

Análisis de desempeño de Servicio de Urgencia Hospitalario con llegada creciente de pacientes

Mariela Rodriguez¹, Francesc Boixader², Francisco Epelde³, Eva Bruballa⁴, Armando De Giusti⁵, Alvaro Wong⁶, Dolores Rexachs⁷ and Emilio Luque⁸

¹ Faculty of Engineering, National University of Jujuy 4600, Argentina

^{2,4} Escoles Universitaries Gimbernat (EUG), Computer Science School, Universitat Autònoma de Barcelona, Sant Cugat del Vallès, Barcelona, 08174, Spain

³ Consultant Internal Medicine, University Hospital Parc Tauli, Universitat Autònoma of Barcelona, Sadabell, Barcelona 08208, Spain

⁵ Faculty of Informatics, National University of La Plata, Calles 50 y 120 – La Plata 1900, Buenos Aires, Argentina

^{6,7,8} Computer Architecture and Operating Systems Department, Universitat Autònoma of Barcelona Campus UAB, Edificio, Bellaterra, Barcelona 08193, Spain

¹mariela.rodriguez@fi.unju.edu.ar

²francesc.boixader@eug.es

³feelde@gmail.com

⁴eva.bruballa@eug.es

⁵degiusti@lidi.info.unlp.edu.ar

⁶alvaro.wong@uab.es

⁷dolores.rexachs@uab.es

⁸emilio.luque@uab.es

Resumen: El Proyecto de investigación se basa en el análisis de desempeño de un Servicio de Urgencias Hospitalarios en el que se tiene una cantidad estimada de pacientes durante el año. Pero, en emergencias esa cantidad aumenta considerablemente. El objetivo de este proyecto consiste en analizar los indicadores de longitudes de colas en cada sector del servicio, Tiempo puerta-habitación y el tiempo de estancia que pasa un paciente, a fin de determinar cual es el flujo máximo de paciente que se puede atender y a partir de cual hay que implementar políticas de priorización. En situaciones de crisis las políticas que se implementen para que el servicio siga funcionando logran que el Servicio de Urgencia Hospitalaria sea resiliente. El proyecto fue desarrollado mediante la simulación de eventos usando modelo basado de agentes.

Keywords: LoS, Tiempo puerta-habitación, Servicio de Urgencia Hospitalaria.

1 Introducción

Un Servicio de Urgencias Hospitalario (SUH) es indispensable para nuestro sistema de salud, siendo el lugar al que las personas acuden cuando requieren de una atención inmediata porque tienen dolencias moderadas a graves. Los SUH cuentan con la infraestructura para la atención de estas patologías y tienen como premisa una atención rápida, de calidad y tiempos adecuados de asistencia y diagnósticos [1]. Para cumplir con este servicio se cuentan con indicadores claves de rendimiento (KPI) que permiten el estudio de los tiempos de atención y para luego, aplicar mejoras en la atención. Los KPI que proponemos estudiar son el tiempo de estancia de un paciente, Tiempo puerta-habitación (que responde a la traducción en inglés de “door to room time”) y las longitudes de colas que se generan en las áreas que componen un SUH.

La duración de estancia de pacientes (LoS por sus siglas en inglés de Length of Stay) es un KPI de un SUH que, además, indica la saturación del servicio [2]. Estudios realizados han demostrado que los tiempos de espera prolongados y los LoS aumentan la proporción de pacientes que se van sin ser atendidos por un médico [3]. El análisis de LoS permitirá la incorporación de protocolos o reorganización de los recursos a fin de mejorar los tiempos de atención.

Tiempo puerta-habitación es el tiempo desde que ingresa un paciente en el SUH para ser atendido y que ese paciente es ubicado en una sala para ser atendido por un médico [4]. No existe un tiempo medio establecido de este KPI pero en [5] toma como referencia un tiempo medio de 25 minutos. Este indicador permite medir los procesos y realizar cambios en el SUH para mejorar el tiempo de atención.

Un componente importante en el SUH es la clasificación del paciente según su diagnóstico denominado triaje. Existen distintos tipos de triaje y cada SUH utiliza el que más se adecua a su realidad de acuerdo a su país y los servicios que brinda. Uno de los triajes reconocidos es el de Manchester, que estableció una clasificación de 5 niveles, donde tiene un color y tiempo de atención máximo para el contacto con el médico: Triage 1, Atención inmediata, rojo, tiempo máximo 0 min. Triage 2, muy urgente, naranja, tiempo máximo 10 min. Triage 3, urgente, amarillo, tiempo máximo 60 min. Triage 4, normal, verde, tiempo máximo 120 min. Triage 5, no urgente, azul, tiempo máximo 240 min [6].

En la salud de las personas se dan nuevas situaciones y fenómenos que merecen su estudio de cómo debe actuar un SUH. Estos estudios en muchas ocasiones no pueden ser reproducidos en la vida real, es por ello que se utilizan tecnologías que puedan replicar la realidad como son la simulación. El grupo de investigación HPC4EAS¹ lleva adelante la línea de investigación aplicaciones con impacto social, en esta línea uno de los objetivos es Simulación y Optimización de un Servicio de Urgencias Hospitalarias. El proyecto que se desarrolla en esta línea busca en el Análisis de resiliencia de un SUH aplicando los objetivos de desarrollo sostenible. Para su desarrollo se utiliza simulación basada en modelo de agentes.

¹ HPC4EAS: High Performance Computing for Efficient Applications and Simulation Research Group

2 Proceso de Simulación

La elaboración de esta etapa de investigación se llevó adelante siguiendo las etapas de un proceso de simulación propuesto en [7] que se destaca por su simplicidad. El proyecto de análisis de resiliencia de un SUH es dinámico, presenta nuevas etapas de estudio y en el trayecto se encuentran limitaciones que permiten un re planteo del objetivo, y el ciclo de vida propuesto en [7] permite una adaptación a estas consideraciones. A continuación, se detallan las etapas de la investigación:

2.1 Formulación del problema

El presente documento muestra una fase de investigación del proyecto marco que se desarrolla en el grupo de investigación HPC4EAS denominado: “Evaluación del Servicio de Urgencia de un Hospital, en situaciones críticas con la inclusión de los índices de Resiliencia y Objetivos de Desarrollo Sostenible”. Previamente, se han desarrollados etapas en las que se obtuvieron resultados que fueron publicados como son:

1. “*Analysis of the Resilience of an Emergency Department: The Case of Accident with Multiple Victims*” que permitió simular una situación de desastre natural, caso de estudio Terremoto en Chile [11]
2. “*Resilience analysis of an Emergency Department in stressful situations*” que llevó al SUH a una situación de estrés analizando los niveles de desempeño del personal (doctores y enfermeros) [12].

En esta etapa se plantea el objetivo de realizar el análisis de los KPIs: Tiempo puerta-habitación y tiempo de estancia en el SUH (LoS) con el fin de identificar los cuellos de botellas que se producen cuando se incrementa la cantidad de pacientes. Esta etapa se hace con el fin de establecer cuando se debe incorporar políticas de priorización de pacientes.

2.2 Diseño del modelo conceptual

Para el análisis del desempeño de los indicadores del SUH se ha utilizado el modelo y el simulador que ha sido desarrollado por grupo de investigación HPC4EAS [8] y los datos fueron validados con los datos del Hospital de Sabadell (Hospital Universitario de nivel terciario en Barcelona, España), que anualmente atiende aproximadamente 160.000 pacientes.

El simulador cuenta con secciones que representan la atención del SUH y el proceso que sigue se visualiza en Fig. 1. Las secciones que tiene el simulador se detallan a continuación:

- **Admisión:** Es el área de primer contacto con el paciente. Aquí se cuenta con personal administrativo que solicita al paciente los datos principales para el registro. En caso de afluencia de pacientes, puede formar una cola que se llama, longitud de cola de admisión.
- **Sección Triage:** Es el área que cuenta con los recursos necesarios para el control de los pacientes, los enfermeros de triaje comprobarán las constantes vitales

como temperatura, frecuencia cardíaca, tensión arterial, entre otros y preguntará sobre los síntomas y medicamentos que ingiere. De acuerdo a la evaluación del enfermero se decidirá con que rapidez necesita tratamiento [9]. La clasificación de pacientes se realiza mediante el triaje de Manchester [6]. Los pacientes con categoría inmediato (traje 1), muy urgente (traje 2), urgente (traje 3) serán destinados a la zona A. Mientras que los pacientes con clasificación Normal (traje 4) y No urgente (traje 5) se derivan a zona B. La afluencia de pacientes puede formar una cola que se denomina: longitud de cola de triaje.

- **Sección A:** Esta sección es ocupada por pacientes que requieren de cuidados especiales como son aquellos de triaje 1, 2 y 3. El paciente que ingresa a esta área se dirige a un “carebox” que es habitación que contiene equipamiento y elementos necesarios para su cuidado. El paciente permanece en este lugar durante todo el tratamiento.
- **Sección B:** El área B es para pacientes con triaje 4 y 5. Esta área cuenta con 4 salas de atención donde se encuentran los doctores y enfermeros que atienden a los pacientes y luego, tiene una sala de espera donde están todos los pacientes que no están interactuando con los profesionales de la salud.

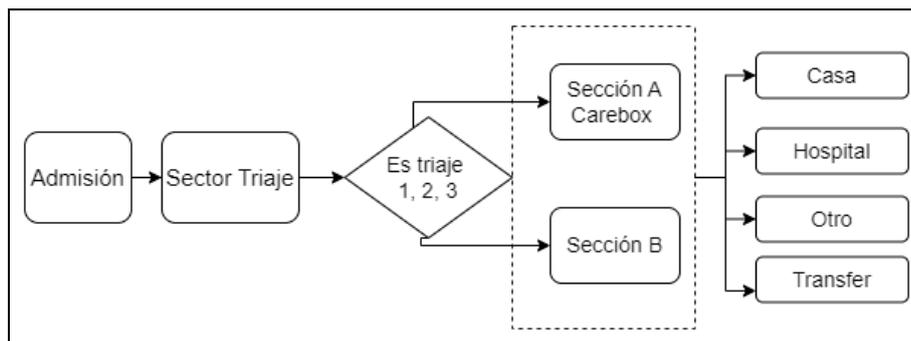


Fig. 1. Diseño de Secciones de Servicio de Urgencias Hospitalarias

2.3 Obtención de datos

Según el diseño que presenta el simulador, en esta etapa se analizan los sensores que cuenta el simulador y cuáles son los necesarios realizar un almacenamiento para su posterior análisis.

En principio se describe los datos de entrada con los que está configurado el simulador para su funcionamiento:

El personal configurado en el simulador, se encuentran trabajando en las áreas del SUH que se muestra en Fig. 1, cubren el servicio en turnos de 8 hs. diarias como se detalla en tabla 1.

Tabla 1. Personal del SUH

Personal	6 am	2 pm	10 pm	Total
Admisión junior	3	3	2	8
Admisión senior	0	0	0	0

Enfermero junior de Triage	1	1	0	2
Enfermero senior de Triage	2	2	2	6
Enfermero junior de Área A	2	2	2	6
Enfermero senior de Área A	2	2	2	6
Enfermero junior de Área B	5	5	5	15
Enfermero senior Área B	7	7	7	21
Doctor junior Área A	2	2	1	5
Doctor senior Área A	3	3	2	8
Doctor junior Área B	5	5	5	15
Doctor senior Área B	3	2	2	7

La cantidad de pacientes que el SUH recibe como configuración base es de 260 pacientes por día distribuidos las 24 hs. El objetivo de este proyecto requiere el incremento porcentual de pacientes hasta degradar el servicio, es por eso que se realizaron varias simulaciones con la siguiente configuración de pacientes.

Tabla 2: Configuración de pacientes por día

Iteración	Incremento	Cantidad pacientes por día
1	-	260
1, 1	10 %	288
1, 2	20 %	315
1,3	30 %	341
1,4	40 %	365
1,5	50 %	398

Es importante considerar en la configuración inicial de la simulación la capacidad que se tiene de atención en los Sectores A y B, en la tabla 3 se muestra la capacidad de los lugares.

Tabla 3: Lugares disponibles en Sector A y B

Capacidad en Sector A	Capacidad en Sector B
49 <i>carebox</i>	52 lugares
10 camas auxiliares	

En segundo lugar, es necesario destacar los datos que se tienen de salida y que serán útiles para identificar los KPIs en estudio. Los indicadores que a continuación se detallan fueron obtenidos del simulador como se detalla en [10]

- Momento de arribo: Tiempo de simulación cuando el paciente llega. En minutos.

- Tiempo de admisión: Tiempo de simulación cuando el paciente termina su admisión. En minutos
- Tiempo de triaje: Tiempo de simulación cuando el paciente finaliza su triaje. En minutos.
- Tiempo de tratamiento: Tiempo de simulación cuando el paciente ingresa al área de tratamiento (Sector A o Sector B) en minutos.
- Tiempo puerta-habitación (door to room time): Tiempo que incurre desde que arriba hasta que es ubicado en el área de tratamiento.
- Tiempo de estancia (LoS): Es el tiempo que incurre desde que arriba hasta que sale del SUH.

2.4 Construcción del modelo

La construcción del modelo conlleva etapas que ya fueron diseñadas y evaluadas en etapas anteriores como se nombra en [8]. En este proyecto se incorpora la etapa de iteración de flujo de pacientes creciente hasta llevar al sistema a la condición de degradación que permita evaluar los cuellos de botella que permitieron esta situación. En la fig. 2 se visualiza como función el modelo de SUH con las incorporaciones realizadas. Por cada iteración se realizaron simulaciones que se analizan en la siguiente sección.

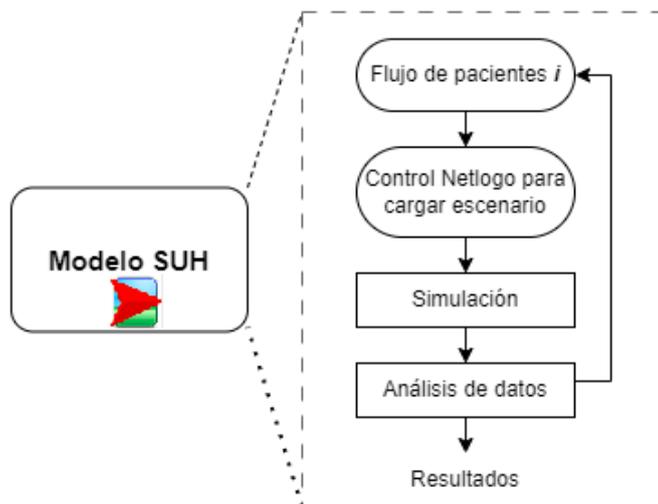


Fig. 2: Modelo de Servicio de Urgencia Hospitalario

3 Resultados Experimentales

El análisis de los resultados consiste en el estudio de los indicadores nombrados en la sección de datos de salida para las iteraciones que se plantearon en el proyecto.

En primera instancia se hizo el análisis de los tiempos en el que el paciente llega a la sala de atención. No existe un tiempo promedio establecido de forma unánime, pero si existen recomendaciones que hablan de 25 minutos promedio [5]. El aumento de tiempo de ingreso al área de atención puede variar por la cantidad de camas o espacios disponibles de atención respecto a la cantidad de pacientes que están en la espera para el ingreso.

En la Fig. 3 se puede ver como el Tiempo puerta-habitación para los pacientes mantiene un comportamiento similar para todos los tipos de triaje, teniendo en promedio 25 minutos cuando el sistema recibe una cantidad normal de pacientes, pero si se incrementa un 30 % más, la espera para ingresar a la sala de atención supera más de 60 minutos, siendo los pacientes de triaje 3 los que más deben esperar por un *carebox*.

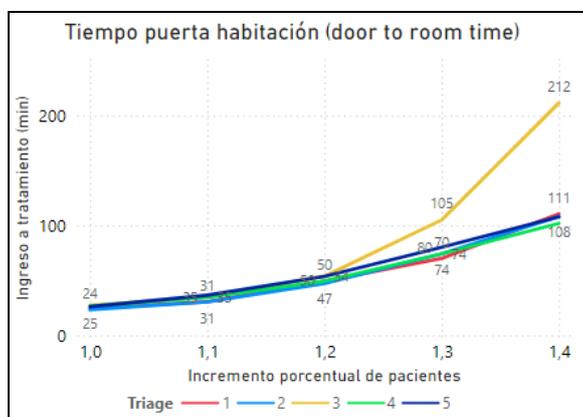


Fig. 3: Tiempo puerta-habitación

Si analizamos el tiempo LoS se puede ver que los pacientes con diagnosticos menos urgentes (traje 4 y 5) tienen menor tiempo de permanencia en el SUH y ante incrementos de cantidad de pacientes el tiempo de estancia incrementa a un ritmo constante.

Los pacientes con atención inmediata (traje 1), muy urgente (traje 2) y urgente (traje 3), que son atendidos en la Sector A, tienen un tiempo de estancia mayor. Cuando el incremento de pacientes es del 40 % el tiempo de estancia acelera su crecimiento y cuando la cantidad de paciente aumenta un 50 % más los pacientes de triaje 3 llegan a un tiempo promedio de 1120 minutos, es decir, aproximadamente 18 horas.

Cuando el incremento de estancia crece, muchos pacientes abandonan el SUH sin ser atendidos, y en la simulación se puede ver el abandono en la tabla 4. Si la cantidad de pacientes es menor a 360 no se reportan abandonos. Por el contrario, cuando se cuenta con aproximadamente 400 pacientes el abandono de pacientes que requieren atención urgente es alta (389 pacientes) y es indicador de la degradación del servicio.

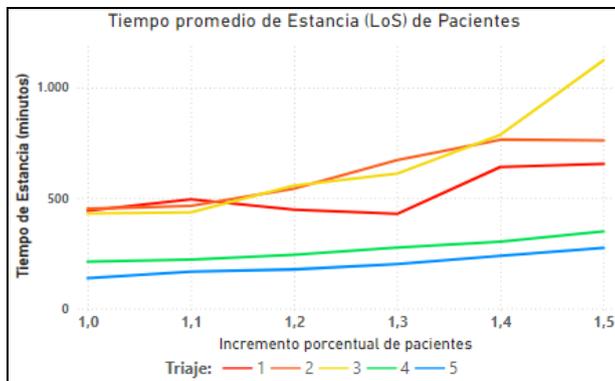
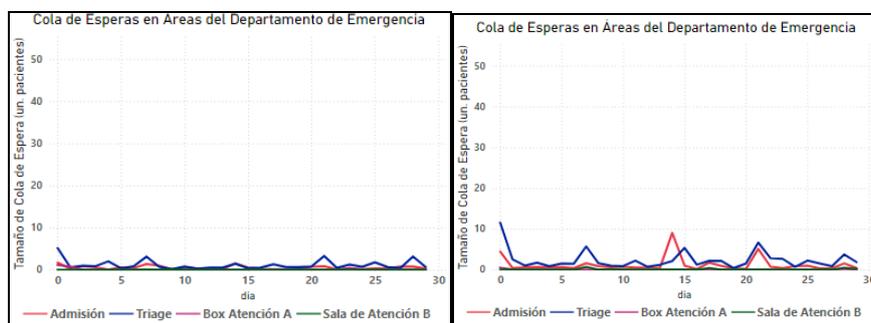


Fig. 4: Tiempo promedio de Estancia (LoS) de pacientes

Tabla 4: Abandono de pacientes sin ser atendidos en el SUH

Iteración	Cantidad de Pacientes por día	Triaje	Abandono de pacientes en 30 días
1,4	360	3	11
1,4	360	5	97
1,5	398	3	389
1,5	398	5	53

En las fig. 5 se puede analizar las colas de espera en los sectores de Admisión, Triaje, Sector A y Sector B. Cuando el SUH simulado trabaja con la cantidad promedio de pacientes (260 por día) o si se incrementa un 10 % más, se puede ver que las colas de espera son nulas o no superan a 10 personas por día en ninguna área del establecimiento. Cuando se incrementa a 30% más de pacientes, es decir, 341 pacientes por día, fig. 5.d se puede ver un crecimiento de las colas de espera, la que más denota crecimiento es la espera para realizar el triaje del paciente. En las fig. 5.e cuando se cuenta con 365 pacientes se ve un notable incremento en las colas de triaje y de espera para una habitación en Sector A. Por último, la fig. 5.f muestra la degradación del sistema, con un crecimiento acelerado de las colas de espera en los distintos sectores, como es en el área de Triaje tiene pico de 50 personas en espera, excepto en la Sector de atención B que mantuvo las colas de espera.



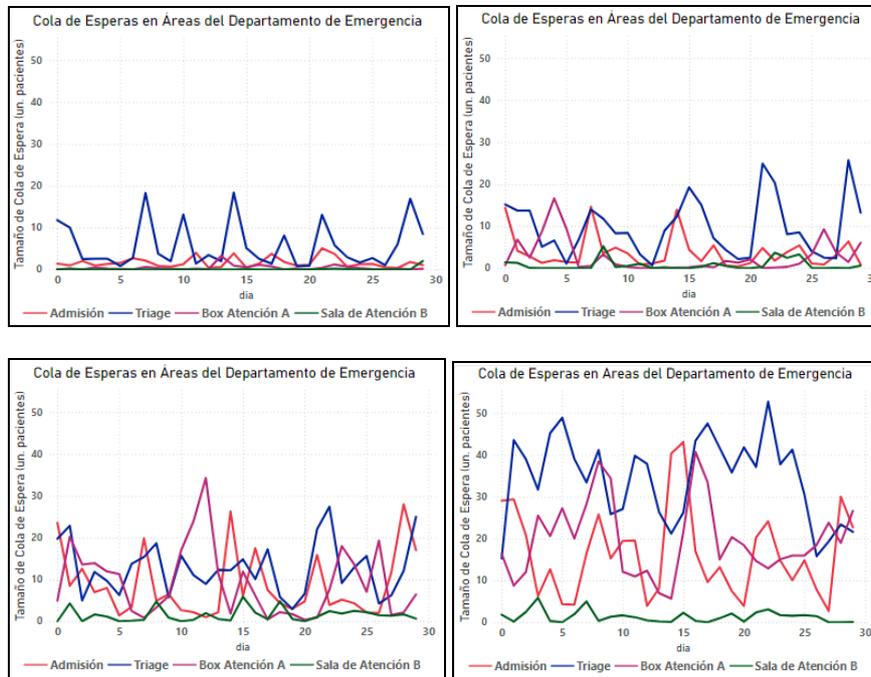


Fig. 5: Cola de espera en Admisión, Triage, Zona A y Zona B. 5.a): Iteración 1. 5.b): Iteración 1,1. 5.c): Iteración 1,2. 5.d): Iteración 1,3. 5.e) Iteración 1,4. 5.f) Iteración 1,5

4 Conclusiones

El análisis de degradación de un sistema es importante para la gestión de recursos de un SUH dado que permiten planificar que acciones se tomaran cuando exista un incremento de pacientes por situaciones críticas externas como son los desastres naturales o epidemias. Lograr una adecuada gestión de los recursos permitirá que el sistema sea resiliente ante estas situaciones. En esta etapa del proyecto, se analizó el desempeño del SUH con incrementos constantes de pacientes y se pudo observar que, incrementar pacientes hasta un 30% más de lo normal el servicio funcionará con niveles estándares de desempeño. A partir de ahí, se congestiona la zona de triaje y la Sector A, sala de pacientes más graves. El incremento de un 40 % o más de pacientes hacen que las colas de espera crezcan rápidamente y los pacientes ante tanta espera abandonan el SUH, se recomienda no llegar a estos niveles de pacientes sin antes aplicar políticas de gestión de recursos.

4.1 Trabajos a futuro

El análisis obtenido en este trabajo permite avanzar en una siguiente etapa en la que se puede realizar acciones para la priorización de pacientes y gestión de recursos que eviten la saturación del SUH.

Como trabajo a futuro se plantea el desarrollo de la priorización de pacientes mediante técnicas de selección de pacientes que lleguen al SUH, haciendo que aquellos que cuenten con triaje 1, 2 o 3 ingresen y los demás, sean atendidos en lugares externos al SUH dado que requieren una menor complejidad.

Acknowledgments. This research has been supported by the Agencia Estatal de Investigación (AEI), Spain and the Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) UE, under contract PID2020-112496GB-I00 and partially funded by the Fundación Escuelas Universitarias Gimbernat (EUG).

4 Referencias

1. Palmer Ruiz, A., Vadillo Garcia, C., Viguera Bravo, M.C, Anduaga Aguirre, M.A.: Tiempos de estancia y perfil de los pacientes con necesidad de aislamiento. Una visión de la enfermería de Urgencias. *Medicina general de familia*. (2013)
2. Yoon, P., Steiner, I., Guilles, R: Analysis of factors influencing length of stay in the emergency department. Cambridge University Press. (2015)
3. Fernandes C.M., Price, A, Christenson, J. M. Does reduced length of stay decrease the number of emergency department patients who leave without seeing a physician? *J Emerg Med* (1997)
4. Shea Pielstick, B. S, Lori Whelan, M. D, Annett O., Arthur, PharmD, Stephen Thomas, M.D.: Identifying Patient Door to Room Goals o Minimize Left Without Being Seen Rates. *Western Journal of Emergency Medicine* (2015). DOI: 10.5811/westjem.2015.7.25878
5. *Emergency Physicians Monthly*. “11 Benchmarks That Should Matter to Eps” <https://epmonthly.com/article/11-benchmarks-that-should-matter-to-eps/> .Visitado última vez 03 de Agosto 2024.
6. Soler, W., Gómez Muñoz, M., Bragulat, E., Alvarez, A.: El triaje: herramienta fundamental en urgencias y emergencias. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*. ISSN 1137-6627. Pamplona (2010)
7. Guasch, A., Piera, M. A., Casanovas, J., Figueras, J.: Modelado y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. (2004)
8. Liu, Z., Cabrera, E., Rexachs, D., Epelde, F., Luque, E: Simulating the Micro-level Behavior of Emergency Departments for Macro-level Features Prediction. *Winter Simulation Conference*, pp. 171-182 (2015).
9. Reading Hospital. Tower Health. <https://www.readinghospitalpatientguides.com/departamento-de-emergencias>. Visitado por última vez 03 de agosto.
10. Liu, Z., Cabrera, E., Taboada, M., Epelde, F., Rexachs, D., Luque, E.: Quantitative evaluation of decision effects in the management of emergency department problems. *International Conference on Computational Science*. (2015), pp. 433-442doi:10.1016/j.procs.2015.05.265.
11. Rodriguez, M., Boixader, F., Bruballa, E., Epelde, F., De Giusti, A., Wong, A., Rexachs, D., Luque, E.: Analysis of the Resilience of an Emergency Department: The Case of Accident with Multiple Victims. *Simulation Winter Conference*. (2023).
12. Rodriguez, M., Boixader, F., Bruballa, E., Epelde, F., De Giusti, A., Wong, A., Rexachs, D., Luque, E.: Resilience analysis of an Emergency Department in stressful situations. *Cloud computing, Big Data & Emerging Topics* (2023)