

MODELO DE SIMULACIÓN COMO HERRAMIENTA PARA LA MEJORA DE SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

SIMULATION MODEL AS A TOOL FOR LIBRARY SERVICES IMPROVEMENT

Brayan Leonardo Gil Guevara*
Jorge Armando Puentes Márquez**
Andrés Vergara Narváez***

Recibido: 6 de junio de 2018

Aceptado: 16 de octubre de 2018

Resumen

Los servicios bibliotecarios representan uno de los principales productos que oferta una institución educativa. Estos servicios buscan facilitar recursos a los usuarios para el acceso a la información. En este artículo se presenta el caso de una biblioteca de capacidad fija que afronta cada periodo académico un número creciente de usuarios. El objetivo de la investigación fue identificar procesos críticos para generar estrategias orientadas hacia la mejora del servicio. Para ello, fue elaborado un modelo de simulación en el software FlexSim luego de caracterizar los parámetros del sistema. Tras analizar resultados, los experimentos muestran que, ante una mayor demanda, los recursos que ofrece la biblioteca se verán sobreutilizados y aumentará hasta cuatro veces el número de abandonos del sistema.

Palabras clave: biblioteca, mejora, recursos, servicios, simulación.

Abstract

Library services represent one of the main products offered by an educational institution. These seek to provide users with resources for accessing information. In this paper, we present the case of a fixed capacity library that faces an increasing number of users each academic period. The objective of the research was to identify critical processes to generate strategies aimed at improving the service. To do this, a simulation model was developed in the FlexSim software after characterizing the system parameters. After analyzing results, the experiments show that, facing a higher demand, the resources offered by the library will be overused. Also increasing up to four times the number of system withdrawals.

Keywords: improvement, library, resources, services, simulation.

* Ingeniero industrial, especialista en Gerencia Ambiental. Corporación Universitaria del Caribe, Sincelejo, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7156-7053>. brayan.gilg@cecar.edu.co

** Ingeniero industrial, magíster en Ingeniería Industrial. Corporación Universitaria del Caribe, Sincelejo, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4342-3930>. jorge.puentes@cecar.edu.co

*** Ingeniero agroindustrial, magíster en Dirección de Operaciones y Logística. Vicerrectoría de CTel, Corporación Universitaria del Caribe, Sincelejo, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3391-9235>. andres.vergaran@cecar.edu.co

INTRODUCCIÓN

La Biblioteca Gerónimo Osiris, caso de estudio del presente artículo, es el principal centro bibliográfico de la Corporación Universitaria del Caribe (CECAR), institución ubicada en Sincelejo, Colombia. La biblioteca cuenta con 273 m² en los que se ubican una sala de estudio, mesas y sillas para estudiantes y estanterías con más de 22 000 ejemplares de múltiples disciplinas. Según las estadísticas históricas que se registran diariamente, del total de estudiantes que se matriculan, cerca del 10 % ingresa en promedio a la biblioteca. Con una población en aumento (ver figura 1) y sin cambios en la infraestructura, sus niveles de ocupación se mantienen altos y la satisfacción de los usuarios se ve comprometida porque no hay recursos disponibles para usar, lo que provoca abandonos del sistema. Considerando lo expuesto, este artículo estudia el comportamiento de la biblioteca con un aumento sostenido y generalizado de usuarios (Griffiths, Lawes y Sansbury, 2012).

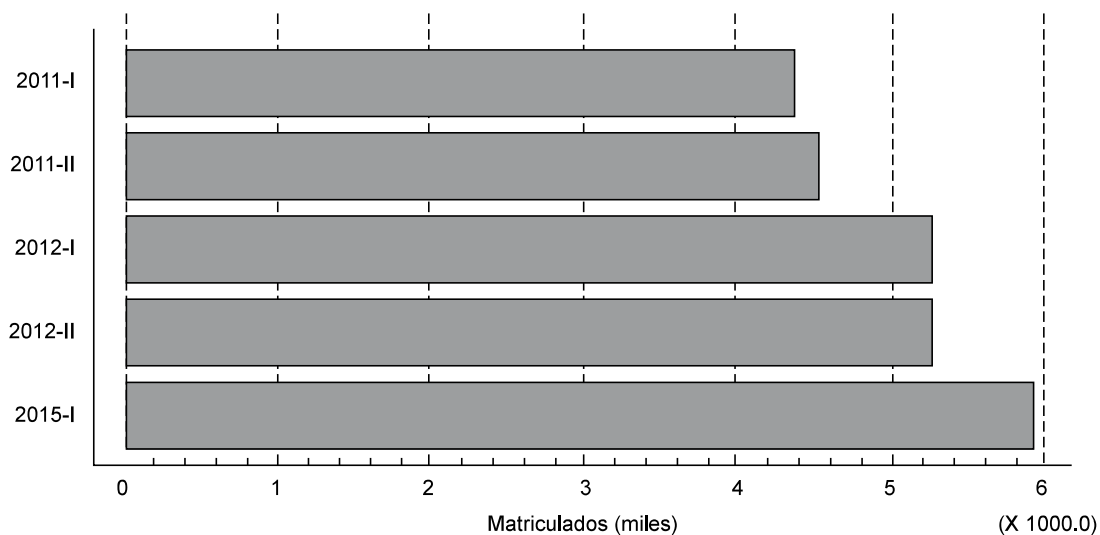


Figura 1. Aumento de la población total matriculada.

Sin embargo, alterar las características de los recursos se hace difícil cuando no se cuenta con información acerca del comportamiento futuro de la demanda de usuarios, ni se estima cómo se verá afectado el sistema a lo largo de determinado horizonte de tiempo, para así ajustar la capacidad del sistema en función de la creciente demanda. Lo mismo sucede con las locaciones y la necesaria operación ininterrumpida del servicio. Desde este punto de vista, la simulación es una herramienta adecuada para representar el comportamiento de un sistema complejo con todas sus interrelaciones y evaluar el impacto que determinados cambios tendrían en la satisfacción de los usuarios y la eficiencia del sistema (Tarride, 1995). En este orden de ideas, esta investigación identifica procesos críticos del sistema de servicios bibliotecarios para generar estrategias orientadas hacia la mejora de los servicios de la Biblioteca Gerónimo Osiris de la CECAR (2016).

Se escogió la simulación como herramienta de solución por su aplicabilidad en condiciones como las ya descritas y en las que se soporta la toma de decisiones. Experiencias como las de Kierzkowski y Kisiel (2016) y Li y Zhu (2016), ligadas al nivel de servicio en un aeropuerto y un sistema de trenes, respectivamente, han alcanzado no solo la solución más adecuada a su problemática particular, sino que también confirman el potencial que tienen la simulación en esta área.

Asimismo, Cimpeanu, Devine y O'Brien (2017) pronosticaron el nivel de desempeño a partir del incremento de las inversiones en un terminal portuario irlandés que refina bauxita. Incluso, en

parques naturales también ha sido usada para determinar mejores rutas para que los turistas no comprometan la estabilidad de los ecosistemas (Gutiérrez, Tørset, Skjetne y Odeck, 2017).

La posibilidad de representar cualquier escenario es una de las mayores funcionalidades de este tipo de herramientas. Por ejemplo, en Rumania se decidió usar solo semáforos en verde para el transporte público (Dumitru, Nicolae, Matei y Racila, 2016); esta idea sería difícil de representar en la vida real, pero la complejidad desaparece dentro de un software de simulación. Esa fue la solución propuesta en Dortmund (Alemania) para un terminal de contenedores, en la que se desarrolló el software ContSim con el fin de encontrar la mejor combinación de grúas para las operaciones del emplazamiento (Clausen, Kaffka y Meier, 2012).

Disponer de la simulación para soportar la toma de decisiones en lo que corresponde a la gestión de servicios también tiene antecedentes a nivel latinoamericano. El caso más tradicional, el de una entidad bancaria, fue expuesto por Clemente (2011), quien determinó la cantidad necesaria de servidores en el sistema. Otro acercamiento se dio en México, donde Taddei-Bringas, Rodríguez-Carvajal y Ruiz-Duarte (2013) lograron mejorar el abultado proceso de inscripciones de una universidad en Sonora.

Los antecedentes confirman lo acertado del enfoque que ofrece la simulación para la resolución de problemas. Es por ello que se abordó desde la simulación la problemática de la Biblioteca Gerónimo Osiris.

En ese trabajo se desarrollaron cinco fases en las de las que se buscó identificar y caracterizar los comportamientos del sistema, la gestión de tiempos, la construcción de modelos de simulación, para finalizar con la validación y la experimentación; esto para crear escenarios que apoyen la toma de decisiones para los servicios bibliotecarios.

MÉTODOS

Se adecuó la metodología expuesta por Coss (1994) haciendo uso de cinco fases:

La primera fase, *caracterización del sistema*, buscó comprender las relaciones y el comportamiento de usuarios y recursos dentro del medio bibliotecario (parámetros). Todos los procesos prestados en la biblioteca fueron analizados: préstamo/renovación de libros, uso de computadoras, ocupación de mesas de estudio, servicio de fotocopiado, entre otros. La observación fue la principal herramienta en esta etapa. El periodo en el que se observó la biblioteca universitaria incluyó una época de alta demanda (marzo-abril), que corresponde a un periodo de exámenes parciales.

La segunda fase, *medición de tiempos*, incluye el diseño de los instrumentos usados para registrar la duración de los procesos que se definieron relevantes para la construcción del modelo. Los datos que se registraron representan los tiempos de ocupación promedio de recursos como mesas o computadoras, así como el tiempo que les toma a los usuarios pedir prestado un libro o renovar la vigencia de un préstamo.

La población considerada en este caso es la que en promedio ingresa en un día. Según las estadísticas recopiladas para el 2015, ingresan diariamente 589 usuarios. Se determinó el tamaño de la muestra, la cual debe tomarse para cada uno de los subsistemas que integran la biblioteca. Aquí se hace uso de la ecuación 1, que es ideal cuando se trabaja con un tamaño de población conocida. Para este caso, el estadístico de la muestra es la media y el tamaño de la muestra es mayor a 30.

$$n = \left[\frac{\left[\left(\frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{2} \right) + E^2 \right]}{E^2 + \left(\frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{2} \right)} \right] \quad (1)$$

Teniendo en cuenta un nivel de confianza del 95 % y un margen de error máximo permitido del 7 % aplicados en la ecuación 1, se obtiene el siguiente resultado:

$$n = \left[\frac{\left[(1.96^2 * 0.5 * 0.5) + 0.07^2 \right]}{0.07^2 + \left(\frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{260} \right)} \right] \rightarrow \cong 112$$

Los datos se capturaron siguiendo un muestreo aleatorio en la franja horaria de 8:00 a. m. a 12:00 p. m., que es el lapso que presenta mayor ingreso al sistema. Luego de ser registrados, los datos son tabulados en hojas de cálculo. Con el software StatGraphics se calculan las distribuciones de probabilidad que mejor representan el comportamiento del sistema, haciendo primero la prueba de Shapiro-Wilk, en la que si resulta un *P valor* < 0.05 se rechazaba la hipótesis de que los datos siguen una distribución normal.

Para encontrar la distribución adecuada, se realiza una prueba de Smirnov-Kolmogorov en las distribuciones sugeridas para determinar el P-Valor, y se escoge la que mejor desempeño obtiene en dicha prueba para un conjunto de posibles distribuciones.

La tercera fase, *construcción del modelo*, se desarrolla en FlexSim. El modelo 3D fue elaborado acorde a las proporciones reales de la Biblioteca Gerónimo Osiris (ver figura 2).



Figura 2. Representación 3D de la biblioteca Gerónimo Osiris.

En la construcción del modelo en el entorno de FlexSim se consideró un arreglo para que los usuarios que tengan tiempos de espera mayores a cinco minutos abandonen la cola. La representación incluye los cuatro servicios que presta la biblioteca:

- Servicio de préstamo, entrega y renovación de libros
- Servicio de uso de computadoras
- Servicio de fotocopiado
- Servicio de sillas y mesas

Para representar a los usuarios del sistema se emplean *flowitems* (objetos que se mueven a lo largo del modelo) con una figura 3D de personas. El sistema hace uso de las tablas de FlexSim para detener los tiempos de servicio a una hora determinada (22:00 horas) en unos días específicos (lunes a viernes).

Cuando un *flowitem* es generado en un *source* (encargado de crear cada una de las personas en un tiempo entre arribos t), se desplaza a un *queue* (el cual almacena los usuarios que no pueden ser atendidos en el objeto siguiente) y es enviado aleatoriamente a alguno de los cuatro servicios prestados en la biblioteca, pasando antes por un *queue* exclusivo de cada servicio. Independientemente del servicio, el comportamiento del *flowitem* es el mismo, debe esperar hacer uso de un recurso fijo por un tiempo t que va en función de la distribución encontrada para un servicio s . Al terminar, los *flowitem* son enviados a un *queue* donde pueden ser reenviados aleatoriamente al *queue* principal, y así volver a hacer parte de los usuarios del sistema. Los *flowitem* que no son enviados de vuelta al inicio son eliminados en un *sink* (destruye los *flowitem* una vez han terminado su recorrido en el modelo).

Para representar el abandono de un usuario, se hace uso de los *triggers* (estos realizan una acción especial, en este caso, almacenan un mensaje y lo envía al objeto que posee una condición) que tiene cada uno de los recursos fijos. Cada *triggers* es usado en el *queue* ubicado antes del servicio a disponer. Cuando un *flowitem* llega a una cola, envía un mensaje pasados 300 segundos de su llegada. Siempre y cuando esté en dicho *queue*, el mensaje es enviado desde el *item* hacia el objeto actual (*current*), representando una demora de cinco minutos en atención, activados en el *trigger OnEntry* de cada objeto (ver figura 3).



Figura 3. OnEntry trigger, envío de mensaje.

Cuando el mensaje es recibido en el recurso fijo se activa el código (ver figura 4) y el ítem es enviado a una cola de abandonos:

```

/**Custom Code*/
treenode current = ownerobject(c);

if (up(msgsendingobject())==current)
    releaseitem(msgsendingobject(), 2);

```

Figura 4. Código de envío.

La fase cuatro, *validación*, consiste en validar el modelo de simulación bajo un escenario en el que se simuló el comportamiento real de la biblioteca con los mismos parámetros iniciales capturados en la fase uno. De esta manera se corroboró que el modelo de simulación elaborado en FlexSim representa acertadamente el comportamiento de las variables críticas del entorno. Para esto, se comparó la totalidad de registros capturados en la fase uno con las salidas que arrojó el modelo, teniendo en cuenta la misma cantidad promedio de usuarios que se tuvo al momento de capturar los parámetros del sistema.

La última fase, *experimentación*, consideró diez escenarios distintos en los que aplicando un análisis de sensibilidad se estudia el comportamiento del modelo a partir del incremento de los ingresos de usuarios por día en la biblioteca, pasando desde el 10 % (592.2 usuarios/día) e intensificándose en un 5 % en cada escenario hasta llegar al 55 % (3257.1 usuarios/día) de los estudiantes matriculados en la institución de educación superior. El tiempo de simulación fue de un mes y se representó una disposición de servicio de lunes a viernes entre las 6:00 y las 22:00 horas. Cada uno de estos escenarios fue replicado 10 veces en la experimentación, lo que permitió recopilar información por escenario de un tiempo equivalente a 10 meses.

RESULTADOS

La Biblioteca Gerónimo Osiris presenta los siguientes recursos para satisfacer las demandas de los usuarios: una superficie total de 273 m², que es pequeña (comparada, por ejemplo, con el área de una cancha de baloncesto estándar, 312 m²) para atender las necesidades de una población de más de 6000 usuarios. Hay que considerar que los registros de arribos anuales superan los 80 000 visitantes, promediando así 589 por día, con picos máximos de hasta 860 en 18 horas de servicio ininterrumpidas que empiezan a las 6:00.

El servicio de consulta en bases de datos se hace a través de computadoras, que también permiten consultas web. En total, 10 equipos de cómputo son designados para satisfacer este servicio. Este es el recurso con el índice de ocupación más alto.

Para el estudio o la realización de trabajos se dispone de 18 mesas con cuatro puestos y de 5 mesas con dos puestos, que ocupan un espacio considerable sobre el total de la superficie de la biblioteca.

En la figura 5 se evidencia el comportamiento de los usuarios respecto a los ingresos por semana. Se aprecia que los días con mayor ingreso a la biblioteca son los martes y jueves; ambos días promedian más de 500 ingresos. Los límites inferiores más cercanos a la media se dan los martes más que los jueves, lo que implica que los valores de arribos mínimos por día de la semana tuvieron frecuencias más altas los martes.

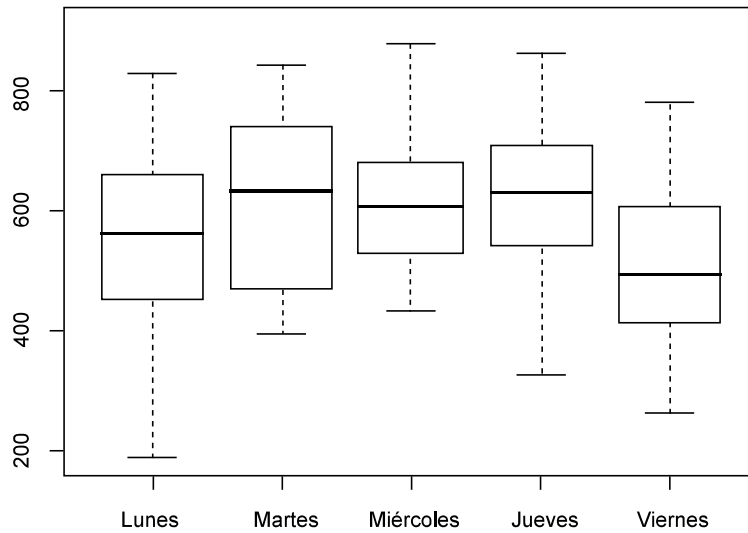


Figura 5. Distribución de usuarios por día en la biblioteca.

La tabla 1 muestra los tiempos promedios en que se desarrollan los servicios de la biblioteca:

Tabla 1. Parámetros de las distribuciones que describen el comportamiento de los tiempos característicos de los servicios de la biblioteca

Comportamiento del tiempo de arribo entre usuarios	Comportamiento del tiempo de atención para préstamo	Comportamiento del tiempo de ocupación en computadoras	Comportamiento del tiempo de ocupación de mesas	Comportamiento del tiempo de fotocopiado
Distribución: del valor extremo más grande.	Distribución: del valor extremo más grande.	Distribución Gaussiana inversa	Distribución de Weibull	Distribución: del valor extremo más grande.
Moda: 91.7977 Escala : 22.4462	Moda: 62.2735 Escala: 57.3773	Media: 545.246 Escala: 0.736318	Forma: 1.03454 Escala: 3083.02	Moda: 71.1125 Escala: 67.368

El resultado de la construcción del modelo en FlexSim se aprecia en la figura 6. La figura representa completamente la biblioteca y las conexiones entre cada uno de los recursos fijos, con los que se modeló el comportamiento de los usuarios dentro del sistema.

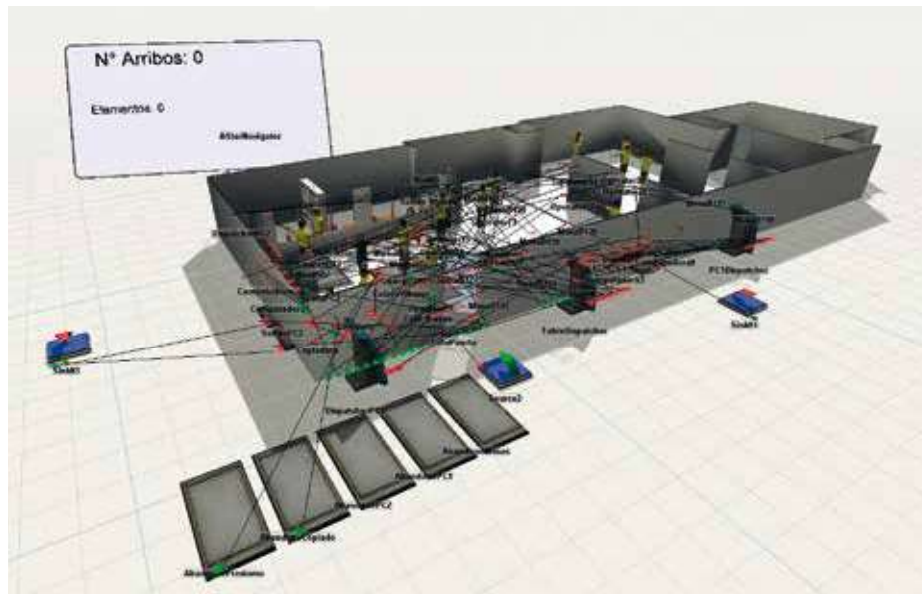


Figura 6. Modelo de simulación para la biblioteca en FlexSim.

La prueba de los escenarios fue ejecutada por el equivalente a 10 meses. Se midió el comportamiento de la biblioteca en función de un incremento de usuarios en el sistema. El primer escenario representa las condiciones normales de la biblioteca, con un ingreso de usuarios igual al 10 % de la población matriculada en la modalidad presencial de la institución de educación superior. Los siguientes escenarios consideran un incremento del 5 % sobre la población actual de 6000 estudiantes, como se muestra a continuación:

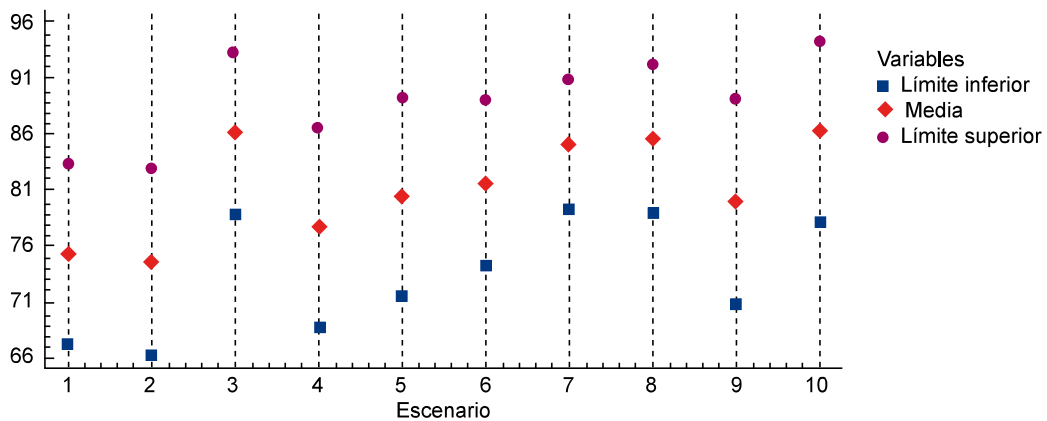


Figura 7. Media y límites superior e inferior para los intervalos de confianza de la variable tiempo de atención en módulo.

Con la representación de segundos en el eje de ordenadas, la figura 7 muestra el resumen para cada uno de los escenarios de las diez corridas que se realizaron. Esta gráfica confirma que un mayor ingreso de usuarios al sistema provocará mayores tiempos de atención. Además, el límite superior para los tiempos de atención que se realizaron con un nivel de confianza del 95 % mostró ser más grande en el escenario 10, con un valor de 94.2 segundos. Comparado con el promedio de atención en condiciones normales, este representa un incremento de casi el 25 % en tiempos de espera. En definitiva, para esta

medida de desempeño, el caso más crítico se presentó en el escenario 10; como se esperaba, el incremento en los tiempos de atención fue proporcional al incremento de los usuarios en el sistema.

La figura 8 representa en el eje de las ordenadas la cantidad de personas que abandonaron por mes en cada escenario. La figura muestra la situación observada en los intervalos de confianza, en los que el incremento de abandonos es perceptible. Al llegar al cuarto escenario, la tasa de abandonos por mes se estabiliza, promediando 21 abandonos. Siendo esta tasa inferior a 5 por mes en las condiciones iniciales, se observa una cuadruplicación de los abandonos de usuarios en el sistema. En ese orden ideas, el comportamiento de los usuarios fue muy semejante a lo largo de las pruebas.

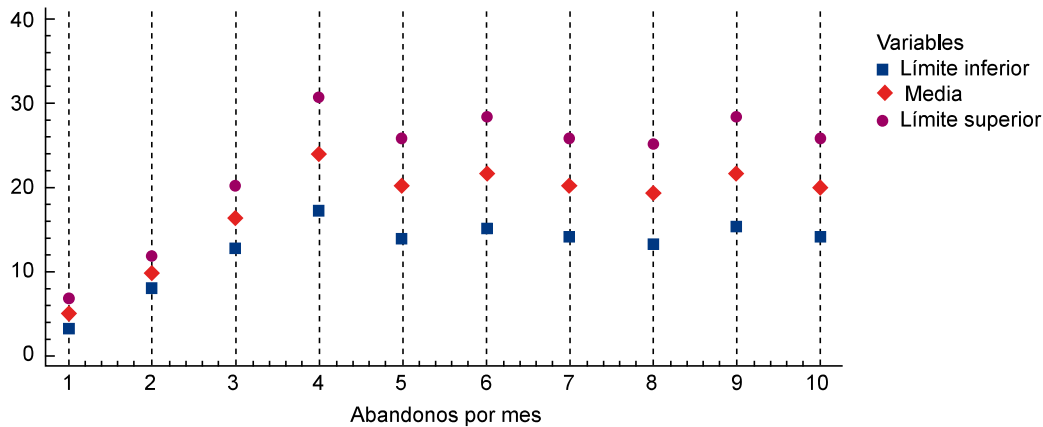


Figura 8. Media y límites superior e inferior para los intervalos de confianza de la variable abandonos del módulo de atención.

La figura 9 muestra los segundos de ocupación de las computadoras de la biblioteca con relación al escenario; información que confirma que el mayor ingreso de usuarios representa mayores tiempos de ocupación en promedio para los servicios que ofrece la biblioteca. En el más extremo de los casos, el límite superior de los intervalos en los escenarios llegó hasta los 1068 segundos, casi un tercio de hora. Comparado con el intervalo de los tiempos de atención en condiciones de arribo normales, esto es una diferencia de más de 400 segundos, lo cual representa un incremento del 77 %. En el escenario de mayores ingresos, la variación con respecto al límite superior fue del 25 %, por lo que la diferencia entre ambos escenarios con respecto a la media fue del 32 %.

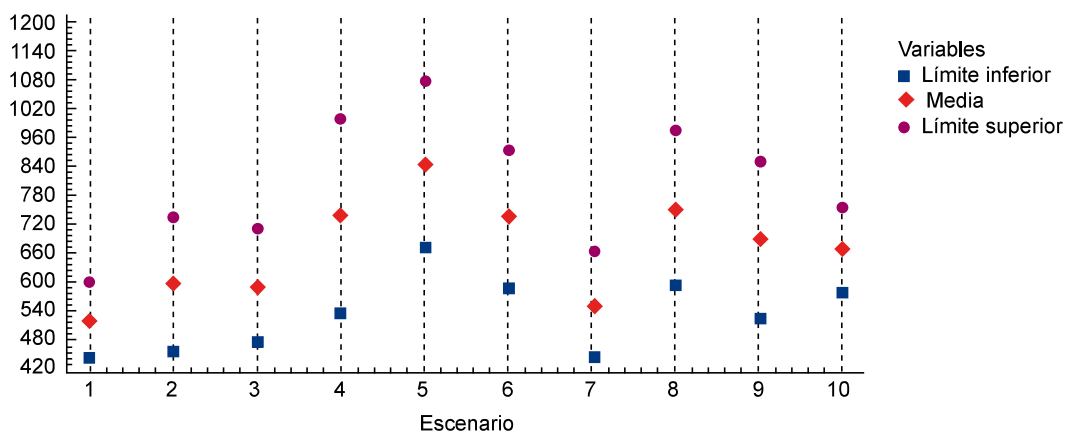


Figura 9. Media y límites superior e inferior para los intervalos de confianza de la variable tiempo de ocupación de computadoras.

La figura 10 muestra los abandonos por mes en cada escenario de usuarios de equipos de cómputo. Esto permite interpretar que hay una tendencia de entre 12 y 18 abandonos en promedio desde el cuarto escenario. Estos valores muestran que en promedio se deberían esperar 15 abandonos al mes como consecuencia del incremento de la población que hace uso de la biblioteca.

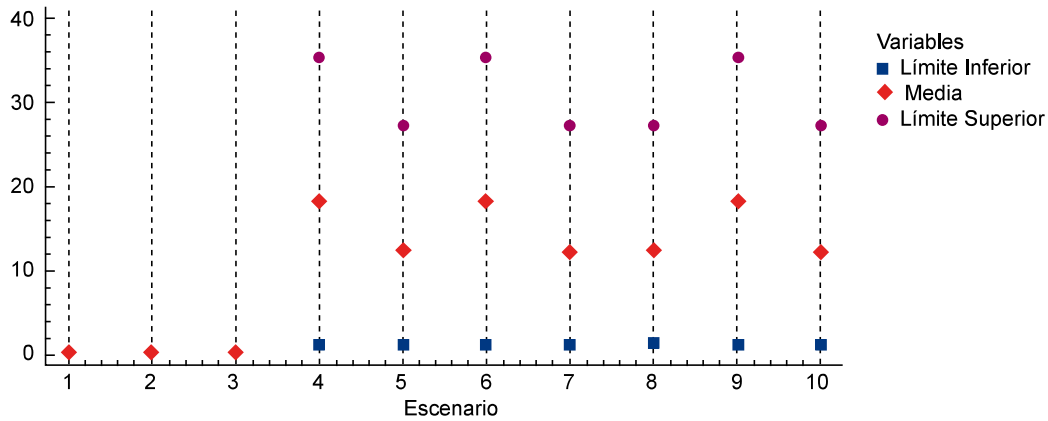


Figura 10. Media y límites superior e inferior para los intervalos de confianza de la variable abandonos de computadoras.

Los escenarios 4, 6 y 9 fueron los que más estresaron el sistema bibliotecario, arrojando un intervalo de confianza con un límite superior de abandono de 35 usuarios en el mes, mientras que en los tres primeros escenarios, con las condiciones ya mencionadas, no se esperan abandonos en el sistema. Esta información debería tomarse en cuenta para hacer las mejoras necesarias.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos sugieren que de aumentar la cantidad de usuarios en más de 400, los tiempos de los servicios ofrecidos en la biblioteca aumentarán. Sin embargo, en las condiciones actuales, en las que se produce un ingreso cada 91 segundos, el sistema sólo necesita una mejor asignación de turnos. Sin importar el escenario que se analice, el mayor grupo de usuarios ingresa en la franja horaria que va desde las 08:00 hasta las 12:00, con mayores afluencias los jueves y martes, respectivamente.

Los abandonos en la cola para el préstamo de libros se cuadruplican cuando la demanda se incrementa por encima del 20 % de la población actual. Esto se concluye gracias a que en todos los escenarios el tiempo promedio de atención en el módulo de préstamo y renovación no logró estar por debajo del límite de confianza superior del escenario inicial, lo que tiene repercusiones sobre los abandonos totales en el mes. A partir de los escenarios simulados se pudo determinar que un ingreso superior de usuarios al sistema se verá traducido en mayores tiempos de atención o de espera, como consecuencia del incremento de los tiempos de ocupación y de servicios promedio.

CONCLUSIONES

El modelo de simulación logra representar la situación actual de la biblioteca de una forma adecuada; esto se determina a través de la comparación de los resultados del primer escenario con los obtenidos en los registros del personal de la biblioteca.

El modelo de simulación ayuda a sustentar la toma de decisiones, así como la experimentación de cambios con los que se pueda encontrar los mejores resultados.

El uso de la simulación, adicional al hecho de proveer herramientas para hacer una mejor gestión y enmarcada en la efectividad del sistema, también deja conocer información desconocida acerca del sistema estudiado, como tiempos, tamaños de colas, secuencias, entre otros.

Los resultados obtenidos permiten hacer una planificación sobre cómo debería ser, para el caso en estudio, una biblioteca ideal, una que satisfaga todas las necesidades de los usuarios, sin tiempos altos de espera, ni numerosos abandonos.

REFERENCIAS

- Cimpeanu, R., Devine, M., y O'Brien, C. (2017). A simulation model for the management and expansion of extended port terminal operations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 98, 105-131. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.12.005>
- Clausen, U., Kaffka, J., y Meier, F. (2012). CONTSIM—container terminal management with simulation. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 54, 332-340. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.752>
- Clemente, L. (2011). *Mejora en el nivel de atención a los clientes de una entidad bancaria usando simulación* (tesis de pregrado). Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Corporación Universitaria del Caribe. (2016). *Informe de gestión 2015*. Recuperado de https://calidad.cecar.edu.co/documentos/documentos_de_interes/INFORME-DE-GESTION-2015.pdf
- Coss, R. (1994). *Simulación: un enfoque práctico*. México: Editorial Limusa.
- Gutiérrez, M., Tørset, T., Skjetne, E., y Odeck, J. (2017). Tourist traffic simulation as a protected area management tool. The case of Serengeti National Park in Tanzania. *Tourism Management Perspectives*, 22, 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2017.01.005>
- Dumitru, I., Nicolae, D., Matei, L., y Racila, L. (2016). Public transport traffic management systems simulation in Craiova city. *Transportation Research Procedia*, 18, 405–410. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.12.053>
- Griffiths, R., Lawes, A., y Sansbury, J. (2012). *IT service management: a guide for ITIL foundation exam candidates*. Reino Unido: BCS.
- Kierzkowski, A., y Kisiel, T. (2016). Simulation model of security control system functioning: A case study of the Wrocław Airport terminal. *Journal of Air Transport Management*, 64, 173-185. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.09.008>
- Li, W., y Zhu, W. (2016). A dynamic simulation model of passenger flow distribution on schedule-based rail transit networks with train delays. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 3(4), 364-373. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2015.09.009>
- Taddei-Bringas, J., Rodríguez-Carvajal, R., y Ruiz-Duarte, J. (2013). Mejora del proceso de inscripciones en una institución de educación superior mediante simulación. *Ingeniería Industrial*, 34(1), 12-25.
- Tarride, M. (1995). Complejidad y sistemas complejos. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 2(1), 46-66.

