

Modelo de simulación para el comportamiento del sistema de transporte masivo “Metrolínea” y de sus usuarios en la parada de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga

María Alejandra Delgado León

Investigadora. Principales áreas de interés investigativo: mercadeo, calidad y producción y logística.

maria.delgadoleon@upb.edu.co

Cindy Paola Castellanos Navas

Investigadora. Principales áreas de interés investigativo: calidad, mercadeo y producción y logística.

cindy.castellanos@upb.edu.co

Clara Elena Gámez Uhia

Investigadora. Principales áreas de interés investigativo: calidad, producción y logística y marketing.

clara.gamez@upb.edu.co

María Carolina González Páez

Investigadora. Principales áreas de interés investigativo: mercadeo, calidad y producción y logística.

maria.gonzalezpa@upb.edu.co

Diana Marcela Mesa López

Investigadora. Principales áreas de interés investigativo: producción y logística, calidad y finanzas.

diana.mesa@upb.edu.co

Rubén Darío Jácome Cabrales

Profesor. Ingeniero industrial UIS, especialista en Alta Gerencia, M.Sc. Ingeniería Industrial Universidad de los Andes. Área de interés investigativo: investigación de operaciones y simulación.

ruben.jacome@upb.edu.co

Edwin Dugarte Peña

Profesor. M.Sc. Estadística, Universidad Nacional de Colombia, área de interés investigativo: producción y logística.

edwing.dugarte@upb.edu.co

Universidad Pontificia Bolivariana, sede Bucaramanga.

Resumen

El presente artículo plantea el desarrollo de un estudio descriptivo, que tuvo como fin analizar el comportamiento del sistema de transporte masivo “Metrolínea” y de los usuarios en la parada de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, para lo que se creó un modelo de simulación, utilizando muestreo como metodología estadística y aplicando observación directa y encuestas como instrumentos de recolección de datos. Para la elaboración del modelo de simulación se utilizó el software Arena y se analizaron los resultados de la encuesta en términos descriptivos. Se observó que los usuarios se encuentran inconformes con el sistema debido a que lo consideran demorado por las fluctuaciones en el tiempo de espera que este presenta.

Palabras clave

Modelo de simulación, Sistema de transporte masivo, Software Arena.
Extended abstract

Abstract

This article proposes the development of a descriptive study which had as end analyze the behavior of the system of massive transport "Metrolínea" and the users in the stop of the Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga for what a simulation model was created using sampling as statistical methodology and applying direct observation and surveys as instruments of collecting information. The software: Arena, was used for the development of the simulation model and the results of the survey were analyzed descriptively. It was observed that the users are dissatisfied with the system because they consider it delayed by fluctuations in the wait time that this one presents.

Keywords

Simulation model, Mass transit system, Software Arena.

Introducción

En las ciudades se han implementado diversos sistemas de transporte para suplir la necesidad de desplazarse de un lugar a otro, uno de estos es el sistema de transporte público masivo que busca prestar un servicio de calidad, pero ha presentado diversas fallas como inseguridad, demoras, grandes aglomeraciones de personas, entre otros. Esto evidencia la necesidad del diseño y construcción de herramientas que permitan evaluar las condiciones en las que opera el sistema y el desempeño que tiene. Estas herramientas representan una alternativa económica, para evaluar la calidad de servicio y son recursos bastante eficaces para la toma de decisiones respecto a la viabilidad de posibles mejoras.

La presente investigación de tipo descriptivo busca analizar el comportamiento del sistema de transporte masivo “Metrolínea” y de sus usuarios mediante un modelo de simulación, con localización en la parada de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, conociendo las causas que pueden ocasionar ineficiencias en el servicio prestado, al igual que los factores que influyen en el comportamiento de los usuarios de este servicio. Los resultados de esta investigación serán claves para analizar la calidad del servicio prestado, así como la eficiencia y eficacia del mismo mediante el diseño de un sistema de simulación que permita tener información más confiable, resultados más directos y aportar a la toma de decisiones con el fin de establecer posibles mejoras.

Para empezar con el diseño se aplicaron instrumentos como observación directa en la parada tanto norte como sur, y se aplicaron encuestas a una muestra para evaluar el nivel de satisfacción de los usuarios con el servicio. Luego se construyó el modelo, con el cuál se pudo observar que el sistema presenta fluctuaciones en su tiempo de espera, por lo que muchos usuarios se encuentran inconformes con el servicio ya que lo consideran demorado, teniendo que usar este servicio por obligación.

Marco teórico

Simulación

La simulación es el desarrollo de un modelo lógico-matemático de un sistema, de tal forma que se obtiene una imitación de la operación de un proceso de la vida real o de un sistema a través del tiempo. La simulación de sistemas ofrece un método

para analizar el comportamiento de un sistema. La elaboración e implementación de grandes proyectos de inversión requieren estudios lógicos-matemáticos complejos, es por ello indispensable realizar estudios preliminares para asegurar su conveniencia de acuerdo a su eficiencia y ejecución económica para proyectos de cualquier tamaño. (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, *s.f.*, Definiciones de Simulación).

Tipos de Simulación

Los modelos continuos. Se ocupan de sistemas cuyo comportamiento cambia continuamente con el tiempo. Estos suelen utilizar ecuaciones diferenciales para describir las interacciones entre los diferentes elementos del sistema. Un ejemplo típico tiene que ver con el estudio de la dinámica de la población mundial.

Los modelos discretos. Tienen que ver principalmente con el estudio de líneas de espera con el objetivo de determinar medidas como el tiempo de espera promedio y la longitud de la cola. Estas medidas cambian solo cuando un cliente entra o sale del sistema. Los instantes en que ocurren los cambios en puntos discretos específicos del tiempo (eventos de llegada y salida), originan el nombre simulación de evento discreto. (Taha, H., 2011-2012, p. 652).

Los dos factores básicos para escoger el tipo de simulación a utilizar son:

El desarrollo o tipo de un modelo. Bajo este factor se incorporan ecuaciones lógicas representativas de un sistema y se plasman en un programa computacional.

Experimentación. Con respecto a este segundo factor, también denominado segunda fase del estudio de simulación, tiene como objetivo experimentar con el modelo para determinar cómo responde el sistema a cambios en los niveles de algunas variables de entrada (Azarang y García, *s.f.*, Introducción).

Proceso de desarrollo de un modelo de simulación

Definición del sistema. Se debe comenzar con una descripción del problema. Si esta es dada por los tomadores de decisiones debe existir una correcta identificación del objetivo, las variables de decisión, las restricciones, la medida de efectividad y las variables no controlables y su comportamiento estadístico (Azarang y García, *s.f.*, Proceso de Desarrollo de un Modelo de Simulación).

Análisis del sistema. Se describen las interacciones lógicas entre las variables de decisión, de tal suerte que se optimice la medida de efectividad en función de las variables no controlables, sin olvidar las restricciones del sistema (Azarang y García, *s.f.*, Proceso de Desarrollo de un Modelo de Simulación).

Formulación del modelo. Se genera un código lógico-matemático que defina en forma exacta las interacciones entre las variables; debe ser una definición sencilla pero completa del sistema (Azarang y García, *s.f.*, Proceso de Desarrollo de un Modelo de Simulación).

Selección del lenguaje. Depende del tiempo de desarrollo del modelo de simulación, es sustancial utilizar el lenguaje que mejor se adecuó a las necesidades que se requieran. Su selección puede ser desde usar un lenguaje general como lo es Basic, Pascal o Fortran (Azarang y García, *s.f.*, Proceso de Desarrollo de un Modelo de Simulación).

Codificación del modelo. Consiste en generar las instrucciones o código computacional necesario para lograr que el modelo pueda ser ejecutado en algún tipo de computadora. Tiene una duración que está directamente relacionada con la selección del lenguaje (Azarang y García, *s.f.*, Proceso de Desarrollo de un Modelo de Simulación).

Validación del modelo. Tiene como objetivo determinar la habilidad de un modelo para representar la realidad. La validación se lleva a cabo mediante la comparación estadística entre los resultados del modelo y los resultados reales (Azarang y García, *s.f.*, Proceso de Desarrollo de un Modelo de Simulación).

Experimentación. Las diversas alternativas que pueden ser evaluadas, seleccionando las variables de entrada y sus diferentes niveles, con la finalidad de optimizar las variables de respuesta del sistema real (Azarang y García, *s.f.*, Proceso de Desarrollo de un Modelo de Simulación).

Implantación. Una vez seleccionada la mejor alternativa, es importante llevarla a la práctica; en muchas ocasiones este último paso es el más difícil, ya que se tiene que convencer a la alta dirección y al personal de las ventajas de esta puesta en marcha. Para esto se recomienda llevar a cabo un proceso de animación que permita visualizar el comportamiento de las variables en el sistema (Azarang y García, *s.f.*, Proceso de Desarrollo de un Modelo de Simulación).

Monitoreo y control. Es necesario recordar que los sistemas son dinámicos y con el transcurso del tiempo es necesario modificar el modelo de simulación, ante los nuevos cambios del sistema real, con el fin de llevar a cabo actualizaciones periódicas que permitan que el modelo siga siendo una representación del sistema (Azarang y García, *s.f.*, Proceso de Desarrollo de un Modelo de Simulación).

Software de Simulación

La simulación nos sirve como punto intermedio entre los conceptos teóricos y la realidad. Cuanto mejor sea la expresión que defina la realidad, mejores serán los resultados, más reales, y, a su vez, puede reducir los costos de fabricación, facilitado las tareas de diseño.

Un simulador es la herramienta que permite la reproducción del sistema, puede reproducir tanto las sensaciones físicas (velocidad, aceleración, percepción de entorno). (Universidad del Valle de Puebla, *s.f.*, Software de Simulación).

Software Arena

Es un software fabricado por *Rockwell Automation*, que permite llevar al mundo empresarial la tecnología y simulación. Arena está diseñada para analizar el impacto de los cambios relativos a re-diseños importantes y complejos asociados con la cadena de suministro, fabricación, procesos, logística, distribución y almacenamiento, y sistema de servicios.

Arena está construida con lenguaje de programación *Siman*, el cual estudia los clientes u objetos con propiedades llamadas atributos, que se mueven en la simulación a través de un modelo de sistema particular.

Los modelos de Arena están compuestos por tres tipos de módulos:

Procesos. Son los que describen el comportamiento de los modelos, por ellos corren las entidades, que son los elementos que simulan los distintos tipos de unidades que se encuentran en el sistema.

Datos. Los cuales representan algunos elementos de la simulación y algunas características de procesos como entidades, recursos y colas.

La animación. Es una herramienta muy potente, da versatilidad a la simulación y permite que esta sea comprendida por una audiencia mayor. Permite comunicar el proceso de simulación de manera más efectiva que los diagramas y los datos. (Eurnekian, 2009, pp. 16-17).

Partes de un modelo:

Entidades. Son las que representan personas u objetos que afectan el estado del sistema.

Atributos. Se le denomina a las propiedades y características comunes que tienen las entidades.

Variables (Globales). Definen las características del sistema, parecido a los atributos solo que hace referencia al sistema en general y no a la entidad específica. Existen dos tipos de variables, las fabricadas por Arena y las definidas por el usuario.

Los Recursos. Son elementos estáticos del proceso y hacen referencia a lo que necesito para realizar el servicio, como: herramientas, personas o máquinas.

Colas. Son elementos pasivos del proceso, se presentan cuando un recurso no tiene disponibilidad y debe esperar la entidad para acceder al servicio.

Acumuladores estadísticos. Es la acumulación de datos durante el proceso para que contenga información útil.

Eventos. Es el conjunto de actividades tales como llegada y salida de una entidad que modifican el estado actual del sistema.

Reloj de simulación. Es el tiempo actual simulado, es decir del transcurso de los eventos del calendario, puede no coincidir, en algunas ocasiones se acelera o retrasa (Eurnekian, 2009, pp. 8-9).

Sistema de Transporte

Definición de Sistema de Transporte

El SITM es un sistema de transporte masivo rápido compuesto por un conjunto de corredores troncales con carriles segregados y preferenciales, destinados en forma exclusiva a la operación de ómnibus de alta y mediana capacidad. Esta red de corredores troncales se integrará con los corredores pre-troncales y complementarios, en los que se prestarán servicios de transporte de pasajeros con vehículos de menor capacidad. (Nevó, M, 2004, Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM)).

El transporte público es una herramienta fundamental para solucionar los problemas de transporte urbano y lograr una ciudad eficiente y equitativa, ya que el transporte público es más eficiente que el privado motorizado, en términos de pasajeros transportados por unidad de espacio, consumo energético e impactos ambientales. (Pardo, 2009, p. 7).

Bus Rapid Transit (BRT)

BRT es un sistema de transporte masivo basado en buses pero con características de un sistema Metro que provee un transporte rápido, confiable y eficiente desde el punto de vista de costos. *BRT* puede ser construido totalmente o en forma evolutiva, lo que significa que la ciudad empieza a construir el sistema paulatinamente, mediante la implementación gradual de etapas relativamente pequeñas pero de gran impacto. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2010, p. 6)

Teoría de colas

“La teoría de colas se ocupa del análisis matemático de los fenómenos de las líneas de espera o colas, es un modelo de comportamiento de tráfico cuando se solicita un servicio por parte de una serie de clientes” (Garduño, *s.f.*, p. 17).

Elementos de la teoría de colas

Está compuesta por seis elementos principales:

El patrón de entradas o llegadas. Hace referencia al tiempo existente entre la llegada del cliente hasta que adquiere el servicio. Se pueden presentar dos reacciones

de los clientes al momento de su llegada, el rechazo (se desiste de ingresar a la cola por la extensa dimensión) y abandono (ya está dentro de la cola y la abandona) (Garduño, *s.f.*, p. 20).

El tipo de distribución de salidas. Es el tiempo del servicio por cliente. El tiempo de llegadas y de servicio puede ser probabilístico, determinístico o generales (Garduño, *s.f.*, p. 20).

Los canales de servicio. Son los sistemas que desempeñan los servidores para proporcionar el servicio. Existen tres tipos de canales: Canal paralelo, en serie y mixto. La diferencia entre el paralelo y en serie, es el tamaño de clientes atendidos de forma simultánea. En el canal en serie los clientes tendrán que pasar por todos los canales hasta obtener el servicio (Garduño, *s.f.*, p. 21).

La disciplina del servicio. Se considera uno de los elementos más importantes debido a que hace alusión al orden de elegir a los clientes en la línea de espera para recibir el servicio (Garduño, *s.f.*, p. 21).

El tamaño de la línea de espera o número de clientes permitidos. Puede ser infinito para propósitos prácticos o finita, la cual posee un problema de frustración debido a que tiene un límite máximo de clientes (Garduño, *s.f.*, p. 22).

La fuente de entrada o población potencial. Es el grupo de clientes que pueden llegar a obtener el servicio (Garduño, *s.f.*, p. 22).

Tipos de sistema de líneas de espera

En la Figura 1 se muestran los tipos de sistemas existentes, donde se describe para cada caso qué tipo de sistema es.

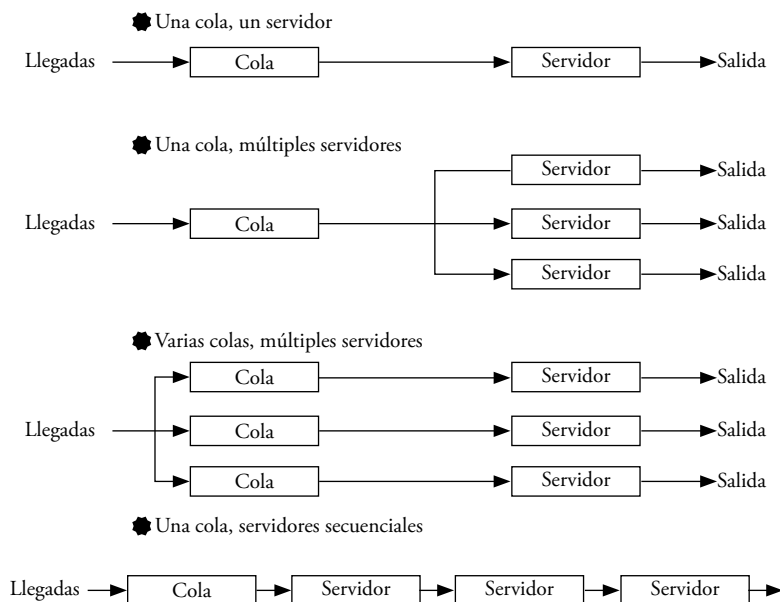


Figura 1. Tipos de sistemas. Tomada de Garduño, s.f., p. 24.

Materiales y métodos

Se diseñó un cuestionario para la recolecta de información. Este instrumento se validó por el asesor científico de la investigación. Se considerón, como unidad de observación, a los usuarios del sistema de transporte masivo “Metrolínea” docentes, estudiantes, trabajadores y pasantes de la comunidad de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga. Dado el tamaño de la población total de usuarios, estimado en 3055, se decidió un muestreo no probabilístico. El tamaño de la muestra fue de 350, de estos el 87% fueron estudiantes, el 8% docentes, el 4% trabajadores y el 1% pasantes. La selección de la muestra se hizo por interceptación en la parada Palmichal, que se ubica al frente de la universidad. Además, se utilizó la observación directa en la parada, apoyados con video-grabaciones en el horario de 2:00 a 3:00 p.m. (Ver Figura 2).

Figura 2. Observación directa en la parada Palmichal.



Análisis de resultados

Al analizar las encuestas realizadas a los usuarios de “Metrolínea” de la UPB seccional Bucaramanga se evidenció la gran diferencia porcentual por lugar de residencia de los usuarios encuestados, 76% del Norte (Vía Universidad-Bucaramanga) y el 24% del Sur (Vía Universidad-Piedecuesta). (Ver Figura 3).

Al preguntar por qué utiliza el servicio de Metrolínea como medio de transporte se encontró que el 63% de los usuarios coinciden en señalar que por obligación, debido a que no poseen otro medio de transporte para dirigirse a la UPB, en segundo lugar se seleccionó la economía con un porcentaje del 33%. (Ver Figura 4).

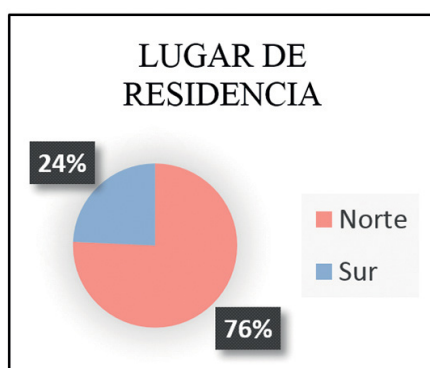


Figura 3. Lugar de residencia.

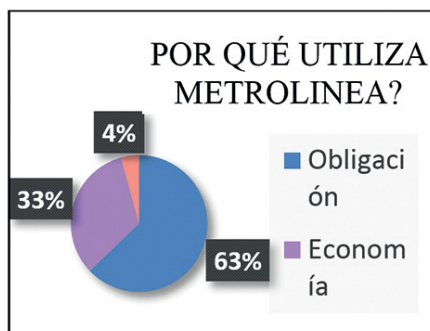


Figura 4. Razones por las utiliza el servicio de Metrolínea.

Con respecto a la frecuencia del uso del servicio de Metrolínea, 195 seleccionaron "Todos los días de la semana", 87 eligieron "Entre dos y cuatro días de la semana" y 68 escogieron "Un día a la semana", observándose que la mayoría de personas encuestadas usan todos los días el servicio de Metrolínea. (Ver Figura 5).

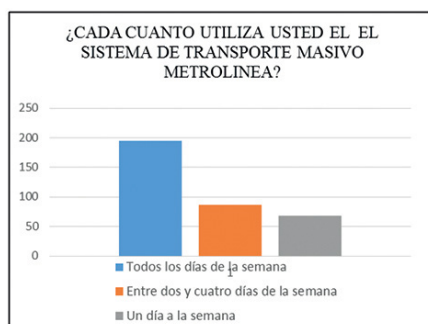


Figura 5. Frecuencia con la que utiliza el servicio de Metrolínea.

En lo referente al grado de satisfacción de los usuarios del servicio "Metrolínea" se puede observar que la mayoría de usuarios se encuentran inconformes con el servicio que se les presta, pues solo el 9,42% de los usuarios tienen una buena opinión del servicio. (Ver Figura 6).

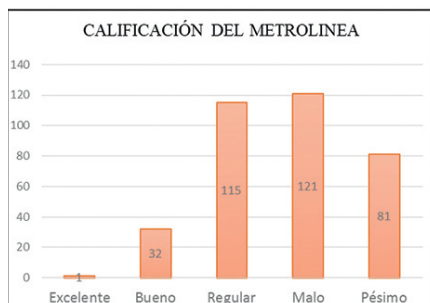


Figura 6. Calificación del servicio Metrolínea.

En cuanto al grado de satisfacción anterior se pudo analizar el por qué los usuarios consideran el servicio pésimo/malo/regular, obteniendo notables porcentajes de inconformidad. Los factores fueron: “Muchas colas en la estación o parada” con un 5%, “Poca frecuencia de buses” con 19%, “Va muy lleno” con 25%, “El servicio es demorado” con un 26% y “Todas las anteriores” con un 25%. (Ver Figura 7).

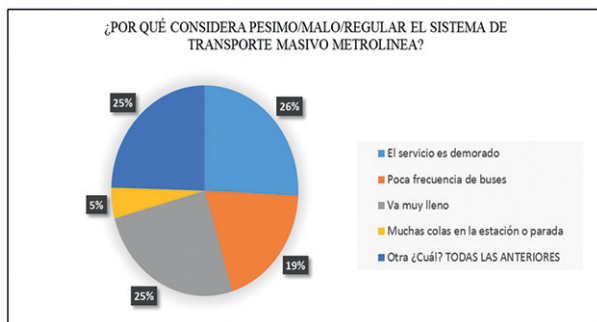


Figura 7. Razones por las que considera pésimo/malo/regular al servicio.

Los datos observados en la Figura 8 representan el tiempo que duran los usuarios en llegar a la Universidad en Metrolínea, incluyendo el tiempo que dura en transbordo si lo utiliza. Duración de 5 a 15 minutos (30 personas), 20 minutos (43 personas), 30 minutos (86 personas), 45 minutos (125 personas) y 60 minutos o más (66 personas). Se observa que la mayoría de usuarios duran en promedio 45 minutos en el sistema, es por esta razón que consideran que el servicio es demorado.

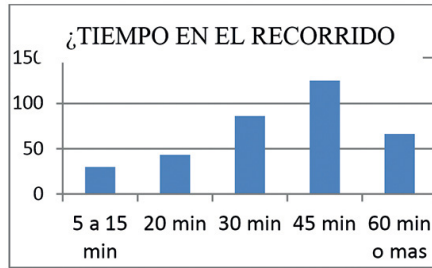


Figura 8. Tiempo de recorrido.

Con los datos obtenidos a través de las encuestas se creó un modelo de simulación (Ver Figura 9 y 10) por medio del programa Arena, para esto se utilizó la cantidad promedio de usuarios, duraciones y tiempo promedio entre rutas, además del número de buses de “Metrolínea” por día, con el objetivo de analizar el comportamiento del sistema de transporte masivo.

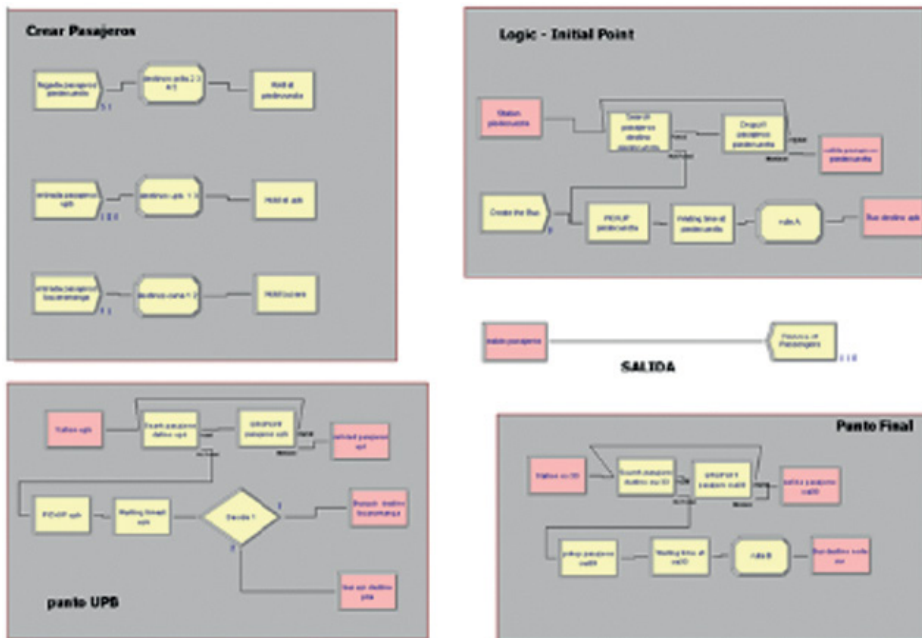


Figura 9. Estructura modelo de simulación.



Figura 10. Modelo de simulación.

Al ingresar los datos en el programa de simulación se debía tener conocimiento sobre la distribución estadística que presentaban las gráficas, para esto se hicieron cuatro histogramas (Ver figuras 11, 12, 13 y 14) uniendo el número total de personas en cada parada, separando los que se subieron de los que se bajaron, sin importar fecha, lugar o tipo de bus. Con los histogramas se concluyó que la distribución estadística es exponencial.



Figura 11. Histograma de personas que se subieron en el recorrido Norte (Bucaramanga).

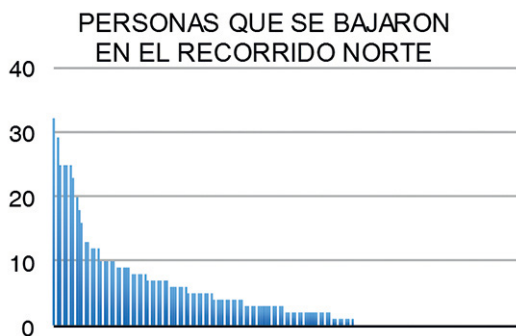


Figura 12. Histograma de personas que se bajaron en el recorrido Norte (Bucaramanga).



Figura 13. Histograma de personas que se subieron en el recorrido Sur (Piedecuesta).



Figura 14. Histograma de personas que se bajaron en el recorrido Sur (Piedecuesta).

Por medio del modelo de simulación realizado al sistema de transporte masivo “Metrolínea” se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 1. Resultados Parada Sur (Piedecuesta).

Sur (Piedecuesta)	
Promedio de personas que comienzan el recorrido.	58 personas/hora
Promedio de personas que terminan el recorrido en la UPB.	48 personas/hora
Promedio de personas que ingresan para dirigirse a Bucaramanga.	96 personas/hora

Tabla 2. Resultados Parada Norte (Bucaramanga).

Norte (Bucaramanga)	
Promedio de personas que comienzan el recorrido.	76 personas/hora
Promedio de personas que terminan el recorrido en la UPB.	66 personas/hora
Promedio de personas que ingresan para dirigirse a Piedecuesta.	6 personas/hora

Al analizar las Tablas 1 y 2 se observa que existe un mayor flujo de personas que vienen y se dirigen hacia Bucaramanga, aunque también existe un flujo importante de personas que se dirigen desde Piedecuesta a la Universidad, ocasionando congestiones en el sistema.

Se logró analizar y concluir el promedio de buses que pasan por cada ruta, obteniendo en el Norte un promedio de 9 buses/hora y en el Sur un promedio de 8 buses/hora.

El resultado del modelo de simulación arrojó un tiempo promedio de colas, en el punto central y por el que se realizó la investigación (la universidad) de 4,048 minutos. El tiempo de servicio promedio en los recorridos es de 5,588 minutos.

Conclusiones

La simulación es una herramienta muy útil para analizar sistemas y poder observar todas las variables que lo influyen como un todo, con el fin de obtener resultados para la toma de decisiones.

El modelo de simulación realizado al sistema de transporte masivo “Metrolínea” permite observar como la cantidad promedio de usuarios, duraciones y tiempo entre rutas, además de número de buses de “Metrolínea” por día, influyen en el sistema ocasionando retrasos y congestiones.

Se tomó como punto central la Universidad Pontificia Bolivariana con dos sentidos Norte (Vía Universidad-Bucaramanga) y Sur (Vía Universidad-Piedecuesta), donde se pudo establecer el promedio de personas que utilizan el sistema de transporte y de tiempo, tanto de servicio como de espera, pero este último presenta fluctuaciones debido a variaciones en el tiempo entre buses, ocasionando que algunos tiempos de espera sean mayores que otros.

El sistema de transporte masivo “Metrolínea” presenta diversas ineficiencias en el servicio que presta en la parada de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, por lo que los usuarios se muestran inconformes con este, siendo “las demoras en el servicio” la razón más común, debido a fluctuaciones en los tiempos de espera, teniendo un tiempo promedio de 4,048 minutos, siendo el “Metrolínea” el único medio de transporte disponible para la mayoría de usuarios encuestados. Es por esto que se deduce que el mayor problema del sistema “Metrolínea” está en el tiempo de espera, debido a sus variaciones y no en el tiempo de servicio, pues este tiene una tendencia más constante con un promedio de 5,588 minutos.

Referencias

1. Azarang, M. y García, E. (2015). *Simulación y análisis de modelos estocásticos*. Recuperado de: <http://www.unamerida.com/archivospdf/337%20Lectura6.3.1.pdf>
2. Eurnekian, M. (2009). *Parte de un modelo*. Recuperado de: http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/282_Eurnekian.pdf

3. Garduño, F. (2015). *Teoría de colas o líneas de espera*. Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/garduno_a_f/capitulo2.pdf
4. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2010). *Sistema de Transporte Público Masivo Integrado (BRT)*. (p. 6). Recuperado de: <http://www.mopc.gov.py/userfiles/files/brt-bid.pdf>
5. Nevó, M. (2004). *Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) en Cali*. Recuperado de: <http://www.iadb.org/es/proyectos/project-information-page,1303.html?id=co-l1001>
6. Pardo, C.F. (2009). *Los cambios en los sistemas integrados de transporte masivo en las principales ciudades de América Latina*. Recuperado de: http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3641/S2009308_es.pdf?sequence=1
7. Taha, H. (2011-2012). *Tipos de Simulación*. (p. 652). Recuperado de: <https://jrvargas.files.wordpress.com/2009/01/investigacic3b3n-de-operaciones-9na-edicic3b3n-hamdy-a-taha-fl.pdf>
8. Universidad del Valle de Puebla (2015). *Software Simulación*. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/fherglez/software-simulacion>
9. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (2015). *Definiciones de Simulación*. Recuperado de: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/299310/Material_didactico_eXe/41_definiciones_de_simulacin.html