

# Una mirada a la simulación para la toma de decisiones en el área de urgencias medicas

How important is simulation for decision making in the health sector in the emergency area

Christian Raúl Penagos Toro  
Christian.penagos00@usc.edu.co

Cindy Marcela Orozco Tálaga  
Cindy.orozco00@usc.edu.co

Julián Andrés Plaza Vélez  
Julian.plaza00@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Tecnología en Sistemas de Información  
Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial

## **Resumen**

Considerando la importancia que reviste la toma de decisiones dentro del sector salud, especialmente en el área de emergencias médicas, las simulaciones surgen como herramientas muy oportunas para facilitar este proceso, permitiendo evaluar escenarios posibles, comparar casos, realizar análisis basados en hipótesis y optimizar procesos, entre otras características que los hacen cada vez más populares en dicho sector. En ese sentido, la investigación que se presenta a continuación se basa en una metodología de revisión sistemática, integrando los resultados de 30 artículos, ubicados en bases de datos académicas (ResearchGate, SAGE Journals, Dialnet, SciELO, Gale Onefile, ScienceDirect, Springer Link, IEEEExplore), publicados en los últimos 10 años, con el fin de establecer el estado de las investigaciones sobre esta temática. Estructuralmente se abre con una introducción al tema, exponiendo la problemática identificada y los objetivos de trabajo; posteriormente se presenta el desarrollo de la investigación, segmentada en tres categorías de análisis: características del software de simulación, usos más comunes en el área de emergencias médicas y aciertos documentados. Los resultados obtenidos indican que los servicios de urgencias pueden hacer un uso provechoso de la simulación, en tanto identifique el modelo que más se amolde a sus necesidades y el software más idóneo.

*Palabras Clave:* toma de decisiones; servicio de salud; simulación; software de simulación, urgencias médicas, métodos de simulación.

## **Abstract**

Considering the importance of decision-making within the health sector, especially in the area of medical emergencies, simulations emerge as very opportune tools to facilitate this process, allowing to evaluate possible scenarios, compare cases, perform hypothesis-based analyzes and optimize processes, among other characteristics that make them increasingly popular in this sector. In this sense, the research presented below is based on a systematic review methodology, integrating the results of 30 articles, located in academic databases (ResearchGate, SAGE Journals, Dialnet, SciELO, Gale Onefile, ScienceDirect, Springer Link, IEEEExplore), published in the last 10 years, in order to establish the status of research on this topic. Structurally, it opens with an introduction to the subject, exposing the identified problem and the work objectives; Later, the development of the research is presented, divided into three categories of analysis: characteristics of the simulation software, the most common uses in the medical emergency area, and documented successes. The results obtained indicate that emergency services can make profitable use of simulation, as long as they identify the model that best suits their needs and the most suitable software.

*Keywords:* decision-making; health Service; simulation; simulation software, medical emergencies, simulation methods.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Actualmente, los sistemas de servicios de salud se encuentran influenciados por variables que determinan su comportamiento y eficiencia: demanda, capacidad de atención, actores involucrados en el sistema, procedimientos que se realizan y sus interacciones con otros sistemas (Duarte y Camacho, 2020). La interacción de estas variables, en caso de no darse de forma correcta, puede generar problemas en el funcionamiento del sistema, ocasionando represamientos, cuellos de botella, demora en el tiempo de atención, reprocesos, etc. (Arnaudo, Lago y Bandoni, 2020). Por tal motivo, la

problemática que se aborda en este artículo se centra en una manera de dar solución oportuna a los avatares de la atención en urgencias, evitando incluso que estos se presenten, partiendo de una herramienta disponible para los servicios de salud a nivel mundial, se trata de las simulaciones, tomando una perspectiva de sistemas, para de este modo realizar un mejor análisis de la manifestación de los problemas y encontrar las posibles soluciones que impacten, no solo al prestador del servicio sino a quien lo recibe, esto sin olvidar lo más importante: el trato de vidas humanas.

Al buscar una manera de dar resolución a los problemas, tal como sostiene Casal (2016), los niveles de simulación “van de lo simple a lo complejo y pueden ser diseñados con niveles altos o bajos de incertidumbre y de cantidad de información aportada con el fin de proporcionar oportunidades para resolver problemas de muy variadas situaciones clínicas” (p. 37). Particularmente, en el área de urgencias, la primera etapa en el proceso de atención se da en el área de admisiones, allí son recibidos los pacientes, en esta sección presentan su documento de identificación, se verifica si está registrado en la base de datos del sistema de salud nacional, se evalúa su condición por medio de un triage, acto seguido, se presta la atención requerida en los tiempos establecidos por el triage y finalmente el paciente es evacuado, pasando antes por el área de facturación. Aunque es un ciclo prácticamente estándar a nivel mundial, con pocas alteraciones, es preciso aclarar que cuenta con diversas variables que pueden afectarlo positiva o negativamente.

Entre las múltiples variables que pueden identificarse en el departamento de emergencias, figuran los tiempos de admisión, triage y atención, pudiéndose presentar colas y/o cuellos de botella. Este tipo de variables hace parte de los llamados eventos discretos. Para Barceló (1996), los cambios surgidos pueden tener lugar en diversos momentos. En ese punto, surge la simulación de eventos, a través de determinados tipos de software, convirtiéndose en una herramienta de gran importancia para analizar los diversos problemas que se presentan en las áreas de urgencias médicas, y del mismo modo permiten encontrar una gama de soluciones sin necesidad de modificar el ambiente real del lugar. Una definición de simulación, surgida a finales del siglo pasado sostiene que se trata del diseño y desarrollo de un modelo de sistema o proceso, a través de una computadora; de esta manera es posible realizar experimentos que permitan entender cómo se comporta un sistema, de tal forma que se puedan evaluar diferentes estrategias de operación para el sistema en cuestión (Shannon, 1988).

En ese orden de ideas, las simulaciones de eventos discretos son altamente funcionales para tomar decisiones de implicación económica, administrativa y operativa de una organización; para ello, existen en la actualidad diferentes tipos de software que permiten llegar a simular la realidad total de la organización y, como se mencionó anteriormente, llegar a alternativas que permitan mejorar o solucionar un proceso, problema, operación etc. Entre los software más empleados se destacan ARENA, Promodel en su presentación MedModel y Flexsim, cada uno con distintas propiedades que permiten simular, casi en su totalidad la realidad del entorno a evaluar y por lo tanto conducir a una toma de decisión efectiva.

Así pues, la problemática de la toma de decisiones dentro del área de urgencias, tiene un impacto importante en todo lo que respecta a la manera en que el paciente va a revivir atención médica, en tiempos que no pongan en riesgo su vida. Además, recientemente las áreas de emergencias empiezan a implementar nuevos protocolos de atención, bajo parámetros que no habían considerado antes, modificando así los procesos de las entidades prestadoras de servicios de salud, tal como lo sostiene la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2020) se deben agregar a los sistemas de atención, elementos relacionados con:

- Gestión de llamadas: el tamizaje puede darse a través de una breve tele consulta.
- Investigación de los pacientes: a fin de identificar antecedentes de viajes o factores de riesgo.
- Coordinación de los servicios a prestar.
- Preparación de equipos de protección personal.
- Higienización de manos.
- Transporte de pacientes.

Estos aspectos, son solo parte de las muchas variables que han surgido para los procesos de atención que se direccionan desde entidades internacionales, pero que finalmente los centros de salud deben adaptar a sus necesidades particulares.

A partir de la problemática y su impacto, descritos en los párrafos anteriores, el trabajo desarrollado tiene por objetivo

synthetizar los resultados de 30 artículos de reciente publicación, que aborden el tema de la simulación como herramienta para la toma de decisiones en el área de emergencias médicas; en aras de identificar las características de los software más utilizados, usos comunes en el área y aciertos documentados de su aplicación.

Lo que se pretende lograr, y que a la vez justifica este artículo, es la síntesis, en un solo documento, de diversos aspectos relacionados con la simulación y su participación en la toma de decisiones para el área de emergencias médicas; siendo posible generar un documento de consulta para profesionales o estudiantes afines a esta temática, brindando así un aporte al estado del arte sobre un tema que cada día cobra más relevancia. Otro aspecto que justifica el trabajo desarrollado, es la posibilidad de llevar a un contexto práctico los diversos aprendizajes teóricos impartidos durante el Diplomado en Toma de Decisiones Organizacionales Mediante Simulación en 3D.

En cuanto a antecedentes, si bien son diversas las publicaciones existentes, y considerando que en el desarrollo del trabajo se presentará de forma más detallada los resultados obtenidos, a continuación, se abordan algunos estudios, empezando por el trabajo de Valipoor, et al. (2020), quienes exponen la manera en que se pueden utilizar las simulaciones para enfrentar el hacinamiento en los servicios de emergencia. A partir de una metodología basada en la utilización de datos históricos de un servicio de emergencias y a revisión de publicaciones especializadas, los autores presentan un modelo de simulación de eventos discretos, el cual les permite identificar las falencias de una entidad hospitalaria, recomendándose la implementación de un espacio para el triage, que permitiera descongestionar pasillos y salas de exámenes.

Por su parte, López y Aliaga (2020), analizan los procesos de atención de pacientes en el área de emergencias y consulta externa para un hospital público, con el fin de mejorar los procesos, para ello utilizan la simulación de eventos discretos, a la cual definen como “la técnica que imita el funcionamiento de un sistema del mundo real cuando evoluciona en el tiempo. La simulación no es una técnica de optimización. Más bien es una técnica para estimar las medidas de desempeño del sistema modelad” (p.13). Los resultados obtenidos por estos investigadores les llevan a reconocer que existen oportunidades de mejora para las áreas de emergencias médicas, siempre y cuando las simulaciones se realicen con datos actualizados y oportunos a los objetivos planteados.

A su vez, Ayuzo y Villafuerte (2018), presentan un recorrido sobre el uso de software de simulación para mejorar el tiempo de atención de los servicios de urgencias en diversos hospitales de México, identificando importantes cuellos de botella en las áreas de triage y cajas, por lo que se propone aumentar el personal, a fin de dar abasto para el número de pacientes que deben ser atendidos.

Los tres artículos mencionados guardan relevancia para el presente artículo, en la medida que da cuenta de la actualidad que tiene el uso de simulaciones, y cómo se pueden aprovechar desde diversas propuestas de intervención para mejorar la calidad de los servicios prestados.

Estructuralmente, el artículo abre con la presente introducción, donde se especificó la problemática, objetivo y justificación del trabajo emprendido; posteriormente se presenta la metodología, de tipo cualitativo utilizada, para dar paso al desarrollo temático, o resultados obtenidos, centrados en las categorías de análisis mencionadas previamente; finalmente se presentan las conclusiones, que no intentar cerrar un tema tan amplio, pero sirven como referente para investigaciones similares.

## 2. METODOLOGÍA

El trabajo desarrollado se inscribe dentro de una metodología de tipo cualitativo, con enfoque descriptivo, en la medida que se desarrolla una compilación de características sobre una temática en particular (Hernández, Fernández y Baptista, 2014); dado que se realizó una búsqueda y selección de artículos que garantizara la actualidad del tema a investigar; analizando los resultados de las simulaciones en el área de urgencias médicas.

Las fases de investigación abrieron con la identificación del tema; para después realizar la búsqueda en bases de datos multidisciplinarias: ResearchGate, SAGE Journals, Dialnet, SciELO, Gale Onefile, ScienceDirect, Springer Link, IEEEExplore, empleando una cadena de palabras claves para poder cubrir la información necesaria de la investigación: (“Simulación” O “simulación discreta” O “Métodos de simulación discretas”) y (“Toma de decisiones”) y (“Software de simulación” o “Herramientas de simulación”) y (“Servicio de salud” O “Urgencias médicas” o “Atención de pacientes” o

“Área de urgencias” O “Departamento de emergencias”). Inicialmente se encontraron cerca de 50 artículos relacionados con simulación, de los cuales se seleccionaron 30, que estaban directamente relacionados con la simulación para los servicios de urgencias y mejoras en sus procesos.

En la fase de búsqueda se tomaron decisiones sobre los criterios para la selección, estableciendo que los artículos seleccionados tuvieran en común el uso de herramientas de software de simulación, fecha de publicación no mayor a 10 años, diversas nacionalidades de publicación. La fase siguiente, fue la de tabulación de los datos, de donde se extrajo una tabla que sintetiza aspectos relacionados con: país y año de publicación, software utilizado, modelo de simulación, problemas a solucionar y base de datos de publicación. Dichos datos fueron ingresados a la hoja de cálculo de Excel para graficar la información y proceder con su análisis a la luz de las categorías seleccionadas, tal como se puede apreciar en el siguiente apartado.

### **3. DESARROLLO TEMÁTICO**

Como se mencionaba previamente, luego de segmentado el corpus de estudio a 30 artículos, se procedió con la tabulación y representación gráfica de los resultados más relevantes, los cuales se presentan a continuación, divididos bajo las tres categorías de análisis propuestas: software más utilizados, usos comunes en el área de emergencias y aciertos documentados de su aplicación.

#### **3.1 Generalidades sobre los artículos encontrados**

En aras de unificar los artículos encontrados bajo algunas características comunes, la Tabla 1, sintetiza aspectos generales, donde es posible apreciar la relevancia de estos estudios en otros países, así como la continuidad de problemáticas que se desean solucionar. Estas problemáticas fueron homogenizadas, dado que cada texto tenía formas distintas de redactar una misma problemática.

**Tabla 1. Tabulación de artículos**

| Número | Autores y año de publicación                                  | País     | Software utilizado | Modelo de simulación | Problemas a solucionar                                 | Base de datos de publicación                   | Resumen  |
|--------|---|----------|--------------------|----------------------|--|--|--|
| 1      | Vesga (2011)  | Colombia | Arena              | Modelo incremental   | Filas  | Repositorio Universidad Pontificia Bolivariana | Se implementó modelo para identificar los procesos críticos y proponer mejoras, como resultado se obtuvo reducción del 32% de los tiempos de atención y espera de los pacientes.   |
| 2      | Delgado y Mejía (2011)  | Perú     | Arena              | Eventos discretos    | Cuellos de botella                                     | ResearchGate                                   | Se desarrolla un modelo de simulación discreta para obtener mejoras para disminuir el tiempo de permanencia de un paciente, y se obtuvo como mejor alternativa la modificación en el horario de atención de los médicos en el tópico de medicina.  |
| 3      | Orozco, Cossio, Piarpuezán, Hermoso, Rodríguez-Sánchez (2019) | Ecuador  | Flexsim            | Eventos discretos    | Reducir costos de operaciones optimizando los recursos | Repositorio Universidad Tecnológico Costa Rica | Se aplicaron el software FlexSim, como simulador de eventos discretos, de conjunto con sus herramientas Experfit y Experimenter; y el IBM SPSS Statistics para otros análisis estadísticos. Los resultados son presentados con la aplicación a un caso de estudio relacionado con una empresa productora de medias y perteneciente al sector textil en la provincia Imbabura, Ecuador; al lograr asignar los recursos disponibles por cada una de las subsecciones y secciones de trabajo pertenecientes al punto limitante del proceso productivo y ajustadas a las cantidades determinadas en el Plan Maestro de Producción. |
| 4      | Medina y Arrieta (2013)                                       | Colombia | ProModel           | Eventos discretos    | Tiempo de permanencia del paciente.                    | Dialnet  | Se simulan escenarios para establecer el recurso restrictivo en el sistema de urgencias y hacer una propuesta de mejora. Los resultados obtenidos muestran que el recurso restrictivo es el triage, con un porcentaje de ocupación del 99%.  |
| 5      | Ceballos, Betancur y Betancur (2014)                          | Colombia | Arena              | Eventos discretos    | Computación más segura                                 | ResearchGate                                   | Se presenta el análisis en una entidad prestadora de salud típica en Colombia, y sugiere solución estos problemas identificados mediante la simulación la conceptualización de la situación propuesta en este ejercicio, muestra notable falencia en la disponibilidad de recursos, la cual se ve reflejada en las largas colas.   |
| 6      | Vargas y Giraldo (2014)                                       | Colombia | ProModel           | Eventos discretos    | Mejorar la computación asistida para agilizar procesos | SciELO   | El modelo se realizó para que una EPS típica simule el costo de prestación de servicios por un año, los resultados obtenidos con el modelo permitieron determinar que el enfoque de cálculo de costos es efectivo, y que los promedios nacionales de ciertos parámetros deben ser modificados para cada caso.  |
| 7      | Martel (2014)   | Chile    | Arena              | Eventos discretos    | Tiempos de espera en triage                            | Repositorio de la Universidad de Concepción    | La investigación tiene como objetivo evaluar la implementación de un sistema RFID (Radio Frequency Identification), la metodología utilizada se basó en el diseño es posible aumentar la tasa de utilización del box de atención en un 4.37% en promedio y reducir significativamente el tiempo de atención de las personas en un 76.2%.   |

| Número | Autores y año de publicación                       | País     | Software utilizado | Modelo de simulación | Problemas a solucionar                    | Base de datos de publicación  | Resumen  |
|--------|--|----------|--------------------|----------------------|---|-------------------------------|--|
| 8      | Grimaldo, Silva, Espitia y Pan (2015)              | Colombia | Flexsim            | Eventos discretos    | Cuellos de botella en admisiones"         | ResearchGate                  | Se utilizó una simulación en el entorno real, para encontrar una opción de mejora, mediante la evaluación de las alternativas de mejora se planteó el objetivo de encontrar una configuración factible, con el modelo se obtuvo una mejora de del 18,7%.   |
| 9      | Mendoza, González, Corcho y Berdugo (2016)         | Colombia | Flexsim            | Eventos discretos    | Filas                                     | ResearchGate                  | Se desarrolló un modelo de simulación donde se evaluaron diferentes escenarios. Los resultados obtenidos muestran que se reduce el número de pacientes remitidos a otras instituciones, aumentando los ingresos financieros de la institución.   |
| 10     | Bedoya y Kirac (2016)                              | USA      | SIMIO              | Eventos discretos    | Cuellos de botella                        | SAGE journals                 | Esta investigación analiza la asignación de recursos con el objetivo de reducir la duración de la estadía del paciente y el tiempo para ser atendido por un médico o asistente médico, Los resultados indican que el modelo de simulación se puede utilizar como una herramienta para ayudar a los tomadores de decisiones en los servicios de urgencias con la asignación de recursos con porcentajes significativos para el departamento.  |
| 11     | Gharahighehi, Kheirkhah, Bagheri y Rashidi (2016). | USA      | ARENA              | Eventos discretos    | Variación de comportamientos en el tiempo | SAGE journals                 | Este artículo se enfoca en mejorar el desempeño del servicio de urgencias de un hospital en Irán, donde sus problemas afectan el indicador de desempeño del personal e insatisfacción de los pacientes, el artículo presenta un método que simula el flujo de paciente en el servicio médico y encuentra cuellos de botellas, usando el software de simulación Input Analyzer by Arena se plantearon varios escenarios considerando criterios en conflicto, donde la clasificación de escenarios que brinda a los tomadores de decisiones la oportunidad de comparar y contrastar escenarios y aplicarlos uno por uno; luego pueden mezclarlos y aplicarlos simultáneamente para identificar problemas y brindar soluciones. |
| 12     | Rodríguez González Hernández y Hernández (2017)    | México   | Minitab 16         | Teoría de líneas     | Altos costos por la demora de atención    | ScienceDirect                 | En el presente trabajo se analiza el servicio del área de Urgencias de un hospital público aplicando los conceptos y relaciones de líneas de espera, con este modelo se calcula los empleados necesarios para la atención, mejores tiempos de servicios e identificar los costos altos por la problemáticas en la atención, donde Los administradores obtendrán algunos beneficios de los medios analíticos para la toma de decisiones.  |
| 13     | Hernández, Camacho y Duarte (2017)                 | Colombia | SIMIO              | Eventos discretos    | Tiempo en triage                          | Repositorio Universidad Libre | Se implementó un modelo de simulación discreta que representa el sistema y sus constantes problemas, para una Unidad de Urgencias del Hospital Universitario la Samaritana, donde el resultado permitió identificar las problemáticas específicas y proponer estrategias valiosas para el servicio médico en tiempos, capacidad y recursos médicos.  |

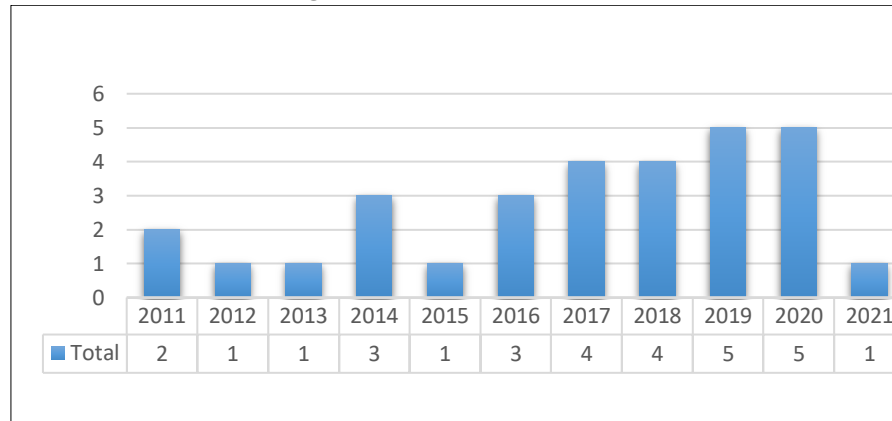
| Número | Autores y año de publicación                       | País     | Software utilizado | Modelo de simulación                             | Problemas a solucionar              | Base de datos de publicación                           | Resumen   |
|--------|--|----------|--------------------|--|-------------------------------------|--|---|
| 14     | Bal, Ceylan y Taçoğlu (2017)                       | USA      | Arena              | Modelo mixto (Técnicas lean y eventos discretos) | Filas                               | ESCI   | El objetivo de este estudio contribuyó al potencial de las técnicas lean combinadas con modelos de simulación para reducir el hacinamiento en los servicios de urgencias y los tiempos de espera de los pacientes, donde cada resultado se clasificó con las sugerencias y los cambios propuestos incorporándolos en un mapa del estado para futura toma de decisiones.                           |
| 15     | Dehghani, Moftian, Rezaei y Samad (2017)           | USA      | Arena y Aris       | Eventos discretos                                | Tiempo de atención                  | Repositorio Biblioteca Nacional de Medicina de EE. UU. | Este artículo de revisión se centra en la simulación de salud, recolectando datos en diversas bases de datos con temas centrales en la reducción del tiempo de espera y estancia del paciente entre otros, para la implementación de software.  |
| 16     | Yousefi, Yousefi, Fogliatto, Ferreira y Kim (2018) | Brasil   | NetLogo            | Modelo basado en agentes                         | Tiempos de espera en atención       | Gale Onefile   | El objetivo del estudio fue simular el comportamiento de los pacientes que abandonan el servicio de urgencias de un hospital público sin ser atendidos, modelado por computadoras donde se verifican y comparaban datos de la simulación del comportamiento de pacientes en un servicio de urgencias.   |
| 17     | Restrepo, Jaén, Espinal y Zapata (2018)            | Colombia | Powersim Studio 10 | Dinámica de sistemas                             | Uso ineficiente de recursos         | Repositorio Universidad Javeriana                      | Investigación exploratoria y analítica, con trabajo de campo en cuatro unidades de urgencias de Medellín y simulación de estrategias contra la saturación mediante dinámica de sistemas, como resultado implementar consultorio fast-track e incrementar el traslado a pisos y como estrategias utilizadas son: reorganizar el registro, remitir los pacientes que no requieren atención urgente. |
| 18     | Ayuzo y Villafuerte (2018)                         | México   | Arena              | Eventos discretos                                | Programación inadecuada de personal | SciELO   | Por medio de los hallazgos en la simulación, proponen tres escenarios para combatir el problema detectado, uno es aumentar el personal médico, el segundo es aumentar la cantidad de enfermeras, el tercero es aumentar el personal administrativo para agilizar el tema de ingresos, facturación, liquidación de exámenes etc.   |
| 19     | Ahalt, Argon, Ziya, Strickler y Mehrotra (2018)    | USA      | Arena              | Eventos discretos                                | Fila                                | Springer Link  | El autor propone brindar una herramienta que permita al personal médico detectar cuando el área esté a punto de entrar en hacinamiento para que de esta forma tanto el personal médico como los recursos sean preparados con antelación y evitar un colapso del mismo tanto en locación como en recursos, además de permitir una atención óptima y oportuna a todos los usuarios.                 |

| Numero | Autores y año de publicación                     | País     | Software utilizado | Modelo de simulación | Problemas a solucionar                              | Base de datos de publicación                         | Resumen   |
|--------|--|----------|--------------------|----------------------|---|--|---|
| 20     | Restrepo, Giraldo y Vanegas (2019)               | Colombia | ProModel           | Eventos discretos    | Cuello de botella                                   | Gale Onefile   | Evalúa la capacidad real de servicio al cliente del sistema en un proveedor de servicios de salud, donde propone contratar más personal, establecer horarios para el personal de forma que, el cambio de turno no coincida con las horas pico detectadas y que no afecten la atención, propone también organizar las citas de forma que permita una fluidez en el servicio.   |
| 21     | Rodríguez y Roa (2019)                           | Colombia | SIMIO              | Eventos discretos    | Calidad de servicio                                 | Repositorio Universidad de la Sabana                 | Investigación para buscar mejorar el acceso al servicio de urgencias de la clínica de la universidad de la Sabana, donde se determina viable que el personal médico esté en capacidad para atender cualquier procedimiento como rx, curaciones, triage etc. También sugiere omitir el triage para medicina prepagada con el fin de desembotellar el área de triage y reducir los tiempos de espera para los pacientes de POS. |
| 22     | Easter, Housharian, Pati y Wiler (2019)          | USA      | ProModel           | Eventos discretos    | Tiempo de espera                                    | ResearchGate   | Evalúa diferentes panoramas en el servicio de salud con el fin de determinar qué opción es viable para mejorar los tiempos de espera, se encuentra que, al emplear un médico en admisiones con más áreas de espera para los usuarios se permite que se agilice el tiempo de espera de los mismos.   |
| 23     | Ahsan, Alam, Morel y Karim (2019).               | USA      | NetLogo            | Modelado matemático  | Mejorar la atención de servicios de urgencias       | Springer Link  | Por medio de diferentes técnicas de modelado de eventos discretos se logra mejorar servicios como los tiempos de espera, flujo de pacientes, permanencia en cama etc. Manifestando la importancia de la simulación para mejorar cualquier proceso.  |
| 24     | Swan, Ozaltin, Hilburn, Gignac y McCammon (2019) | USA      | SIMIO              | Eventos discretos    | Rediseño en la atención del área de urgencias.      | IEEEExplore  | Se puede mejorar el flujo de pacientes mientras utilizan los recursos eficientemente al cambiar a un diseño de atención basado en equipos.  |
| 25     | López y Aliaga (2020)                            | Perú     | Arena              | Eventos discretos    | Reducir tiempos de atención mejorando los procesos. | Repositorio Pontificia Universidad Católica del Perú | Se analiza las áreas de consulta externa, urgencias y hospitalización con el fin de encontrar herramienta que permita optimizar los tiempos de atención y los recursos del hospital, por lo que plantea aumento de camas, personal médico y redistribución de las áreas del hospital así como el uso de la simulación como herramienta para solucionar problemas futuros.   |

| Numero | Autores y año de publicación                                  | País     | Software utilizado | Modelo de simulación | Problemas a solucionar  | Base de datos de publicación      | Resumen   |
|--------|---|----------|--------------------|----------------------|---|-----------------------------------|---|
| 26     | Valipoor, Hatami, Hakimjavadi, Akçali, Swan y De Portu (2020) | USA      | ProModel           | Eventos discretos    | Problemas de hacinamiento en servicios de urgencias utilizando simulación.      | SAGE journals                     | Se revisa el área de urgencias, donde al llegar muchos pacientes y haber pocos recursos físicos, estos deben permanecer en los pasillos generando tanto hacinamiento como desorden y mala percepción de calidad del servicio, por lo cual propone disminuir hacinamiento, por medio de la adecuación de los pasillos de urgencias con una especie de cubículos para que los pacientes sean atendidos ahí y no queden derivando. |
| 27     | Rodríguez, Gómez, Diéguez, de León y Hernández (2020)         | Cuba     | Arena              | Eventos discretos    | Analizar la capacidad de los servicios de urgencias por medio de la simulación. | SciELO                            | Se revisa el estado del centro médico en cuanto a oferta y demanda, los puntos críticos y horas pico donde el servicio colapsa, detectando así que es necesario implementar el aumento de personal médico para mejorar la atención en las horas pico.   |
| 28     | McKinley, Babineau, Roskind, Sonnett y Doan (2020)            | USA      | Flexsim            | Eventos discretos    | Tiempo de atención  | ResearchGate                      | Se revisa el impacto de una iniciativa de mejora enfocada en la disminución de tiempos de atención, por lo cual, al implementar el protocolo para disminuir el tiempo de administración de medicamentos y catéter en el área de pediatría, se evidenció que no hubo ninguna alteración negativa en la calidad del servicio.   |
| 29     | Peng, Yang, Strome, Weldon, y Chochinov (2020).               | USA      | Witness            | Eventos discretos    | Hacinamiento  | ResearchGate                      | El artículo por medio de la simulación con witness, detectó que era óptima la implementación de personal médico para la elaboración de triage se logró una reducción de los tiempos de espera y tiempos de estadía de los pacientes.  |
| 30     | Ramakurthi, Manupati, Panigrahi, Varela, Putnik y Bose (2021) | Portugal | Flexsim            | Eventos discretos    | Reducir los tiempos de espera de los pacientes.                                 | Repositorio Universidade do Minho | Analiza el uso de herramientas web para mejorar los servicios, por lo cual propone crear un sistema basado en la web que mejore la interacción entre los pacientes y los médicos mejorando la sensación de calidad en el servicio al asignar citas por medio de herramientas web.   |

Fuente: elaboración propia

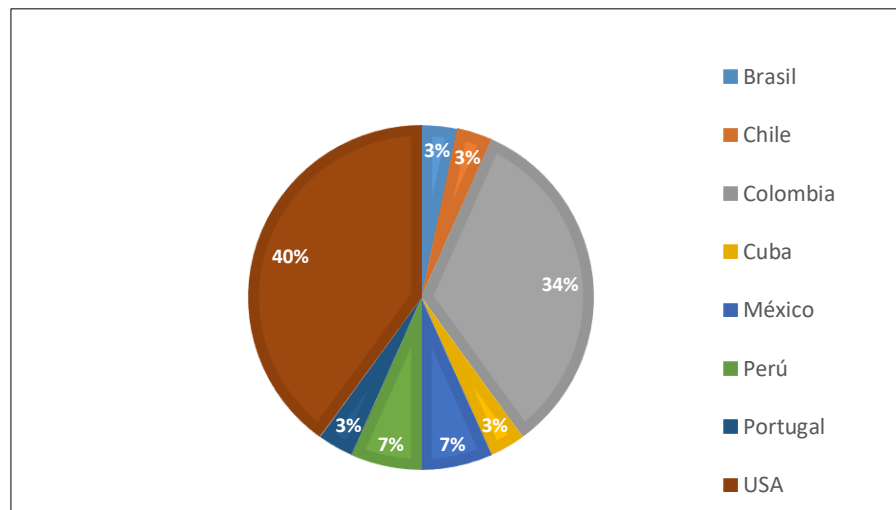
**Figura 1. Año de publicación**



Fuente: elaboración propia.

La Figura 1, permite evidenciar el crecimiento en cuanto a las investigaciones centradas en la simulación para mejorar los servicios en el área de urgencias en diversos hospitales y clínicas del mundo. Considerando lo expuesto por Yousefi, Yousefi, Fogliatto, Ferreira y Kim (2018), este incremento radica en que las simulaciones han permitido predecir comportamientos sociales y humanos. De esta manera, se hace viable el desarrollo de números métodos de simulación cada vez más especializados, en los que se consideren flujos de entrada y salida, para áreas específicas: el ingreso a urgencias, triage, consulta, atención, alta u hospitalización (Restrepo, Jaén, Espinal y Zapata, 2018).

**Figura 2. País de publicación**



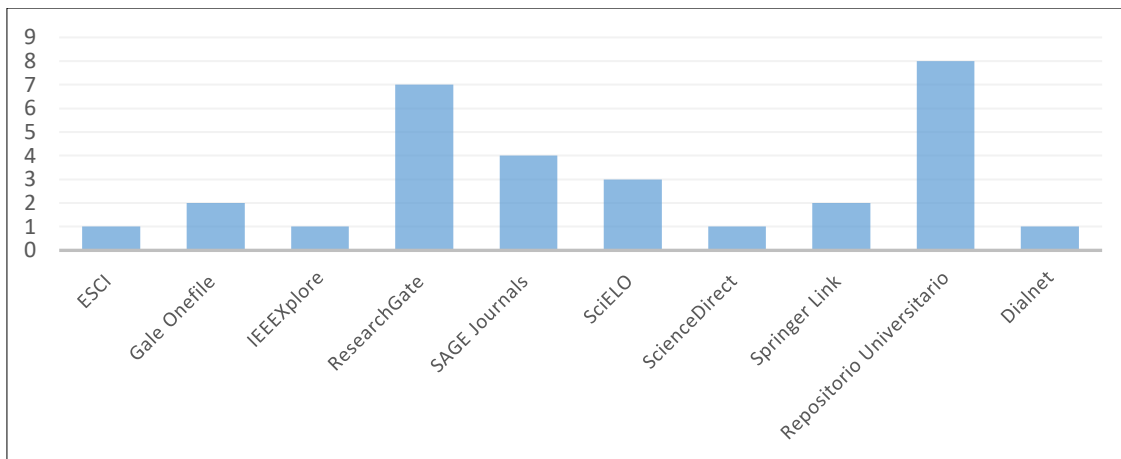
Fuente: elaboración propia.

Dado el desarrollo tecnológico que poseen las potencias económicas, no es de sorprender que, desde Estados Unidos, provengan la mayoría de estudios, muchos de ellos auspiciados por las mismas empresas desarrolladoras de software como SIMIO, Arena, Promodel o Flexsim. Para este caso, secunda Colombia, dado que se dio prelación al resultado a nivel nacional, donde es evidente que estos métodos de simulación son ampliamente conocidos, especialmente el uso de datos discretos, como sostienen Restrepo, Giraldo y Vanegas (2019) “Esta metodología aporta elementos de juicio con impacto directo en la atención de los pacientes, reducción de costos y satisfacción de los usuarios, posibilitando lograr una adecuada distribución de recursos en el sistema de salud” (p. 90).

En países como México, Perú, Cuba o Portugal, las investigaciones son también abundantes, solo que no se encontraron muchas actualizadas, aunque es claro que también se utiliza la simulación en los hospitales; en otras palabras, la simulación está ampliamente difundida y las Entidades Prestadoras de Servicios de Salud, en todo el mundo las tienen en cuenta, generalmente a través de empresas subcontratadas para su implementación.

Finalmente, en lo que se refiere a las bases de datos donde priman los resultados de artículos para la temática expuesta, los primeros lugares los ocupan portales que dan prioridad al idioma inglés, de donde se infiere que la actualización en lo que se refiere a modelación 3D y toma de decisiones, debe estar atravesada por el conocimiento de esta segunda lengua.

**Figura 3. Bases de datos utilizadas**

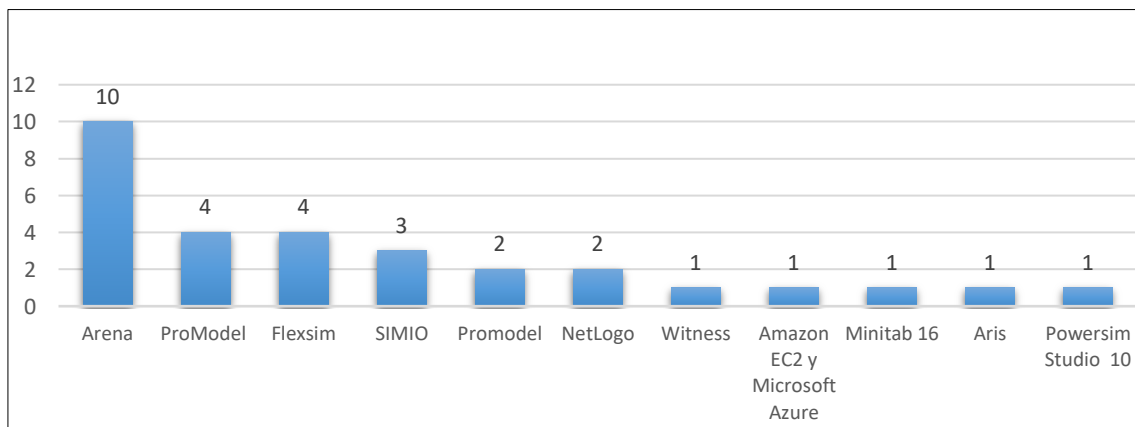


Fuente: elaboración propia.

### 3.1 Software más utilizado

La Figura 4, permite apreciar el posicionamiento que tiene el software Arena, el cual se caracteriza por utilizar lenguaje de simulación, lo que permite la construcción de modelos de experimentación, utilizando para ello módulos de diferentes figuras, de tal manera que representen un proceso determinado. Así mismo, se utilizan líneas de conexión, estas unen los módulos de tal forma que se haga más sencillo especificar los flujos de personas. El software también permite graduar los datos, los tiempos de ciclos y los trabajos en proceso, con el fin de obtener variados informes (López y Aliaga, 2020). Su compatibilidad con Microsoft Visio y Excel, permiten que haya mayor transversalidad en su uso, frente a otros software.

**Figura 4. Software más utilizado**



Fuente: elaboración propia.

Sobre el software Arena Rodríguez, Gómez, Diéguez, de León y Hernández (2020) sostienen que “es un entorno gráfico que asiste en la implementación de modelos en el paradigma “orientado al proceso” por lo que permite la descripción completa de la rutina que una entidad realiza en el interior del sistema conforme fluye a través de él” (p. 6).

Para cerrar con las características del software Arena, Vesga (2011) identifica las ventajas y desventajas que pueden ser más comunes cuando es utilizado en las áreas de urgencias médicas, como se aprecia en la Tabla 2.

**Tabla 2. Características del software Arena**

| Descripción   | Ventajas   | Desventajas  |
|---|--|--|
| Es una aplicación idónea para simular sistemas complejos operaciones y procesos en el ámbito de los servicios la fabricación el transporte y la logística y la cadena de suministros entre otros. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite representar y analizar los procesos mediante la simulación de diferentes alternativas.</li> <li>• Genera un modelo de flujo de datos y la animación gráfica que permiten visualizar cómo funcionan los procesos actuales o futuros.</li> <li>• Ofrece gran versatilidad pues se puede modelar desde una fábrica automotriz hasta una sala de urgencias en un hospital.</li> <li>• Disponible licencia completa del Software.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es difícil correr un modelo creado en este software en cualquier otro programa de simulación</li> <li>• La documentación y la ayuda de este software es escasa, además no es lo suficientemente Clara.</li> <li>• La edición para estudiantes tiene muchas limitaciones.</li> </ul> |

Fuente: Vesga (2011)

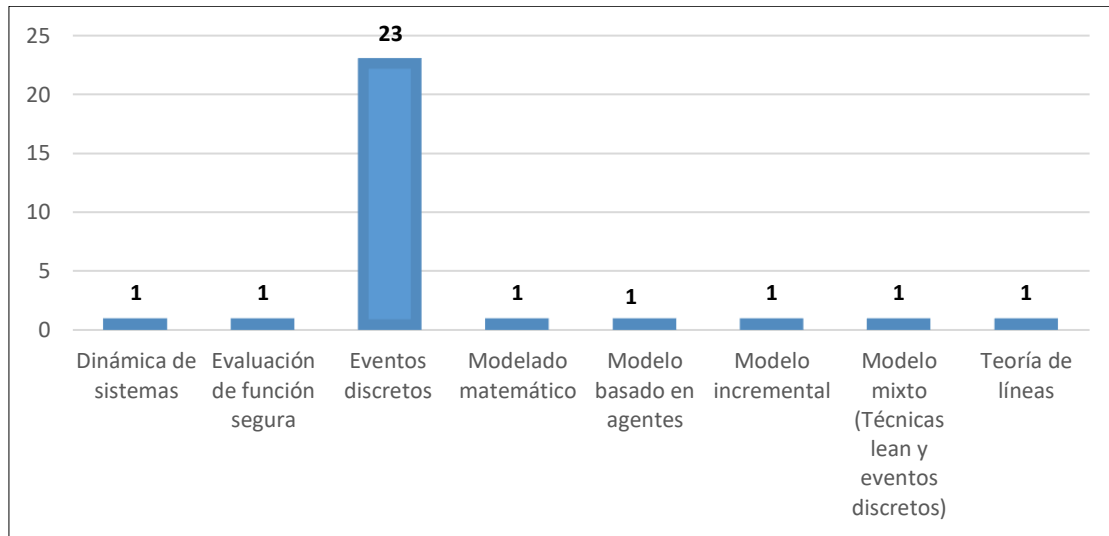
La segunda opción, Promodel, puede ser utilizada ingresando un conjunto de datos de calibración, entre ellos información del personal de urgencias, distribución de toda el área, tasa de llegada de pacientes, recursos disponibles, redes, procesos, etc. En su implementación, resulta oportuno hacer una validación que implica comparación de datos de registro, datos históricos y simulaciones. Además, Valipoor, Hatami, Hakimjavadi, Akçali, Swan y De Portu (2020), agregan que se puede hacer uso de análisis de varianza bidireccional, cuando se deseen comparar tiempos reales con los simulados entre distintas poblaciones.

A su vez, Medina y Arrieta (2013), describen este software como ideal en la simulación y optimización de procesos de manufactura, logística o líneas. Destacando su ventaja en lo que respecta a predicción de necesidades en recursos, presentación de escenarios para mejoras y análisis de alternativas que se le propongan; demás es fácil exportar datos hacía Excel. No obstante, se aclara que su uso en servicios de salud, implica hacer uso de una librería especial, llamada MedModel.

### 3.2 Usos más comunes en el área de emergencias

Los usos más comunes para los modelos de simulación más comúnmente usados, se pueden apreciar en la Figura 5, donde destacan los eventos discretos.

**Figura 5. Modelos de simulación más recurrentes.**



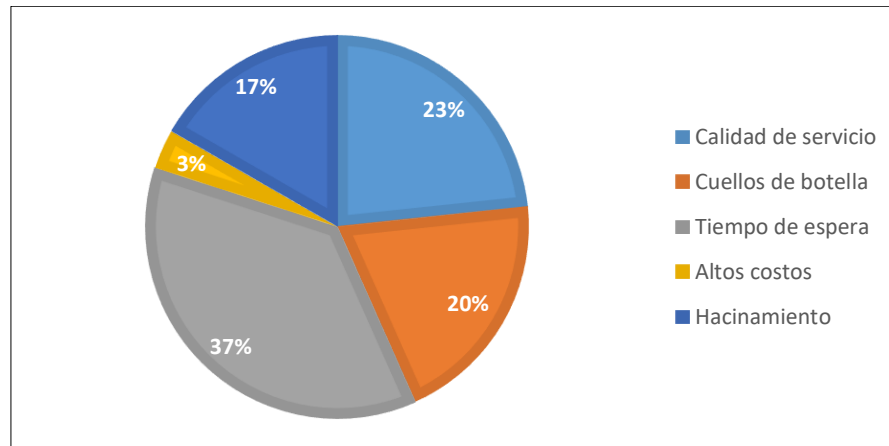
Fuente: elaboración propia.

Sobre el uso de eventos discretos Ahalt, Argon, Ziya, Strickler y Mehrotra (2018), sostienen que “se ha establecido como un enfoque de modelado para la investigación del flujo de pacientes en urgencias y el hacinamiento. El uso de esta simulación es especialmente adecuado para responder preguntas hipotéticas que no se pueden responder utilizando datos históricos o el sistema real” (parr. 4). Se reconoce entonces su valor identificando sistemas donde ocurren cambios en breves instante, que pueden estar espaciados en el tiempo. Por su parte Dehghani, Mofitian, Rezaei y Samad (2017), sostienen que:

El enfoque de simulación discreta gestiona eficazmente la evaluación de varios escenarios operativos. Con respecto a los servicios de emergencia, el enfoque ayuda a proponer planes innovadores y diseñar nuevos departamentos. Los administradores de hospitales deben participar directamente en la creación de estos proyectos para que puedan aceptar con más gusto los procesos de simulación en los sistemas de salud. Además, los procesos de simulación deben simplificarse en la medida en que conserven su funcionalidad, y también deben utilizarse herramientas visuales y de animación para que los usuarios confíen mejor en las capacidades del modelo. (Parr. 6).

Entre tanto, los usos más comunes, incluyen mejorar la calidad del servicio, identificar y proponer soluciones a los cuellos de botella, reducir tiempos de espera, minimizar costos para el paciente y la institución, y minimizar el hacinamiento, dado que son estas problemáticas comunes a todas las áreas de emergencias médicas, por ser este un sector de alto flujo de pacientes, con niveles de estrés y diversas patologías que dificultan el trato y la estandarización de procesos. No obstante, el proceso de triage resulta ser un espacio donde se pueden establecer rutas de atención, según el nivel de complejidad del paciente. En la Figura 6, se sintetizan los resultados obtenidos, donde destaca el interés por hacer que el tiempo de espera, en cualquier etapa de la atención sea mínimo.

**Figura 6. Usos más comunes de la simulación**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3 Aciertos documentados de su aplicación.

Para finalizar, los aciertos documentados, a la luz de los resultados obtenidos, implican un 85% de efectividad en las decisiones que se tomaron posteriormente a la aplicación de los modelos de simulación, independientemente de la variación que hayan seguido, no obstante, aquellos que utilizaron metodologías de eventos discretos tuvieron un mayor grado de acierto, en tanto los demás, tuvieron que rectificar la validación de algunos procesos, con mayor regularidad.

## 4. CONCLUSIONES

Los modelos de simulación, apoyados en un software que, aparte de tener gráficos altamente reales que permitan asumir una realidad virtual, brinde también la opción de ajustes en sus variables sin alterar toda la simulación, así como un soporte estadístico óptimo, hacen de este una herramienta altamente eficiente para la planificación, toma de decisiones y resultados obtenidos. Así mismo, aporta en la identificación de problemas, elección de escenarios viables y, a largo plazo, la estandarización de ciertos procesos, que pudieran en algún momento haber retrasado la atención en un área tan caótica como puede llegar a ser la atención de urgencias médicas. ARENA es un software con todas estas características, lo cual lo deja como una herramienta altamente eficiente a fin de mejorar o solucionar un problema determinado de un área de urgencias en cualquier centro médico del mundo.

En ese orden de ideas, la interpretación de una simulación puede derivar en beneficios que suponen reconocer los efectos aleatorios en la toma de decisiones, prediciendo eventos futuros, al tiempo que se consideran las interacciones más complejas de todo el sistema de atención al paciente, destacando los riesgos, las alternativas de mejora, etc.

El mayor problema identificado es el tiempo de espera en pacientes que en muchas ocasiones requieren atención inmediata debido a su nivel de urgencia, para esta situación la solución más viable es la asignación de más personal médico para el área de triage ya que es en esta área específica donde se presenta el cuello de botella, esto requiere una inversión en infraestructura y personal que así como genera un costo inicial, a largo plazo va a generar un alto beneficio tanto para los pacientes como para el centro médico al aumentar la percepción de calidad.

Se evidencia el crecimiento en investigaciones para mejorar servicios de urgencia, lo que apunta a que cada día se van a ir encontrando soluciones aplicables a cualquier parte del mundo y es evidente en los artículos revisados, ya que muchas conclusiones similares se dieron en Ecuador, Brasil, Chile, México, USA etc.

Finalmente, destaca que las investigaciones revisadas, reconocen como cualidad de los modelos de simulación, la posibilidad de representar variabilidades en los sistemas de atención, así como la interdependencia existente en ellos y cuando se hacen modelaciones con base en escenarios de operación validados, los resultados son más cercanos a la realidad.

## 5. REFERENCIAS

- Ahalt, V., Argon, N., Ziya, S., Strickler, J. y Mehrotra, A. (2018). Comparison of emergency department crowding scores: a discrete-event simulation approach. *Health care management science*, 21(1), 144-155. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10729-016-9385-z>
- Ahsan, K. B., Alam, M. R., Morel, D. G. y Karim, M. A. (2019). Emergency department resource optimisation for improved performance: a review. *Journal of Industrial Engineering International*, 15(1), 253-266. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40092-019-00335-x>
- Arnaudo, M., Lago, F. y Bandoni, J. A. (2020). Toma de decisiones en el sistema de salud: aportes interdisciplinarios desde la Economía de la Salud y la Ingeniería de Sistemas de Procesos. *Ensayos de Economía*, 30(56), 136-150. Recuperado de: <https://doi.org/10.15446/ede.v30n56.78681>
- Ayuzo, C. y Villafuerte, J. (2018). Uso de software de simulación para mejorar los tiempos de atención en el departamento de emergencias. *Salud pública de México*, 60, 373-374. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0036-36342018000300023](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342018000300023)
- Bal, A., Ceylan, C. y Taçoğlu, C. (2017). Using value stream mapping and discrete event simulation to improve efficiency of emergency departments. *International Journal of Healthcare Management*, 10(3), 196-206. Recuperado de: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20479700.2017.1304323>
- Barceló, J. (1996). *Simulación de sistemas discretos*. Madrid: Isdefe.
- Bedoya, L. y Kirac, E. (2016). Evaluating alternative resource allocation in an emergency department using discrete event simulation. *Simulation*, 92(12), 1041-1051. Recuperado de: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0037549716673150#>
- Casal, M. (2016). *La simulación como metodología para el aprendizaje de habilidades no técnicas en Enfermería*. (Tesis Doctoral). Valencia: Universidad de Valencia. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/71059825.pdf>
- Ceballos, F., Betancur, J. y Betancur, J. (2014). Simulación Discreta Aplicada a los Modelos de Atención en Salud. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 2(2). Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/318872839\\_Simulacion\\_Discreta\\_Aplicada\\_a\\_los\\_Modelos\\_de\\_Atencion\\_en\\_Salud](https://www.researchgate.net/publication/318872839_Simulacion_Discreta_Aplicada_a_los_Modelos_de_Atencion_en_Salud)
- Dehghani, M., Moftian, N., Rezaei, P. y Samad, T. (2017). A Step-by-Step Framework on Discrete Events Simulation in Emergency Department; A Systematic Review. *Bulletin of Emergency & Trauma*, 5(2), 79. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5406177/>
- Delgado, K. y Mejía, M. (2011). Aplicación de la simulación discreta para proponer mejoras en los procesos de atención en el área de emergencia de un hospital público. *Industrial data*, 14(1), 47-54. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/307180666\\_aplicacion\\_de\\_la\\_simulacion\\_discreta\\_para\\_proponer\\_mejoras\\_en\\_los\\_procesos\\_de\\_atencion\\_en\\_el\\_area\\_de\\_emergencia\\_de\\_un\\_hospital\\_publico](https://www.researchgate.net/publication/307180666_aplicacion_de_la_simulacion_discreta_para_proponer_mejoras_en_los_procesos_de_atencion_en_el_area_de_emergencia_de_un_hospital_publico)
- Duarte, E. y Camacho, M. (2020). Planeación de la capacidad hospitalaria: un enfoque desde el flujo de pacientes con Dinámica de Sistemas. *INGE CUC*, 16(1). Recuperado de: <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/2651>
- Easter, B., Housharian, N., Pati, D. y Wiler, J. L. (2019). Designing efficient emergency departments: Discrete event simulation of internal-waiting areas and split flow sorting. *The American journal of emergency medicine*, 37(12), 2186-2193. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/331681161\\_Designing\\_efficient\\_emergency\\_departments\\_Discrete\\_event\\_simulation\\_of\\_internal-waiting\\_areas\\_and\\_split\\_flow\\_sorting](https://www.researchgate.net/publication/331681161_Designing_efficient_emergency_departments_Discrete_event_simulation_of_internal-waiting_areas_and_split_flow_sorting)
- Gharahighehi, A., Kheirkhah, A. S., Bagheri, A. y Rashidi, E. (2016). Improving performances of the emergency department using discrete event simulation, DEA and the MADM methods. *Digital health*, 2. Recuperado de: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2055207616664619>
- Grimaldo, G., Silva, J., Espitia, M. y Pan, N. (2015). Simulación de un sistema de emergencias: caso ESE Hospital San

- Rafael. *Ingenio Magno*, 6(1), 48-58. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/323539220\\_Simulacion\\_de\\_un\\_sistema\\_de\\_emergencias\\_caso\\_ESE\\_Hospital\\_San\\_Rafael](https://www.researchgate.net/publication/323539220_Simulacion_de_un_sistema_de_emergencias_caso_ESE_Hospital_San_Rafael)
- Hernández, D., Camacho, M. y Duarte, E. (2017). Análisis del flujo de pacientes en el servicio de urgencias del Hospital Universitario la Samaritana a través de simulación discreta. *Avances: Investigación en Ingeniería*, 14(1), 109-122. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0186104217300359#fig0010>
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Madrid: McGraw-Hill.
- López, S. y Aliaga, A. (2020). *Análisis y mejora de los procesos de atención de pacientes para optimizar los tiempos de atención y la asignación de recursos en las áreas de consulta externa, emergencia y hospitalización de un hospital público*. (Tesis de Pregrado). Perú: Universidad Católica de Perú. Recuperado de: [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/16932/L%c3%93PEZ\\_PAUCAR\\_SERGIO\\_AN%c3%81LISIS\\_MEJORA\\_PROCESOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/16932/L%c3%93PEZ_PAUCAR_SERGIO_AN%c3%81LISIS_MEJORA_PROCESOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Martel, M. (2014). *Análisis de eficiencia mediante simulación de un sistema RFID para la optimización de recursos en unidades de urgencia*. (Tesis de Maestría). Chile: Universidad de Concepción. Recuperado de: [http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/1714/1/Tesis\\_Analisis\\_de\\_Eficiencia\\_mediante.Image.Marked.pdf](http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/1714/1/Tesis_Analisis_de_Eficiencia_mediante.Image.Marked.pdf)
- McKinley, K., Babineau, J., Roskind, C. G., Sonnett, M. y Doan, Q. (2020). Discrete event simulation modelling to evaluate the impact of a quality improvement initiative on patient flow in a pediatric emergency department. *Emergency Medicine Journal*, 37(4), 193-199. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/338465190\\_Discrete\\_event\\_simulation\\_modelling\\_to\\_evaluate\\_the\\_impact\\_of\\_a\\_quality\\_improvement\\_initiative\\_on\\_patient\\_flow\\_in\\_a\\_paediatric\\_emergency\\_department](https://www.researchgate.net/publication/338465190_Discrete_event_simulation_modelling_to_evaluate_the_impact_of_a_quality_improvement_initiative_on_patient_flow_in_a_paediatric_emergency_department)
- Medina, P. y Arrieta, K. (2013). Simulación de eventos discretos para optimizar recursos restrictivos del servicio de urgencias de un hospital. Cartagena, Colombia. *Teknos revista científica*, 55-66. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6382701>
- Mendoza, D., González, M., Corcho, R. y Berdugo, A. (2016). Aplicación de la simulación discreta en el área de urgencias de una institución prestadora de servicios para disminuir pérdida de pacientes. *Ingeniare*, (21), 55-71. Recuperado de: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ingeniare/article/view/398>
- OPS. (2020). *Servicios de Emergencias Médicas Pre hospitalarias (SEM) COVID-19: recomendaciones*. Recuperado de: <https://www.paho.org/en/file/61790/download?token=OsKodO5e>
- Orozco, E., Sablón, N., Saraguro, R., Hermoso, D., Rodríguez, Y. (2019). Optimización de Recursos mediante la Simulación de Eventos Discretos. *Secuenciación de operaciones por simulación en la empresa Puntadas, S.G., Revista Tecnología en Marcha*, Recuperado de: [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/4356](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/4356)
- Peng, Q., Yang, J., Strome, T., Weldon, E., & Chochinov, A. (2020). Evaluation of physician in triage impact on overcrowding in emergency department using discrete-event simulation. *Journal of Project Management*, 5(4), 211-226. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/343791920\\_Evaluation\\_of\\_physician\\_in\\_triage\\_impact\\_on\\_overcrowding\\_in\\_emergency\\_department\\_using\\_discrete-event\\_simulation](https://www.researchgate.net/publication/343791920_Evaluation_of_physician_in_triage_impact_on_overcrowding_in_emergency_department_using_discrete-event_simulation)
- Ramakurthi, V. B., Manupati, V., Panigrahi, S., Varela, M. L. R., Putnik, G., & Bose, P. S. C. (2019, December). Modelling, Analysis and Simulation of a Patient Admission Problem: A Social Network Approach. In *International Conference on Hybrid Intelligent Systems* (pp. 41-51). Springer, Cham. Recuperado de: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/69858>
- Restrepo, J., Giraldo, E. y Vanegas, J. (2019). Customer Service Multichannel Model in a Health Care Service Provider: A Discrete Simulation Case Study. *Innovar*, 29(72), 89-102. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/innovar/article/view/77934>
- Restrepo, J., Jaén, J., Espinal J. y Zapata, P. (2018). Saturación en los servicios de urgencias: Análisis de cuatro hospitales de Medellín y simulación de estrategias. *Gerencia y políticas de salud*, 17(34). Recuperado de:

- [https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/RGPS/17-34%20\(2018-I\)/54555308011/](https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/RGPS/17-34%20(2018-I)/54555308011/)
- Rodríguez, G., González, A., Hernández, S. y Hernández, M. (2017). Análisis del servicio de Urgencias aplicando teoría de líneas de espera. *Contaduría y administración*, 62(3), 719-732. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0186104217300359#fig0010>
- Rodríguez, S. y Roa, F. (2019). *Investigación para mejorar el acceso al sistema de urgencias de la Clínica Universidad de La Sabana utilizando simulación discreta* (Tesis de Maestría). Bogotá: Universidad de La Sabana. Recuperado de: <https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/38635/TESIS%20SERGIO%20RODRIGUEZ%20FRANCISCO%20ROA%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, Y., Gómez, O., Diéguez, E., de León Rosales, L. y Hernández, A. (2020). Análisis de la capacidad de un servicio de urgencia de la Atención Primaria de Salud, mediante simulación. *Revista Médica Electrónica*, 42(5), 2262-2276. Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1684-18242020000502262](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242020000502262)
- Shannon, R. (1988). *Simulación de sistemas: diseño, desarrollo e implantación*. México: ed. Trillas.
- Swan, B., Ozaltin, O., Hilburn, S., Gignac, E. y McCammon, G. (2019, December). Evaluating an emergency department care redesign: a simulation approach. In *2019 Winter Simulation Conference (WSC)* (pp. 1137-1147). IEEE. Recuperado de: <https://www.simio.com/resources/papers/WinterSim2019/Evaluating-an-Emergency-Department-Care-Redesign--A-Simulation-Approach.php>
- Valipoor, S., Hatami, M., Hakimjavadi, H., Akçali, E., Swan, W. A., & De Portu, G. (2020). Data-Driven Design Strategies to Address Crowding and Boarding in an Emergency Department: A Discrete-Event Simulation Study. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 1937586720969933.
- Valipoor, S., Hatami, M., Hakimjavadi, H., Akçali, E., Swan, W. A., & De Portu, G. (2020). Data-Driven Design Strategies to Address Crowding and Boarding in an Emergency Department: A Discrete-Event Simulation Study. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 1937586720969933. Recuperado de: <https://usc.elogim.com:2789/doi/full/10.1177/1937586720969933>
- Vargas, J. y Giraldo, J. (2014). Modelo de predicción de costos en servicios de salud soportado en simulación discreta. *Información tecnológica*, 25(4), 175-184. Recuperado de: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642014000400019](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642014000400019)
- Vesga, A. (2014). *Simulación y rediseño de los procesos del servicio asistencial de urgencias Fundación Oftalmológica de Santander-Clínica Carlos Ardilla Lulle-Foscal*. (Tesis de Pregrado). Piedecuesta: Universidad Pontificia Bolivariana. Recuperado de: [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1732/digital\\_22286.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1732/digital_22286.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Yousefi, M., Yousefi, M., Fogliatto, F. S., Ferreira, R. P. M. y Kim, J. H. (2018). Simulating the behavior of patients who leave a public hospital emergency department without being seen by a physician: a cellular automaton and agent-based framework. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 51(3). Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5769760/>