

Simulación de un sistema de emergencias: caso E.S.E. Hospital San Rafael

Emergency system simulation: the case study of E.S.E. San Rafael Hospital

Para citar este artículo / To reference this article
/ Para citar este artículo: Grimaldo León, G., Silva Rodríguez, J., Espitia García, M. y Pan Chaparro, N. (2015). Simulación de un sistema de emergencias: caso E.S.E. Hospital San Rafael. *Ingenio Magno*, 6, pp. 58-48.

Gloria Grimaldo-León

Universidad de Boyacá, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial, Grupo de Investigación LOGyCA
gegrimaldo@uniboyaca.edu.co

Julián Silva-Rodríguez

Universidad de Boyacá, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial, Grupo de Investigación LOGyCA
jdsilva@uniboyaca.edu.co

Mónica Espitia-García

Universidad de Boyacá, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial, Grupo de Investigación LOGyCA
maespitia@uniboyaca.edu.co

Natalí Pan-Chaparro

Universidad de Boyacá, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial, Grupo de Investigación LOGyCA
npan@uniboyaca.edu.co

Recepción: 13 de abril de 2015

Aceptación: 23 de Septiembre de 2015

ESE
HOSPITAL
San Rafael
Tunja

RECENTRO
DEL CENTRO
ORIENTE TUNJANO

Resumen

Este artículo presenta los resultados de una investigación sobre el proceso de prestación de servicio de emergencias del Hospital San Rafael (Tunja, Boyacá), específicamente para procedimientos mínimos o menores, donde habitualmente se presentan solicitudes de atención de usuarios que exceden la capacidad asistencial y generan demoras para el acceso al servicio. Por lo anterior, se utilizó una simulación del entorno real mediante el *software* Flexsim, para encontrar una opción de mejora del servicio. Inicialmente se realizó un diagnóstico del sistema, para luego hacer una medición del trabajo con el fin de crear tres escenarios posibles de operación de los recursos humanos y físicos en la prestación del servicio. Mediante la evaluación de las alternativas de mejora se planteó el objetivo de encontrar una configuración factible que proporcione el menor tiempo de atención al paciente que requiere procedimientos mínimos o menores. Con el modelo propuesto se obtuvo una mejora del 18,7% en el tiempo de espera de usuarios, lo cual apoya la toma de decisiones de las directivas del hospital y genera un beneficio para los usuarios.

Palabras clave: simulación, simulación de eventos discretos, sistemas de salud, *software* Flexsim.

Abstract

This paper presents the results of a research about the emergency services in the public hospital San Rafael in Tunja (Boyaca), focused on minor procedures, which usually are required by the patients and exceed the assistance capacity and generate delays in the access to the services. For this purpose, a simulation of the real space was made with the software Flexsim in order to find a better option for an improvement of the service. Initially, a diagnostic of the system was made realized in order to measure work and create possible scenarios of operation of the human and physical resources in the services. In order to find out the feasible configuration to obtain the minimum time to attend the patients that required minor procedures, the improvement alternatives were evaluated. With the proposed model, an improvement of 18.7% was obtained in the waiting time of the patients. These results support the decisions by the managers in the hospital and would be a benefit for the patients in the hospital.

Keywords: simulation, discrete events simulation, health systems, Flexsim *software*.

1. Introducción

Según Jun, Jacobson y Swisher (1999), la simulación de procesos hospitalarios ha sido una novedosa y eficaz herramienta dentro del análisis de factores relacionados con la atención de emergencias. Los principales problemas del sector salud radican en la creciente saturación presente en las redes de servicio (Arcila, 2010) y en el ascendente número de accidentes de tránsito (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012). Asimismo, Sánchez (2012) afirma que el incremento en los índices de violencia y la baja

capacidad ambulatoria, en contraste con la excesiva demanda, pueden considerarse como un problema grave del sector salud.

De igual forma, debido a la complejidad y la incertidumbre que se presentan específicamente en los servicios de urgencias, surgen diferentes problemas, tales como tiempos prolongados de espera, uso ineficiente de los recursos de urgencias y desequilibrada programación del personal (Brailsford, Harper y Sykes, 2012; Gul y Guneri, 2015). De igual manera, los tiempos de espera

prolongados están constituidos por las largas esperas en el triaje, los retrasos en las pruebas o la obtención de sus resultados, la espera para el médico y la escasez de personal de enfermería (Paul y Lin, 2012).

Por lo anterior, el presente documento tiene como objetivo presentar los resultados del diseño de un modelo de simulación de eventos discretos del sistema de emergencias de la E.S.E. Hospital San Rafael (Tunja, Colombia), a fin de reducir los tiempos de espera de pacientes que requieren procedimientos mínimos o menores.

La E.S.E. Hospital San Rafael es un hospital de tercer y cuarto nivel de complejidad, ubicado en el departamento de Boyacá (Colombia). Se constituye en un centro de referencia para la atención de servicios médicos en su departamento y en los departamentos vecinos. El sistema de emergencias objeto de estudio posee un rápido flujo de proceso durante la etapa preliminar de atención al usuario, por lo cual, según lo afirma Sánchez (2012), el volumen de atención ha crecido en un 45% durante los últimos años. Sin embargo, en procedimientos subsecuentes se originan altos tiempos de espera.

Para la realización de dicho modelo se estructuraron los siguientes objetivos específicos: a) establecer un diagnóstico del funcionamiento del sistema, de acuerdo con las estaciones de trabajo que componen la ruta de estudio; b) determinar cuáles estaciones de trabajo limitan el sistema, mediante un estudio de tiempos; c) identificar la función de probabilidad a la cual se ajusta el tiempo de servicio de cada estación de trabajo, a través de pruebas de bondad de ajuste; d) indicar las posibles alternativas de mejora derivadas de la experimentación con el modelo tridimensional construido con el *software* Flexsim.

La simulación de eventos discretos (SED) es un instrumento de aceptación general en la toma de decisiones de gestión. Chemweno *et al.* (2014) y Mielczarek (2014) discuten diferentes razones por las cuales se utiliza la SED al momento de tomar decisiones en sistemas de entidades de salud. Algunas de las razones expresadas por los autores antes mencionados incluyen: a) la SED ofrece una metodología de diseño adecuada para el desarrollo del servicio por analizar y b) proporciona un medio de enlace de procesos industriales, enfocados a la mejora de los métodos utilizados en la salud.

Sin embargo, según Aebersold y Titler (2014) y Lin, Kao y Huang (2012), existen muchos obstáculos que dificultan significativamente el proceso de análisis de oferta y demanda de atención médica. Debido a lo anterior, al momento de realizar estudios de la demanda del servicio de emergencia de una entidad de salud, surgen inconvenientes, ya que no existe información sobre los eventos de emergencia recurrentes y, por ende, solo es posible estudiar los eventos que se reportan al sistema de salud.

De acuerdo con lo anterior, la simulación de eventos discretos se plantea como un medio adecuado para hallar posibles soluciones al problema de investigación, dado que se ajusta a los requerimientos del estudio y ofrece grandes ventajas metodológicas al revelar el comportamiento real del sistema con toda la complejidad de sus relaciones y la cantidad de eventos que ocurren en todos los procesos. Adicionalmente, según Blanco y Fajardo (2006) y Lim *et al.* (2012), al probar diferentes soluciones que mejoren las condiciones actuales antes de implementarlas en el sistema de emergencias, se eliminan variables de tiempo, riesgo y costo.

Mediante la simulación aplicada a la rama de servicios de salud, se han logrado casos de éxito como los observados en Shi, Peng y Erdem (2014), Holm y Dahl (2009),

Ramis *et al.* (2008) y Ruohonen, Neittaanmaki y Teittinen (2006). Estos investigadores han evidenciado mejoras en procedimientos asistenciales y administrativos, reducción de tiempos de espera hasta en una tercera parte, disminución de costos innecesarios, predicción de la demanda, asignación eficiente de los recursos, entre muchos otros. Por ello, se entiende que en la actualidad existan *softwares* especializados exclusivamente para uso hospitalario como Flexsim Health Care y MedModel (Azcárate, Eraso y Gáfaró, 2006).

Según Cheang *et al.* (2003), los resultados obtenidos a partir de la evaluación de las opciones de optimización destacan al personal de enfermería como el recurso que debe ser potencializado para establecer la capacidad adecuada que genere tiempos de espera permisibles.

2. Materiales y métodos

La investigación desarrollada es un estudio de caso contemporáneo de carácter holístico, dado que se observa la realidad con el fin de tener una visión total del fenómeno objeto de estudio (sistema de emergencia para procedimientos mínimos o menores). Por ende, el estudio maneja tres niveles de investigación: exploratorio, descriptivo y explicativo.

De acuerdo con lo expuesto por Law y Kelton (1991), dichos niveles son coherentes con los objetivos y las etapas metodológicas, que se describen a continuación:

- *Diagnóstico del sistema.* Esta etapa inicia con la descripción del estado actual del sistema de emergencias. Para ello se analizan variables como demanda, procedimientos administrativos y asistenciales, además de las capacidades de los recursos físicos y humanos. La recolección de información se llevó a cabo mediante entrevistas a funcionarios, observación directa y datos suministrados por la Coordinación de Urgencias y el Sistema de Información Interno de la

Institución (Servinte). Luego, a partir del análisis y procesamiento de datos utilizando estadística descriptiva e inferencial, se estableció una ruta de estudio, compuesta por estaciones de trabajo caracterizadas de acuerdo con las propiedades de operación y las interrelaciones.

- *Medición del trabajo.* Esta etapa se realiza a través de un estudio de tiempos con una duración total de 168 horas, correspondientes a 24 horas/7 días, divididos en 4 turnos de 6 horas c/u. El criterio en la toma de tiempos fue *next event*, donde el cronómetro comienza a correr en el inicio del evento (llegada de un paciente). Así, se tomaron 30 datos de atenciones a usuarios previamente identificados para la ruta de atención en procedimientos mínimos o menores en la unidad de urgencia; por ello, no se realizaron mediciones de tiempos de atención a varios pacientes de forma simultánea.
- *Caracterización probabilística.* Consiste en la determinación de la función de probabilidad a la cual se ajusta el tiempo de servicio de cada estación de trabajo. Ello se hace con base en información validada mediante test de independencia y pruebas de bondad de ajuste (Kolmogorov-Smirnov, Anderson Darling y Chi cuadrado).
- *Implementación del modelo en computador.* En esta etapa se lleva a cabo la ejecución del modelo diseñado en el *software* Flexsim, para lo cual se replica la distribución de planta original y se ingresan los datos de entrada obtenidos en la etapa anterior. Sobre esta base se plantearon diferentes escenarios posibles del modelo, lo cual implicó cambiar la asignación de recursos físicos y humanos. De esta manera, se eligieron las alternativas que generaron mejores resultados en sus tiempos de procesamiento, con altas posibilidades de implementación y mayores índices de reducción de tiempos de espera.

3. Resultados y discusión

El diagnóstico permitió limitar el estudio del sistema de emergencias a una ruta de estudio compuesta por procesos asistenciales y administrativos. Esta ruta empieza con el ingreso del paciente por admisiones, el cual, después de una corta espera, se dirige al consultorio, donde se diagnostica su estado. Luego el médico diligencia una orden en el estar de enfermería, y este registro contiene la disposición de aplicación de tratamientos de acuerdo con la patología del usuario, quien es remitido a las salas de procedimientos.

En la auditoría llevada a cabo en la estación de enfermería se verifican los servicios prestados, y durante la documentación se organizan los soportes como historias clínicas, órdenes médicas y notas de enfermería. Finalmente, en facturación se comprueban los derechos de los usuarios y se define el pagador del servicio. El paz y salvo es el documento que indica el egreso definitivo del paciente. Lo anterior se aprecia en la figura 1.

Por otra parte, por medio de la prueba de bondad y ajuste Chi cuadrado (tabla 1), se encontró que el comportamiento de la demanda de servicios relacionados con procedimientos mínimos y menores se ajusta a una distribución de probabilidad exponencial, con un nivel de confiabilidad del 95%. De acuerdo con lo anterior, se puede afirmar que en promedio se registra el ingreso de 26 pacientes diariamente que requieren dichos procedimientos. Estos pacientes representan aproximadamente al 25,71% de la totalidad de pacientes diarios que requieren cualquier procedimiento o atención en la unidad de urgencias del hospital.

Al comparar las capacidades de las estaciones de trabajo, se deduce que a pesar de que los pacientes sean diagnosticados con rapidez y tengan la orden de procedimientos, se forma una cola de espera, porque las salas no cuentan con el mismo nivel de atención que los consultorios. Este mismo problema sucede en las etapas posteriores, en las que existe un déficit que puede causar cuellos de botella durante la documentación.

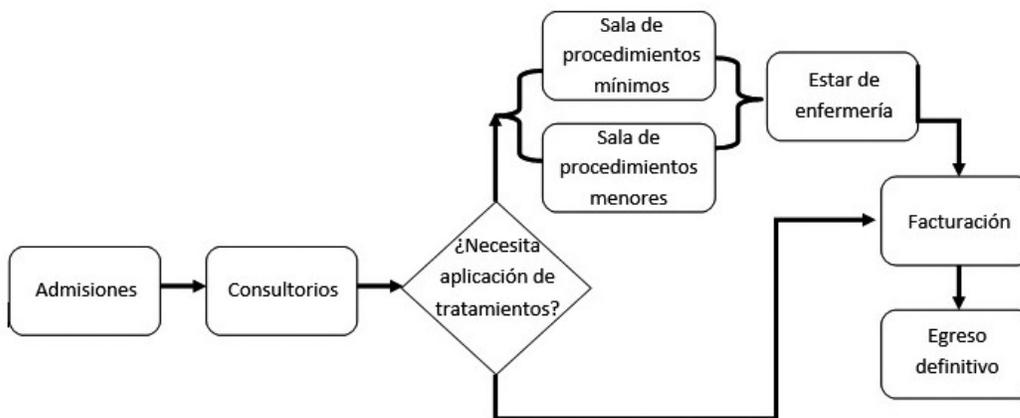


Figura 1. Ruta de estudio de pacientes que requieren atención en salas de procedimientos mínimos o menores en el sistema de emergencias

Fuente: Autores.

Tabla 1. Distribución de frecuencias de llegada a la ruta de estudio

| <i>Pacientes por día</i> | <i>FO</i> | <i>%FA</i> | <i>Error relativo</i> |
|--|-----------|------------|-----------------------|
| 15.83 | 11 | 36.67% | 0.49502852 |
| 27.66 | 7 | 60.00% | 0.18287608 |
| 39.5 | 5 | 76.60% | 0.38348613 |
| 51.33 | 5 | 86.67% | 0.14093077 |
| 63.16 | 2 | 93.33% | 0.13800574 |
| 75 | 2 | 100.00% | 1.06059293 |
| Como $9,48 > 2,4$ se aprueba H_0 | | | 2.40092016 |
| Error relativo = $\sum \frac{(FT-FO)^2}{FT}$ | | | 9.487729037 |
| | | | 4 |

FO: frecuencias observadas; %FA: porcentaje de probabilidad acumulada; FT: frecuencia teórica según distribución exponencial.

Fuente: Autores.

Los resultados del estudio de tiempos fueron agrupados en cuatro turnos, de acuerdo con el levantamiento de datos (figura 2). El turno en el cual se presenta mayor demora en la prestación del servicio es el de 7:00 a. m. a 1:00 p. m., debido a razones como el cambio de turno del personal de urgencias, la congestión en la salida de pacientes que ingresaron en la madrugada o la gran demanda de usuarios hacia la media mañana. Asimismo, el tiempo promedio estándar del proceso de atención es de 4,18 horas. Por otra parte, se identificó la aplicación de tratamientos como cuello de botella en la parte asistencial, con un tiempo promedio de 31 minutos, en tanto la auditoría es la etapa que limita la capacidad administrativa, con un tiempo cercano a los 23 minutos.

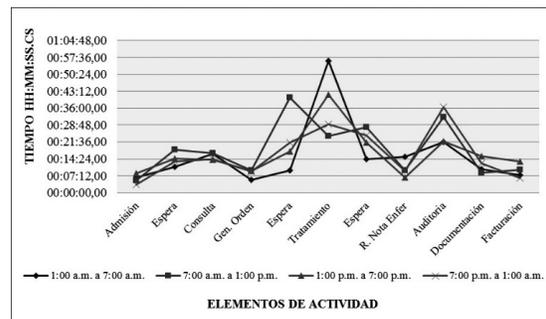


Figura 2. Comparación de tiempos estándares por elementos de actividad y turnos

Fuente: Autores.

En conformidad con la información obtenida, se afirma que los datos del sistema son variables basadas en la observación, cuyo elemento bajo estudio es el tiempo; en este caso, tiempos de servicio de los

cuales resultan tiempos de espera. Del mismo modo, la estadística descriptiva de los datos recolectados durante la medición del trabajo indica la naturaleza estocástica o probabilística de los tiempos. Se concluye, entonces, que la media de los datos no es una medida característica del proceso, ya que existe variabilidad en su comportamiento, la cual es posible representar mediante distribuciones de probabilidad.

Para verificar la utilidad de los datos de tiempos de cada estación de trabajo, se aplicaron test de independencia e uniformidad mediante la herramienta StatFit de Promodel. Luego se realizaron pruebas de bondad de ajuste para determinar la función de probabilidad que mejor se adecuara a la tendencia del servicio de las secciones operativas (tabla 2).

Durante la experimentación con el modelo (figuras 3 y 4), se plantearon tres escenarios en los que se configuraron *Layouts* diferenciados por el número de unidades de recursos humanos y físicos de las estaciones de trabajo críticas (salas de tratamiento y auditoría) y por la distribución de planta, según el diseño institucional planeado para la ampliación de urgencias.

De esta manera, se evaluaron los criterios de tiempo total de proceso y utilización de la capacidad del sistema. Ellos dan una visión general del rendimiento que se alcanzaría aplicando las mejoras propuestas por la simulación, sin perder de vista las posibilidades reales de implementación del hospital (tabla 3).

Tabla 2. Distribuciones de probabilidad de cada estación de trabajo

| ESTACIÓN DE TRABAJO | DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD | % AJUSTE | PARÁMETROS | | |
|----------------------------|------------------------------|----------|-----------------|----------------------------------|--------------------------------|
| | | | MEDIA (μ) | DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ) | TASA DE SERVICIO (λ) |
| Admisiones | Lognormal | 92.15 | 5.34 | 3.33 | - |
| Consulta Médica | Normal | 95.11 | 13.72 | 5.98 | - |
| Generación de orden Médica | Normal | 86.22 | 7.22 | 3.27 | - |
| Salas de procedimientos | Exponencial | 93.89 | 35.81 | 32.22 | 0.03 |
| Registro nota enfermería | Exponencial | 85.50 | 9.22 | 7.29 | 0.11 |
| Auditoría | Lognormal | 95.84 | 24.73 | 12.25 | - |
| Documentación | Normal | 95.29 | 10.44 | 3.97 | - |
| Facturación | Lognormal | 95.59 | 8.33 | 6.57 | - |

Fuente: Autores.

Tabla 3. Propiedades de los escenarios de modelación planteados

| ESTACIONES DE TRABAJO | RECURSOS (Unid) | | | | | | PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA (%) | | | |
|----------------------------------|-----------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|---|-------------|-------------|-------|
| | ESCENARIO 1 | | ESCENARIO 2 | | ESCENARIO 3 | | ESCENARIO 1 | ESCENARIO 2 | ESCENARIO 3 | |
| | HUMANOS | FÍSICOS | HUMANOS | FÍSICOS | HUMANOS | FÍSICOS | 1 | 2 | 3 | |
| Admisiones | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 16.14% | 16.06% | 15.01% | |
| Consultorio | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 34.02% | 34.15% | 31.13% | |
| Salas de tratamientos | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 83.13% | 82.50% | 74.90% | |
| Auditoria | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 48.34% | 47.24% | 45.92% | |
| Documentación | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 20.36% | 19.85% | 18.83% | |
| Facturación | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 15.97% | 15.82% | 14.91% | |
| Tiempo total del proceso (horas) | 4.05 | | 3.70 | | 3.40 | | Disminución de tiempo (min) | 7.81 | 28.75 | 46.54 |

Fuente: Autores.

Figura 3. Vista de distribución final del modelo de simulación (entrada)



Fuente: Autores.

Figura 4. Vista de distribución final del modelo de simulación (interior)



Fuente: Autores.

El porcentaje de utilización de la capacidad instalada no presenta grandes variaciones al aumentar el número de salas de tratamientos y auditoría, debido a que la demanda de usuarios es constante, por lo cual se distribuye con las nuevas unidades. La mejora más representativa se puede observar en la disminución del tiempo de proceso en cada escenario. En específico, el escenario 3 es el más favorable, con 46,54 min respecto al modelo del sistema actual (tabla 4).

Tabla 4. Comparación de las propiedades del modelo del sistema actual con el modelo propuesto

| ESTACIONES DE TRABAJO | RECURSOS (Unid) | | | | % DE UTILIZACIÓN DE | |
|----------------------------------|------------------|---------|---------------------|---------|-----------------------------------|-------------|
| | ESCENARIO ACTUAL | | ESCENARIO PROPUESTO | | ESCENARIO 1 | ESCENARIO 3 |
| | HUMANOS | FÍSICOS | HUMANOS | FÍSICOS | | |
| Admisiones | 2 | 1 | 2 | 1 | 16.54% | 15.01% |
| Consultorio | 4 | 4 | 4 | 4 | 35.04% | 31.13% |
| Salas de tratamientos | 2 | 2 | 4 | 4 | 86.00% | 74.90% |
| Auditoria | 1 | 1 | 2 | 2 | 49.85% | 45.92% |
| Documentación | 1 | 1 | 1 | 1 | 21.63% | 18.83% |
| Facturación | 1 | 1 | 1 | 1 | 16.30% | 14.91% |
| Tiempo total del proceso (horas) | 4.18 | | 3.40 | | Disminución de tiempo (min) 46.54 | |

Fuente: Autores.

El escenario propuesto se caracteriza por tener dos salas de tratamientos adicionales: IRA (tratamientos respiratorios) y EDA (tratamientos gástricos). Además, se recomienda una estación adicional de auditoría con un tiempo de proceso de 3 horas y 24 minutos. Este modelo representa el menor tiempo de espera de los pacientes, bajo condiciones viables de implementación al sistema real.

4. Conclusiones

La principal causa de altos tiempos de espera por parte de los usuarios en el servicio de emergencias de la E.S.E. Hospital San Rafael de Tunja se debe a reprocesos en la documentación, es decir, el momento en que se organizan los soportes como historias. También el egreso definitivo del usuario solo es posible cuando se define el pagador del servicio durante la comprobación de derechos. Este suele ser un proceso largo cuando

el paciente posee problemas de afiliación. Por ello, la reconfiguración de los procesos administrativos se plantea como una posible solución para disminuir los tiempos de servicio.

Mediante la experimentación con el modelo de simulación del actual sistema de emergencias de la E.S.E. Hospital San Rafael de Tunja fue posible evaluar una configuración correspondiente a la inversión en recursos físicos y humanos que esta institución planea implementar en los próximos meses.

El modelo, como producto final del estudio, permitió conocer que se presenta mejora en el funcionamiento del servicio con la inserción de las salas IRA (tratamientos respiratorios) y EDA (tratamientos gástricos), en cuanto a la atención especializada de las necesidades más comunes. Esto, aunque agiliza el servicio asistencial

reduciéndolo en 29 minutos de espera, permite el traslado del cuello de botella hacia las estaciones administrativas de egreso del paciente.

El escenario 3, diseño seleccionado para mejorar el sistema de emergencias, cuenta con dos salas de tratamientos adicionales IRA y EDA, así como una estación adicional de auditoría. El escenario 3 combina la capacidad aumentada de las estaciones de aplicación de tratamientos del escenario 2 con el mejoramiento en un 50% de la capacidad de auditoría. Como resultado se obtiene una reducción en los tiempos de espera de pacientes que requieren procedimientos mínimos o menores de 1 hora y 47 minutos a 1 hora y 1 minuto. Con ello se logra una mejora representativa del 18,7% respecto al tiempo total del proceso: pasa de 4,18 a 3,40 horas.

En la construcción del modelo se encontraron restricciones técnicas para representar las especificaciones funcionales propias de los procedimientos del servicio de emergencias usando las herramientas del *software* disponible. En consecuencia, los resultados se someterán a validación con información real que asegurará la confiabilidad del estudio.

Esta investigación puede ser continuada, al añadir las demás rutas presentes en la sala de emergencias para analizar por completo el sistema utilizando un *software* de simulación especializado en el área de salud que permita obtener un modelo más cercano a la realidad.

Referencias

- Aebersold, M. y Tittler, M. G. (2014). A Simulation Model for Improving Learner and Health Outcomes. *Nursing Clinics of North America*, (3), 431-439.
- Arcila, A. M. (2010, 25 de enero). Baja capacidad hospitalaria. *El Colombiano*. Recuperado de http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/B/baja_capacidad_hospitalaria/baja_capacidad_hospitalaria
- Azcárate, C., Eraso, M. L. y Gáfaró, A. (2006). La investigación operativa en las Ciencias de la Salud: ¿reconocemos estas técnicas en la literatura actual? *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 29(3), 387-397.
- Blanco, L. E. y Fajardo, I. (2006). *Simulación con Promodel casos de producción y logística*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingenieros.
- Brailsford, S. C., Harper, P. R. y Sykes, J. (2012). Incorporating human behaviour in simulation models of screening for breast cancer. *European Journal of Operational Research*, 219(3), 491-507.
- Cheang, B., Li, H., Lim, A. y Rodrigues, B. (2003). Nurse rostering problems: a bibliographic survey. *European Journal of Operational Research*, 151(3), 447-460.
- Chemweno, P., Thijs, V., Pintelon, L. y Van Horenbeek, A. (2014). Discrete event simulation case study: diagnostic path for stroke patients in a stroke unit. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 48, 45-57.
- Corporación Fondo de Prevención Vial (2012). Estadísticas de accidentalidad. Recuperado de www.fpv.org.co/investigacion/estadisticas
- Gul, M. y Guneri, A. F. (2015). A comprehensive review of emergency department simulation applications for normal and disaster conditions. *Computers & Industrial Engineering*, 83, 327-344.
- Holm, L. B. y Dahl, F. A. (2009). Simulating the effect of physician triage in the emergency department of Akershus University Hospital. In *Winter Simulation Conference* (pp. 1896-1905). Winter Simulation Conference.
- Jun, J. B., Jacobson, S. H. y Swisher, J. R. (1999). Application of discrete-event simulation in health care clinics: a survey. *Journal of the Operational Research Society*, 50(2), 109-123.
- Law, A. M., Kelton, W. D. y Kelton, W. D. (1991). *Simulation modeling and analysis* (vol. 2). Nueva York: McGraw-Hill.
- Lin, C. H., Kao, C. Y. y Huang, C. Y. (2012). Managing emergency department overcrowding via ambulance

diversion: A discrete event simulation model. *Journal of the Formosan Medical Association*, 114, 64-71

Lim, M. E., Worster, A., Goeree, R. y Tarride, J. E. (2012). PRM28 physicians as pseudo-agents in a hospital emergency department discrete event simulation. *Value in Health*, 15(4), A163.

Mielczarek, B. (2014). Simulation modelling for contracting hospital emergency services at the regional level. *European Journal of Operational Research*, 235(1), 287-299.

Paul, J. A. y Lin, L. (2012). Models for improving patient throughput and waiting at hospital emergency departments. *The Journal of Emergency Medicine*, 43(6), 1119-1126.

Ramis, F. J., Baesler, F., Berho, E., Neriz, L. y Sepúlveda, J. A. (2008). A simulator to improve waiting times at a medical imaging center. *Simulation Conference*, 2008. WSC 2008. Winter (pp. 1572-1577). IEEE.

Ruohonen, T., Neittaanmaki, P. y Teittinen, J. (2006). Simulation model for improving the operation of the emergency department of special health care. *Simulation Conference*, 2006. WSC 06. Proceedings of the Winter (pp. 453-458). IEEE.

Sánchez, C. A. (2012). *Informe ejecutivo de gestión 2008-2011* (informe inédito). Tunja: E.S.E. Hospital San Rafael de Tunja.

Shi, J., Peng, Y. y Erdem, E. (2014). Simulation analysis on patient visit efficiency of a typical VA primary care clinic with complex characteristics. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 47, 165-181.