SIMULADOR MATEMÁTICO PARA EL NUEVO SISTEMA TRONCALIZADO DE TRANSPORTE MASIVO URBANO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL. RUTA TRONCAL 7: ORQUIDEAS-CENTRO URBANO

Betsabé Mendoza Barahona[1], Washington Armas[2]

[1]Ingeniera en Estadística Informática 2005; email: betsabemb@hotmail.com
[2]Director de Tópico. Ingeniero en Petróleo, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1981, Maestría en Investigación de Operaciones, México, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey 1988, Maestría en Administración de Empresas, Costa Rica, INCAE 1992, Profesor de ESPOL desde 1981., email: warmas@espol.edu.ec

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se describe la creación del simulador para el nuevo sistema de transporte para la ruta Troncal 7. El simulador predecirá el comportamiento de la ruta Troncal 7 y entre los elementos que simulará están los siguientes: Paraderos a los cuales las personas llegan para tomar el bus, a los paraderos también llegan las personas que se bajan de los buses. Semáforos los cuales detienen el recorrido del bus, dependiendo del estado de la luz. Comportamiento en los paraderos: en el momento que el bus llega al paradero se inicia las bajadas de las personas del bus y en el mismo momento las personas empiezan a subir al bus.

El simulador está diseñado para modelar varias políticas de operación, tanto del comportamiento de las personas en los paraderos, como del comportamiento de los buses. Simular la Troncal con diversas combinaciones del comportamiento de la ruta, servirá para establecer la política óptima de operación.

La segunda parte del trabajo consistió en verificar el funcionamiento del simulador con diversas pruebas de validación, de las cuales se obtuvo resultados favorables, lo cual implica que el simulador es una réplica del sistema real y que los resultados obtenidos son confiables.

The present investigation work described the creation of the new system transportation of the Troncal 7' Simulator. The simulator will predict the behavior of the route 7. The elements than will be simulate are the following: Passenger station: where the people arrive to take a bus, to the passenger station arrive people that get off the buses to. Traffic lights which stop the journey of the bus, depending on the state of the light. Behavior in the passenger station: in the moment that the bus arrives to the passenger station begins the get off the bus of people of the bus and in the same moment people begin to ascend to the bus.

The simulator is designed to model several operation politicians, so much of the behavior of people in the passenger station as of the behavior of the buses. To simulate the route 7 "Orquídeas-Centro Urbano" with diverse combinations of the behavior of the route, it will be serve to establish the efficient politics of operation.

The second part of the work consisted on verify the operation of the simulator with diverse validation tests, of which was obtained favorable results, that which implies that the simulator is a replica of the real system and that the obtained results are reliable.

INTRODUCCIÓN

La simulación es una de las herramientas más importantes para analizar el diseño y la operación de sistemas. El proceso de simulación consiste en diseñar modelos computarizados que se comporten de forma similar al sistema real. Luego que se ha diseñado el modelo de simulación, se podrá evaluar políticas y estrategias para analizar los cambios en el comportamiento del sistema.

El estudio que se presenta a continuación tiene como principal objetivo construir un modelo de simulación, el cual deberá ser capaz de predecir el comportamiento del nuevo Sistema de Transportación Publico Masivo para la ciudad de Guayaquil denominado METROVÍA TRONCAL 7 "Orquídeas-Centro Urbano". Se tiene como usuario principal del software de simulación al Departamento Municipal de Transporte de la M.I. Municipalidad de Guayaquil, y para ellos se creó el software con una interfaz amigable y de fácil manejo.

Los análisis del comportamiento del sistema se lo realizará en base a las políticas de operación establecidas por el Municipio, y en función de nuevas políticas de operación.

Se validará el simulador para asegurarnos que el modelo cumple con los objetivos por el cual fue creado. En la primera etapa del proceso de validación se utilizará datos falsos, en la segunda etapa de validación se implementará el simulador a la ruta Troncal 7 "Orquídeas-Centro Urbano" utilizando los datos que se obtuvieron en el proceso del levantamiento de información. Por ello fue necesario realizar un estudio ligero para la toma de datos ya que se requería validar el funcionamiento del simulador de forma general.

Cabe recalcar que la metodología de la toma de datos no fue la más adecuada ya que realizar un estudio de esta magnitud requiere ser tema de una siguiente tesis. Las conclusiones están acorde a la información tomada, lo que implica que no son válidas para ser implementadas en el sistema real.

CONTENIDO

ACTUAL SISTEMA DE TRANSPORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

El actual sistema de transporte urbano está conformado por 72 cooperativas, las cuales abarcan un total de 166 recorridos ó rutas en las que funcionan 4.096 unidades de transporte legalmente registradas en la Comisión de Transito del Guayas. Esta excesiva cantidad de buses ha sido una de las principales causas de congestionamiento vehicular, accidentes de tránsito y contaminación ambiental.

NUEVO SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

La Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil consciente del grave problema que representa el actual sistema de transporte público, ha decidido implementar un nuevo sistema de transporte denominado Sistema de Transporte Masivo Urbano de Guayaquil -SISTEMA METROVIA- el cual tiene como fundamento 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 permite dar una respuesta satisfactoria a las necesidades de movilidad de la población usuario del sistema.

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

El SISTEMA METROVIA difiere del convencional sistema de transporte, tanto desde el punto de vista operativo, como en lo referente a la compleja infraestructura que utiliza para brindar sus servicios la cual será de elevada calidad y seguridad tanto para sus usuarios como para la comunidad.
El SISTEMA METROVIA promete ser un sistema que busca dar un mejor cuidado al ambiente urbano, reducir los niveles de siniestralidad y disminuir la congestión vehicular.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTACION METROVIA

El sistema está constituido por siete rutas troncales, cuyos buses circularán en carriles para su uso exclusivo, es decir, separados del resto del tráfico. Estos carriles permitirán que los buses troncales tengan preferencia en la circulación y por lo tanto los pasajeros lleguen más rápido a su destino. Estas rutas troncales se complementan con las rutas alimentadoras que llevan a los pasajeros hacia las Terminales de Integración o Terminales de Transferencia para que luego estas personas puedan abordar un bus troncal.
La M.I. Municipalidad de Guayaquil ha realizado el diseño de las 7 rutas Troncales, y de acuerdo a lo planificado, en el último trimestre del año 2005 entrará en operación Troncal 1 denominada "Troncal Guasmo-Terminal Río Daule", las Troncales 2 y 3 funcionarán en los años posteriores al funcionamiento de la primera Troncal. Las siete Troncales abarcarán toda la urbe y reemplazarán en veinte años las 166 rutas de transporte existentes en la actualidad.

INTEGRACIÓN TARIFARIA

Uno de los aspectos interesantes del nuevo sistema es la integración de los viajes a través de una misma tarifa. La integración se realizará a través de las estaciones, buses y paradas. Así por ejemplo, si una persona quiere llegar desde el barrio Estella Maris e ir a Bastión Popular 1, podrá tomar un bus alimentador que lo lleve hasta la Terminal de Integración "El Guasmo"; luego podrá tomar un bus troncal que lo llevará hasta la parada de Integración de la Avenida Olmedo y tomar la "Troncal Bastión Popular – Centro" hasta la terminal de Integración de Bastión Popular, luego en un bus alimentador puede llegar hasta las etapa de Bastión 1, todo esto con un solo pasaje.

RECORRIDO DE LA RUTA TRONCAL 7 "ORQUÍDEAS– CENTRO"

La M.I.Municipalidad de Guayaquil en conjunto con los consultores nacionales y extranjeros, quienes son los encargados de realizar una propuesta que racionalice el sistema de transporte han diseñado para la Troncal 7 el siguiente recorrido de los buses troncales :

- Inicia en la Terminal de Integración "Orquídeas" ubicado al inicio de la Cdla. Orquídeas.
- Continúa por la Av. Francisco de Orellana, Av. Del Periodista, Dr. Fortunato Safadi Emen (Av. Delta), Dr. Alejo Lascano hasta interceptar con Carchi.
- Continúa por Carchi hasta interceptar con Quisquis
- Sigue por Quisquís hasta interceptar con Tulcán
- Continúa por Tulcán hasta interceptar con Miguel Hurtado Aguilar

- Sigue por Miguel Hurtado Aguilar hasta interceptar a la calle Dr. Gabriel García Moreno
- Continúa por la calle Dr. Gabriel García Moreno hasta interceptar con la calle José Vélez Villamar.
- Sigue por la calle José Vélez Villamar hasta interceptar con la calle Grnl. Lorenzo Juan N. de Garaycoa.
- Continúa por la calle Grnl. Lorenzo Juan N. de Garaycoa hasta interceptar con la calle Dr. Víctor Manuel Rendón
- Retorna por la calle Dr. Víctor Manuel Rendón la misma que más adelante adquiere el nombre de Primero de Mayo, continúa por esta calle hasta interceptar con la calle Tungurahua
- Sigue por la calle Tungurahua hasta interceptar a la calle Dr. Alejo Lascano
- Retorna por la Av. Dr. Fortunato Safadi Emen (Av. Delta), Av. Del Periodista, Av. Francisco de Orellana hasta llegar al Terminal de Integración "Orquídeas"

La extensión del recorrido de esta troncal es de aproximadamente 28 kilómetros con 400 metros.

PARADEROS TRONCALES

Debido a que no existen estudios realizados para la Troncal 7 con respecto a la ubicación de los paraderos de los buses troncales, ha sido necesario diseñar la ubicación de los paradero troncales en los cuales se realizará el levantamiento de la información requerida para realizar la simulación de la llegada de las personas a los paraderos y para simular los destinos de las personas que llegan a los paraderos seleccionados para la toma de la información. El Terminal de Integración de la Troncal 7 se encuentra ubicado al inicio de la Cdla. Las Orquídeas.

POLÍTICAS PROPUESTAS POR LA M.I. MUNICIPALIDAD DE GUAYAQUIL, PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA TRONCAL 7

Las políticas propuestas por la I. Municipalidad de Guayaquil, se refieren 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

Cada 2.5 minutos (150 segundos)

- Tiempo de Espera del Bus Troncal en el Paradero Troncal

El tiempo de espera es de 60 segundos. El bus se puede ir antes que finalice el tiempo de espera cuando ya no hay personas en cola esperando por subir al bus ó cuando la capacidad del bus (180 asientos) está ocupada. Cabe recalcar que sí al finalizar el tiempo de espera y todavía hay 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.

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

Las personas no formarán filas de espera, por lo tanto 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

Cuando el bus troncal llega al paradero se inicia inmediatamente el proceso de subidas y bajadas, ya que los buses tienen 8 puertas, de las cuales 4 han sido asignadas para las subidas y 4 para las bajadas.

ETAPAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SIMULADOR TRONCAL 7 "ORQUÍDEAS-CENTRO URBANO"

En la primera etapa se debe definir los objetivos de estudio, el cual consiste en realizar un modelo de simulación para el comportamiento del la Ruta Troncal 7 "Orquídeas-Centro Urbano" el cual no solo funcionará en base a las políticas establecidas por el Municipio de Guayaquil, sino también se implementará nuevas políticas de operación. El objetivo de construir el simulador en base a varias políticas de operación servirá para analizar los cambios en el comportamiento de ruta Troncal 7.

La segunda fase constituye en seleccionar el software de simulación en el que se codificará los procedimientos que describen el comportamiento de la ruta Troncal 7. Por las características que posee GPSS World 4.3.5. ha sido el software seleccionado para la construcción del modelo.

Es de gran importancia el manejo de los resultados obtenidos en la simulación del sistema de transporte para varias políticas, es por ello que nace la necesidad de almacenar dichos resultados en una base de datos, que tenga la capacidad de controlar grandes cantidades de registros.

SOFTWARES UTILIZADOS EN EL DESARROLLO DEL SIMULADOR TRONCAL 7 "ORQUIDEAS-CENTRO URBANO"

Con la intención de diseñar un software que cumpla con los requerimientos anteriormente mencionados, se decidió implementar una aplicación que integre varios paquetes de software que cumplan con requisitos específicos, para que una vez integrados se obtenga 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

Es un software diseñado para facilitar el desarrollo de aplicaciones en un entorno grafico como Windows 98, Windows NT o superior. La principal característica de Visual Basic 6.0 es que permite diseñar entornos amigables y de fácil utilización para todo tipo de aplicaciones.

Con un software amigable y de fácil utilización, los usuarios no familiarizados con el lenguaje de programación de GPSS, no se verán imposibilitados de la utilización del simulador Troncal 7 "Orquídeas-Centro Urbano".

Los datos requeridos para diseñar la ruta Troncal 7 serán ingresados desde el ambiente gráfico desarrollado bajo Visual Basic. Esta aplicación será la única con la que el usuario va a interactuar, ya que, las demás aplicaciones realizarán sus funciones de forma interna e imperceptible para el usuario.

Microsoft SQL Server 2000

Se escogió este software debido a que SQL Server maneja eficientemente grandes cantidades de información y ofrece, además, la seguridad y protección que los datos requieren, siendo esto uno de los mayores requerimientos para la selección del software encargado de almacenar información reservada e importante.

Minuteman GPSS World 4.3.5

Este Software será el encargado de realizar la simulación del modelo que describe el funcionamiento de la Troncal 7. Procesará la información de entrada que describa la ruta de transporte de la Troncal 7 con las políticas de operación que el usuario quiera analizar, luego de realizar la simulación proporcionará los resultados obtenidos.

Seagate Crystal Reports 8.5

Crystal Reports es un software especializado en la presentación de reportes impresos, se eligió este software para el manejo de la presentación de resultados por su flexiblidad y facilidad de uso; a pesar de que Visual Basic incluye un módulo para la presentación de reportes, el mismo no posee la capacidad de manejo de información como la que brinda Crystal Reports.

POLÍTICAS PLANTEADAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SIMULADOR "TRONCAL 7 ORQUÍDEAS-CENTRO URBANO"

Se implementará un sistema de simulación que permita 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.

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

Constante: Se podrá simular la Troncal 7 para cualquier tiempo de salida constante que el usuario desea analizar.

Dependiente del Día: El usuario tiene la opción de analizar el comportamiento de la Troncal 7 con tiempos de salidas de los buses que varían dependiendo del día.

Dependiente del Día y la Hora: Se podrá simular la Troncal 7 con tiempos de salidas de los buses que varían dependiendo del día y la hora de operación.

- Tiempo de Espera del Bus Troncal en el Paradero Troncal

Fijo: El bus no podrá extender el tiempo de permanencia en el paradero aún cuando todavía existan personas esperando por subir al bus. Únicamente el bus continuará con su recorrido, cuando la capacidad del bus ha sido utilizada por completo, es decir, cuando ya no hay asientos disponibles ya que sería una pérdida de tiempo que espere a que finalice el tiempo de permanencia si ya no tiene asientos disponibles.

No puede irse antes de finalizar el tiempo pero sí puede irse después: Si ya no hay personas esperando por subir al bus y todavía no finaliza el tiempo de espera el bus esperará hasta que finalice el tiempo de espera para continuar con su recorrido, pero si al finalizar el tiempo de espera en el paradero y todavía hay personas esperando por subir, el bus extenderá su tiempo de espera en el paradero hasta que no exista ninguna persona esperando por subir al bus. El bus continuará con el recorrido aún cuando todavía no finaliza el tiempo de espera en el caso de que ya no existan asientos disponibles en el bus.

Puede irse antes de finalizar el tiempo pero no puede irse después: Si todavía no ha finalizado el tiempo de espera en el paradero y no existe nadie esperando por subir, el bus dá 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 y después de finalizar el tiempo de espera: 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.

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

Aleatoria: En los paraderos no existirán filas de espera ya que el ascenso de las personas al bus es independiente del orden en que llegan las personas y por lo tanto no habría necesidad que las personas formen fila.
FIFO (Primeros en Llegar primeros en ser atendido): La subida de las personas al bus depende de su llegada al paradero, es decir, primeros en llegar primeros en subir al bus, por lo tanto existe una cola física de la espera de las personas en el paradero.

- Ascenso y Descenso de las Personas del Bus Troncal

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 por las 4 puertas disponibles y luego se realiza las subidas igualmente por cualquiera de las 4 puertas que tienen los buses troncales.

ELEMENTOS DE LA RUTA TRONCAL 7

La ruta está conformada por paraderos y semáforos, el bus se demora un tiempo que tarda el bus en movilizarse de un objeto a otro, está comprendido por una media y una desviación. En el siguiente cuadro se detallan los elementos que conforman la ruta troncal con su respectivo tiempo.

Tabla I

Paraderos y semáforos que conforman la ruta Troncal

Zona	Inicio y Final de la Zona	Objeto	Dirección	Distancia	Media	Desviación
Apartada	Desde	Paradero 0	Terminal de Integración (A lado de la Cdla. Las Orquídeas)	-	-	-
		Paradero 1	***Paradero Propuesto 1***	700	41.88	3.12
		Paradero 2	Av.Fco.de Orellana y Callejón 24B Noroeste (Frente a la Cdla. Los Vergeles)	650	38.89	2.89
		Paradero 3	***Paradero Propuesto 2***	600	35.9	2.67
		Paradero 4	***Paradero Propuesto 3***	600	35.9	2.67
		Paradero 5	Av.Fco.de Orellana y Callejón 20B Noroeste (Cdla. Samanes 7)	700	41.88	3.12
		Paradero 6	***Paradero Propuesto 4***	600	35.9	2.67
		Paradero 7	***Paradero Propuesto 5***	600	35.9	2.67
		Paradero 8	Av.Fco.de Orellana y Callejón 20A Noroeste (Cdla. Colinas de la Alborada)	650	38.89	2.89
		Paradero 9	***Paradero Propuesto 6***	670	40.09	2.98
		Semáforo 1	*Av. Fco. de Orellana y Rodolfo Baquerizo Nazur (sentido Norte-Sur)*	30	5.76	1.44
		Paradero 10	***Paradero Propuesto 7***	700	41.88	3.12
		Semáforo 2	*Av. Fco. de Orellana y Benjamín Carrión (sentido Norte-Sur)*	100	5.98	0.45
		Paradero 11	Av.Fco.de Orellana y José María Egas (sentido Norte - Sur)	580	34.7	2.58
		Paradero 12	***Paradero Propuesto 8***	600	35.9	2.67
		Semáforo 3	*Av. Fco. de Orellana y Av. Agustín Freire (sentido Norte-Sur)*	20	3.84	0.96
		Paradero 13	***Paradero Propuesto 9***	600	35.9	2.67
		Paradero 14	***Paradero Propuesto 10***	500	29.92	2.23
	Hasta	Paradero 15	Av.Fco.de Orellana y Víctor Hugo Sicouret (Frente al Centro Empresarial Las Cámaras)	500	29.92	2.23
Comercial	Desde	Paradero 15	Av.Fco.de Orellana y Víctor Hugo Sicouret (Frente al Centro Empresarial Las Cámaras)	-	-	-
		Semáforo 4	*Av. Fco. de Orellana y Víctor Hugo Sicouret (sentido Norte-Sur)*	50	6.03	0.89
		Semáforo 5	*Av. Fco. de Orellana y Nahim Isaías Barquet (sentido Norte-Sur)*	300	21.56	1.92
		Paradero 16	Av. Francisco de Orellana y Justino Cornejo (Frente a Expoplaza)	300	21.56	1.92

		Semáforo 6	*Av. Fco. de Orellana y José Alavedra (sentido Norte-Sur)*	680	48.86	4.35
		Paradero 17	Av.Fco.de Orellana y Alejandro Andrade Coello (Centro Comercial San Marino)	20	3.84	0.96
		Semáforo 7	*Av. Fco. de Orellana y Dr. Carlos Luis Plaza Dañín (sentido Norte-Sur)*	40	4.83	0.71
		Semáforo 8	*Av. del Periodista y Federico González Suárez (sentido Norte-Sur)*	500	35.93	3.2
		Paradero 18	***Paradero Propuesto 11***	20	3.84	0.96
		Semáforo 9	*Av. del Periodista y E. Estrada (sentido Norte-Sur)*	300	21.56	1.92
	Hasta	Paradero 19	Dr. Fortunato Safadi-Delta (Fac.de Administración-Universidad de Guayaquil)	630	45.7	4.03
Centrica	Desde	Paradero 19	Dr. Fortunato Safadi-Delta (Fac.de Administración-Universidad de Guayaquil)	-	-	-
		Semáforo 10	*Tungurahua y Luis Urdaneta (sentido Norte-Sur)*	200	18	2
		Semáforo 11	*Tunguragua y Quisquis (sentido Norte-Sur)*	100	9	1
		Paradero 20	Primero de Mayo y Esmeraldas	400	36	4
		Semáforo 12	*Primero de Mayo y Esmeraldas (sentido Este-Oeste)*	20	3.84	0.96
		Semáforo 13	*Primero de Mayo y José Mascote (sentido Este-Oeste)*	100	9	1
		Semáforo 14	*Primero de Mayo y José de Antepara (sentido Este-Oeste)*	300	27	3
		Semáforo 15	*Primero de Mayo y Av. Machala (sentido Este-Oeste)*	100	9	1
		Semáforo 16	*Primero de Mayo y Av. Quito (sentido Este-Oeste)*	100	9	1
		Semáforo 17	*Primero de Mayo y Pedro Moncayo (sentido Este-Oeste)*	100	9	1
		Semáforo 18	*Victor Manuel Rendón y Lorenzo de Garaicoa*	200	18	2
		Semáforo 19	*Lorenzo de Garaicoa y 9 de Octubre*	100	9	1
		Semáforo 20	*Lorenzo de Garaicoa y José Vélez Villamar*	100	9	1
		Semáforo 21	*José Vélez Villamar y Pedro Moncayo (sentido Oeste-Este)*	200	18	2
		Semáforo 22	*José Vélez Villamar y Av. Quito (sentido Oeste-Este)*	100	9	1
		Semáforo 23	*José Vélez Villamar y Av. Machala (sentido Oeste-Este)*	100	9	1
		Semáforo 24	*Miguel Hurtado Aguilar y José Mascote (sentido Oeste-Este)*	400	36	4
		Semáforo 25	*Miguel Hurtado Aguilar y Esmeraldas (sentido Oeste-Este)*	100	9	1
		Semáforo 26	*Tulcán y 9 de Octubre (sentido Sur-Norte)*	300	27	3
		Semáforo 27	*Tulcán y Quisquis (sentido Sur-Norte)*	200	18	2
		Semáforo 28	*Carchi y Alejo Lascano (sentido Sur-Norte)*	300	27	3
	Hasta	Paradero 21	Dr. Fortunato Safadi-Delta (Frente a la Fac.de Administración-Universidad de Guayaquil)	400	36	4
Comercial	Desde	Paradero 21	Dr. Fortunato Safadi-Delta (Frente a la Fac.de Administración-Universidad de Guayaquil)	-	-	-
		Paradero 22	***Paradero Propuesto 12***	630	45.27	4.03
		Semáforo 29	*Av. del Periodista y E. Estrada (sentido Norte-Sur)*	300	21.56	1.92
		Semáforo 30	*Av. del Periodista y Federico González Suárez (sentido Sur-Norte)*	20	3.84	0.96
		Semáforo 31	*Av. Fco. de Orellana y Dr. Carlos Luis Plaza Dañín (sentido Sur-Norte)*	500	35.93	3.2
		Paradero 23	Av. Fco. de Orellana y Alejandro Andrade (Frente al Centro Comercial San Marino)	40	4.83	0.71
		Semáforo 32	*Av. Fco. de Orellana y José Alavedra (sentido Sur-Norte)*	20	3.84	0.96
		Paradero 24	Av.Fco. de Orellana y Justino Cornejo (Expoplaza)	680	48.86	4.35
		Semáforo 33	*Av. Fco. de Orellana y Nahim Isaías Barquet (sentido Sur-Norte)*	300	21.56	1.92
		Semáforo 34	*Av. Fco. de Orellana y Víctor Hugo Sicouret (sentido Sur-Norte)*	300	21.56	1.92

	Hasta	Paradero 25	Av.Fco. de Orellana y Víctor Hugo Sicouret (Centro Empresarial Las Cámaras)	50	6.03	0.89
Apartada	Desde	Paradero 25	Av.Fco. de Orellana y Víctor Hugo Sicouret (Centro Empresarial Las Cámaras)	-	-	-
		Paradero 26	***Paradero Propuesto 13***	500	29.92	2.23
		Paradero 27	***Paradero Propuesto 14***	500	29.92	2.23
		Semáforo 35	*Av. Fco. de Orellana y Av. Agustín Freire (sentido Sur-Norte)*	600	35.9	2.67
		Paradero 28	***Paradero Propuesto 15***	20	3.84	0.96
		Paradero 29	Av.Fco.de Orellana y José María Egas (sentido Sur a Norte)	600	35.9	2.67
		Semáforo 36	*Av. Fco. de Orellana y Benjamín Carrión (sentido Sur-Norte)*	580	34.7	2.58
		Paradero 30	***Paradero Propuesto 16***	100	5.98	0.45
		Semáforo 37	*Av. Fco. de Orellana y Rodolfo Baquerizo Nazur (sentido Sur-Norte)*	700	41.88	3.12
		Paradero 31	***Paradero Propuesto 17***	30	5.76	1.44
		Paradero 32	Av.Fco. de Orellana y Callejón 20 A Noroeste (Frente a la Cdla. Colinas de la Alborada)	670	40.09	2.98
		Paradero 33	***Paradero Propuesto 18***	650	38.89	2.89
		Paradero 34	***Paradero Propuesto 19***	600	35.9	2.67
		Paradero 35	Av.Fco. de Orellana y Callejón 20B Noroeste (Frente a la Cdla. Samanes 7)	600	35.9	2.67
		Paradero 36	***Paradero Propuesto 20***	700	41.88	3.12
		Paradero 37	***Paradero Propuesto 21***	600	35.9	2.67
		Paradero 38	Av.Fco. de Orellana y Callejón 24B Noroeste (Cdla. Los Vergeles)	600	35.9	2.67
		Paradero 39	***Paradero Propuesto 22***	650	38.89	2.89
	Hasta	Paradero 40	Terminal de Integración (Frente a la Cdla. Las Orquídeas)	700	41.88	3.12

IMPLEMENTACIÓN DEL SIMULADOR PARA EL SISTEMA METROVÍA TRONCAL 7 "ORQUÍDEAS-CENTRO URBANO"

El simulador que modelará el comportamiento de la ruta Troncal 7 "Orquídeas-Centro Urbano" dio resultados favorables en el proceso de validación utilizando datos falsos, lo que implica que el simulador está en la capacidad de ser implementado ya que cumple con los objetivos por el cual fue diseñado.

Como etapa final del estudio se procederá a simular el comportamiento de la ruta Troncal 7 con los datos analizados en el capítulo 3 y con los parámetros de operación establecidos por la M.I.Municipalidad de Guayaquil, los cuales fueron definidos en la sección 2.5 del capítulo 2. Los resultados que se obtengan del proceso de simulación no servirá para tomar decisiones, únicamente servirán para verificar que los resultados obtenidos sean coherentes.

COMPARACIÓN DE POLÍTICAS DE POLÍTICAS DE OPERACIÓN DE LA TRONCAL 7

Los análisis se realizarán estableciendo comparaciones entre los resultados obtenidos de la simulación del sistema Metrovía bajo las políticas de operación de la M.I. Municipalidad de Guayaquil y los resultados que se obtienen simulando el sistema con la política 1, y 2.

Se realizará dos análisis, uno que trabaje con todas las horas que opera la troncal, y otro que excluya los datos de la hora 5:00-6:00 a.m. debido a que a las 5:00 a.m. el bus inicia su recorrido y esto afecta a las variables de interés, desde la segunda hora de operación el sistema se estabiliza.

Se analizará el funcionamiento del sistema de acuerdo a la relación de las siguientes 3 variables:

-Promedio del total de ingresos al paradero, -Promedio del número máximo de subidas al bus, -Promedio del tiempo máximo de subidas al bus

Si los buses salen del Terminal cada 2 minutos, la cantidad de buses que ingresan a los paraderos debería aumentar (ver cuadro de la variable Promedio de ingresos totales al paradero), lo que implicaría que la cantidad de personas que se suben a los buses disminuya (ver cuadro de la variable Promedio del número máximo de subidas al bus), ya que existe una mayor demanda de buses. Los tiempos que se demoran las personas en subir a los buses guarda relación con la cantidad de personas que suben a los buses (ver cuadro de la variable Promedio del tiempo máximo de subidas al bus), los valores de ésta variable aumentará o disminuirá en función de la variable promedio del número máximo de subidas al bus.

Gráfico 1

Variable: Promedio del total de ingresos de buses al paradero
Unidad : buses

	Política M.I. Municipalidad	Variación 1 (2 minutos)		Variación 2 (1 minuto)	
Datos Considerados	Resultado Observado	Resultado Observado	Porcentaje de Variación	Resultado Observado	Porcentaje de Variación
Excluidos los datos de 5:00 - 6:00 a.m.	24.63	31.31	Aumenta 27.12%	62.31	Aumenta 152.98%
Incluidos todos los datos	25.24	31.31	Aumenta 24.05%	62.31	Aumenta 146.87%

Resultados obtenidos en la variable promedio del total de ingresos de buses al paradero

Gráfico 2

Variable: Promedio del numero máximo de subidas al bus
Unidad : personas

	Política M.I. Municipalidad	Variación 1 (2 minutos)		Variación 2 (1 minuto)	
Datos Considerados	Resultado Observado	Resultado Observado	Porcentaje de Variación	Resultado Observado	Porcentaje de Variación
Excluidos los datos de 5:00 - 6:00 a.m.	25.81	21.11	Disminuye 18.21%	17.27	Disminuye 33.09%
Incluidos todos los datos	34.60	33.33	Disminuye 3.67%	30.73	Disminuye 11.18%

Resultados obtenidos en la variable promedio del número máximo de subidas al bus

Gráfico 3

Variable: Promedio del tiempo máximo de subidas al bus
Unidad : segundos

	Política M.I. Municipalidad	Variación 1 (2 minutos)		Variación 2 (1 minuto)	
Datos Considerados	Resultado Observado	Resultado Observado	Porcentaje de Variación	Resultado Observado	Porcentaje de Variación
Excluidos los datos de 5:00 - 6:00 a.m.	12.91	10.56	Disminuye 18.20%	8.64	Disminuye 33.08%
Incluidos todos los datos	17.3	16.67	Disminuye 3.64%	15.37	Disminuye 11.16%

Resultados obtenidos en la variable promedio del tiempo máximo de subidas al bus

Salidas de buses cada 2 minutos

-Excluyendo los datos 5:00-6:00 a.m. El total de ingresos de buses al paradero aumenta en promedio un 27.12%, lo que implica que el promedio del número máximo de subidas al bus disminuya en un 18.21% y por ende el promedio del tiempo máximo de subidas en el mismo porcentaje.

-Incluyendo los datos 5:00-6:00 a.m. El total de ingresos de buses al paradero aumenta en promedio un 24.05%, lo que implica que el promedio del número máximo de personas que suben al bus disminuya en un 3.67%.

El promedio de ingresos de buses a los paraderos incluyendo los datos de 5:00-6:00 a.m. es menor en comparación con los ingresos de los buses que no incluye los datos de esta hora, debido a que el bus inicia su recorrido a las 5:00 a.m. y el último paradero registrará el ingreso del primer bus como máximo cuando el reloj marque 5:44 minutos con 23 segundos.

Salidas de buses cada minuto

-Excluyendo los datos 5:00-6:00 a.m. Si los buses salen del Terminal cada minuto el total de ingresos de buses al paradero aumenta en promedio un 152.98%, lo que implica que el promedio del número máximo de subidas al bus disminuya en un 33.09%.

-Incluyendo los datos 5:00-6:00 a.m. Si los buses salen del Terminal cada minuto el total de ingresos de buses al paradero aumenta en promedio un 146.87%, lo que implica que el promedio del número máximo de subidas al bus disminuya en un 11.18%.

TIEMPO DE PERMANENCIA DEL BUS EN EL PARADERO

El tiempo de permanencia del bus en el paradero depende del máximo tiempo que resulte de la comparación entre los tiempos de bajadas y subidas de las personas al bus.

Gráfico 4

Variable: Promedio del tiempo de permanencia del bus en el paradero
Unidad : segundos

	Política M.I. Municipalidad	Variación 1 (2 minutos)		Variación 2 (1 minuto)	
Datos Considerados	Resultado Observado	Resultado Observado	Porcentaje de Variación	Resultado Observado	Porcentaje de Variación
Excluidos los datos de 5:00 - 6:00 a.m.	15.74	12.82	Disminuye 18.55%	10.04	Disminuye 36.21%
Incluidos todos los datos	20.77	20.20	Disminuye 2.74%	18.65	Disminuye 10.21%

Resultados obtenidos en la variable promedio del tiempo de permanencia del bus en el paradero

Salidas de buses cada 2 minutos

-Excluyendo los datos 5:00-6:00 a.m. El tiempo promedio de permanencia del bus en el paradero disminuye en un 18.55%, es decir el tiempo se reduce de 15.71 a 12.82 segundos.

-Incluyendo los datos 5:00-6:00 a.m. El tiempo promedio de permanencia del bus en el paradero disminuye en un 2.74%.

Salidas de buses cada minuto

-Excluyendo los datos 5:00-6:00 a.m. El tiempo promedio de espera en los paraderos disminuye en un 36.21%, es decir de 15.74 segundos disminuye a 10.04 segundos.

-Incluyendo los datos 5:00-6:00 a.m. El tiempo promedio de permanencia del bus disminuye en un 10.21%.

MÁXIMA UTILIZACIÓN DEL BUS

Si se aumenta la cantidad de buses en circulación, la utilización del bus disminuirá, se genera un comportamiento mayor oferta vs. menor demanda.

Gráfico 5

Variable: Promedio de la máxima utilización del bus
Unidad : asientos

	Política M.I. Municipalidad	Variación 1 (2 minutos)		Variación 2 (1 minuto)	
Datos Considerados	Resultado Observado	Resultado Observado	Porcentaje de Variación	Resultado Observado	Porcentaje de Variación
Excluidos los datos de 5:00 - 6:00 a.m.	128.05	104.29	Disminuye 18.56%	74.83	Disminuye 41.56%
Incluidos todos los datos	137.25	125.46	Disminuye 8.59%	113.22	Disminuye 17.51%

Resultados obtenidos en la variable promedio de la máxima utilización del bus

Salidas de buses cada 2 minutos

-Excluyendo los datos 5:00-6:00 a.m. El promedio de asientos ocupados disminuye de 128.05 a 104.29, lo que equivale a una disminución del 18.56%

-Incluyendo los datos 5:00-6:00 a.m. Tomando en cuenta todas las horas de operación, la máxima ocupación del bus disminuirá de 137.25 asientos ocupados a 125.46, equivalente a una disminución del 8.59%

Salidas de buses cada minuto

-Excluyendo los datos 5:00-6:00 a.m. El promedio de asientos ocupados disminuye de 128.05 a 74.83, lo que equivale a una disminución del 41.56%. Los buses utilizan en promedio el 41.57% de su capacidad.

-Incluyendo los datos 5:00-6:00 a.m. En promedio la cantidad de asientos ocupados disminuye de 137.25 a 113.22 asientos, equivalente a una disminución del 17.51%.

Excluyendo los datos de 5:00-6:00 a.m. el promedio de asientos ocupados es 74.83, mientras que tomando los datos de 5:00-6:00 a.m. el promedio aumenta a 113.22 asientos ocupados, debido a que en la primera hora la demanda de buses en circulación es mínima lo que implica una mayor utilización de los buses en esa hora.

NUMERO MÁXIMO DE BUSES EN CIRCULACION

El aumento del tiempo entre salidas de los buses implica que la cantidad de buses en circulación aumente. Tomando en cuenta esta variable el Municipio podrá determinar la cantidad mínima de buses que necesita para implementar el sistema Metrovía.

Gráfico 6

Variable: Promedio de la cantidad máxima de buses en circulación en un día
Unidad : buses

	Política M.I. Municipalidad	Variación 1 (2 minutos)		Variación 2 (1 minuto)	
Datos Considerados	Resultado Observado	Resultado Observado	Porcentaje de Variación	Resultado Observado	Porcentaje de Variación
Excluidos los datos de 5:00 - 6:00 a.m.	18.66	22.64	Aumenta 21.33%	43.72	Aumenta 134.30%
Incluidos todos los datos	18.66	22.64	Aumenta 21.33%	43.72	Aumenta 134.30%

Resultados obtenidos en la variable promedio de la cantidad máxima de buses en circulación en un día

La cantidad máxima de buses en circulación no se verá afectada si se omiten los datos de 5:00-6:00 a.m. ya que la cantidad de buses en circulación en esta hora es mínima, porque los buses empiezan a circular a las 5:00 a.m., mientras que desde las 6:00 a.m. estarán en circulación los buses que salieron desde la Terminal en la hora anterior.

Salidas de buses cada 2 minutos

Si se disminuye el tiempo entre salida de los buses a 2 minutos, el sistema Metrovía funcionará como mínimo con 22.64 unidades, a este valor se le debe incluir los 6 buses que estarán en el Terminal de Integración.

Salidas de buses cada minuto

Con salidas de buses cada minuto, el Municipio debe implementar el sistema como mínimo con 43.72 unidades, más las 6 unidades del Terminal de Integración.

CONCLUSIONES

-En el 45% de los paraderos que conforman la ruta Troncal 7, las colas máximas se producen en el intervalo de 5:00-6:00 a.m., esto se debe a que el bus inicia su recorrido a las 5:00 a.m. y hasta que el bus atienda estos paraderos sus colas han aumentado. El 72% de estos paraderos, es decir, 13 de los 18 paraderos, se encuentran ubicados al final de la ruta Troncal.

-Las máximas colas en los paraderos conformadas por las personas que esperan la llegada del bus troncal se produjo en el paradero que está ubicado al frente de la Universidad Estatal de Guayaquil. En este paradero estuvieron el día viernes de 16:00-17:00 como máximo 117.58 personas esperando al bus troncal.

-El tiempo máximo que las personas tuvieron que esperar en el paradero, hasta que llegue el bus troncal se generó en el último paradero de la ruta, cuyo tiempo fue 21.76 minutos. En el 95% de los paraderos, los tiempos máximos de espera se producen de 5:00-6:00 a.m. como se explicó los datos de la 5:00-6:00 afectan los tiempos máximos de espera de los pasajeros en los paraderos ya que el bus se demora en recorrer la ruta 44.33 minutos. Si se excluye los datos de la hora en que el modelo no se estabiliza la cual es de 5:00-6:00 a.m., el último paradero de la ruta troncal reduce su máximo tiempo de espera de 21.76 a 2.95 minutos, equivalente a una reducción del 86.44%.

-El mayor tiempo de permanencia del bus ocurrió en el paradero 20, Primero de Mayo y Esmeraldas, en este paradero el tiempo de bajadas es mayor al tiempo que debe permanecer el bus en el paradero, por lo tanto sobrepasa el límite de los 60 segundos, y de acuerdo a la políticas el bus debe esperar hasta que las bajadas finalicen. En este caso el bus tuvo un tiempo de permanencia de 89.04 segundos.

-La cantidad de asientos ocupados del bus incrementa a medida que el bus se acerca al paradero 20, Primero de Mayo y Esmeraldas, el bus llega al paradero 20 con una máxima ocupación de 178.07 asientos, la utilización máxima del bus hasta este paradero es del 98.93%. El bus sale de este paradero con una ocupación máxima de 83.87 asientos, lo que equivale a utilizar el bus como máximo un 46.59%. El bus llega a ocupar el 99.98% de su capacidad, en el momento que sale del paradero 36 (paradero propuesto, utiliza la información del paradero 35, Av. Fco. de Orellana y Callejón 20B Noroeste -Frente a la Cdla. Samanes 7)

-En un día de operación de la Troncal 7, estarán en promedio 18.66 buses en circulación. Los buses realizarán un promedio de 439.09 vueltas por día. Utilizando el promedio máximo de buses necesarios para que funcione el sistema más las 6 unidades que deben estar disponibles en la Terminal de Integración, el sistema debería estar conformado como mínimo con 25 buses, los cuales realizarán un promedio 17.56 vueltas por día.

-Del total de buses que ingresan a los paraderos, un 4.19% tuvo que hacer cola para ingresar a los paraderos, ya que el espacio en el paradero estaba ocupado por otro bus.

-El software ha dado resultados favorables en el proceso de validación, lo que nos confirma su utilización como una herramienta segura y confiable para el análisis del comportamiento de la Troncal 7 "Orquídeas-Centro Urbano" con diversas políticas de operación de la ruta.

-Siendo el objetivo de la presente tesis, construir un software que simule el comportamiento de la Troncal 7, no se ha profundizado el presente estudio en diseñar metodologías adecuadas para la toma de datos. Los criterios utilizados para el levantamiento de la información pueden ser mejorados. Se sugiere diseñar un estudio más profundo para el proceso de toma de datos tanto de la variable cantidad de personas que llegan en un minuto a un determinado paradero en un día y hora específica como los cuestionarios origen-destino, las mismas que determinarán la probabilidad de que una persona que se sube en un paradero tenga como destino los siguientes paraderos de la ruta.