulación de la ruta Troncal 4, se han definido como variables objeto de estudio:

- *Tiempo entre llegada de los pasajeros a un determinado paradero en un día y hora específica.*
- *Distribución de destinos de los pasajeros en un determinado paradero en un día y hora específica.*

Es fundamental recopilar la información de estas dos variables para cada paradero, día y hora en que operará la ruta Troncal 4, esto facilitará la toma de decisiones al usuario del sistema. Para el levantamiento de la información se determinaron los siguientes aspectos:

1. Paraderos donde se levantará la información.
2. Días en los que se recolectará la información.
3. Las horas que se tomarán los datos.

3.2.1. Selección de Paraderos

Los paraderos constituyen la principal fuente de información para el simulador; de ellos se obtendrán datos con respecto al tiempo que transcurre entre la llegada de personas al paradero, y además ayudarán a determinar la cantidad de personas que descienden de los buses en cada paradero.

Actualmente, en el sector que recorrerá la ruta Troncal 4 existen 23 paraderos, los mismos que están ubicados en su mayoría en la zona final del recorrido. La ubicación de los paraderos existentes a lo largo de la ruta Troncal 4 se detallan a continuación:

Tabla 3.1.
Paraderos existentes a lo largo de la ruta Troncal 4

No. de Paradero	Dirección
1	Assad Bucaram (La 29) y Nobol
2	Assad Bucaram (La 29) y Naranjito
3	Assad Bucaram (La 29) y Mocache
4	Assad Bucaram (La 29) y Eduardo Puig Arosemena
5	Assad Bucaram (La 29) y Luís Adriano Dillón
6	Portete de Tarqui y Milagro (La 17)
7	Portete de Tarqui y Yaguachi
8	Portete de Tarqui y Federico Godín
9	Av. Quito y Dr. Francisco de Marcos y Crespo
10	Av. Machala y Cristóbal Colón Fontanorrosa
11	Av. Machala y Huancavilca
12	Av. Machala y Cuenca
13	José de Antepara y General Calicuchima
14	Portete de Tarqui y Otavalo
15	Portete de Tarqui y Augusto Dillón Valdez
16	Portete de Tarqui y Milagro

17	Portete de Tarqui y Carlos Estarellas Avilés
18	Portete de Tarqui e Ismael Pérez Castro
19	Assad Bucaram (La 29) y Venezuela
20	Assad Bucaram (La 29) y Eduardo Puig Arosemena
21	Assad Bucaram (La 29) y Paltas
22	Assad Bucaram (La 29) y Santa Isabel
23	Assad Bucaram (La 29) y Chillanes

Debido a que los 23 paraderos existentes no cubren en su totalidad la zona de operación de la ruta Troncal 4, se propusieron 8 paraderos, ubicándolos en zonas donde la concurrencia de personas es representativa. En el siguiente cuadro se detalla la ubicación de los paraderos propuestos.

Tabla 3.2.
Paraderos Propuestos a lo largo de la ruta Troncal 4

No. de Paradero	Dirección
1	Terminal de Integración (La 29 y la Q)
2	Assad Bucaram (La 29) y Portete
3	Venezuela y Lizardo García
4	Venezuela y José de Antepara
5	Av. Quito y Ayacucho
6	Cristóbal Colón Fontanorrosa y Lorenzo de Garaicoa
7	Antonio J. Francisco de Sucre y Chile
8	Portete de Tarqui y Tungurahua

Tomando en consideración los 23 paraderos existentes y los 8 paraderos propuestos, 31 paraderos en total; en base a la aportación de los mismos con respecto a las dos variables objeto de estudio, se decidió realizar el levantamiento de la información sólo en 12 de ellos.

En la siguiente tabla se detalla la secuencia de los paraderos en los que se realizará el levantamiento de información y además se detalla la distancia entre cada uno de ellos.

Tabla 3.3.
Paraderos para el levantamiento de información de la ruta Troncal 4

No. de Paradero	Dirección	Distancia (m.)
1	Assad Bucaram (La 29) y Eduardo Puig Arosemena	2150
2	Assad Bucaram (La 29) y Portete	1750
3	Portete de Tarqui y Milagro	1400
4	Venezuela y Lizardo García	1950
5	Av. Quito y Ayacucho	2500
6	Cristóbal Colón Fontanorrosa y Lorenzo de Garaicoa	1150
7	Antonio J. Francisco de Sucre y Chile	1150
8	Av. Machala y Huancavilca	1600
9	Portete de Tarqui y Tungurahua	2250
10	Portete de Tarqui y Milagro (La 17)	1750
11	Assad Bucaram (La 29) y Portete de Tarqui	1400
12	Assad Bucaram (La 29) y Eduardo Puig Arosemena	1650
Distancia Total		20700 m.

Inserción de Nuevos Paraderos

Dentro de los requerimientos operacionales señalados por la M.I. Municipalidad de Guayaquil, se establece que cada paradero se encuentre a una distancia aproximada de 700 m., en la tabla anterior se aprecia que las distancias entre los paraderos es mayor a la requerida por el Municipio, por esto y para cumplir con el requisito del diseño de la ruta troncal, se ha decidido insertar nuevos paraderos, pero como no se cuenta con información que asegure la exactitud de la

ubicación de los mismos, se realizó la inserción de manera visual.

La ruta Troncal 4 tiene una extensión aproximada de 20.700 metros y de acuerdo a lo propuesto por el Municipio de Guayaquil, la ruta debe contar con 30 paraderos aproximadamente. En los nuevos paraderos no se realizará el levantamiento de información, ya que no se cuenta con los recursos suficientes para realizar esta actividad. La información que se le va a asignar a estos nuevos paraderos corresponde a los datos que se han levantado en el paradero más cercano. Realizando este procedimiento se tiene que la ruta Troncal 4 contará con 30 paraderos, cuyas distancias son aproximadamente de 700 metros.

En la siguiente tabla se detallan los paraderos que conformarán la ruta Troncal 4, también se hace referencia a la información que se le asignará a cada nuevo paradero.

Tabla 3.4.
Descripción de Paraderos de la ruta Troncal 4

No.	Identificación	Dirección	Distancia m.
0	Paradero 0	Terminal de Integración (La 29 y la Q)	0
1	<i>Propuesto 1</i>	<i>Utilizará información del Paradero 1</i>	700

2	<i>Propuesto 2</i>	<i>Utilizará información del Paradero 1</i>	650
3	Paradero 1	Assad Bucaram (La 29) y Eduardo Puig Arosemena	600
4	<i>Propuesto 3</i>	<i>Utilizará información del Paradero 2</i>	600
5	Paradero 2	Assad Bucaram (La 29) y Portete de Tarqui	700
6	<i>Propuesto 4</i>	<i>Utilizará información del Paradero 2</i>	600
7	Paradero 3	Portete de Tarqui y Milagro (La 17)	650
8	<i>Propuesto 5</i>	<i>Utilizará información del Paradero 3</i>	670
9	Paradero 4	Venezuela y Lizardo García	730
10	<i>Propuesto 6</i>	<i>Utilizará información del Paradero 4</i>	680
11	<i>Propuesto 7</i>	<i>Utilizará información del Paradero 4</i>	600
12	Paradero 5	Av. Quito y Dr. Francisco de Marcos y Crespo	620
13	<i>Propuesto 8</i>	<i>Utilizará información del Paradero 5</i>	500
14	Paradero 6	Cristóbal Colón Fontanorrosa y Lorenzo de Garaicoa	500
15	Paradero 7	Antonio J. Francisco de Sucre y Chile	650
16	<i>Propuesto 9</i>	<i>Utilizará información del Paradero 7</i>	700
17	<i>Propuesto 10</i>	<i>Utilizará información del Paradero 8</i>	560
18	Paradero 8	Av. Machala y Huancavilca	630
19	<i>Propuesto 11</i>	<i>Utilizará información del Paradero 8</i>	1000
20	<i>Propuesto 12</i>	<i>Utilizará información del Paradero 9</i>	3220
21	Paradero 9	Portete de Tarqui y Tungurahua	930
22	<i>Propuesto 13</i>	<i>Utilizará información del Paradero 9</i>	560
23	Paradero 10	Portete de Tarqui y Milagro (La 17)	700
24	<i>Propuesto 14</i>	<i>Utilizará información del Paradero 10</i>	650
25	Paradero 11	Portete de Tarqui y Assad Bucaram (La 29)	500
26	<i>Propuesto 15</i>	<i>Utilizará información del Paradero 11</i>	500
27	Paradero 12	Assad Bucaram (La 29) y Eduardo Puig Arosemena	620

28	<i>Propuesto 16</i>	<i>Utilizará información del Paradero 12</i>	600
29	<i>Propuesto 17</i>	<i>Utilizará información del Paradero 12</i>	680
30	<i>Propuesto 18</i>	<i>Utilizará información del Paradero 12</i>	
<i>Distancia Total</i>			20.700 m.

3.2.2. Selección de Días

La ruta Troncal 4 “Batallón del Suburbio-Centro Urbano” operará los 7 días de la semana. Debido a limitación de recursos para el levantamiento de información, se simulará y analizará la ruta Troncal 4, sólo los días Lunes, Miércoles, Viernes, Sábados y Domingos; se asume que estos días poseen comportamientos diferentes entre sí, mientras que el comportamiento del día Miércoles se asemeja al de los días Martes y Jueves.

3.2.3. Selección de Horas

La M.I. Municipalidad de Guayaquil ha determinado que la ruta Troncal 4 “Batallón del Suburbio-Centro Urbano” operará 19 horas continuas diariamente, es decir, desde las 5:00 a.m. hasta las 12:00 p.m. de Lunes a Domingo. De igual manera, debido a que los recursos son limitados y no se puede levantar información en cada paradero durante las 19 horas de operación la ruta Troncal 4, se han seleccionado dos

jornadas para levantar la información correspondiente a las dos variables de estudio.

Tabla 3.5.
Horas en las que se realizó el levantamiento de información

Lunes, Miércoles, Viernes, Sábado y Domingo		
Jornada	Horas	
<i>Primera</i>	HORA 1	07:00 a.m. - 09:00 a.m.
	HORA 2	10:00 a.m. - 12:00 a.m.
<i>Segunda</i>	HORA 3	01:00 p.m. - 03:00 p.m.
	HORA 4	04:00 p.m. - 06:00 p.m.

La información recolectada en las dos jornadas alimentará el simulador en las 19 horas de operación; a continuación se muestra como se distribuyó la información recolectada en cuatro horas para todo el día:

Tabla 3.6.
Distribución de horas para alimentar el simulador

HORA 1	HORA 2	HORA 3	HORA 4
07:00 - 08:00	13:00 - 16:00	16:00 - 17:00	05:00 - 07:00
08:00 - 09:00	19:00 - 20:00	17:00 - 18:00	10:00 - 12:00
09:00 - 10:00	20:00 - 21:00	18:00 - 19:00	21:00 - 24:00

3.3. TOMA DE DATOS

Una vez identificados los paraderos, días y horas en que se realizará el levantamiento de información de las variables objeto de estudio, se procederá a levantar la información requerida, básicamente consiste en:

- *Tomar el tiempo entre llegada de las personas a un determinado paradero en un día y hora específica:*

Esta información se la recolectó contando las personas que llegan por minuto a cada uno de los 12 paraderos en los días y horas establecidas. Más adelante se explicará el análisis que se realizó a esta información.

- *Consultar los destinos de las personas que llegan a un determinado paradero en un día y hora específica.*

Se procedió a consultar el lugar de destino de las personas que llegan a cada uno de los 12 paraderos en los días y horas establecidos para el estudio, se asoció el lugar de origen y destino con los 30 paraderos que conformaran la ruta Troncal 4; para organizar la información levantada se utilizó una matriz, que contiene el número de personas que se bajan en un determinado paradero de la ruta en una hora específica del día en curso. En la siguiente sección se explicará con más detalle el análisis que se empleó para modelar esta información.

- *Sistema de Semaforización:*

En la actualidad, a lo largo del recorrido de la ruta Troncal 4 funcionan 72 semáforos, la colaboración del Departamento de Semaforización de la CTG fue muy favorable para obtener la información con respecto al tiempo de los semáforos en los que permanecen en luz roja, luz amarilla y luz verde.

Cabe recalcar que, el tiempo de la luz amarilla fue sumado al tiempo de la luz roja, debido a que el simulador operará únicamente con dos estados del semáforo (luz verde y luz roja). En la siguiente tabla se detalla la ubicación y los tiempos de los estados de los semáforos que forman parte de la ruta Troncal 4.

Tabla 3.7.
Descripción de Semáforos de la ruta Troncal 4

PRINCIPAL	INTERSECCIÓN	Luz Roja (s.)	Luz Verde (s.)
ASSAD BUCARAM	VALENCIA	38,00	24,00
ASSAD BUCARAM	STA. ISABEL	34,51	26,62
ASSAD BUCARAM	MOCACHE	37,91	32,39
ASSAD BUCARAM	EDUARDO PUIG AROSEMENA	35,00	21,00
ASSAD BUCARAM	LUIS ADRIANO DILLON	56,32	36,29
ASSAD BUCARAM	ADOLFO GOMEZ SANTIESTEVEAN	40,00	30,50
ASSAD BUCARAM	DR. RAFAEL J. GARCIA GOYENA	42,17	26,40
ASSAD BUCARAM	PORTETE DE TARQUI	59,53	32,10
PORTETE DE TARQUI	DOMINGO NORENO CERRUTI	47,00	32,00
PORTETE DE TARQUI	MILAGRO	52,00	23,51
PORTETE DE TARQUI	FEDERICO GODIN	43,81	34,10
FEDERICO GODIN	VENEZUELA	45,80	36,19
VENEZUELA	ALFREDO VALENZUELA	28,52	40,13
VENEZUELA	LIZARDO GARCIA SORROZA	26,59	46,26
VENEZUELA	TUNGURAHUA	27,89	56,34
VENEZUELA	LOS RIOS	27,45	39,42
VENEZUELA	ESMERALDAS	29,19	32,34
VENEZUELA	DR. GABRIEL GARCIA MORENO	24,00	38,00
VENEZUELA	AV. QUITO	30,30	30,60
AV. QUITO	PORTETE DE TARQUI	26,58	58,12
AV. QUITO	DR. FRANCISCO DE MARCOS	25,43	54,32
AV. QUITO	CARLOS GOMEZ RENDON	27,16	51,49
AV. QUITO	CUENCA	29,00	50,15
AV. QUITO	CPTAN. DAMIAN NAJERA	26,89	56,34
AV. QUITO	HUANCABILCA	30,30	40,12
AV. QUITO	MANABI	25,71	55,61
AV. QUITO	AYACUCHO	26,00	58,25
AV. QUITO	PEDRO PABLO GOMEZ	29,51	49,87

AV. QUITO	CRNEL. ANTONIO DE ALCEDO	31,00	54,32	
AV. QUITO	CRISTOBAL COLON	30,58	50,25	
CRISTOBAL COLON	PEDRO MONCAYO	30,35	31,17	
CRISTOBAL COLON	LORENZO DE GARAICOA	37,92	32,45	
CRISTOBAL COLON	RUMICHACA	39,68	40,12	
CRISTOBAL COLON	FCO. GARCIA AVILES	37,02	32,93	
CRISTOBAL COLON	BOYACA	42,31	35,39	
CRISTOBAL COLON	CHIMBORAZO	31,23	32,53	
CRISTOBAL COLON	CHILE	32,81	28,42	
CRISTOBAL COLON	PEDRO CARBO	37,04	35,14	
PEDRO CARBO	SUCRE	25,43	35,48	
SUCRE	CHILE	33,05	27,24	
SUCRE	CHIMBORAZO	32,34	24,82	
SUCRE	BOYACA	34,12	39,35	
SUCRE	FCO. GARCIA AVILES	27,30	29,33	
SUCRE	RUMICHACA	36,89	41,20	
SUCRE	LORENZO DE GARAICOA	29,73	34,52	
SUCRE	6 DE MARZO	35,03	37,11	
SUCRE	MACHALA	48,60	34,48	
MACHALA	CRISTOBAL COLON	30,28	53,58	
MACHALA	AYACUCHO	25,69	52,28	
MACHALA	MANABI	27,51	56,15	
MACHALA	HUANCAVILCA	33,00	41,20	
MACHALA	CPTAN. DAMIAN NAJERA	29,86	53,64	
MACHALA	CUENCA	28,65	51,05	
JOSE DE ANTEPARA	CARLOS GOMEZ RENDON	26,71	49,51	
JOSE DE ANTEPARA	DR. FRANCISCO DE MARCOS	25,98	51,83	
PORTETE DE TARQUI	DR. GABRIEL GARCIA MORENO	25,00	37,59	
PORTETE DE TARQUI	JOSE MASCOTE	26,15	33,50	
PORTETE DE TARQUI	ESMERALDAS	29,91	34,33	
PORTETE DE TARQUI	LOS RIOS	25,47	34,92	
PORTETE DE TARQUI	TUNGURAHUA	28,79	54,63	
PORTETE DE TARQUI	JOSE ABEL CASTILLO	25,86	40,45	
PORTETE DE TARQUI	ALFREDO VALENZUELA	25,94	41,30	
PORTETE DE TARQUI	FEDERICO GODIN	43,81	34,10	
PORTETE DE TARQUI	MILAGRO	52,00	23,51	
PORTETE DE TARQUI	DOMINGO NORENO CERRUTI	47,00	32,00	
PORTETE DE TARQUI	ASSAD BUCARAM	59,53	32,10	
ASSAD BUCARAM	DR. RAFAEL J. GARCIA GOYENA	42,17	26,40	
ASSAD BUCARAM	ADOLFO GOMEZ SANTIESTEVEAN	40,00	30,50	
ASSAD BUCARAM	LUIS ADRIANO DILLON	56,32	36,29	

ASSAD BUCARAM	EDUARDO PUIG AROSEMENA	35,00	21,00	
ASSAD BUCARAM	STA. ISABEL	34,51	26,62	
ASSAD BUCARAM	VALENCIA	38,00	24,00	

▪ *Velocidad de los buses troncales:*

Se diseñaron intervalos de velocidad para distancias entre objetos menores y mayores a 60 m., con la finalidad de optimizar el tiempo de recorrido de los buses troncales que forman parte de la ruta Troncal 4.

El simulador utiliza como unidad de tiempo el segundo y la distancia entre objetos la mide en metros, por ello procedemos a convertir el intervalo de velocidad que está expresado en *kilómetros por hora a metros por segundo*, multiplicando las velocidades por el factor 0.2778. Por lo tanto, los intervalos de velocidad a utilizarse para el cálculo de la media y desviación del tiempo que toma el bus en llegar a un objeto con respecto a su distancia serán:

Tabla 3.8.
Intervalos de velocidad empleados en la ruta Troncal 4

	Intervalo de Distancias (m.)	Intervalo de Velocidad (km. /h.)	Intervalo de Velocidad (m. /s.)
Menores a 60 m.	0 - 30	15 - 25	4.17 - 6.94
	31 - 60	26 - 35	7.22 – 9.72
Mayores a 60 m.	61 en adelante	46 - 55	12.78 – 15.28

Nuestro propósito es conocer cual es el tiempo expresado en segundos que toma un bus troncal para llegar de un objeto a otro, para ello hacemos uso de la fórmula:

$$Tiempo = \frac{Espacio}{Velocidad}$$

Como contamos con un intervalo de velocidad, se calculará el tiempo de recorrido para el límite superior y el límite inferior, que luego serán utilizados para el cálculo de la media y desviación.

Tabla 3.9.
Intervalos de tiempo empleados en la ruta Troncal 4

Intervalo de Distancias (m.)		Intervalo de Velocidad (m. /s.)		Tiempo (s.)	
Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior
0	30	4,17	6,94	0,00	4,32
31	60	7,22	9,72	4,29	6,17
61	780	12,78	15,28	0,21	51,05

La obtención de la media del tiempo que toma el bus troncal para llegar de un objeto a otro, consiste en calcular el promedio entre el intervalo del tiempo; el valor de la desviación se lo obtiene de la diferencia entre un límite de tiempo y la media.

Por ejemplo, al calcular la media y desviación del tiempo que le toma llegar al bus troncal del Terminal al primer objeto en la secuencia (un paradero) ubicado a 300m.; es decir que la

velocidad del bus estará entre 12.78m./s. y 15.28m./s. En primer lugar calculamos los tiempos:

$$Tiempo_{límite_superior} = \frac{300 \text{ m}}{12.78 \text{ m/s}} = 23.48 \text{ segundos}$$

$$Tiempo_{límite_inferior} = \frac{300 \text{ m}}{15.28 \text{ m/s}} = 19.64 \text{ segundos}$$

Por tanto, el límite superior del tiempo de recorrido con una distancia de 300 metros y con una velocidad de 12.78 m./s. será 23.48 s. y el límite inferior del tiempo de recorrido con una distancia de 300 m. y con una velocidad de 15.28 m./s. será 19.64 s.

Conociendo el intervalo de tiempo, procedemos a calcular la media y desviación respectivamente:

$$Media = \frac{Tiempo(LímiteSuperior) + Tiempo(LímiteInferior)}{2}$$
$$Media = \frac{23.48 + 19.64}{2} = 21.56$$

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

$$Desviación = 23.48 - 21.56 = 1.92$$

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

$$Desviación = 21.56 - 19.64 = 1.92$$

Véase en el Anexo C, la secuencia de objetos empleada.

3.4. ANALISIS DE DATOS

El análisis de la información recolectada para el simulador, se dividirá en dos partes. En la primera parte se determinará que distribución de probabilidad tiene la variable *llegada de personas al paradero*, y en la segunda parte se hallará la distribución de probabilidad empírica que sigue la variable *destino de pasajeros*.

3.4.2. Llegada de las Personas al Paradero

Para efecto de simular la llegada de personas a cada uno de los paraderos que forman parte de la ruta Troncal 4, es importante conocer que tipo de distribución de probabilidad posee la información levantada en cada uno de los 12 paraderos en un día específico, durante las horas definidas.

Determinación de las Distribuciones de Probabilidad

Una distribución de probabilidad de una variable aleatoria X , es una descripción de las probabilidades asociadas con los valores posibles de X . Para una variable aleatoria discreta, es común especificar la distribución como una lista de los valores posibles junto con la probabilidad de cada uno; en algunos casos, resulta conveniente enunciar la probabilidad en términos de una función matemática.

- *Distribución y Proceso de Poisson*

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.

El número X de resultados favorables que ocurren durante un experimento de Poisson, se llama variable aleatoria de Poisson, y su distribución de probabilidades se llama *Distribución de Poisson*, siendo λ la cantidad promedio de resultados que ocurren en el intervalo o región específica.

La distribución de probabilidades de Poisson corresponde a la siguiente expresión:

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

Debido a las características que posee esta distribución, resulta de interés en nuestro caso para conocer si el

número de personas que llegan por minuto a cada uno de los paraderos que conforman la ruta Troncal 4, tiene distribución de Poisson. El objetivo es verificar utilizando bondad de ajuste probabilístico por el método de Kolmogorov y Smirnov (KS), si la variable aleatoria medida en la realidad corresponde al modelo de Poisson.

- *Bondad de Ajuste*

Se habla de bondad de ajuste porque se desea determinar cuán bien se ajusta el conjunto observado de datos, correspondiente a la llegada de personas a los paraderos, a un conjunto esperado de datos, la distribución Poisson.

- *Prueba de Hipótesis*

La hipótesis nula en general postula algún modelo usualmente conocido mientras que la alterna H_1 niega la hipótesis nula H_0 .

A continuación se verifica utilizando bondad de ajuste probabilística, si la variable aleatoria corresponde a un modelo Poisson. Se lo hace para todos los paraderos en las horas y días establecidos.

Flujo de personas: *Paradero 3, día lunes de 07:00 a.m.- 08:00 a.m.*

H₀: El flujo de personas que llegan al Paradero 3 el día lunes entre las 07:00 a.m. – 08:00 a.m., tiene distribución Poisson con media 4.7 personas por minuto.

H₁: El flujo de personas que llegan al Paradero 3 el día lunes entre las 07:00 a.m. – 08:00 a.m., no tiene distribución Poisson con media 4.7 personas por minuto.

Tabla 3.10.
Hipótesis de la Distribución del flujo de personas
Paradero 3, día lunes de 07h00 a 08h00

PARADA03	
Número de casos	60
Media	4,7
Desviación Estándar	2,506263341
Mínimo	0
Máximo	11
Poisson Parameter	4,70
Kolmogorov-Smirnov Z	0,50
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,96

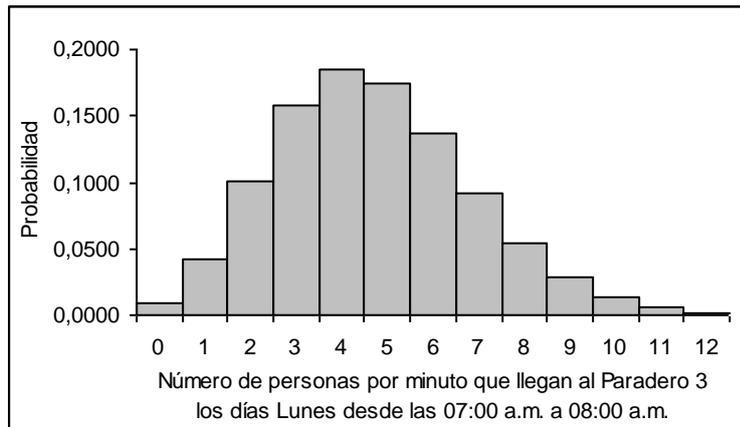
Para el contraste de hipótesis postulado utilizando el software estadístico SPSS 11.0, se obtuvo un estadístico de prueba 0.50, y siendo el valor p de la prueba 0.96, lo que nos indica que existe evidencia estadística para no rechazar H₀, es decir que el flujo de personas que llegan al

Paradero 3 los días lunes de 07h00 a 08h00 puede ser modelado con una distribución Poisson con media de 4.7 personas por minuto, siendo su distribución la siguiente:

$$P(X = x) = \begin{cases} \frac{e^{-4.7} 4.7^x}{x!}, & x = 1, 2, 3, \dots \\ 0, & \text{resto de } x \end{cases}$$

El histograma de probabilidades de una variable aleatoria Poisson con media de 4.7 personas por minuto se muestra en el Gráfico 3.1.

Gráfico 2.2.
Histograma de Probabilidad de una variable aleatoria Poisson
Con media 4.7 personas por minuto



Ver en el *Anexo D*, las medias utilizadas para la variable llegadas por minuto.

3.4.3. Destino de Pasajeros

Como se menciona anteriormente, se asoció el lugar de origen y destino de los pasajeros con los 30 paraderos que

conformaran la ruta Troncal 4; para organizar la información se utilizó una matriz. La ruta retorna paralelamente a su origen a partir del paradero 16 ubicado en Sucre y Chile, por esto los pasajeros que tienen como origen cualquiera de los paraderos comprendidos entre la Terminal o paradero 0 y el paradero 15 (Cristóbal Colón y Lorenzo de Garaicoa), tendrán como destino los 16 primeros paraderos; así mismo los usuarios que tengan como origen cualquiera de las paradas comprendidas entre el paradero 16 y el 29, tendrán como destino los 14 últimos paraderos de la ruta.

Determinación de la Probabilidad Empírica

La probabilidad empírica se basa en frecuencias relativas. La probabilidad de que un evento ocurra a largo plazo se determina observando en que fracción de tiempo sucedieron eventos semejantes en el pasado. Utilizando la fórmula:

$$\text{Probabilidad} = \frac{\text{Número de veces que ocurre el evento}}{\text{Número total de observaciones}}$$

Es decir, la función de probabilidad empírica de nuestra variable se obtiene dividiendo el número de personas que tienen por destino los distintos paraderos (tomados en un día

y hora específica), para el total de personas consultadas en determinada hora.

A continuación se calcula cual es la función de probabilidad empírica de la variable destino de pasajeros el día Lunes en el paradero 3.

Tabla 3.11.
Información para la variable *destino de pasajeros*
Paradero 3, día Lunes

		Horas			
		HORA 1	HORA 2	HORA 3	HORA 4
Paraderos	4	2	4	1	0
	5	8	7	1	0
	6	3	5	2	1
	7	14	13	1	0
	8	6	3	1	0
	9	8	4	5	3
	10	7	6	1	0
	11	9	13	8	5
	12	4	2	5	2
	13	7	1	8	0
	14	3	3	3	5
	15	14	11	4	1
	16	7	3	7	1
Total		92	75	47	18

En base a la información que posee la matriz y utilizando la fórmula de probabilidad empírica, obtenemos la probabilidad de que una persona teniendo como origen el paradero 3, tenga como destino otro de los paraderos que conforman la ruta Troncal 4.

Tabla 3.12.
Función de Probabilidad Empírica *destino de pasajeros*
Paradero 3, día Lunes

		HORAS				
		HORA 1	HORA 2	HORA 3	HORA 4	
Paraderos	4	0,02	0,05	0,02	0,00	
	5	0,09	0,09	0,02	0,00	
	6	0,03	0,07	0,04	0,06	
	7	0,15	0,17	0,02	0,00	
	8	0,07	0,04	0,02	0,00	
	9	0,09	0,05	0,11	0,17	
	10	0,08	0,08	0,02	0,00	
	11	0,10	0,17	0,17	0,28	
	12	0,04	0,03	0,11	0,11	
	13	0,08	0,01	0,17	0,00	
	14	0,03	0,04	0,06	0,28	
	15	0,15	0,15	0,09	0,06	
	16	0,08	0,04	0,15	0,06	
			1,00	1,00	1,00	1,00

CAPÍTULO 4

4. VALIDACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL SIMULADOR “SSIT4”

4.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente capítulo es realizar la validación del modelo de simulación creado para la ruta Troncal 4; para asegurarse de que sus resultados sean confiables y reflejen el comportamiento real de la transportación urbana en el sector suroeste de la ciudad. Este proceso de validación se realizará con la aplicación de pruebas, que se explicarán en este capítulo.

Una vez que se realice la validación del simulador, se procederá a efectuar un análisis de los resultados obtenidos con la implementación del simulador “SSIT4” en la ruta objeto de estudio.

4.2. VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Una de las principales etapas de la construcción de un modelo de simulación es la validación, a través de esta es posible detectar deficiencias en la formulación del modelo.

Debido a la no existencia de la ruta, la validación del simulador se realizará bajo un enfoque que determinará la confiabilidad del modelo en base a su comportamiento y a la coherencia de los resultados que se obtengan. En primer lugar, se utilizarán datos falsos, de una nueva ruta que está conformada por dos paraderos y un Terminal de integración, para luego implementar la ruta simulada. Se considera apropiado realizar las siguientes pruebas de validación:

- ✓ Validación Interna
- ✓ Degenerativa
- ✓ Condiciones Extremas
- ✓ Valores Fijos
- ✓ Consulta con Expertos

Prueba Validación Interna

El número de corridas de la simulación es uno de los factores que influye en los resultados que se obtienen. Cuando se realiza una corrida, el resultado promedio de las variables del sistema muestra un periodo de inestabilidad y, a mayor número de corridas este período se estabiliza, siendo esta estabilidad la que indica que las respuestas son confiables.

La prueba de validación interna busca que a mayor número de corridas de un modelo de simulación, los resultados converjan a un solo valor.

Las variables a utilizarse para la verificación de esta prueba son:

- ✓ *Contenido Promedio de la Cola de Espera de Pasajeros*
- ✓ *Longitud Máxima de Cola de Espera de Pasajeros*

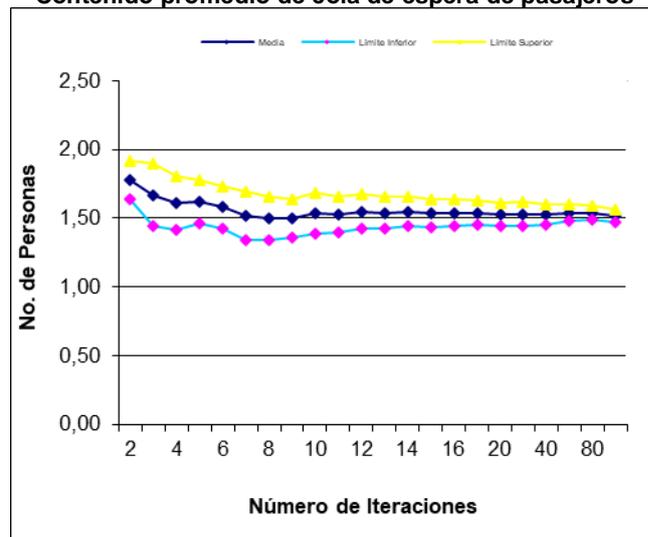
▪ **Contenido Promedio de la Cola de Espera de Pasajeros**

Tabla 4.1.
Prueba de Validación Interna para el
Contenido promedio de la cola de espera de los pasajeros

Número de Iteraciones	Media	Limite Inferior	Límite Superior
2	1.79	1.65	1.91
3	1.68	1.45	1.89
4	1.62	1.42	1.8
5	1.63	1.47	1.77
6	1.59	1.44	1.72
7	1.53	1.35	1.69
8	1.51	1.35	1.65
9	1.51	1.37	1.63
10	1.55	1.4	1.68
15	1.55	1.45	1.63
20	1.54	1.46	1.6

30	1.54	1.45	1.61
40	1.54	1.47	1.59
60	1.55	1.49	1.59
80	1.55	1.5	1.58
100	1.53	1.48	1.56

Gráfico 4.1
Prueba de Validación Interna para el
Contenido promedio de cola de espera de pasajeros



A medida que el número de iteraciones se incrementa, los resultados de esta variable convergen a un solo valor con un intervalo de confianza cada vez más pequeño.

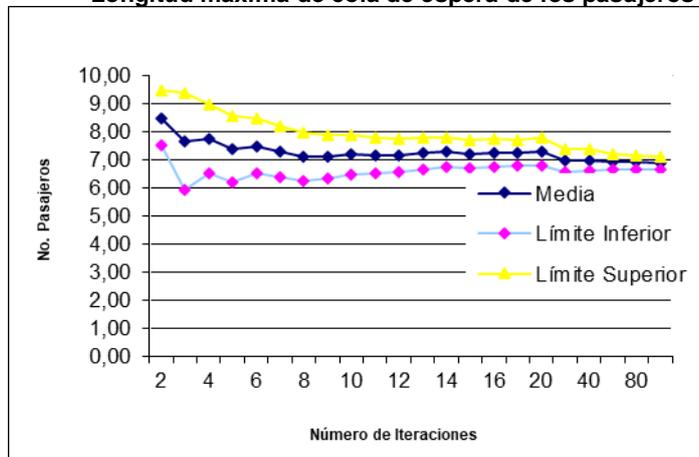
- **Longitud Máxima de la Cola de Espera de Pasajeros**

Tabla 4.2.
Prueba de Validación Interna para la
Longitud máxima de la cola de espera de los pasajeros

Número de Iteraciones	Media	Limite Inferior	Límite Superior
2	8.50	7.52	9.48
3	7.67	5.94	9.40
4	7.75	6.52	8.98
5	7.40	6.23	8.57
6	7.50	6.52	8.48
7	7.29	6.36	8.22

8	7.13	6.26	8.00
9	7.11	6.35	7.87
10	7.20	6.49	7.91
15	7.20	6.69	7.71
20	7.30	6.80	7.80
30	6.97	6.57	7.37
40	7.00	6.63	7.37
60	6.93	6.64	7.22
80	6.91	6.66	7.16
100	6.88	6.65	7.11

Gráfico 4.2
Prueba de Validación Interna para la
Longitud máxima de cola de espera de los pasajeros



El resultado de esta variable tiende a un solo valor, y la diferencia entre los límites superiores e inferiores es más pequeña a medida que el número de iteraciones aumenta.

Los resultados obtenidos con todas las variables de respuesta esperadas para este modelo son similares, por ello se concluye que el modelo de simulación ha superado la prueba de validación interna realizada.

Prueba Degenerativa

El objetivo de esta prueba radica en analizar el cambio en el comportamiento de dos variables relacionadas entre sí. Para nuestro análisis se analizará la relación causa efecto entre el comportamiento de las colas de espera y el tiempo entre salidas de los buses. Lo que se busca comprobar es que si la frecuencia con que salen los buses del terminal es mayor, la cantidad de personas sin ser atendidas debe ser menor y viceversa.

Las variables a utilizarse para la verificación de esta prueba son:

- ✓ *Tiempo entre salida de los buses troncales*
- ✓ *Cola Máxima de espera de Pasajeros*

Parámetros de Operación:

- ✓ *Tiempo de permanencia de los buses en el paradero*
Constante, 60 segundos
- ✓ *Tiempo entre llegada de las personas al paradero*
Exponencial con media 8, constante todo el día.
- ✓ *Distancia entre objetos*
700 m. El bus tomará un tiempo entre 41.88 +/- 3.12s. a una velocidad entre 56 y 65 km./h.
- ✓ *Horas y Días de Operación*
14 horas (desde las 5:00 a.m. hasta las 7:00 p.m.)
Día lunes.

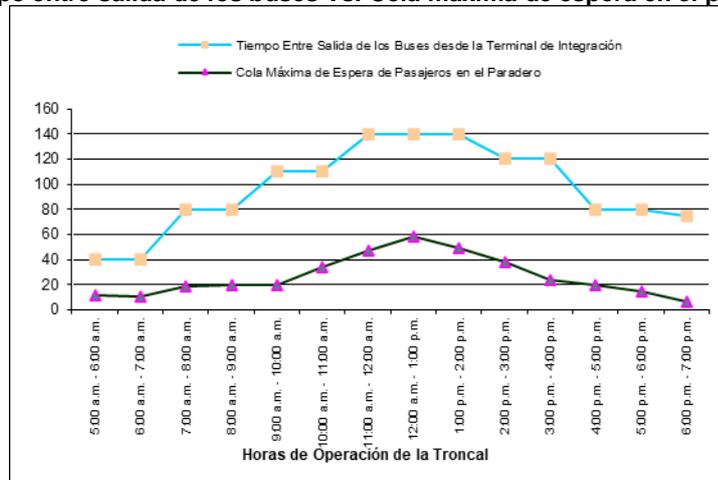
✓ *Tiempo entre salida de los buses desde la Terminal de Integración*

Tabla 4.3.
Tiempos entre salida de los buses desde la Terminal de Integración

Horas de Operación	Tiempo entre salidas de los buses (s.)
5:00 a.m. - 6:00 a.m.	40
6:00 a.m. - 7:00 a.m.	40
7:00 a.m. - 8:00 a.m.	80
8:00 a.m. - 9:00 a.m.	80
9:00 a.m. - 10:00 a.m.	110
10:00 a.m. - 11:00 a.m.	110
11:00 a.m. - 12:00 a.m.	140
12:00 a.m. - 1:00 p.m.	140
1:00 p.m. - 2:00 p.m.	140
2:00 p.m. - 3:00 p.m.	120
3:00 p.m. - 4:00 p.m.	120
4:00 p.m. - 5:00 p.m.	80
5:00 p.m. - 6:00 p.m.	80
6:00 p.m. - 7:00 p.m.	75

Empleando los parámetros operacionales definidos, se obtuvieron los siguientes resultados de la ruta diseñada para validar el simulador:

Gráfico 4.3
Prueba degenerativa
Tiempo entre salida de los buses Vs. Cola máxima de espera en el Paradero



Realizando una relación entre las dos variables se puede concluir que, un menor tiempo entre salida de los buses provoca que la cola máxima de espera de los pasajeros en los paraderos aumente, y por el contrario si existe un mayor tiempo entre salida de los buses, disminuye la cola máxima de espera de los paraderos. Por lo tanto se puede concluir que el simulador pasa la prueba de validación tomando en cuenta la relación de estas dos variables.

Prueba Condiciones Extremas

Esta prueba consiste en diseñar modelos para que opere el simulador en condiciones extremas, esta prueba comprende dos escenarios extremos, el simulador debe estar en la capacidad de proporcionar resultados coherentes para ambos escenarios:

- ✓ *Mayor oferta vs. Menor demanda*, todos los buses estén en circulación, mientras que la cantidad de personas que lleguen a los paraderos sea mínima.
- ✓ *Menor oferta vs. Mayor demanda*, la cantidad de buses en circulación será mínima, mientras que la cantidad de personas en los paraderos será máxima.

Las variables a utilizarse para la verificación de esta prueba son:

- ✓ *Cola Máxima de Espera de Pasajeros en el Paradero*

- ✓ *Tiempo Promedio de Espera de Pasajeros en el Paradero*
- ✓ *Máxima Utilización de los Buses*

Mayor Oferta vs. Menor Demanda

Parámetros de Operación:

- ✓ *Tiempo entre salida de los buses: Cada 60 segundos.*
- ✓ *Tiempo de permanencia de los buses troncales en el paradero: 120 segundos.*
- ✓ *Tiempo entre llegada de personas al paradero: Exponencial con media de 120 segundos, constante.*

Empleando los parámetros operacionales definidos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4.4.
Prueba Condiciones Extremas (mayor oferta vs. menor demanda)
Cola Máxima de Espera de Pasajeros en el Paradero

Horas de Operación de la Troncal	Cola Máxima de Espera en el Paradero
5:00 a.m. - 6:00 a.m.	2.75
6:00 a.m. - 7:00 a.m.	2.91
7:00 a.m. - 8:00 a.m.	2.61
8:00 a.m. - 9:00 a.m.	2.71
9:00 a.m. - 10:00 a.m.	2.61
10:00 a.m. - 11:00 a.m.	2.66
11:00 a.m. - 12:00 a.m.	2.96
12:00 a.m. - 1:00 p.m.	2.56
1:00 p.m. - 2:00 p.m.	2.61
2:00 p.m. - 3:00 p.m.	2.51
3:00 p.m. - 4:00 p.m.	2.41
4:00 p.m. - 5:00 p.m.	2.51
5:00 p.m. - 6:00 p.m.	2.51
6:00 p.m. - 7:00 p.m.	3

Tabla 4.5.
Prueba Condiciones Extremas (mayor oferta vs. menor demanda)
Tiempo promedio de espera de pasajeros en el paradero

Horas de Operación de la Troncal	Tiempo Promedio de Espera
5:00 a.m. - 6:00 a.m.	28.66
6:00 a.m. - 7:00 a.m.	29.98
7:00 a.m. - 8:00 a.m.	30.33
8:00 a.m. - 9:00 a.m.	29
9:00 a.m. - 10:00 a.m.	29.52
10:00 a.m. - 11:00 a.m.	29.25
11:00 a.m. - 12:00 a.m.	29.81
12:00 a.m. - 1:00 p.m.	29.35
1:00 p.m. - 2:00 p.m.	28.87
2:00 p.m. - 3:00 p.m.	31.07
3:00 p.m. - 4:00 p.m.	29.18
4:00 p.m. - 5:00 p.m.	28.55
5:00 p.m. - 6:00 p.m.	29.22
6:00 p.m. - 7:00 p.m.	28.2

Tabla 4.6.
Prueba Condiciones Extremas (mayor oferta vs. menor demanda)
Máxima utilización del bus

Horas de Operación de la Troncal	Máxima Utilización del Bus
5:00 a.m. - 6:00 a.m.	2.61
6:00 a.m. - 7:00 a.m.	2.46
7:00 a.m. - 8:00 a.m.	2.56
8:00 a.m. - 9:00 a.m.	2.76
9:00 a.m. - 10:00 a.m.	3.11
10:00 a.m. - 11:00 a.m.	2.81
11:00 a.m. - 12:00 a.m.	2.71
12:00 a.m. - 1:00 p.m.	2.96
1:00 p.m. - 2:00 p.m.	2.61
2:00 p.m. - 3:00 p.m.	2.71
3:00 p.m. - 4:00 p.m.	2.51
4:00 p.m. - 5:00 p.m.	2.76
5:00 p.m. - 6:00 p.m.	2.86
6:00 p.m. - 7:00 p.m.	2.81

Analizando este escenario podemos notar que, el contenido máximo de la cola de personas oscila entre 2 y 3, y el tiempo que tienen que esperar para tomar el bus es mínimo, ya que los buses salen cada

minuto, por otra parte la utilización máxima del bus está entre dos y tres asientos lo cual genera un desperdicio de recursos.

Menor Oferta vs. Mayor Demanda

Parámetros de Operación:

- ✓ *Tiempo* entre salida de los buses: Cada 1800 segundos.
- ✓ *Tiempo de permanencia de los buses troncales en el paradero*: 180 segundos.
- ✓ *Tiempo entre llegada de personas al paradero*: Exponencial con media de 10 segundos, constante.

Empleando los parámetros operacionales definidos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4.7.
Prueba Condiciones Extremas (menor oferta vs. mayor demanda)
Cola Máxima de Espera en el Paradero

Horas de Operación de la Troncal	Cola Máxima de Espera en el Paradero
5:00 a.m. - 6:00 a.m.	344.65
6:00 a.m. - 7:00 a.m.	698.65
7:00 a.m. - 8:00 a.m.	1051.95
8:00 a.m. - 9:00 a.m.	1409.05
9:00 a.m. - 10:00 a.m.	1772.35
10:00 a.m. - 11:00 a.m.	2122.25
11:00 a.m. - 12:00 a.m.	2484.25
12:00 a.m. - 1:00 p.m.	2844.45
1:00 p.m. - 2:00 p.m.	3202.25
2:00 p.m. - 3:00 p.m.	3573.15
3:00 p.m. - 4:00 p.m.	3934.95
4:00 p.m. - 5:00 p.m.	4289.65
5:00 p.m. - 6:00 p.m.	4645.35
6:00 p.m. - 7:00 p.m.	4999.84

Tabla 4.8.
Prueba Condiciones Extremas (menor oferta vs. mayor demanda)
Tiempo promedio de espera en el paradero

Horas de Operación de la Troncal	Tiempo Promedio de Espera
5:00 a.m. - 6:00 a.m.	1749.73
6:00 a.m. - 7:00 a.m.	2631.34
7:00 a.m. - 8:00 a.m.	2982.28
8:00 a.m. - 9:00 a.m.	3135.33
9:00 a.m. - 10:00 a.m.	3222.13
10:00 a.m. - 11:00 a.m.	3296.65
11:00 a.m. - 12:00 a.m.	3327.88
12:00 a.m. - 1:00 p.m.	3373.64
1:00 p.m. - 2:00 p.m.	3397.67
2:00 p.m. - 3:00 p.m.	3411.3
3:00 p.m. - 4:00 p.m.	3431.62
4:00 p.m. - 5:00 p.m.	3450.31
5:00 p.m. - 6:00 p.m.	3458.84
6:00 p.m. - 7:00 p.m.	3470.57

Tabla 4.9.
Prueba Condiciones Extremas (menor oferta vs. mayor demanda)
Máxima utilización del bus

Horas de Operación de la Troncal	Máxima Utilización del Bus
5:00 a.m. - 6:00 a.m.	170.58
6:00 a.m. - 7:00 a.m.	178.88
7:00 a.m. - 8:00 a.m.	179.18
8:00 a.m. - 9:00 a.m.	179.58
9:00 a.m. - 10:00 a.m.	178.68
10:00 a.m. - 11:00 a.m.	178.88
11:00 a.m. - 12:00 a.m.	178.68
12:00 a.m. - 1:00 p.m.	179.68
1:00 p.m. - 2:00 p.m.	179.58
2:00 p.m. - 3:00 p.m.	179.98
3:00 p.m. - 4:00 p.m.	179.28
4:00 p.m. - 5:00 p.m.	179.98
5:00 p.m. - 6:00 p.m.	179.58
6:00 p.m. - 7:00 p.m.	179.98

Analizando este escenario podemos notar que, las colas máximas de personas que esperan en el paradero se encuentran entre 300 y 4000 personas, con un tiempo de espera en el paradero entre 1000 y 3000 segundos, lo cual es completamente diferente al escenario anterior. Todo esto se debe al elevado tiempo entre salida de los buses troncales. Pero a diferencia del escenario anterior, este escenario se utiliza la mayoría de los recursos, pero se disminuye la satisfacción en los pasajeros, ya que los tiempos de espera en los paraderos son muy elevados.

Los resultados obtenidos nos muestran que los resultados que el simulador brinda son resultados coherentes, aún cuando el escenario de operación de la ruta está dado en condiciones extremas de trabajo.

Prueba Valores Fijos

Esta prueba consiste en analizar el modelo y obtener resultados del mismo en forma analítica, para luego contrastarlos con el obtenido en el simulador, es necesario hacer uso de valores constantes para realizar este contraste. La ruta de prueba estará conformada por dos paraderos y una Terminal.

Parámetros de Operación:

- ✓ *Distancia entre Objetos*

Tabla 4.10.
Prueba Valores Fijos
Distancia entre Objetos

Secuencia de Objetos		Distancia (s.)
Desde	Hasta	
Terminal de Integración	Paradero 1	20
Paradero 1	Paradero 2	20
Paradero 2	Terminal de Integración	20

- ✓ *Día y Hora de operación:*

Cinco horas (5:00 a.m. hasta la 1:00 p.m.) Día lunes

- ✓ *Tiempo entre llegada de las personas a los paraderos*

Tabla 4.11.
Prueba Valores Fijos
Tiempo entre llegada de las personas a los paraderos

<i>La Terminal de integración no recibirá pasajeros</i>	Tiempo Entre Llegada
Paradero 1	Cada 10 segundos
Paradero 2	Cada 20 segundos

- ✓ *Destino de los Pasajeros*

Terminal de Integración.

- ✓ *Tiempo entre salida de los buses desde la Terminal de Integración:*

150 segundos.

- ✓ *Tiempo de Permanencia de los buses en los paraderos:*

Tabla 4.12.
Tiempo de Permanencia de los buses en los paraderos

	Tiempo de Permanencia
Paradero 1	40 segundos
Paradero 2	100 segundos

- ✓ *Comportamiento de las Colas de Espera en los paraderos*

Aleatorio

- ✓ *Comportamiento de los Ascensos y Descensos de los buses*

Las subidas a los buses serán independientes de las bajadas.

- ✓ *Comportamiento de la espera de los buses en los paraderos*

Fijo.

Empleando los parámetros operacionales definidos sin ninguna alteración, se obtuvieron los siguientes resultados de la ruta diseñada para validar el simulador:

Forma Analítica

- **Número de buses que llegan a los Paraderos y Terminal de Integración.**

Tabla 4.13.
Prueba Valores Fijos (Forma Analítica)
Número de buses que llegan a los objetos

Horas de Operación	No. de buses que llegan a los Objetos		
	Paradero 1	Paradero 2	Terminal de Integración
5:00 a.m. - 6:00 a.m.	23	23	22
6:00 a.m. - 7:00 a.m.	24	24	24
7:00 a.m. - 8:00 a.m.	24	24	24
8:00 a.m. - 9:00 a.m.	24	24	24
9:00 a.m. - 10:00 a.m.	24	24	24
10:00 a.m. - 11:00 a.m.	24	24	24
11:00 a.m. - 12:00 a.m.	24	24	24
12:00 a.m. - 1:00 p.m.	24	24	24

- **Tiempo de Recorrido de Toda la Ruta**

Se obtiene de la suma de los siguientes elementos:

Tabla 4.14.
Prueba Valores Fijos (Forma Analítica)
Tiempo que tarda el bus en llegar a cada uno de los objetos que conforma la ruta

Elementos	Tiempo (s.)
Tiempo que Tarda el Bus en llegar al Paradero 1	20
Tiempo que permanecerá el bus en el Paradero 1	40
Tiempo que Tarda el Bus en llegar al Paradero 2	20
Tiempo que permanecerá el bus en el Paradero 2	100
Tiempo que Tarda el Bus en llegar al Terminal	20
TIEMPO TOTAL	200 seg.

- **Número de Personas que llegan a los paraderos 1 y 2**

Paradero 1

En una hora llegarán 360 personas, el tiempo entre llegada de las personas al paradero 1 es 10 segundos.

Paradero 2

En una hora llegarán 180 personas, el tiempo entre llegada de las personas al paradero 2 es 20 segundos.

- **Número de Vueltas de Buses**

Se lo puede determinar, calculando la hora de retorno de los buses al Terminal tomando en cuenta el tiempo entre salida de los buses desde la Terminal de Integración (150 segundos) y el tiempo de recorrido de toda la ruta (200 segundos).

La primera hora de operación de la ruta finaliza con un tiempo de 3600 segundos, el número de vueltas que realizan los buses es

22, mientras que en las siguientes horas los buses realizan 24 vueltas.

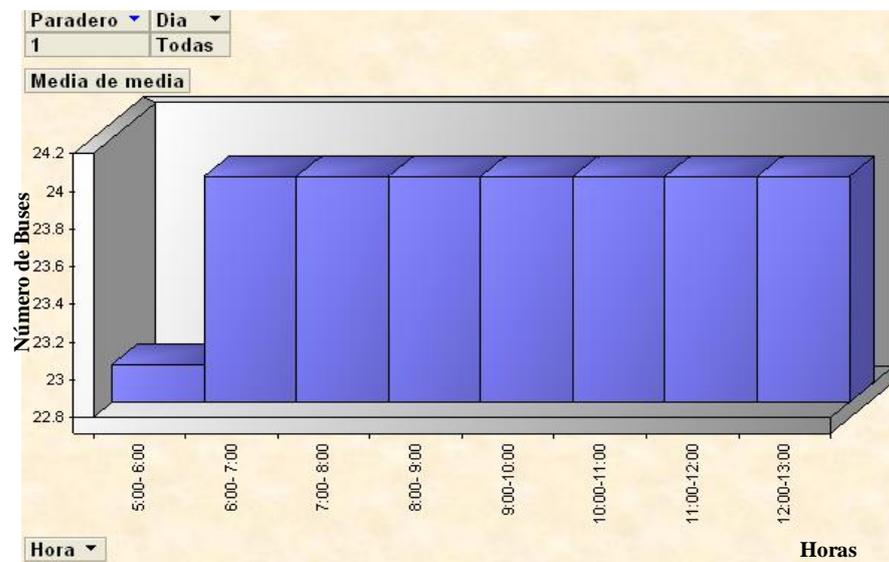
Simulación

A continuación se muestran los resultados obtenidos en la simulación de la ruta de prueba, para verificar si los resultados obtenidos de forma analítica concuerdan con los proporcionados por el simulador.

▪ **Número de Buses que llegan a los Paraderos 1 y 2**

Paradero 1

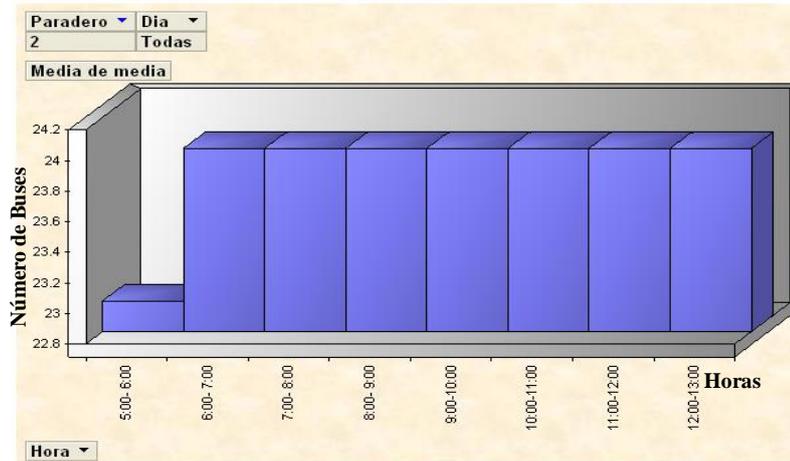
Gráfico 4.4
Número de Buses que llegan al Paradero 1



El gráfico indica que en la primera hora (5:00 a.m. – 6:00 a.m.) al paradero 1 ingresan 23 buses, en el resto de horas de operación de la troncal ingresan al paradero 24 buses.

Paradero 2

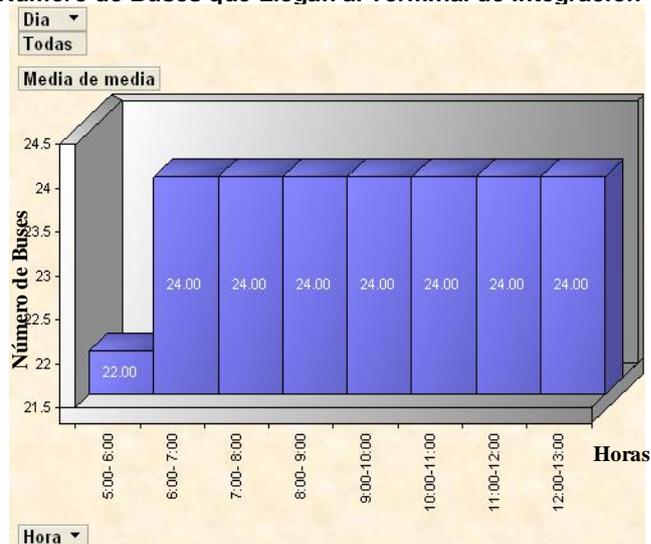
Gráfico 4.5
Número de Buses que llegan al Paradero 2



En la primera hora (5:00 a.m. – 6:00 a.m.) al paradero 2 ingresan 23 buses, mientras que en las demás horas de operación de la troncal ingresan al paradero 24 buses.

Terminal de Integración

Gráfico 4.6
Número de Buses que Llegan al Terminal de Integración



El gráfico indica que en la primera hora (5:00 a.m. – 6:00 a.m.) llegan al terminal de integración 22 buses, mientras que en las demás horas de operación, al terminal ingresan 24 buses.

- **Tiempo Total de Recorrido de Toda la Ruta**

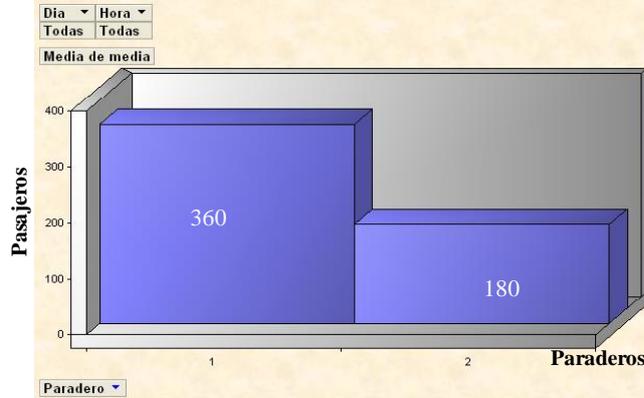


El tiempo total de recorrido de toda la ruta en cada hora es 200 segundos, como lo demuestra la gráfica.

- **Numero de Pasajeros que Entraron a los Paraderos**

Al paradero 1 ingresaron 360 personas, al paradero 2 ingresaron 180 personas.

Gráfico 4.8
Número de Pasajeros que Entraron a los Paraderos



▪ **Número Total de Vueltas**

Gráfico 4.9
Número Total de Vueltas



En la primera hora de operación de la troncal 22 buses completan el recorrido, en el resto de horas de operación 24 buses finalizaron el recorrido.

El modelo de simulación demostró que sus resultados son confiables, los resultados que se obtuvieron fueron igual a los

obtenidos de manera analítica, lo cual demuestra que el modelo de simulación es válido.

Prueba Consulta con Expertos

Era necesaria la participación del principal usuario del mismo, el Departamento Municipal de Transporte de la M.I. Municipalidad de Guayaquil, para llevar a cabo esta prueba. Ellos se encargaron de analizar la lógica del funcionamiento de cada uno de los procesos que simulará la Troncal 4, como así también analizaron los resultados obtenidos en la simulación, los cuales según los expertos son coherentes y confiables.

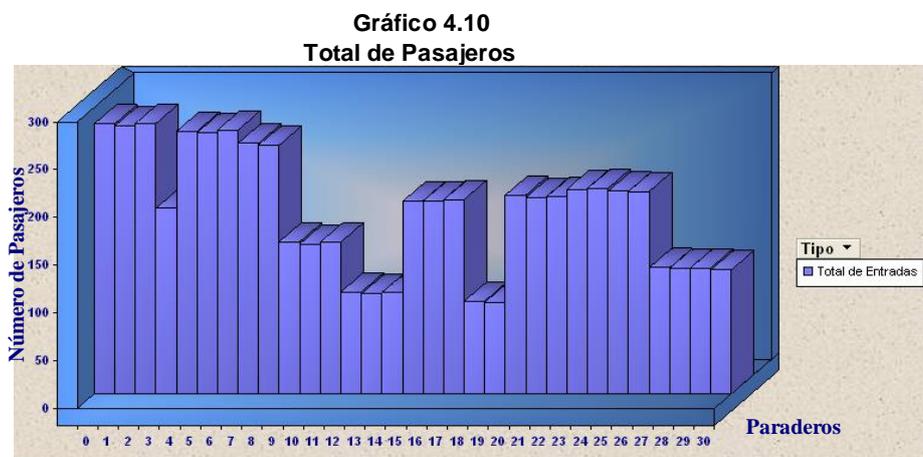
4.3. IMPLEMENTACIÓN DEL SIMULADOR “SSIT4 “

Una vez que se realizó la validación del simulador SSIT4 con datos falsos en la sección anterior y está resultó exitosa; se puede simular el comportamiento de la ruta Troncal 4 para la cual fue diseñado, empleando los parámetros y políticas de funcionamiento definidos en capítulos anteriores.

Los resultados que se presentan serán utilizados exclusivamente para verificar que sean coherentes y no para la toma de decisiones por parte de los interesados.

El simulador “SSIT4” entrega los resultados que se plantearon al iniciar la construcción del mismo, éstos se presentan a continuación:

- *De los paraderos y estaciones de transferencia*
 - *Colas de espera de Pasajeros*
 - ✓ Total de pasajeros que entraron al paradero o estación de transferencia.



El gráfico 4.13 muestra la cantidad de pasajeros que llegan en promedio a cada paradero diariamente, a los primeros paraderos de la ruta, ubicados en el sector Batallón del Suburbio, llegan en promedio 284 pasajeros, mientras que los paraderos 14 -18 ubicados en el sector central de la ciudad reciben entre 106 y 204 pasajeros aproximadamente durante todo el día; esto ocurre debido a que todos los posibles usuarios de la ruta Troncal 4 son moradores del sector del Batallón en su mayoría.

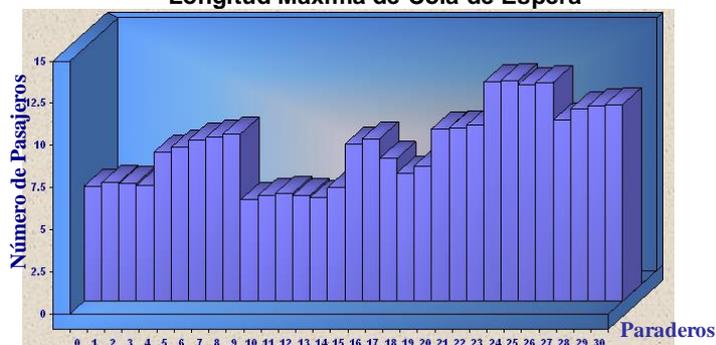
- ✓ Longitud promedio de cola de espera.



La longitud promedio de la cola de espera se mantendrá en 4 personas por paradero, esta cola se mantendrá con mayor seguridad por el sector de los paraderos ubicados en la Av. Portete pero para dirigirse al Batallón. Mientras que en los paraderos 12 – 13 ubicados a lo largo de la Av. Quito, la cantidad promedio de la cola es de una persona por paradero.

- ✓ Longitud máxima de la cola de espera.

Gráfico 4.12
Longitud Máxima de Cola de Espera



Esta información ayudará a determinar la capacidad que debe tener cada paradero para satisfacer las colas máximas generadas por las personas que esperan el bus troncal.

Las longitudes máximas de las colas de espera se generan en tres sectores principales, como se puede apreciar en el gráfico. A partir del paradero 5 ubicado en el populoso sector de la 29 y Portete hasta finalizar esta avenida, se mantiene entre los 10 pasajeros, el máximo de personas en cola de espera.

Así mismo el sector de los paraderos centrales ubicados cerca de la estación de retorno en Pedro Carbo y Sucre mantendrá una cola máxima de 10 pasajeros y finalizar el recorrido de la ruta Troncal 4. Finalmente el tercer sector

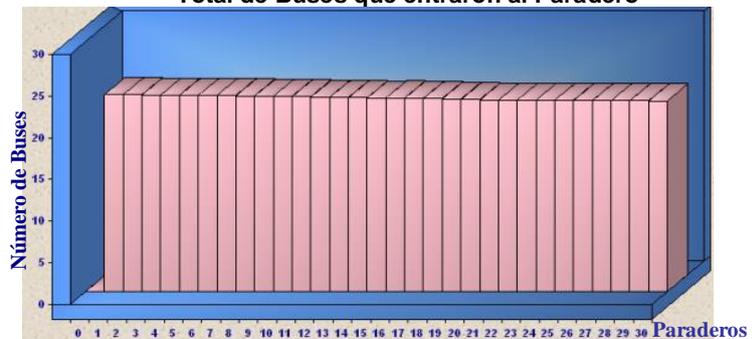
es el ubicado por el Hospital Guayaquil, cerca de los paraderos 24 – 26, mantendrá como máximo una cola de aproximadamente 15 pasajeros por paradero.

- *Colas de espera de Buses*

Es importante recordar que la estructura de los paraderos sólo cuenta con un espacio para que el bus se estacione, por lo que si el espacio está ocupado, el siguiente bus tendrá que esperar, generándose una cola hasta que se desocupe el espacio.

- ✓ Total de buses que entraron al paradero o estación.

Gráfico 4.13
Total de Buses que entraron al Paradero



El número total de buses troncales que entraron a cada paradero es 23 buses.

- ✓ Total de buses que entraron al paradero o estación sin hacer cola.



A lo largo de la ruta troncal 4, el bus entra sin hacer cola en los primeros 12 paraderos, pero luego de ingresar al sector céntrico de Guayaquil, cercano al sector del paradero 14, ubicado en Colón y Lorenzo de Garaicoa aproximadamente de los 23 buses que entran sólo 20 no harán cola para ingresar a los paraderos.

- ✓ Tiempo promedio de espera en cola.



Como se vio en el gráfico 4.17, la cola de buses se origina cerca del paradero 14 ubicado en Cristóbal Colón y Lorenzo de Garaycoa, esto le toma al bus un tiempo promedio de espera de 5-6 segundos aproximadamente, mientras el paradero se desocupa.

- ✓ Longitud promedio de cola de espera de buses.



Es importante recalcar la relación directa que tienen los gráfico 4.17, 4.18 y 4.19, todos ellos manejan la información con respecto a la cola de espera de los buses; queda comprobado una vez más que los resultados del simulador “SSIT4” son coherentes.

- *Ascensos y Descensos de Pasajeros*

Los paraderos que se encuentran al inicio de la ruta mantienen un ascenso de pasajeros similar al de los

paraderos del centro. No ocurre lo mismo con las bajadas, los descensos de los pasajeros se incrementan a medida que aumenta la distancia entre el paradero de origen y el paradero de destino.

- ✓ Cantidad promedio de pasajeros que ascendieron y descendieron.

Gráfico 4.17
Cantidad Promedio de Ascenso de Pasajeros

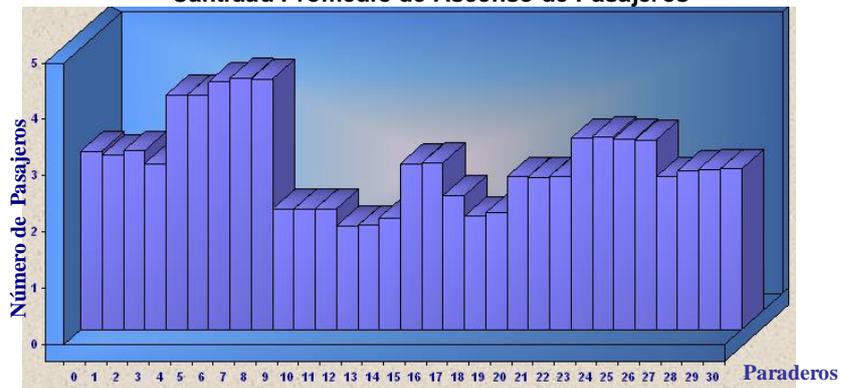
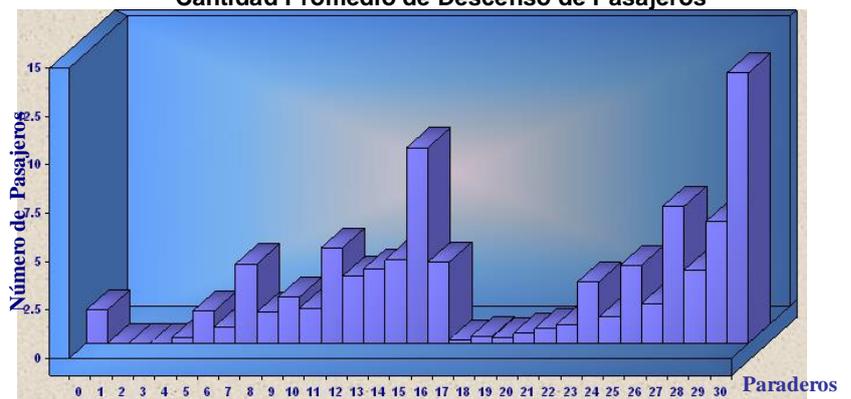


Gráfico 4.18
Cantidad Promedio de Descenso de Pasajeros

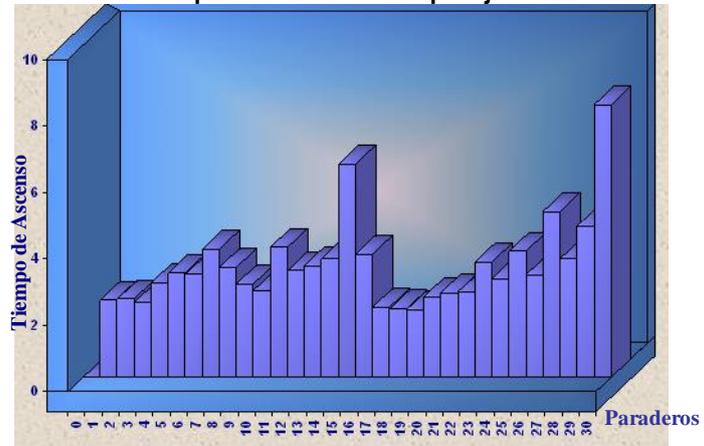


El ascenso de pasajeros es mayor en el sector comprendido desde el paradero 5 (Assad Bucaram y Portete), punto de intersección con la ruta Troncal 5, hasta terminar la Av. Portete, recordemos que este un sector muy poblado.

El descenso de pasajeros es notorio en el paradero 16 (Sucre y Chile), retorno de la ruta y en el paradero 30 (Terminal de Integración), parte final de la misma. En promedio se bajan 10 personas en el paradero 16, uno de los paraderos más importantes de la ruta Troncal 4, dada a su ubicación céntrica y en el paradero 30 el promedio de bajadas es de 15 personas. Esta información se basa en la matriz origen destino, obtenida de la encuesta realizada a los moradores del sector

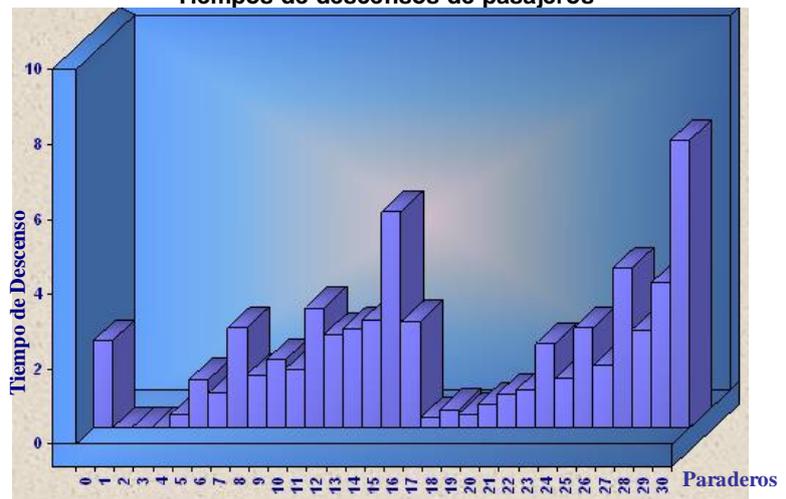
- ✓ Tiempos en ascensos y descensos en el paradero o estación.

Gráfico 4.19
Tiempos de ascensos de pasajeros



Los usuarios de la ruta Troncal 4 toman mayor tiempo para ascender al bus troncal, especialmente en el paradero de retorno ubicado en Pedro Carbo y Sucre, el tiempo de ascenso de pasajeros es 6 segundos aproximadamente.

Gráfico 4.20
Tiempos de descensos de pasajeros



El descenso de las personas en los paraderos toma más tiempo en el paradero 16 ubicado cerca de Sucre y Pedro Carbo, este tiempo es de aproximadamente 8 segundos. En la estación o Terminal de transferencia demora 8 segundos el proceso de bajada del bus troncal.

Tiempos promedios de recorridos hasta los paraderos.

Tabla 4.15.
Tiempos Promedios de Recorrido hasta los Paraderos

Paradero	Segundos	Minutos	Paradero	Segundos	Minutos
1	21.55	0.36	16	1346.39	22.44
2	113.5	1.89	17	1438.66	23.98
3	173.55	2.89	18	1537.2	25.62
4	239.24	3.99	19	1668.8	27.81
5	326.66	5.44	20	1753.47	29.22
6	366.82	6.11	21	1826.08	30.43
7	428.91	7.15	22	1925.06	32.08
8	497.64	8.29	23	2011.43	33.52
9	616.56	10.28	24	2058.79	34.31
10	670.67	11.18	25	2118.04	35.30
11	755.78	12.60	26	2185.8	36.43
12	1011.71	16.86	27	2248.62	37.48
13	1093.77	18.23	28	2312.51	38.54
14	1151.96	19.20	29	2396.44	39.94
15	1279.92	21.33	30	2452.59	40.88

Gráfico 4.21
Tiempos Promedios de Recorrido hasta los Paraderos



El tiempo que transcurre el bus desde que sale de la Terminal o Paradero 0 hasta llegar a cada uno de sus posibles destinos se muestra en el gráfico 4.24. La simulación de la ruta indica que el bus tardará 2452 segundos, es decir aproximadamente 41 minutos, para poder llegar al paradero 30, final del recorrido. No olvidemos que la ruta Troncal 4 parte del Batallón del Suburbio va al Centro pero retorna al Batallón finalmente.

- *Utilización de la capacidad de los buses*
 - ✓ Máxima capacidad utilizada del bus



Cuando el bus llega al paradero 24, ubicado cerca del Hospital Guayaquil, este lleva 54 asientos ocupados, es decir que el simulador permitirá conocer la cantidad determinada de asientos ocupados con la que un bus llega de un paradero a otro.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo presenta las principales conclusiones del simulador “SSIT4”, Troncal 4 “Batallón del Suburbio-Centro Urbano.

Con los resultados obtenidos podemos concluir que:

1. El tiempo que tomará el bus troncal en recorrer la ruta Troncal 4, es como máximo de 40 minutos con 53 segundos y como mínimo 40 minutos con 29 segundos, a una velocidad promedio de 46 km. /h.
2. Diariamente deben circular 23 buses troncales para satisfacer la demanda de pasajeros de la ruta, cada bus realizará 22 vueltas a lo largo de toda la ruta. La Municipalidad ha estipulado que en cada

Terminal de integración existan siempre disponibles para los pasajeros
6 buses troncales.

3. Del número mínimo de buses que ingresan a los paraderos, un 13.85% tuvo que hacer cola en el transcurso del día, ya que el espacio en el paradero estaba ocupado por otro bus. El máximo tiempo que el bus tuvo que esperar en cola para ingresar a un paradero fue de 6 segundos.
4. La longitud máxima de la cola de espera es de 15 personas, situación que ocurre en el paradero 23 ubicado en Portete y Milagro. Las horas donde se produce la máxima longitud en la cola de espera de pasajeros son 05h00 – 06h00, 07h00-10h00 y 16h00-20h00.
5. El paradero que tuvo menor cola de espera fue el ubicado en Cristóbal Colón y Lorenzo de Garaycoa, la cola fue de 6 personas en promedio.
6. El tiempo máximo que las personas tuvieron que esperar en el paradero, hasta que llegue el bus troncal fue 17.24 minutos, esto se produce de 5:00-6:00 a.m. en el último paradero de la ruta. El tiempo promedio de espera del pasajero en el paradero es de 2 minutos.

7. El mayor número de ascensos de pasajeros por paradero es de 107 y se produce en el paradero ubicado en Portete y Milagro, los paraderos cercanos a este mantienen un número de ascensos similares.

8. El mayor número de descensos de pasajeros por paradero es notorio en tres paraderos de la ruta Troncal 4. En primer lugar, el paradero 30 ubicado al finalizar la ruta descienden 317 pasajeros, seguido por el paradero 16 ubicado en el centro, Sucre y Chile donde descienden 241 personas y finalmente en el paradero 27 ubicado por el Hospital Guayaquil se contabilizaron 167 descensos.

Las recomendaciones que se pueden dar son:

1. Utilizar este estudio como punto de partida para elaborar un diseño eficiente y efectivo para el funcionamiento de la ruta Troncal 4.

2. Se requiere una muestra estadística representativa, por ello es importante diseñar una metodología más adecuada para la recolección de datos, los criterios utilizados para el levantamiento de la información deben ser más confiables.

3. Almacenar la información a través del tiempo, las series históricas o de tiempo son datos útiles y de rápido procesamiento para convertirlos en información para este tipo de estudio.
4. Emplear los resultados obtenidos en el presente estudio, con la finalidad de tener una guía o fuente de información acerca del espacio físico que se requiere para cada paradero.
5. Reconsiderar la política que la Municipalidad ha adoptado con respecto al número de buses que corresponden al margen de seguridad en la Terminal de Integración, dado que el número de buses que funcionan a lo largo de la ruta satisfacen la demanda sin superar su capacidad.

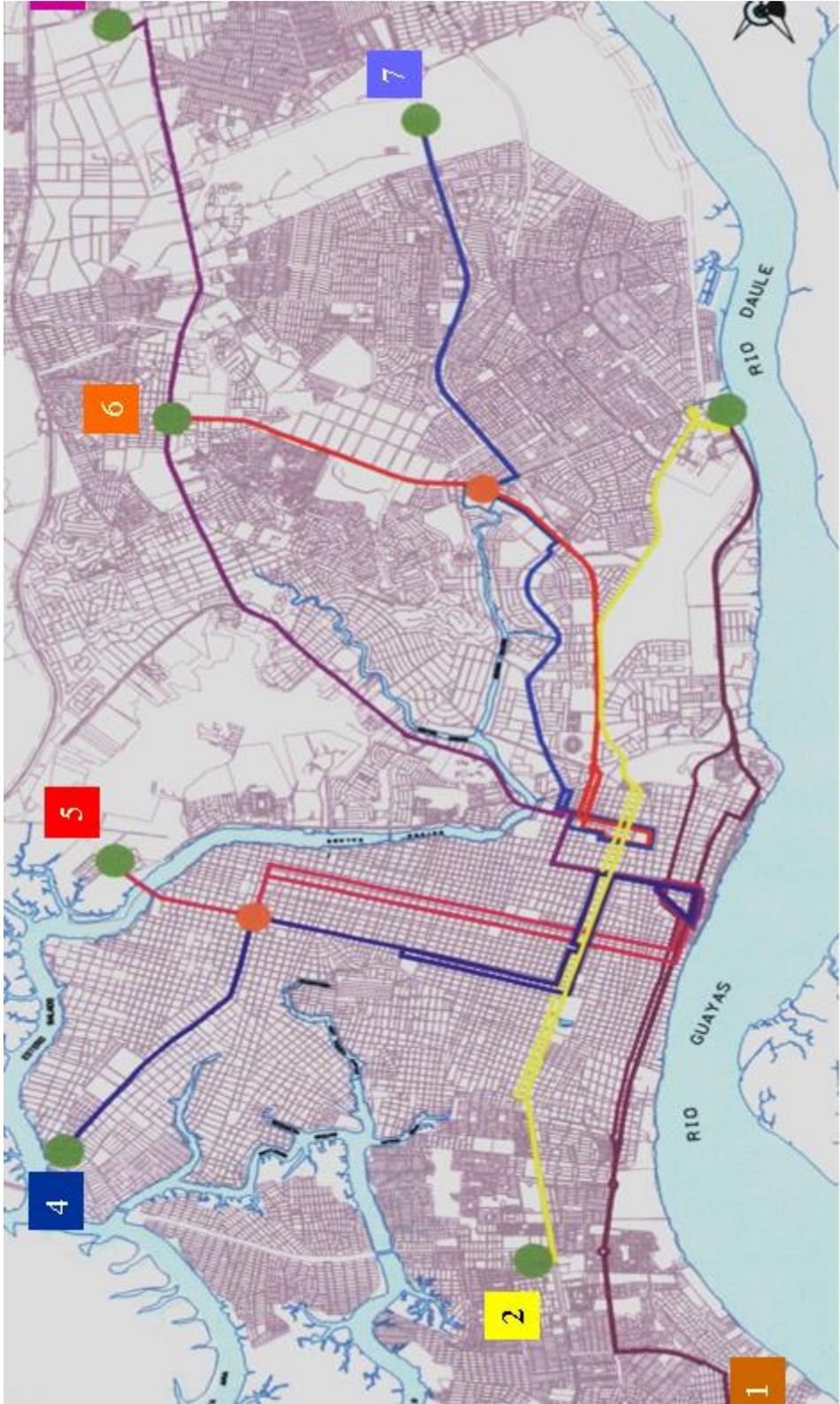
BIBLIOGRAFÍA

1. **GEOFFREY GORDON** (1980), *“Simulación de Sistemas”*. Prentice – Hall Hispanoamericana, México D.F.
2. **MOHAMMAD AZARANG E., EDUARDO GARCÍA D.** (1996), *“Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos”*. MCGRAW-HILL, México D.F.
3. **RAÚL COSS BÚ** (1991), *“Simulación un Enfoque Práctico”*. Editorial LIMUSA, México D.F.
4. **FREUND J., WALPOLE R.** (1990), *“Estadística Matemáticas con Aplicaciones”*. Prentice – Hall Hispanoamericana, S.A. México.
5. **PÉREZ C.** (2000), *Teoría del Muestreo Estadístico*. RA-MA Editorial. Madrid – España.
6. **ROBERT O. KUEHL** (2001), *“Diseño de Experimentos”*. Thomson Learning, México D.F.
7. **JOHN E. FREUD, IRWIN MILLER, MARYLEES MILLER** (2000), *“Estadística Matemática con Aplicaciones”*. PEARSON EDUCACIÓN. México.
8. **DOUGLAS C. MONTGOMERY** (1991), *“Diseño y Análisis de Experimentos”*. Grupo Editorial Iberoamérica. México D.F.
9. **DIRECVENTAS** (2003), *“Recorridos, Guia de la Ciudad y del Transporte”*. SENEFELDER. Guayaquil-Ecuador.

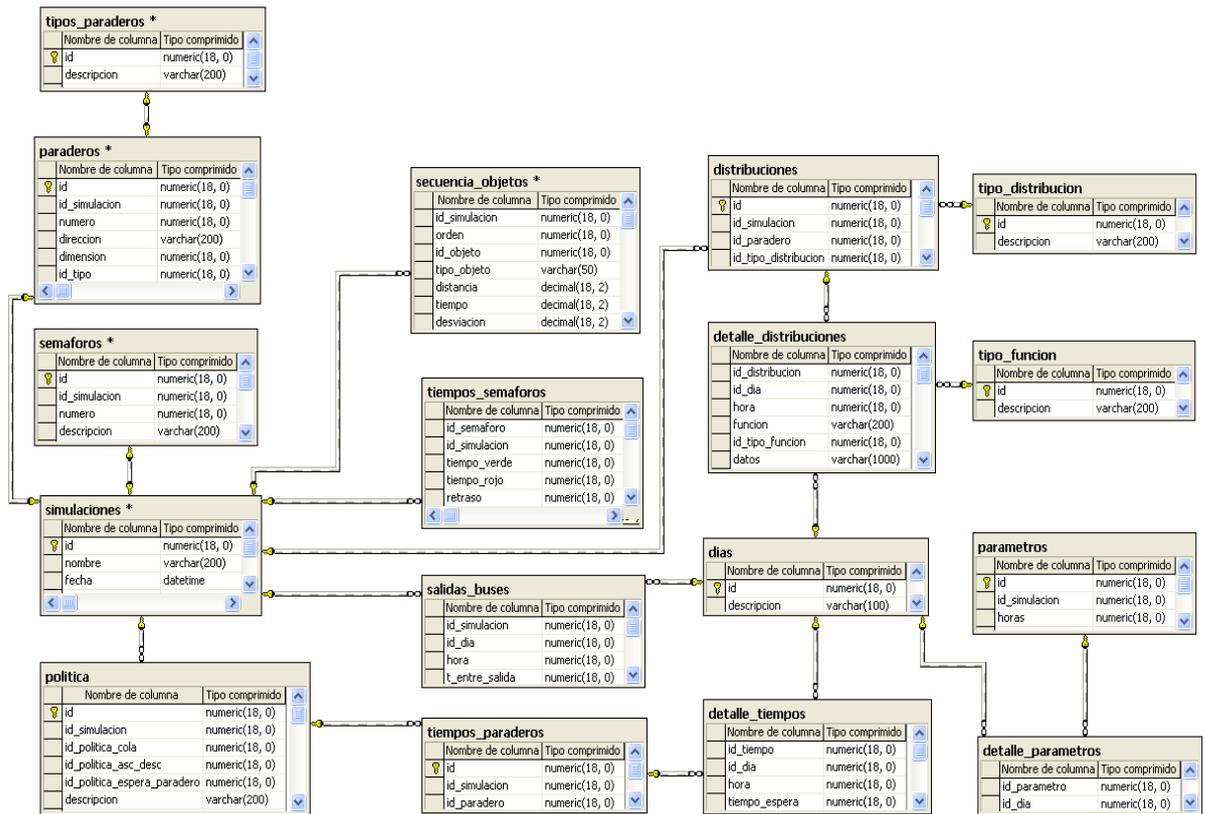
10. **El Universo** (2004), *“Sistema de Transporte Urbano - Metrovía Troncal 1”*. <http://www.eluniverso.com>
11. **M.I. Municipalidad de Guayaquil** (2005), *“Plan de Racionalización de Transporte Urbano – Metrovía”*, <http://www.gye.gov.ec>, <http://www.metrovia-gye.com>
12. **M.I. Municipalidad de Guayaquil**, *“Elaboración de Prediseños y Diseños definitivos de las Paradas del Sistema Troncalizado de Transporte Público de la Ciudad de Guayaquil: Primera Etapa”*, Julio del 2002.
13. **M.I. Municipalidad de Guayaquil**, *“Plan de Racionalización del Transporte Público de la Ciudad de Guayaquil”*, Agosto del 2002.
14. **M.I. Municipalidad de Guayaquil**, *“Plan de Transporte Masivo Urbano de la Ciudad de Guayaquil, Implantación del Corredor Troncal No. 1”*, Diciembre del 2002.
15. **M.I. Municipalidad de Guayaquil**, *“Información sobre el Sistema de Transporte Masivo de Pasajeros de la Ciudad de Guayaquil- Metrovía”*, Octubre del 2003.
16. **Laurent Ortiz**, *“Guayaquil racionalizará en breve su transporte público”*, Octubre del 2003
17. **M.I. Municipalidad de Guayaquil**, *“Informe del Plan de Racionalización del Transporte Público Masivo de la Ciudad de Guayaquil- Metrovía”*, Octubre del 2004.

18. M.I. Municipalidad de Guayaquil, “Ordenanza que Crea y Reglamenta el Sistema Integrado de Transporte Masivo Urbano de la Ciudad de Guayaquil- Sistema Metrovía”, Diciembre del 2004.

ANEXO A.
SISTEMA DE TRANSPORTACION MASIVA DE PASAJEROS PARA LA CIUDAD
DE GUAYAQUIL



ANEXO B. DIAGRAMA ENTIDAD RELACIÓN



**ANEXO C
SECUENCIA DE OBJETOS**

Nº OBJETO	SECUENCIA	DISTANCIA ENTRE OBJETOS	VELOCIDAD KM./H		VELOCIDAD M/S		SUPERIOR
			MINIMA	MAXIMA	MINIMA	MAXIMA	
1	PARADERO	300	46	55	12.78	15.28	23
2	SEMAFORO	350	46	55	12.78	15.28	27
3	SEMAFORO	450	46	55	12.78	15.28	35
4	PARADERO	300	46	55	12.78	15.28	23
5	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
6	PARADERO	600	46	55	12.78	15.28	46
7	SEMAFORO	50	26	35	7.22	9.72	6
8	SEMAFORO	450	46	55	12.78	15.28	35
9	PARADERO	200	46	55	12.78	15.28	15
10	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
11	SEMAFORO	500	46	55	12.78	15.28	39
12	PARADERO	380	46	55	12.78	15.28	29
13	SEMAFORO	20	15	25	4.17	6.94	4
14	PARADERO	380	46	55	12.78	15.28	29
15	SEMAFORO	20	15	25	4.17	6.94	4
16	PARADERO	675	46	55	12.78	15.28	52
17	SEMAFORO	25	15	25	4.17	6.94	6
18	PARADERO	780	46	55	12.78	15.28	61
19	SEMAFORO	20	15	25	4.17	6.94	4
20	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
21	SEMAFORO	300	46	55	12.78	15.28	23
22	PARADERO	780	46	55	12.78	15.28	61
23	SEMAFORO	20	15	25	4.17	6.94	4
24	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
25	PARADERO	100	46	55	12.78	15.28	7
26	SEMAFORO	200	46	55	12.78	15.28	15
27	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
28	SEMAFORO	300	46	55	12.78	15.28	23
29	PARADERO	100	46	55	12.78	15.28	7
30	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
31	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
32	SEMAFORO	500	46	55	12.78	15.28	39
33	SEMAFORO	200	46	55	12.78	15.28	15
34	SEMAFORO	200	46	55	12.78	15.28	15
35	SEMAFORO	200	46	55	12.78	15.28	15
36	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
37	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
38	PARADERO	80	46	55	12.78	15.28	6
39	SEMAFORO	20	15	25	4.17	6.94	4
40	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
41	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
42	PARADERO	80	46	55	12.78	15.28	6
43	SEMAFORO	20	15	25	4.17	6.94	4
44	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
45	PARADERO	280	46	55	12.78	15.28	21

46	SEMAFORO	20	15	25	4.17	6.94	4
47	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
48	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
49	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
50	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
51	PARADERO	100	46	55	12.78	15.28	7
52	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
53	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
54	PARADERO	80	46	55	12.78	15.28	6
55	SEMAFORO	20	15	25	4.17	6.94	4
56	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
57	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
58	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
59	PARADERO	80	46	55	12.78	15.28	6
60	SEMAFORO	20	15	25	4.17	6.94	4
61	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
62	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
63	SEMAFORO	400	46	55	12.78	15.28	31
64	PARADERO	80	46	55	12.78	15.28	6
65	SEMAFORO	20	15	25	4.17	6.94	4
66	SEMAFORO	300	46	55	12.78	15.28	23
67	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
68	PARADERO	80	46	55	12.78	15.28	6
69	SEMAFORO	20	15	25	4.17	6.94	4
70	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
71	SEMAFORO	200	46	55	12.78	15.28	15
72	SEMAFORO	300	46	55	12.78	15.28	23
73	PARADERO	280	46	55	12.78	15.28	21
74	SEMAFORO	20	15	25	4.17	6.94	4
75	SEMAFORO	600	46	55	12.78	15.28	46
76	PARADERO	100	46	55	12.78	15.28	7
77	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
78	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
79	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
80	PARADERO	270	46	55	12.78	15.28	21
81	SEMAFORO	30	15	25	4.17	6.94	7
82	SEMAFORO	300	46	55	12.78	15.28	23
83	PARADERO	500	46	55	12.78	15.28	39
84	SEMAFORO	100	46	55	12.78	15.28	7
85	SEMAFORO	300	46	55	12.78	15.28	23
86	PARADERO	480	46	55	12.78	15.28	37
87	SEMAFORO	20	15	25	4.17	6.94	4
88	PARADERO	500	46	55	12.78	15.28	39
89	SEMAFORO	200	46	55	12.78	15.28	15
90	PARADERO	480	46	55	12.78	15.28	37
91	SEMAFORO	20	15	25	4.17	6.94	4
92	SEMAFORO	400	46	55	12.78	15.28	31
93	PARADERO	300	46	55	12.78	15.28	23
94	SEMAFORO	200	46	55	12.78	15.28	15
95	SEMAFORO	200	46	55	12.78	15.28	15
96	PARADERO	280	46	55	12.78	15.28	21
97	SEMAFORO	20	15	25	4.17	6.94	4

98	PARADERO	700	46	55	12.78	15.28	54
99	SEMAFORO	300	46	55	12.78	15.28	23
100	SEMAFORO	200	46	55	12.78	15.28	15
101	PARADERO	500	46	55	12.78	15.28	39
102	PARADERO	700	46	55	12.78	15.28	54

**ANEXO D.
PROMEDIO DE LLEGADAS DE PASAJEROS**

		Lunes		Miércoles		Viernes		Sábados	
		Poisson	Exponencial	Poisson	Exponencial	Poisson	Exponencial	Poisson	Exponencial
PARADA 1	HORA 1	4.70	12.77	2.80	21.43	2.60	23.08	0.90	
	HORA 2	1.75	34.29	1.63	36.73	1.90	31.58	1.37	
	HORA 3	2.93	20.45	2.28	26.28	3.23	18.56	0.83	
	HORA 4	0.50	120.00	0.63	94.74	0.55	109.09	0.37	
PARADA 2	HORA 1	4.58	13.09	3.40	17.65	3.57	16.82	0.92	
	HORA 2	3.43	17.48	3.20	18.75	3.58	16.74	1.33	
	HORA 3	2.98	20.11	3.37	17.82	3.30	18.18	1.17	
	HORA 4	0.52	116.13	0.58	102.86	0.52	116.13	0.90	
PARADA 3	HORA 1	4.20	14.29	4.37	13.74	4.27	14.06	0.55	
	HORA 2	4.00	15.00	3.80	15.79	3.28	18.27	0.60	
	HORA 3	4.07	14.75	3.82	15.72	4.18	14.34	0.93	
	HORA 4	0.47	128.57	0.43	138.46	0.63	94.74	0.87	
PARADA 4	HORA 1	2.00	30.00	2.63	22.78	1.75	34.29	0.25	
	HORA 2	1.25	48.00	1.15	52.17	1.08	55.38	0.70	
	HORA 3	1.52	39.56	1.68	35.64	1.17	51.43	0.57	
	HORA 4	0.45	133.33	0.37	163.64	0.45	133.33	0.37	
PARADA 5	HORA 1	1.75	34.29	1.63	36.73	1.70	35.29	0.32	
	HORA 2	1.33	45.00	1.00	60.00	1.07	56.25	0.35	
	HORA 3	1.08	55.38	1.20	50.00	0.93	64.29	0.65	
	HORA 4	0.40	150.00	0.32	189.47	0.42	144.00	0.48	
PARADA 6	HORA 1	1.50	40.00	1.75	34.29	1.30	46.15	0.53	
	HORA 2	1.07	56.25	0.90	66.67	1.13	52.94	0.43	
	HORA 3	1.48	40.45	1.38	43.37	1.75	34.29	1.55	
	HORA 4	0.28	211.76	0.33	180.00	0.38	156.52	0.68	
PARADA 7	HORA 1	1.23	48.65	1.08	55.38	1.20	50.00	0.58	
	HORA 2	2.65	22.64	1.63	36.73	1.55	38.71	0.65	
	HORA 3	3.35	17.91	3.28	18.27	3.37	17.82	1.62	
	HORA 4	0.83	72.00	0.68	87.80	1.00	60.00	0.10	
PARADA 8	HORA 1	1.60	37.50	1.27	47.37	1.08	55.38	0.37	
	HORA 2	1.13	52.94	1.40	42.86	0.90	66.67	0.32	
	HORA 3	1.58	37.89	1.30	46.15	1.47	40.91	0.75	
	HORA 4	0.48	124.14	0.50	120.00	0.43	138.46	0.60	
PARADA 9	HORA 1	2.17	27.69	2.83	21.18	2.40	25.00	0.35	
	HORA 2	1.17	51.43	1.47	40.91	1.23	48.65	0.55	
	HORA 3	3.45	17.39	2.88	20.81	2.57	23.38	0.65	
	HORA 4	0.42	144.00	0.38	156.52	0.37	163.64	0.67	
PARADA 10	HORA 1	3.58	16.74	3.08	19.46	3.25	18.46	1.35	
	HORA 2	1.52	39.56	1.28	46.75	1.45	41.38	1.92	

	HORA 3	3.42	17.56	3.28	18.27	3.35	17.91	1.37	
	HORA 4	0.58	102.86	0.45	133.33	0.55	109.09	0.47	
PARADA 11	HORA 1	2.27	26.47	2.07	29.03	2.38	25.17	1.08	
	HORA 2	1.75	34.29	1.60	37.50	1.55	38.71	2.42	
	HORA 3	3.38	17.73	3.53	16.98	3.30	18.18	1.27	
	HORA 4	0.60	100.00	0.57	105.88	0.67	90.00	0.47	
PARADA 12	HORA 1	2.07	29.03	1.87	32.14	2.18	27.48	0.37	
	HORA 2	1.53	39.13	1.40	42.86	1.27	47.37	1.97	
	HORA 3	1.58	37.89	1.82	33.03	1.75	34.29	0.62	
	HORA 4	0.63	94.74	0.50	120.00	0.72	83.72	0.68	

ANEXO E.
MANUAL DE USUARIO
“SISTEMA SIMULADOR INTEGRAL DE TRANSPORTE TRONCAL 4 - SSIT4”

INTRODUCCIÓN

El sistema “SSIT4” es una herramienta diseñada para realizar la simulación de la ruta Troncal 4 “Batallón del Suburbio-Centro Urbano”, elemento de la nueva red de transporte masivo para la ciudad de Guayaquil METROVIA. La tarea principal del sistema es determinar parámetros óptimos de operación para esta ruta, satisfaciendo la demanda del sector sin desperdiciar los recursos.

El objetivo de este manual es facilitar el uso del sistema “SSIT4”, explicando la metodología correcta para obtener resultados rápidos y precisos que ayuden a sus usuarios a la toma de decisiones. Por ello se explica en primer lugar los requerimientos para su instalación, para luego describir la interfaz de trabajo que ofrece, su forma de uso y algunas maneras de obtener los resultados.

REQUERIMIENTOS PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA “SSIT4”

La construcción del sistema “SSIT4”, demandó el uso de varias aplicaciones, por ello la instalación del sistema exige los siguientes requerimientos:

Requerimientos de Software

- *Microsoft SQL Server 2000*
Motor de base de datos, encargado del almacenamiento de toda la información de la ruta Troncal 4.

- *Minuteman GPSS World 4.3.5*
Encargado de la simulación; es decir que realiza todo cálculo numérico que implique la simulación de la ruta Troncal 4.

➤ *Seagate Crystal Reports 8.5*

Encargado de manejar y manipular los reportes del sistema, constituye uno de los medios por los que se presentarán los resultados de la simulación al usuario.

Requerimientos de Hardware

➤ *Equipo*

Pentium III 900 Mhz.

Memoria RAM 128 Mb.

Espacio libre en disco duro 3 Gb.

ENTORNO DEL SISTEMA “SSIT4”

✓ **Inicio del Sistema**

**Figura E.1.
Pantalla de Arranque**



Al iniciar el sistema “SSIT4”, la figura E.1, muestra la pantalla de arranque.

Una vez que carga la aplicación, la consola o pantalla principal del sistema “SSIT4” es iniciada.

**Figura E.2.
Interfaz Inicial del “SSIT4”**



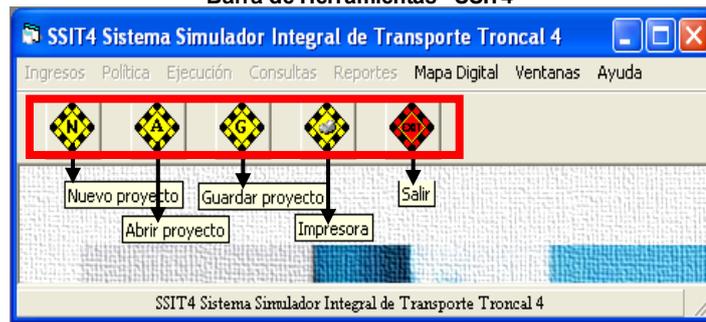
En la parte superior se encuentra la **Barra de Título**, en ella aparece el nombre del programa que estamos usando.

Seguido tenemos la **Barra de Menús**, aquí encontramos las distintas opciones que podemos usar para realizar nuestra simulación.

Posee además una **Barra de Herramientas**, contiene accesos directos a las operaciones principales de "SSIT4".

✓ **Descripción de comandos de la Barra de Herramientas**

Figura E.3.
Barra de Herramientas "SSIT4"



➤ *Nuevo Proyecto*

Permite crear un nuevo proyecto o modelo de simulación.

Figura E.4.
Nuevo Proyecto "SSIT4"



1. Ingresar el **nombre** del proyecto.
2. La **fecha** de elaboración aparecerá por default.
3. Dar clic en **Guardar**  aparecerá el siguiente cuadro de diálogo:



4. Clic en aceptar, inmediatamente se activan todos los comandos de la Barra de Menús, para poder ingresar los parámetros del nuevo proyecto.

➤ *Abrir Proyecto*

Figura E.5.
Abrir Proyecto "SSIT4"



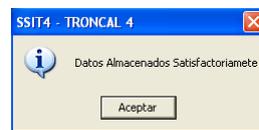
1. Seleccionar de la lista que **simulación** desea abrir.
2. Dar clic en **Aceptar** .
3. Se activan todos los comandos de la Barra de Menús para poder trabajar con la simulación deseada.

➤ *Guardar Proyecto*

Figura E.6.
Guardar Proyecto "SSIT4"



1. Ingresar el **nombre** del proyecto.
2. La **fecha** de elaboración aparecerá por default.
3. Dar clic en **Guardar**  aparecerá el siguiente cuadro de diálogo:



Clic en aceptar, inmediatamente se activan todos los comandos de la Barra de Menús, para poder trabajar con el nuevo proyecto

➤ *Impresora*

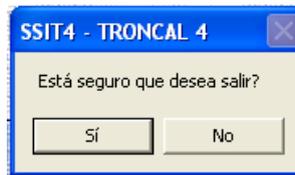
Figura E.7.
Impresora "SSIT4"



Esta opción nos permite seleccionar cuál es la impresora activa del sistema y además establecer sus configuraciones generales, los parámetros establecidos, respecto a tamaño de papel, márgenes; estas configuraciones afectarán a los reportes presentados por el sistema "SSIT4".

➤ *Salir*

Para salir del sistema "SSIT4", dar clic en , aparecerá el siguiente cuadro de diálogo:



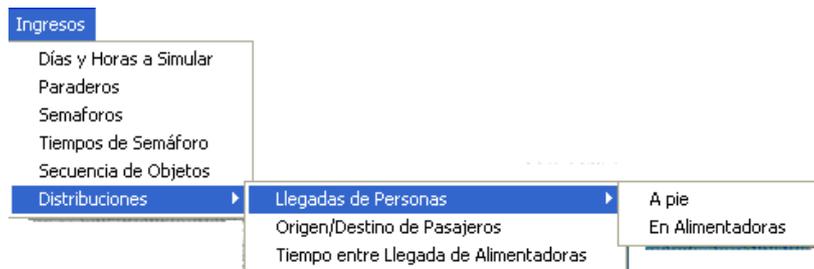
Si usted escoge **Si**, saldrá de la aplicación y automáticamente, todo cambio que hayamos realizado dentro del diseño o sus parámetros es almacenado en la base de datos; la acción se cancelará si se escoge **No**.

✓ **Descripción de comandos de la Barra de Menú**

Figura E.8.
Barra de Menú "SSIT4"



➤ *Menú Ingreso*



A continuación se realiza una descripción breve de los comandos de este menú:

Días y Horas a Simular: Permite el ingreso de los días y el número de horas para los que se realizará la simulación de la ruta.

Paraderos: Permite el ingreso de los datos de los paraderos que forman la ruta.

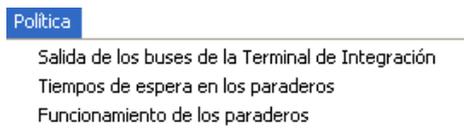
Semáforos: Permite el ingreso de los datos de los semáforos que forman la ruta.

Tiempos de Semáforo: Permite el ingreso de los datos correspondientes a los tiempos de luz roja y verde de los semáforos que forman la ruta.

Secuencia de Objetos: Permite el ingreso de la secuencia de objetos (paraderos y semáforos) que conforman la ruta.

Distribuciones: Permite el ingreso de las distribuciones correspondientes a: Llegadas de personas a los paraderos a pie o en alimentadora, Origen destino de los pasajeros y el Tiempo entre llegada de las alimentadoras a cada paradero.

➤ *Menú Políticas*



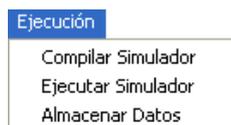
A continuación se realiza una descripción breve de los comandos de este menú:

Salida de los Buses de la Terminal de Integración: Permite el ingreso con respecto al tiempo entre salidas de los buses troncales desde la Terminal.

Tiempos de espera en los paraderos: Permite el ingreso de los tiempos que los buses troncales esperan en los paraderos que conforman la ruta.

Funcionamiento de los Paraderos: Aquí se selecciona las políticas de Ascenso y Descenso de pasajeros en los paraderos, como se va a manejar la cola de espera de los pasajeros y la modalidad de espera del bus troncal en los paraderos.

➤ *Menú Ejecución*



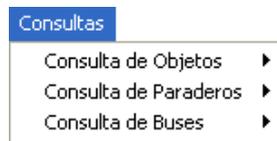
A continuación se realiza una descripción breve de los comandos de este menú:

Compilar Simulador: Opción que tiene como objetivo verificar si el proyecto tiene toda la información necesaria para realizar la simulación.

Ejecutar Simulador: Permite el ingreso del número de iteraciones que se van a utilizar para correr el simulador.

Almacenar Datos: Almacena la información que se obtuvo de la ejecución previa.

➤ *Menú Consultas*



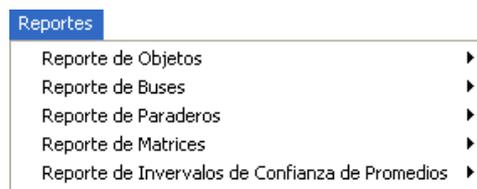
A continuación se realiza una descripción breve de los comandos de este menú:

Consulta de Objetos: Permite obtener información con respecto a semáforos y paraderos.

Consulta de Paraderos: Permite consultar información con respecto a paraderos como: las colas de pasajeros en los paraderos, ascensos y descensos de pasajeros en los paraderos, tiempo de permanencia del bus en el paradero.

Consulta de Buses: Permite consultar toda la información concerniente a los buses troncales, como los buses en circulación, las colas de los buses, utilización de los buses, los tiempos de recorridos.

➤ *Menú Reportes*



A continuación se realiza una descripción breve de los comandos de este menú:

Reportes de Objetos: Obtener información referente a la descripción de los objetos (paraderos y semáforos) y de la secuencia de los mismos.

Reporte de Buses: Obtener información referente a los buses troncales, las colas de los buses, utilización de los buses, los tiempos de recorridos, los buses en circulación.

Reporte de Paraderos: Obtener reportes con información referente a las colas de los pasajeros, tiempos de ascenso/descenso de los pasajeros de los buses troncales.

Reporte de Matrices: Permite visualizar de forma rápida la información de buses en circulación, utilización de los buses en forma matricial.

Reportes de Intervalos de Confianza: Permite conocer los intervalos de confianza de la información resultado de la simulación con respecto a los buses troncales y paraderos.

➤ *Menú Mapa Digital*

Permite visualizar un plano del recorrido de la ruta Troncal 4, proporciona la facilidad de reubicar los objetos (paraderos) y obtener los resultados de la simulación.

➤ *Menú Ventanas*



Permite organizar las pantallas del sistema "SSIT4" de acuerdo a lo siguiente:

Mosaico Horizontal: Organiza las pantallas de manera horizontal, una al lado de otra.

Mosaico Vertical: Organiza las pantallas de manera vertical, una debajo de otra.

Cascada: Organiza las pantallas de manera secuencial, una abajo de otra.

Organizar Iconos: Organiza las pantallas de manera minimizada.

➤ *Menú Ayuda*



Activa la pantalla del contenido de ayuda para asistir al usuario en la utilización del sistema “SSIT4”.

✓ **Descripción de Funciones Específicas del Sistema**

A continuación se explicarán las entradas con respecto a la información que es necesaria para el funcionamiento del simulador.

➤ *Ingreso de parámetros al simulador*

Días y Horas a Simular

Figura E.9.
Días y Horas a simular “SSIT4”



Cantidad de Horas a Simular: Es el número de horas que se va a ejecutar el simulador para cada día de operación.

Días a Simular: Son los días de los cuáles se desea simular, es decir, los días que se posee la información necesaria para generar los resultados.

Procedimiento

1. Ingresar la **cantidad de horas a simular** y escoger los **días a simular**.
2. Dar clic en **Guardar**  aparecerá el siguiente cuadro de diálogo:



3. Dar clic en **Aceptar**, y los parámetros quedan almacenados.

Paraderos

Figura E.10.
Paraderos "SSIT4"

Paradero #: Indica el número de paradero, es un identificador no puede ser modificado.

Dirección: Declaración de la ubicación geográfica donde se encuentra ubicado el paradero.

Capacidad: Contiene el número de pasajeros que puede albergar el paradero.

Terminal: Se activa esa opción si el paradero funciona como Terminal.

Tipo: Existen dos tipos de paraderos, los ubicados en calles de una vía y doble vía. Se selecciona la opción que corresponda.

La "barra de desplazamiento de registros", será un objeto común en todos los formularios que veremos.



Nos permite movilizarnos entre todos los registros que se guarden en este formulario; podemos ir al registro anterior , al registro siguiente , al primer registro  o al último registro .

Botones de Acción



 *Agregar*: Genera un registro en blanco, listo para ingresar información.

 *Modificar*: Modifica registros que ya fueron creados.

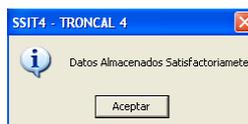
 *Guardar*: Almacena la información en la base de datos.

 *Eliminar*: Elimina un registro existente, borra todos los datos de ese registro.

 *Salir*: Cierra la pantalla en la que se encuentra.

Procedimiento

1. Dar clic en **Agregar**, automáticamente se genera un nuevo registro con un número de paradero.
2. Ingresar la **dirección** del paradero.
3. Ingresar la **capacidad de personas** del paradero.
4. Seleccionar si es **Terminal**.
5. Escoger el **tipo de paradero**, una vía o doble vía, según le corresponda.
6. Dar clic en **Aceptar**, aparece el siguiente cuadro de diálogo:



7. Dar clic en **Aceptar**, los datos quedan almacenados en la base de datos.

Semáforos

Figura E.11.
Semáforos "SSIT4"

Ingreso de Semáforos

Agregar Modificar Guardar Eliminar Salir

Semáforo #: 1

Dirección: Assad Bucaram y Valencia

Semáforo #: Indica el número de semáforo, es un identificador no se puede modificar.

Dirección: Declaración de la ubicación geográfica donde se encuentra ubicado el semáforo.

Funciona de manera similar que el ingreso de datos de los paraderos, almacena toda la información general referente a los semáforos, que existan dentro de nuestra ruta. Los botones de acción funcionan de la misma manera que el formulario anterior.

Sistema de Semaforización

Figura E.12.
Sistema de Semaforización "SSIT4"

Tiempos de Semáforos

Guardar Cancelar

Semáforos

No.	Dirección
1	Assad Bucaram y Valencia
2	Assad Bucaram y Santa Isabel
3	Assad Bucaram y Mocache
4	Assad Bucaram y Eduardo Puig Arcemena
5	Assad Bucaram y Luis Aldirio Dillon
6	Assad Bucaram y Julio Gomez Sanstevan
7	Assad Bucaram y Dr. Rafael Garcia Goyena

Tiempos

Estado Verde

Estado Rojo

Retroso Inicial

	Luz Verde	Luz Roja	Tiempo de Rie
Semáforo 1	38	24	0
Semáforo 2	35	27	0
Semáforo 3	38	32	0
Semáforo 4	35	21	0
Semáforo 5	56	36	0
Semáforo 6	40	30	0
Semáforo 7	42	26	0
Semáforo 8	59	32	0
Semáforo 9	47	32	0

Semáforos: Se encuentran listados todos los semáforos que fueron ingresados anteriormente, es decir los que conforman la ruta.

Estado Verde: Almacena el tiempo de permanencia en estado verde del semáforo.

Estado Rojo: Almacena el tiempo de permanencia en estado rojo (luz roja + luz amarilla) del semáforo.

Retraso Inicial: Almacena la diferencia entre el inicio de un semáforo y otro.

Procedimiento

1. Seleccionar del listado el semáforo al cual nos vamos a referir.
2. Ingresar el tiempo en segundos, que permanece el semáforo en **estado verde**.
3. Ingresar el tiempo en segundos, que permanece el semáforo en **estado rojo**.
4. Ingresar el tiempo en segundos correspondiente al **retraso inicial** del semáforo.
5. Dar clic en **Agregar** , automáticamente se almacenará la información correspondiente al semáforo seleccionado en la lista que contiene todos los tiempos. Si existe algún error, se presiona **Eliminar**  el registro correspondiente a la línea de datos se borrará.

Este proceso se repite para todos los semáforos.

6. Finalmente, luego de ingresar todos los tiempos de los semáforos, se da clic en **Guardar**  y los datos quedan almacenados.

Secuencia de Objetos

Figura E.13.
Sistema de Semaforización "SSIT4"

Secuencia de Objetos

Simulador del Sistema Integral de Transporte

No.	Dirección	Ubicación del P.
0	Paradero P...	una vía
1	Paradero P...	una vía
2	Paradero P...	una vía
3	Assad Buc...	doble vía
4	Paradero P...	una vía

Agregar

No.	Dirección
1	Assad Bucaram y Valencia
2	Assad Bucaram y Santa Isabel
3	Assad Bucaram y Mocache
4	Assad Bucaram y Eduardo Puga...
5	Assad Bucaram y Luis Borkis...

Distancia: metros
 Media:
 Desviación:

Objeto	No.	Dirección	Ubicación	Distancia	Media	Desviación
T	0	Paradero Propuesto 0	una vía	0	0	0
P	1	Paradero Propuesto 1	una vía	300	21.56	1.92
S	1	Assad Bucaram y Vale...		350	25.15	2.24
S	2	Assad Bucaram y San...		450	32.34	2.88
P	2	Paradero Propuesto 2	una vía	300	21.56	1.92
S	3	Assad Bucaram y Moc...		100	7.19	0.64
P	3	Assad Bucaram y Edu...	doble vía	600	43.11	3.84
S	4	Assad Bucaram y Edu...		50	6.03	0.89
S	5	Assad Bucaram y Luis...		450	32.34	2.88
P	4	Paradero Propuesto 3	una vía	200	14.37	1.28

En este formulario se definen la secuencia de objetos que conforman la ruta Troncal 4. Existen básicamente dos tipos de objetos, semáforos y paraderos; cabe recalcar que la secuencia de objetos debe comenzar y terminar en una Terminal de Llegada/salida.

Paraderos: Se encuentran listados todos los paraderos que fueron ingresados anteriormente, es decir los que conforman la ruta

Semáforos: Se encuentran listados todos los semáforos que fueron ingresados anteriormente, es decir los que conforman la ruta.

Agregar: Conformada por los botones de los objetos, se pueden agregar

Paraderos  y **Semáforos** .

Distancia: Se ingresa la distancia que existe entre objetos, medido en metros. Debemos tener en cuenta que debido a que, este campo indica la distancia entre el objeto anterior y el objeto actual, el primer objeto dentro de la cadena no se le debe especificar ninguna distancia ya que es el inicio de la ruta.

Media: Se ingresa el tiempo promedio que toma el bus troncal para llegar al objeto teniendo como punto de partida el objeto anterior.

Desviación: Se ingresa el valor de la media del tiempo que toma el bus troncal para llegar al objeto.

Secuencia de Objetos: Aquí se encuentra toda la secuencia de objetos que se ha ingresado, con los datos de ubicación, distancia, media y desviación.

Procedimiento

1. Seleccionar el objeto de la secuencia, del listado **semáforo** o **paradero**, según corresponda.
 2. Dar clic para agregar el objeto, sea este  Paradero o  Semáforo.
 3. Ingresar el tiempo en segundos, que permanece el semáforo en **estado verde**.
 4. Ingresar la **distancia** en metros, que corresponde al objeto seleccionado.
 5. Ingresar la **media** en segundos correspondiente al objeto.
 6. Ingresar la **desviación** en segundos correspondiente al objeto.
 7. Dar clic en **Agregar** , automáticamente se almacenará la información correspondiente al semáforo seleccionado en la lista **secuencia**. Si existe algún error, se presiona **Eliminar**  el registro correspondiente a la línea de datos se borrará. Si desea desplazarse a través de la lista **secuencia**, debe utilizar los botones **Subir**  o **Bajar** . Para eliminar todos los registros de la **secuencia** debe dar clic en **Limpiar tabla** 
- Este proceso se repite hasta terminar el ingreso de la secuencia de todos los objetos.
8. Finalmente, luego de ingresar todos los objetos que conforman la ruta, se da clic en **Guardar**  y los datos quedan almacenados.

Distribuciones

Figura E.14.
Ingreso Distribuciones "SSIT4"

N	Dirección	Dimensión	Tr	Día	Hora
1	Paradero Propu...	100	una	Martes	05:00-06:00
2	Paradero Propu...	100	una	Miércoles	06:00-07:00
3	Asínd Bucaram...	100	dos	Viernes	07:00-08:00
				Sábado	08:00-09:00

Horas	Función	Parámetros
05:00-06:00		
06:00-07:00		
07:00-08:00		
08:00-09:00		
09:00-10:00		
10:00-11:00		
11:00-12:00		
12:00-13:00		
13:00-14:00		
14:00-15:00		
15:00-16:00		
16:00-17:00		
17:00-18:00		
18:00-19:00		

El ingreso de distribuciones, indistintamente si se trata de llegadas de personas a pie, por alimentadora o el ingreso de tiempos entre llegadas de alimentadora, se realiza con este formulario. Una vez aclarado esto, cabe destacar que estas distribuciones, describirán el comportamiento de cada paradero para cada día y hora, por ello el ingreso de esta información puede resultar prolongado.

Paraderos: Se encuentran listados todos los paraderos que fueron ingresados anteriormente, es decir los que conforman la ruta

Días: Contiene los días que se definieron para realizar la simulación.

Horas: Contiene las horas que se definieron para realizar la simulación.

Datos: Listado de todos los datos de distribuciones ingresados.

Tipo de Distribución: Almacena los posibles tipos de Distribución, dependiendo de cómo se encuentra distribuida la variable a la que nos referimos, estos pueden ser: Constante, Exponencial, Poisson, Uniforme, Normal, Empírica.

De acuerdo al tipo de distribución que seleccionemos, se deben ingresar otros datos.

- *Constante, Exponencial, Poisson*

El parámetro exigido es la **media**.

- *Uniforme, Normal:*

Se exigen dos parámetros **media** y **desviación**.

- *Empírica:*

Se debe definir si esta es de tipo continua o de tipo discreta.



Empírica

Continua

Discreta

Para ingresar la función empírica, aparece en el formulario:

Figura E.15.
Ingreso Distribución Empírica "SSIT4"



Distribución Empírica

Valor

Probabilidad

F. Acumulada

Datos Ingresados

Valor	Probabilidad

Valor: Se ingresa el valor de la distribución.

Probabilidad: Se ingresa la probabilidad que le corresponde a cada valor.

F. Acumulada: Muestra la suma de las probabilidades, no se puede modificar.

Datos Ingresados: Contienen todos los valores con su respectiva probabilidad.

Procedimiento

1. Seleccionar según corresponda, de las listas el **paradero** el **día** y la **hora**.
2. Seleccionar el **tipo de distribución**, según el tipo se debe ingresar el o los **parámetros** requeridos.
3. Dar clic en **Agregar**  , automáticamente se almacenará la información del tipo de distribución correspondiente al paradero. Si existe algún error, se presiona **Eliminar**  el registro correspondiente a la línea de datos se borrará. Este proceso se repite hasta terminar el ingreso de las distribuciones de todos los paraderos en todos los días y horas especificadas.
4. Finalmente, luego de ingresar todas las distribuciones, se da clic en **Guardar**  y los datos quedan almacenados.

➤ *Ingreso de políticas de funcionamientos al simulador*

Salida de Buses

Figura E.16.
Política Salida de Buses "SSIT4"

	Lunes	Miércoles	Viernes	Sabado	Domingo
05:00 - 06:00	150	150	150	150	150
06:00 - 07:00	150	150	150	150	150
07:00 - 08:00	150	150	150	150	150
08:00 - 09:00	150	150	150	150	150
09:00 - 10:00	150	150	150	150	150
10:00 - 11:00	150	150	150	150	150
1:00 - 12:00	150	150	150	150	150
2:00 - 13:00	150	150	150	150	150
3:00 - 14:00	150	150	150	150	150
4:00 - 15:00	150	150	150	150	150
5:00 - 16:00	150	150	150	150	150

Tiempos de Salida de Buses: El tiempo que el bus troncal sale desde la Terminal puede ser constante, dependiente del día o dependiente del día y la hora.

Tiempo de Salida: Ingresar el valor del tiempo entre salida de los buses, este campo se usa para los tres tipos de salida.

Día: Lista de los días que fueron definidos para la simulación, este campo se activa para dos tipos de salidas: dependiente del día y dependiente del día y la hora.

Hora: Lista de las horas que fueron definidas para la simulación, este campo se activa para el tipo de salida dependiente del día y la hora.

Datos Ingresados: Contiene la lista de todos los tiempos para salidas de buses, para cada día y cada hora.

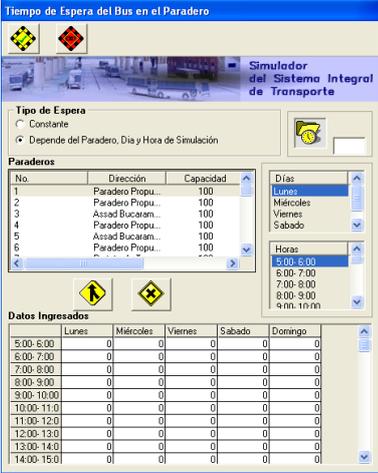
Procedimiento

1. Seleccionar según corresponda, la opción del **tiempo de salidas de buses**.

2. Ingresar el **tiempo de salidas** y seleccionar los datos en los campos exigidos según el tipo de tiempo de salidas de buses.
3. Dar clic en **Agregar** , automáticamente se almacenará la información del tipo de distribución correspondiente al paradero. Si existe algún error, se presiona **Eliminar**  el registro correspondiente a la línea de datos se borrará. Este proceso se repite hasta terminar el ingreso de los tiempos de salida de buses, para todos los días y horas especificadas.
4. Finalmente, luego de ingresar todos los tiempos, se da clic en **Guardar**  y los datos quedan almacenados.

Tiempo de Espera del Bus en el Paradero

Figura E.17.
Política Tiempo de Espera del Bus en el Paradero "SSIT4"



Paraderos		Días	Horas
No.	Dirección		
1	Paradero Propu...	Lunes	5:00-6:00
2	Paradero Propu...	Miércoles	6:00-7:00
3	Assad Bucaram...	Viernes	7:00-8:00
4	Paradero Propu...	Sábado	8:00-9:00
5	Assad Bucaram...		9:00-10:00
6	Paradero Propu...		

Datos Ingresados					
	Lunes	Miércoles	Viernes	Sábado	Domingo
5:00-6:00	0	0	0	0	0
6:00-7:00	0	0	0	0	0
7:00-8:00	0	0	0	0	0
8:00-9:00	0	0	0	0	0
9:00-10:00	0	0	0	0	0
10:00-11:00	0	0	0	0	0
11:00-12:00	0	0	0	0	0
12:00-13:00	0	0	0	0	0
13:00-14:00	0	0	0	0	0
14:00-15:00	0	0	0	0	0

Tipos de Espera: El tipo de espera del bus troncal en cada paradero puede ser constante, dependiente del paradero, día y hora.

Paraderos: Se encuentran listados todos los paraderos que fueron ingresados anteriormente, es decir los que conforman la ruta

Tiempo de Espera: Ingresar el valor del tiempo que espera el bus en el paradero, este campo se usa para los dos tipos de espera.

Día: Lista de los días que fueron definidos para la simulación, este campo se activa para el tipo de espera dependiente del paradero, día y hora.

Hora: Lista de las horas que fueron definidas para la simulación, este campo se activa para el tipo de espera dependiente del paradero, día y hora.

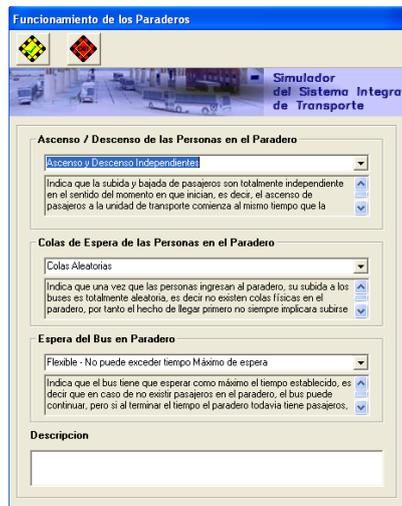
Datos Ingresados: Contiene la lista de todos los tiempos de espera del bus en el paradero, para cada día y cada hora.

Procedimiento

1. Seleccionar según corresponda, la opción del **tipo de espera del bus** en el paradero.
2. Ingresar el **tiempo de espera** y seleccionar los datos en los campos exigidos según el tipo de espera del bus.
3. Dar clic en **Agregar** , automáticamente se almacenará la información del tipo de distribución correspondiente al paradero. Si existe algún error, se presiona **Eliminar**  el registro correspondiente a la línea de datos se borrará. Este proceso se repite hasta terminar el ingreso de los tiempos de espera del bus en el paradero, para todos los días y horas especificadas.
4. Finalmente, luego de ingresar todos los tiempos de espera, se da clic en **Guardar**  y los datos quedan almacenados.

Funcionamiento de los Paraderos

Figura E.18.
Política Funcionamiento de los Paraderos "SSIT4"



Ascenso/Descenso de la personas en el paradero: Esta opción se refiere a la manera que los pasajeros suben o bajan del bus troncal. Este ascenso/descenso puede ser:

- *Ascenso y Descenso Independientes:* las personas suben y bajan a la vez.
- *Primero Descenso luego Ascenso:* Primero todos bajan ocupando todas las puertas y luego todos ascienden al bus troncal.

Colas de Espera de las Personas en el Paradero: Esta opción se refiere a las colas de espera que se producen en el paradero. Estas colas de espera pueden ser:

- *Colas FIFO:* El primero en llegar es el primero en subir.
- *Colas Aleatorias:* No existe cola de espera en los paraderos.

Espera del Bus en el Paradero: Esta opción se refiere a la modalidad de espera del bus troncal en el paradero. Este tipo de espera del bus puede ser:

- *Fijo-No puede exceder el tiempo de espera:* “No puede irse, antes ni después del tiempo de espera establecido”.
- *Fijo-Si puede exceder el tiempo de espera:* “No puede irse antes, pero si puede irse después del tiempo de espera establecido”
- *Flexible- No puede exceder el tiempo de espera:* “Puede irse antes, pero no puede exceder el tiempo de espera establecido”.

- *Flexible- Si puede exceder el tiempo de espera:* “Puede irse antes o después del tiempo de espera establecido”

Descripción: Campo designado para el ingreso de alguna observación adicional.

➤ *Ejecución del Modelo Simulador*

Compilar Simulador

Figura E.19.
Compilar Simulador “SSIT4”



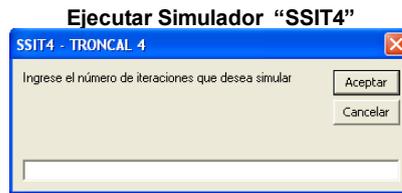
Luego del ingreso de todos los datos necesarios para realizar la simulación, se procede a verificar que esta información haya sido ingresada correctamente, una vez que esta verificación ha concluido, se procede a compilar o traducir la información en archivos que GPSS pueda ejecutar, para esto se crea una carpeta, dentro de la ruta donde se encuentre instalado el sistema, que contendrá todos los archivos referentes al diseño. El tiempo de compilación depende de la complejidad del modelo, mientras más complejo sea más tiempo toma en realizar la compilación.

Procedimiento

Dar clic en **Compilar** , automáticamente empezará el proceso de compilación. Finalmente, luego de concluir el proceso, aparecerá un cuadro de diálogo informativo, dar clic en **Aceptar**, automáticamente todo es almacenado en la base de datos.

Ejecutar Simulador

Figura E.20.

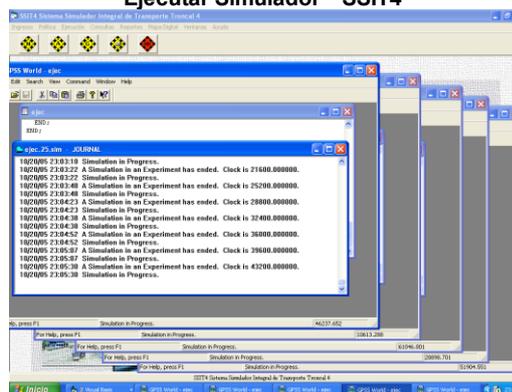


El número de iteraciones a realizar se refiere a el número de “corridas” que se va a experimentar, como sabemos mientras mayor sea el número de iteraciones los resultados de la simulación serán más exactos.

Procedimiento

1. Ingresar el número de iteraciones que se desean realizar.
2. Clic en **Aceptar**. El proceso de ejecución comienza.

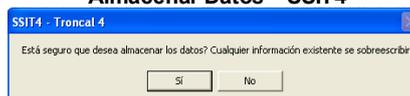
Figura E.21.
Ejecutar Simulador “SSIT4”



Almacenar Datos

Una vez que la ejecución ha concluido, se procede al almacenamiento de los datos resultado de la simulación.

Figura E.22.
Almacenar Datos “SSIT4”



Procedimiento

1. Aparece el cuadro de diálogo de la figura E.22, dar clic en **Aceptar**. El proceso de almacenamiento de datos comienza.

➤ *Resultados del Modelo Simulador*

Los resultados esperados del sistema “SSIT4”, especificados en el capítulo 2, se pueden obtener mediante consultas y reportes.

Consultas

Estas nos permiten visualizar el comportamiento de las variables resultado del simulador mediante gráficos estadísticos. Se podrá obtener información con respecto a:

- *Consulta de Objetos*
 - Información de Paraderos
 - Información de Semáforos.
- Consulta de Paraderos
 - Colas de Pasajeros
 - Ascenso de Pasajeros
 - Descenso de Pasajeros
 - Tiempos de Ascensos/Descensos
 - Tiempo de permanencia del Bus en el Paradero
- Consulta de Buses
 - Cola de Buses
 - Buses en circulación
 - Promedio de Vueltas de buses
 - Utilización de buses
 - Tiempo de Recorrido
 - Matriz de Tiempos de recorridos

Estos gráficos pueden ser filtrados por varios criterios que permitirán realizar comparaciones; el filtrado de los datos permitirá que la información presentada en el gráfico sólo pertenezca a un registro específico o a un conjunto de registros, esto dependerá de la selección de criterios que el usuario utilice.

Figura E.23.
Filtro de Datos “SSIT4”



Procedimiento

Para consultar la cantidad máxima de pasajeros que llegan a un paradero, en un día y hora determinada.

1. Seleccionar del menú **consultas** dentro de **Consultas de Paraderos**, la opción **Cola de Pasajeros**.

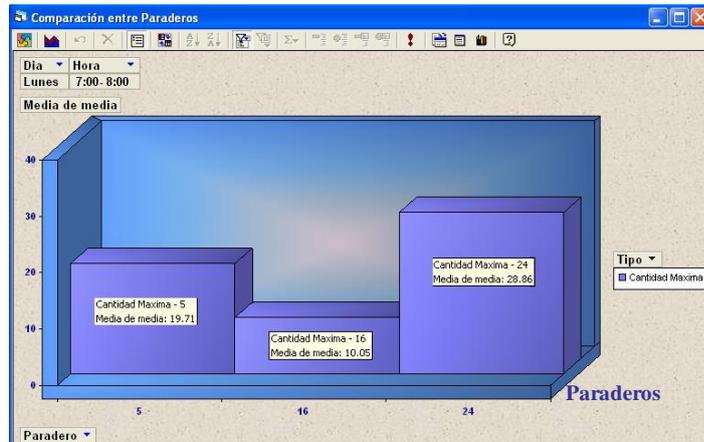
Figura E.24.
Consulta Cola de Pasajeros "SSIT4"



2. Seleccionar la opción, en este caso consultaremos **Longitud máxima de Cola** se realizará la comparación **Entre Paraderos**.

3. Dar clic en **Consultar** , automáticamente se presentará el siguiente gráfico correspondiente a la cantidad máxima de pasajeros que han ingresado al paradero 5 (Assad Bucaram y Portete de Tarqui), al paradero 16 (Sucre y Chile) y el paradero 24 (Portete de Tarqui y Milagro) el día lunes entre las 7 y 8 de la mañana.

Figura E.25.
Gráfico Consulta Cola de Pasajeros "SSIT4"



En la figura E.25 se puede apreciar que el día lunes de 07h00 a 08h00 han ingresado en promedio 19 personas al paradero 5, 10 personas al paradero 6 y 28 personas al paradero 24.

Reportes Impresos

Se generan reportes impresos de las variables resultado del simulador, esta es una manera de respaldar la información que se obtiene del proceso de simulación del sistema SSIT4.

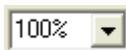
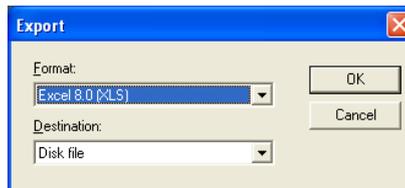
Todos los reportes tienen una barra de herramientas que permiten realizar diversas funciones:



-  Retrocede una página en el reporte.
-  Retrocede a la página inicial del reporte.
-  Avanza una página en el reporte.
-  Avanza hasta la última página del reporte.
-  Imprime el reporte, con las configuraciones seleccionadas.
-  Cambia la impresora seleccionada y sus configuraciones.



Permite exportar los datos presentados en el reporte a otro tipo de archivo (Excel, bloc de notas, Lotus, bases ODBC, etc.), se debe seleccionar el formato al cuál se desea exportar y el destino del archivo (disco duro, aplicación, correo, etc.) y presionar OK.



Cambia el nivel de zoom o acercamiento del reporte.

Procedimiento

Para obtener el reporte con respecto a la cola de pasajeros

1. Seleccionar del menú **reportes** dentro de **Reportes de Paraderos**, la opción **Cola de Pasajeros en los Paraderos**.

Figura E.26.
Reporte Cola de Pasajeros "SSIT4"

Paradero	Día	Hora	Tipo de Estimación	Media	Varianza	Desviación
0	Paradero Propuesto 0					
	Domingo					
		5:00 - 6:00				
			Cantidad Maxima	3.7200	0.8900	0.9400
			Contenido Promedio	0.6100	0.0200	0.1400
			Pasajeros sin ser Atendidos	0.0000	0.0000	0.0000
			Tiempo Promedio de Espera	75.0300	75.7800	8.7100
			Total de Entradas	29.4900	35.0000	5.9200
		6:00 - 7:00				
			Cantidad Maxima	3.7600	0.7300	0.8300
			Contenido Promedio	0.5900	0.0200	0.1400
			Pasajeros sin ser Atendidos	0.0000	0.0000	0.0000
			Tiempo Promedio de Espera	75.1400	84.3400	9.1900
			Total de Entradas	28.6200	30.6300	5.5300

En la figura E.26 se puede apreciar el reporte de la Información General de Pasajeros, aquí se puede apreciar el promedio, la varianza y desviación de la siguiente información:

- Cantidad máxima de personas en los paraderos
- Contenido promedio de los pasajeros en los paraderos
- Cantidad de Pasajeros sin ser atendidos
- El tiempo promedio de espera de los pasajeros en los paraderos
- Cantidad total de pasajeros que ingresaron al paradero.

BIBLIOGRAFÍA

1. **GEOFFREY GORDON** (1980), *“Simulación de Sistemas”*. Prentice – Hall Hispanoamericana, México D.F.
2. **MOHAMMAD AZARANG E., EDUARDO GARCÍA D.** (1996), *“Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos”*. McGRAW-HILL, México D.F.
3. **RAÚL COSS BÚ** (1991), *“Simulación un Enfoque Práctico”*. Editorial LIMUSA, México D.F.
4. **FREUND J., WALPOLE R.** (1990), *“Estadística Matemáticas con Aplicaciones”*. Prentice – Hall Hispanoamericana, S.A. México.
5. **PÉREZ C.** (2000), *Teoría del Muestreo Estadístico*. RA-MA Editorial. Madrid – España.
6. **ROBERT O. KUEHL** (2001), *“Diseño de Experimentos”*. Thomson Learning, México D.F.
7. **JOHN E. FREUD, IRWIN MILLER, MARYLEES MILLER** (2000), *“Estadística Matemática con Aplicaciones”*. PEARSON EDUCACIÓN. México.
8. **DOUGLAS C. MONTGOMERY** (1991), *“Diseño y Análisis de Experimentos”*. Grupo Editorial Iberoamérica. México D.F.
9. **DIRECVENTAS** (2003), *“Recorridos, Guía de la Ciudad y del Transporte”*. SENEFELDER. Guayaquil-Ecuador.
10. **El Universo** (2004), *“Sistema de Transporte Urbano - Metrovía Troncal 1”*. <http://www.eluniverso.com>

11. **M.I. Municipalidad de Guayaquil** (2005), *“Plan de Racionalización de Transporte Urbano – Metrovía”*, <http://www.gye.gov.ec>, <http://www.metrovia-gye.com>
12. **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 del 2002.
13. **M.I. Municipalidad de Guayaquil**, *“Plan de Racionalización del Transporte Público de la Ciudad de Guayaquil”*, Agosto del 2002.
14. **M.I. Municipalidad de Guayaquil**, *“Plan de Transporte Masivo Urbano de la Ciudad de Guayaquil, Implantación del Corredor Troncal No. 1”*, Diciembre del 2002.
15. **M.I. Municipalidad de Guayaquil**, *“Información sobre el Sistema de Transporte Masivo de Pasajeros de la Ciudad de Guayaquil- Metrovía”*, Octubre del 2003.
16. **Laurent Ortiz**, *“Guayaquil racionalizará en breve su transporte público”*, Octubre del 2003
17. **M.I. Municipalidad de Guayaquil**, *“Informe del Plan de Racionalización del Transporte Público Masivo de la Ciudad de Guayaquil- Metrovía”*, Octubre del 2004.
18. **M.I. Municipalidad de Guayaquil**, *“Ordenanza que Crea y Reglamenta el Sistema Integrado de Transporte Masivo Urbano de la Ciudad de Guayaquil- Sistema Metrovía”*, Diciembre del 2004.