Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Matemáticas
Escuela Profesional de Investigación Operativa

Análisis de la disminución de los tiempos de espera de los pacientes del servicio de emergencia de un hospital público para su mejora mediante la simulación de sistemas

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa

AUTOR

Fiorela MORI SUAREZ

ASESOR

Mg. José Carlos ORE LUJÁN

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Mori, F. (2021). *Análisis de la disminución de los tiempos de espera de los pacientes del servicio de emergencia de un hospital público para su mejora mediante la simulación de sistemas*. [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Escuela Profesional de Investigación Operativa]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Fiorela Mori Suarez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70836930
URL de ORCID	-
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	José Carlos Ore Luján
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06119405
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-2174-4485
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Esther Berger Vidal
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08766040
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Lucy Haydee De la Cruz Cuadros
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06554824
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.3.3.2. Procesos estocásticos y simulación

Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Coordenadas geográficas Latitud: -12.058333 Longitud: -77.083333
Año o rango de años en que se realizó la investigación	OCTUBRE DE 2021
URL de disciplinas OCDE	Matemáticas aplicadas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.02

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL EN LA MODALIDAD VIRTUAL PARA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO(A) EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA (PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2021-I)

En Lima, siendo las 11:00 horas del sábado 16 de octubre del 2021, se reunieron los docentes designados como Miembros del Jurado del Trabajo de Suficiencia Profesional (PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2021-I): Dra. Esther Berger Vidal (PRESIDENTA), Lic. Lucy Haydee De La Cruz Cuadros (MIEMBRO) y el Mg. José Carlos Oré Luján (MIEMBRO ASESOR), para la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: "ANÁLISIS DE LA DISMINUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE ESPERA DE LOS PACIENTES DEL SERVICIO DE EMERGENCIA DE UN HOSPITAL PÚBLICO PARA SU MEJORA MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE SISTEMAS"**,** presentado por la señorita **Bachiller Fiorela Mori Suarez***,* para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa.

Luego de la exposición del trabajo de suficiencia, la presidenta invitó a la expositora a dar respuesta a las preguntas formuladas.

Realizada la evaluación correspondiente por los miembros del Jurado Evaluador, la expositora mereció la aprobación REGULAR**,** con un calificativo promedio de TRECE.

A continuación, los miembros del Jurado dan manifiesto que la participante **Bachiller Fiorela Mori Suarez** ha Aprobado el Trabajo de Suficiencia Profesional.

Siendo las 11:40 horas se levantó la sesión firmando para constancia la presente Acta.



Dra. Esther Berger Vidal
PRESIDENTA



Lic. Lucy Haydee De La Cruz Cuadros
MIEMBRO



Mg. José Carlos Oré Luján
MIEMBRO ASESOR

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo José Carlos Oré Luján en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal N° 001106-2021-D-FCM/UNMSM del trabajo de suficiencia profesional (TSP), cuyo título es: "ANÁLISIS DE LA DISMINUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE ESPERA DE LOS PACIENTES DEL SERVICIO DE EMERGENCIA DE UN HOSPITAL PÚBLICO PARA SU MEJORA MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE SISTEMAS", presentado por la bachiller FIORELA MORI SUAREZ, para optar el título profesional de: Licenciada en Investigación Operativa.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 12 % de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado/ título/ especialidad correspondiente.

Firma del Asesor:
DNI: 06119405
Nombres y apellidos del asesor:
Mg. José Carlos Oré Luján

Huella digital

DEDICATORIA

La presente investigación, primero que todo, ladedico a Dios todopoderoso, por brindarme la fortaleza necesaria para no abandonar mis estudios, a mi madre, hermana, primos y tíos quienes siempre estuvieron presente a lo largo de mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino, darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi mamá, Lidovina, por demostrarme que sí puedo, por regalarme la vida y por brindarme su amor, apoyo, comprensión y educación durante toda esta larga y hermosa carrera. A mi familia, Suárez Romero, por sus consejos, comprensión y guía durante mis días académicos.

A mis maestros, gracias por su tiempo, por su apoyo, por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación académica.

Resumen

ANÁLISIS DE LA DISMINUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE ESPERA DE LOS PACIENTES DEL SERVICIO DE EMERGENCIA DE UN HOSPITAL PÚBLICO PARA SU MEJORA, MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Fiorela Mori Suarez

octubre 2021

Asesor: Mg. José Carlos Oré Luján

Titulo obtenido: Licenciada en Investigación Operativa

Los bajos niveles de educación, la inseguridad, el nivel de atención en salud, son los principales problemas sociales que tiene el país. Asimismo, con respecto a la congestión en los servicios de emergencia de los hospitales públicos, estos servicios son los más visitados en los centros de atención hospitalaria, el cual presenta saturación, así como una gran mortalidad de pacientes y perdidas de sus recursos, incluida mermas financieras.

La presente investigación tiene como objetivo disminuir los tiempos de espera de los pacientes utilizando como herramienta de Investigación Operativa, la simulación de sistemas, en el Servicio de Emergencia de un Hospital Público. La muestra está conformada por 106 pacientes. Se recolectó la información a través de una plantilla de tiempos, lo cual permitió diseñar un modelo de simulación que representa la realidad del Servicio de Emergencia, con el fin de identificar los cuellos de botella del sistema y dar alternativas de solución, debido a que, los cuellos de botella generan tiempos de espera largos, el procedimiento se desarrolló con la ayuda del Software Arena para simular el sistema real, comparar y combinar los escenarios, mediante el estudio del incremento de más servidores en relación a la disminución de tiempo y considerando el incremento moderado de costos. Realizada la investigación y aplicación de la técnica se obtuvieron resultados satisfactorios lo cual se describe en el presente trabajo.

Por consiguiente, con la simulación de sistemas se obtuvo lo siguiente: una reducción del tiempo de atención de los pacientes del sistema actual (130.97 minutos) contrastado al sistema propuesto (58.85 minutos). Asimismo, se observa una reducción del número de pacientes que permanecen en el sistema actual (34 personas) contrastado al sistema propuesto (25 personas).

Palabras clave**:** simulación, tiempos de espera, servicio de emergencia, hospital público.

Abstract

ANALYSIS OF THE REDUCTION OF THE WAITING TIMES OF PATIENTS IN THE EMERGENCY SERVICE OF A PUBLIC HOSPITALFOR THEIR IMPROVEMENT, THROUGH SYSTEM SIMULATION

Fiorela Mori Suarez

october 2021

Counselor: Mg. José Carlos Oré Luján

Degree obtained: Degree in Operations Research

Low levels of education, insecurity, and the level of health care are the main social problems that the country has. Likewise, with respect to congestion in the emergency services of public hospitals, these services are the most visited in hospital care centers, which presents saturation, as well as a high mortality of patients and loss of their resources, including losses. financial.

The objective of this research is to reduce waiting times for patients using the simulation of systems as an Operational Research tool in the Emergency Service of a Public Hospital. The sample is made up of 106 patients. The information was collected through a time template, which allowed the design of a simulation model that represents the reality of the Emergency Service, in order toidentify the bottlenecks of the system and provide alternative solutions, because, bottlenecks generate long waiting times, the procedure was developed with the help of the Arena Software tosimulate the real system, compare and combine the scenarios, by studying the increase of more servers in relation to the decrease in time and considering the moderate cost increase.

Once the investigation and application of the technique were carried out, satisfactory results were obtained, which is described in the present work. Consequently, with the

simulation of systems, the following was obtained: a reduction in patient care time from the current system (130.97 minutes) compared to the proposed system (58.85 minutes). Likewise, there is a reduction in the number of patients who remain in the current system (34 people) compared to the proposed system (25 people).

Keywords: simulation, waiting times, emergency service, public hospital.

CONTENIDO

DEDICATORIA ii
AGRADECIMIENTOS iii
Resumen iv
Índice de Tablas xi
Índice de Figuras xiii
Capítulo I – Introducción 1
2.1 Institución donde se desarrolló la actividad 4
2.2 Periodo de duración de la actividad 4
2.3 Finalidad y objetivos de la entidad 4
2.4 Naturaleza Jurídica 4
2.4.1. Jurisdicción 4
2.4.2. Objetivos de la institución 4
2.4.2.1. Misión 4
2.4.2.2. Visión 5
2.4.3. Funciones generales 5
2.5 Razón social 6
2.6 Dirección postal 6
Capitulo III – Descripción de la actividad 7
3.1. Descripción del sistema 7
3.2. Departamento de Emergencia y Cuidados Críticos 7
3.3. Problemática 17
3.4. Formulación del problema 18
3.5. Justificación 18
3.6. Alcance 18
3.7. Objetivos 19
3.7.1. Objetivo principal 19
3.7.2. Objetivos específicos 19
3.8. Marco Referencial 19
3.9. Antecedentes de la investigación 19
3.9.1. Antecedentes nacionales 19
3.9.2. Antecedentes internacionales 22
3.10. Bases teóricas 24

3.10.1. Origen de la teoría de colas 24
3.10.2. Teoría de colas 24
3.10.3. Objetivos de la Teoría de Colas 25
3.10.4. Elementos existentes en un modelo de colas 26
3.10.5. Simulación 31
3.10.6. Conceptos básicos 32
3.10.7. Sistema, experimento y modelo 32
3.10.8. Tipos de Modelos de Simulación 34
3.10.9. Elementos de un modelo de simulación 35
3.10.10. Proceso de desarrollo de un modelo de simulación 36
3.10.11. Ventaja y desventajas de la simulación 39
3.10.12. Modelado y Simulación de Eventos Discretos 40
3.10.13. Modelado orientado a la planificación de eventos 41
3.10.14. Software Arena 43
3.10.15. Método 44
3.10.15.1. Diseño metodológico 44
3.10.15.2. Diseño muestral 44
3.10.15.3. Diseño muestral 44
3.10.15.4. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información 45
3.10.15.5. Procedimientos 45
3.10.15.6. Variables 47
3.10.15.7. Etapas del estudio 47
3.10.15.8. Desarrollo del modelo 47
3.10.15.9. Análisis de datos 49
3.10.15.10. Determinación de datos 50
3.10.15.11. Método de validación 51
3.10.15.12. Registro de Tiempos recopilados del Servicio de Emergencia 51
Capítulo IV – Resultados 53
4.1. Ajuste de los F (x) 53
4.2. Relación de variables aleatorias identificadas 57
4.3. Modelo e implementación en el Software Arena en el modelo real 65
4.4. Condiciones iniciales de simulación 65
4.5. Flujo actual de simulación 65
4.6. Validación Número de réplicas 67
4.7. Arena proceso propuesto 70

4.8. Interpretación de resultados del proceso mejorado 71
4.9. Comparación de indicadores actual vs. propuesto 73
Capítulo V – Conclusiones 74
Capítulo V – Recomendaciones 75
Referencias Bibliográficas 76

Índice de Tablas

Tabla 1	Afluencia de pacientes durante el mes de enero del 2021	8
Tabla 2	Franja horaria de mayor afluencia de pacientes los domingos	10
Tabla 3	Franja horaria de mayor afluencia de pacientes los lunes	11
Tabla 4	Franja horaria de mayor afluencia de pacientes los martes	12
Tabla 5	Franja horaria de mayor afluencia de pacientes los miércoles	13
Tabla 6	Franja horaria de mayor afluencia de pacientes los jueves	14
Tabla 7	Franja horaria de mayor afluencia de pacientes los viernes	15
Tabla 8	Franja horaria de mayor afluencia de pacientes los sábados	16
Tabla 9	Ejemplos de colas	32
Tabla 10	Ventajas y desventajas de la simulación.	41
Tabla 11	Determinación de datos	52
Tabla 12	Datos recopilados del proceso de atención de pacientes	52
Tabla 13	Obtención de expresión de variable Llegada de pacientes.	53
Tabla 14	Obtención de expresión de variable Tiempo Triaje	54
Tabla 15	Obtención de expresión de variable tiempo trauma shock.	55
Tabla 16	Listado de variables consideradas para la simulación.	56
Tabla 17	Distribución de variables consideradas para la simulación de sistemas	57
Tabla 18	Distribución de probabilidad de Entre llegadas	57
Tabla 19	Distribución de probabilidad de Triaje	57
Tabla 20	Distribución de probabilidad de Trauma Shock	58
Tabla 21	Distribución de probabilidad de Ventanilla SIS	58
Tabla 22	Distribución de probabilidad de Ventanilla Admisión	58
Tabla 23	Distribución de probabilidad de Tópico Medicina	59
Tabla 24	Distribución de probabilidad de Tópico Cirugía	59
Tabla 25	Distribución de probabilidad de Tópico Ginecobstetricia	59
Tabla 26	Distribución de probabilidad de Tópico Pediatría	60

Tabla 27	Distribución de probabilidad de Tópico Traumatología	60
Tabla 28	Distribución de probabilidad de SIS Medicina	60
Tabla 29	Distribución de probabilidad de SIS Cirugía	61
Tabla 30	Distribución de probabilidad de SIS Ginecobstetricia	61
Tabla 31	Distribución de probabilidad de SIS Pediatría	61
Tabla 32	Distribución de probabilidad de SIS Traumatología	62
Tabla 33	Distribución de probabilidad de Farmacia	62
Tabla 34	Distribución de probabilidad de Tópico Enfermería	62
Tabla 35	Distribución de probabilidad de Sala de Emergencia Materno Infantil	63
Tabla 36	Distribución de probabilidad de Tópico Medicina Alta	63
Tabla 37	Distribución de probabilidad de Tópico Cirugía Alta	63
Tabla 38	Distribución de probabilidad de Tópico Ginecobstetricia Alta	64
Tabla 39	Distribución de probabilidad de Tópico Pediatría Alta	64
Tabla 40	Distribución de probabilidad de Tópico Traumatología Alta	64

Índice de Figuras

Figura 1	Demanda de pacientes semanal del mes de enero del 2021	9
Figura 2	Procesos de espera. Modelo de colas.	30
Figura 3	Sistema de colas	31
Figura 4	Vías de estudio de un sistema.	33
Figura 5	Proceso de desarrollo de un modelo de simulación.	38
Figura 6	Flujo de la simulación de un modelo orientado a la planificación de eventos.	42
Figura 7	Obtención de expresión de variable Llegada de pacientes	53
Figura 8	Obtención de expresión de variable Tiempo Triaje	54
Figura 9	Obtención de expresión de variable tiempo trauma shock.	55
Figura 10	Obtención de expresión tiempo Tópico Pediatría.	56
Figura 11	Esquema de flujo actual para simulación	66
Figura 12	Validación Número de réplicas.	67
Figura 13	Tiempo promedio en el sistema	68
Figura 14	Tiempo promedio de espera en la cola	68
Figura 15	Utilización de los recursos	69
Figura 16	Tiempo promedio en el sistema y el Número promedio de pacientes en proceso	69
Figura 17	Modificación a la cantidad de recursos	70
Figura 18	Interpretación de resultados del proceso mejorado del tiempo promedio de espera en la cola	71
Figura 19	Interpretación de resultados del proceso mejorado del tiempo promedio de espera en la cola	71
Figura 20	Interpretación de resultados del proceso mejorado de la utilización de los recursos	72
Figura 21	Tiempo promedio en el sistema y el Número promedio de pacientes en proceso	72
Figura 22	Tiempo promedio en el sistema	73
Figura 23	Número promedio de pacientes en el sistema	73

Capítulo I – Introducción

En Perú, el sistema de atención sanitario es de tipo descentralizado, su administración es llevada mediante cinco entes; el principal es el Ministerio de Salud (MINSA), el cual, tiene una cobertura del 60% en los servicios de salud; luego esta EsSalud, cuya atención cubre un 30% de la población; y entre las Fuerzas Armadas, la Policía Nacional del Perú, conjuntamente con el sector privado cubren el restante 10%.

En los últimos años, la teoría de colas ha sido exitosamente utilizada en diversas áreas delconocimiento tales como: la ingeniería, la economía, la medicina, la administración, entre otras disciplinas. El interés por esta línea de investigación operativa que procura analizar cómo se comportan los sistemas de atención en los cuales los clientes deben esperar para ser atendidos; es decir, cuando los "clientes" se presentan en algún lugar solicitando un servicio a un denominado "servidor", y este dispone de cierta capacidad de atender, y en los casos que dicho servidor no se encuentra en la disposición de atender de forma inmediata, y el ese cliente decide esperar, entonces inmediatamente ser formara una línea de espera. Como sucede habitualmente con los modelos de sistemas logísticos, el modelo del servicio de emergencia podría ser un modelo dinámico, estocástico y de eventos discretos. Un modelo de colas generalmente combina tanto llegadas como salidas y es en base a la suposición de Poisson, que es un proceso estocástico discreto, donde estos sucesos son independientes y siguen una distribución exponencial donde se analiza la distribución de probabilidades. La simulación de

sistemas es la representación del sistema que permite estudiar el comportamiento de todos los componentes del sistema y en este caso la Simulación, en la cual se elabora un modelo de colas del sistema.

Para analizar, el elevado tiempo de espera en el Servicio de Emergencia de un Hospital Público se hizo un diagnóstico, y se pudo identificar algunas causas tales como: insuficiente personal médico y administrativo, programación de personal médico deficiente, retardo en la ejecución de exploración radiológicas, ecografías y pruebas de laboratorio básicas, además de la respectiva espera por los resultados.

Al respecto debemos señalar que, el propósito de esta investigación es disminuir los tiempos de espera del Servicio de Emergencias de un Hospital Público. Asimismo, se utiliza el Software Arena para representar la realidad del sistema con la finalidad de contrastar el sistema real y los diferentes escenarios, con el propósito de seleccionar la mejor alternativa.

Lamentablemente, la Teoría de Colas empleada en Servicios de Emergencias, es una literatura que recientemente se ha estudiado. Por consiguiente, en el trabajo de Huamán y Sandoval (2017) se trata de optimizar las filas de espera en las ventanillas de atención del BCP Tarma, el modelo simuló una reducción del 43% en relación a los tiempos de espera inicial. La implementación del modelo es muy compleja y conlleva que el BCP Tarma no se arriesgue a implementarlo. Además, el diseño del modelo de simulación es a menudo un proceso costoso en recursos y tiempo, lo que significa para el BCP Tarma un proceso temerario a realizar.

La metodología de la presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, debido que los resultados serán medidos y expresados numéricamente, su diseño es descriptivo de corte transversal considerando que serán recolectados en un solo momento, además, utiliza un método aplicativo, porque modifica una realidad concreta. La muestra recolectada fue de 106 pacientes, a través de la plantilla de tiempos de espera. Se determinó que una reducción del tiempo de atención de los pacientes del sistema actual (130.97 minutos) contrastado al sistema

propuesto (58.85 minutos). Asimismo, se observa una reducción del número de pacientes que permanecen en el sistema actual (34personas) contrastado al sistema propuesto (25 personas).

Se aplica la Simulación para el beneficio de la comunidad del Servicio de Emergencia del Hospital, servirá como base para otras investigaciones, así como de apoyo para la realización de trabajos basados en la simulación de este tipo de casos.

El presente estudio se estructura de la forma siguiente:

El capítulo I, consta de la introducción. Además, el capítulo II, información del lugar donde se desarrolla la actividad. Asimismo, el capítulo III, expone la descripción de la actividad. Así también, el capítulo IV, consta de las conclusiones y finalmente, el capítulo V, recomendaciones.

Capitulo II - Información del lugar donde se desarrolla la actividad

2.1 Institución donde se desarrolló la actividad

Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión

2.2 Periodo de duración de la actividad

Agosto – actualidad

2.3 Finalidad y objetivos de la entidad

2.4 Naturaleza Jurídica

Al respecto del Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión, este viene a ser una institución de naturaleza desconcentrada perteneciente a la Dirección Regional de Salud de la Provincia Constitucional del Callao. Además, cuenta con la categoría III – 1, asignada mediante Resolución Directoral Nº1126-2011-GRC/GRS/MINSA/DIRESA/DG. Como tal, es responsable de satisfacer las necesidades de salud de la población y hospitalaria especializada, con énfasis en la recuperación y rehabilitación deproblemas de salud.

2.4.1. Jurisdicción

El Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión, es de referencia regional de la Red de Establecimientos de Salud de la Dirección Regional de Salud de la Región Callao, de la Provincia Constitucional del Callao y de referencia Nacional de los establecimientos de Salud pública dependiente del Ministerio de Salud – MINSA.

2.4.2. Objetivos de la institución

2.4.2.1. Misión

Ser reconocido como un Hospital de Alta Complejidad acreditado-técnica y socialmentepor sus servicios de salud, investigación y docencia, al que los pacientes elijan mejor opción portrayectoria y prestigio.

2.4.2.2. Visión

Somos un Hospital Nacional Categoría III-1 perteneciente a la Región Callao, que brindaatención de salud con la finalidad de recuperar la confianza y satisfacción de nuestros pacientes mejorando la calidad de vida con eficiencia y calidad, contando con un equipo humano calificado que desarrolla actividades de docencia e investigación.

2.4.3. Funciones generales

A continuación, se describen las funciones asignadas:

a) Lograr recuperar la salud y rehabilitación de las capacidades de los pacientes, respetando las condiciones oportunas, la equidad, calidad y absoluta accesibilidad, ofreciendo consultas externas, servicios de hospitalización y emergencia.
b) Continua defensa de la vida y protección de la salud de las personas desde su concepción hastasu muerte natural.
c) Alcanzar la meta de prevención y la disminución de riesgos que dañan la salud.
d) Apoyo constante a la capacitación y especialización del recurso humano a cargo de las universidades e instituciones educativas, asignando el campo clínico y el personal para la docencia e investigación según los convenios respectivos.
e) Realizar la gestión de los recursos humanos, materiales económicos y financieros para el logro de la misión y sus objetivos en cumplimiento de las normas vigentes.
f) Establecer procesos que procuren la mejora continua de la calidad, eficiencia y de la eficaciaen materia de atención a la salud, mediante el establecimiento de normas y

propiciando una cultura organización contenida de valores orientados hacia la satisfacción de las necesidades delos usuarios y familiares.

2.5 Razón social

Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión

2.6 Dirección postal

Guardia Chalaca 2176 – Bellavista- Callao

Capitulo III – Descripción de la actividad

3.1. Descripción del sistema

El sistema en estudio es el Servicio de Emergencia del Departamento de Emergencias y Cuidados Críticos, la cual es un departamento responsable de brindar los tratamientos médicos quirúrgicos de emergencias, proveyendo de forma permanente una atención de salud oportuna, a todas aquellas personas que presenten un estado de salud en riesgo grave o alterada severamente, forma parte de los Órganosde Línea del Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión.

3.2. Departamento de Emergencia y Cuidados Críticos

El Departamento de Emergencias y Cuidados Críticos del Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión, está destinado a cumplir con sus objetivos estratégicos institucionales, tiene la siguiente estructuraorgánica.

- Servicio de Emergencia
- Servicio de Cuidados Intensivos Adultos
- Servicio de Cuidados Intermedios Adultos
- Servicio de Gestión del Riesgos Desastre

Al respecto debemos señalar que, según los datos del mes de enero del 2021, se ha determinado la mayor afluencia de pacientes, el cual es de lunes a sábado en el primer turno de 7 a.m.a 7:00 p.m.

Tabla 1.

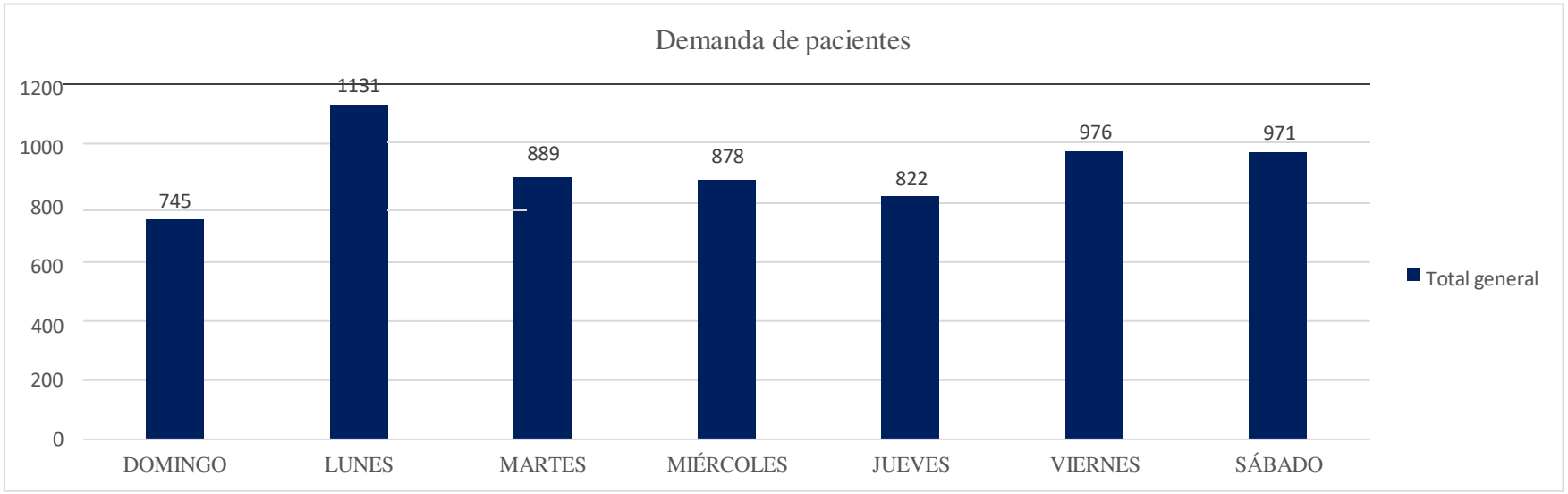
Afluencia de pacientes durante el mes de enero del 2021

Días de la semana	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total general
DOMINGO	28	15	19	8	9	7	16	20	35	38	53	58	44	35	30	35	34	48	39	40	33	27	41	33	**745**
LUNES	17	13	7	5	10	7	20	46	69	89	109	115	85	51	78	60	57	54	44	35	64	47	26	23	**1131**
MARTES	24	12	9	8	11	8	18	27	48	80	60	79	58	44	45	34	67	50	42	38	32	42	34	19	**889**
MIÉRCOLES	14	11	11	8	5	16	11	31	61	76	71	80	50	42	57	50	45	37	43	32	35	29	35	28	**878**
JUEVES	16	13	8	9	9	7	17	29	46	81	81	57	57	37	50	32	43	38	34	39	36	31	26	26	**822**
VIERNES	19	21	19	13	8	10	13	34	64	75	57	70	81	55	43	59	50	48	38	53	41	39	38	28	**976**
SÁBADO	29	14	14	12	8	13	25	33	60	71	81	73	55	39	59	53	45	39	43	46	48	46	40	25	**971**
Total General	**147**	**99**	**87**	**63**	**60**	**68**	**120**	**220**	**383**	**510**	**512**	**532**	**430**	**303**	**362**	**323**	**341**	**314**	**283**	**283**	**289**	**261**	**240**	**182**	**6412**

Nota. Afluencia de pacientes del mes de enero del Servicio de Emergencia, donde, se registra lunes, martes, viernes y sábados, días de la semanacon mayores picos de pacientes.

Figura 1.

Demanda de pacientes semanal del mes de enero del 2021



Nota. Demanda de mayor afluencia de pacientes durante las semanas del mes de enero del 2021.

Tabla 2.

Franja horaria de mayor afluencia de pacientes los domingos

Domingo

Horas			Mayor Afluencia
0	-	1	**28**
1	-	2	**15**
2	-	3	**19**
3	-	4	**8**
4	-	5	**9**
5	-	6	**7**
6	-	7	**16**
7	-	8	**20**
8	-	9	**35**
9	-	10	**38**
10	-	11	**53**
11	-	12	**58**
12	-	13	**44**
13	-	14	**35**
14	-	15	**30**
15	-	16	**35**
16	-	17	**34**
17	-	18	**48**
18	-	19	**39**
19	-	20	**40**
20	-	21	**33**
21	-	22	**27**
22	-	23	**41**
23	-	0	**33**

Nota. Mayor afluencia de pacientes los domingos.

Tabla 3.

Franja horaria de mayor afluencia de pacientes los lunes

Lunes

Horas			Mayor Afluencia
0	-	1	**17**
1	-	2	**13**
2	-	3	**7**
3	-	4	**5**
4	-	5	**10**
5	-	6	**7**
6	-	7	**20**
7	-	8	**46**
8	-	9	**69**
9	-	10	**89**
10	-	11	**109**
11	-	12	**115**
12	-	13	**85**
13	-	14	**51**
14	-	15	**78**
15	-	16	**60**
16	-	17	**57**
17	-	18	**54**
18	-	19	**44**
19	-	20	**35**
20	-	21	**64**
21	-	22	**47**
22	-	23	**26**
23	-	0	**23**

Nota. Mayor afluencia de pacientes los lunes.

Tabla 4.

Franja horaria de mayor afluencia de pacientes los martes

Martes

Horas			Mayor Afluencia
0	-	1	**24**
1	-	2	**12**
2	-	3	**9**
3	-	4	**8**
4	-	5	**11**
5	-	6	**8**
6	-	7	**18**
7	-	8	**27**
8	-	9	**48**
9	-	10	**80**
10	-	11	**60**
11	-	12	**79**
12	-	13	**58**
13	-	14	**44**
14	-	15	**45**
15	-	16	**34**
16	-	17	**67**
17	-	18	**50**
18	-	19	**42**
19	-	20	**38**
20	-	21	**32**
21	-	22	**42**
22	-	23	**34**
23	-	0	**19**

Nota. Mayor afluencia de pacientes los martes.

Tabla 5.

Franja horaria de mayor afluencia de pacientes los miércoles

Miércoles

Horas			Mayor Afluencia
0	-	1	**14**
1	-	2	**11**
2	-	3	**11**
3	-	4	**8**
4	-	5	**5**
5	-	6	**16**
6	-	7	**11**
7	-	8	**31**
8	-	9	**61**
9	-	10	**76**
10	-	11	**71**
11	-	12	**80**
12	-	13	**50**
13	-	14	**42**
14	-	15	**57**
15	-	16	**50**
16	-	17	**45**
17	-	18	**37**
18	-	19	**43**
19	-	20	**32**
20	-	21	**35**
21	-	22	**29**
22	-	23	**35**
23	-	0	**28**

Nota. Mayor afluencia de pacientes los miércoles.

Tabla 6.

Franja horaria de mayor afluencia de pacientes los jueves

Jueves

Horas			Mayor Afluencia
0	-	1	**16**
1	-	2	**13**
2	-	3	**8**
3	-	4	**9**
4	-	5	**9**
5	-	6	**7**
6	-	7	**17**
7	-	8	**29**
8	-	9	**46**
9	-	10	**81**
10	-	11	**81**
11	-	12	**57**
12	-	13	**57**
13	-	14	**37**
14	-	15	**50**
15	-	16	**32**
16	-	17	**43**
17	-	18	**38**
18	-	19	**34**
19	-	20	**39**
20	-	21	**36**
21	-	22	**31**
22	-	23	**26**
23	-	0	**26**

Nota. Mayor afluencia de pacientes los jueves.

Tabla 7.

Franja horaria de mayor afluencia de pacientes los viernes

Viernes

Horas			Mayor Afluencia
0	-	1	**19**
1	-	2	**21**
2	-	3	**19**
3	-	4	**13**
4	-	5	**8**
5	-	6	**10**
6	-	7	**13**
7	-	8	**34**
8	-	9	**64**
9	-	10	**75**
10	-	11	**57**
11	-	12	**70**
12	-	13	**81**
13	-	14	**55**
14	-	15	**43**
15	-	16	**59**
16	-	17	**50**
17	-	18	**48**
18	-	19	**38**
19	-	20	**53**
20	-	21	**41**
21	-	22	**39**
22	-	23	**38**
23	-	0	**28**

Nota. Mayor afluencia de pacientes los viernes.

Tabla 8.

Franja horaria de mayor afluencia de pacientes los sábados

Sábado

Horas			Mayor Afluencia
0	-	1	**29**
1	-	2	**14**
2	-	3	**14**
3	-	4	**12**
4	-	5	**8**
5	-	6	**13**
6	-	7	**25**
7	-	8	**33**
8	-	9	**60**
9	-	10	**71**
10	-	11	**81**
11	-	12	**73**
12	-	13	**55**
13	-	14	**39**
14	-	15	**59**
15	-	16	**53**
16	-	17	**45**
17	-	18	**39**
18	-	19	**43**
19	-	20	**46**
20	-	21	**48**
21	-	22	**46**
22	-	23	**40**
23	-	0	25

Nota. Mayor afluencia de pacientes los sábados.

3.3. Problemática

Se analizó el Servicio de Emergencia del Departamento de Emergencias y Cuidados Críticos del Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión, ubicado en el Distrito de Bellavista, Callao. La atención en dicho servicio, se inicia cuando el Médico Emergencista o Licenciado de Enfermería especialista en Emergencia, de acuerdo al padecimiento del paciente según la clasificación (Triaje), lo deriva a las áreas de Urgencia Menor A o B, Tópico Prioridad II, Sala de Observación inmediata, Aislados, Observación C, Observación D, Tópico de Cirugía, Tópico de Traumatología, Observación de Cirugía y Traumatología; previo a la derivación, el acompañante o usuario externo se dirige a las ventanillas de SIS o Pagante, donde se registran y/o pagan. Así también, de acuerdo a la evaluación del médico o de la Licenciada enEnfermería, se les da un ticket de Triaje, donde se indican los signos vitales, presión arterial, la prioridad y los datos del paciente, asimismo, el fin de ir a las Ventanillas SIS o pagantes es,ingresar los datos del paciente en el sistema, además, reciben la Ficha Única de Admisión – FUA y la Hoja Química de Emergencia, con la finalidad de que, el Técnico Administrativo o el Técnico de Enfermería remita la Historia del pacientes, para luego ser llamado a la evaluación médica respectiva, dependiendo de la evaluación correspondiente, se solicitará exámenes de laboratorio, ecografía o rayos X.

Por otro parte, debido al insuficiente personal de salud y administrativo, insuficientes médicos de turno y especializados, lo cual genera un elevado tiempo de espera, provoca largas colas y como consecuencia insatisfacción al paciente. Por lo tanto, se aplica la Simulación de Sistemas, para lograr una disminución de los tiempos de espera por parte de los pacientes en los referidos servicios de emergencia hospitalaria, y en ese sentido, procurar la prevención de riesgos, protección de daños, recuperación de la salud y rehabilitación de las capacidades de los pacientes que se encuentren en condiciones de absoluta accesibilidad y atención hacia las personas, desde su advenimiento hasta su muerte natural.

3.4. Formulación del problema

Posteriormente de analizar la situación problemática se plantean las siguientes interrogantes o preguntas de investigación.

Pregunta principal

¿Cómo disminuir los tiempos de espera usando la simulación en el departamento de emergencia del Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión?

Preguntas específicas

¿Cómo determinar los tiempos de llegada de los pacientes para establecer los picos de mayosafluencia (franjas horarias) del Servicio de Emergencia?

¿Cómo determinar el Tiempo promedio en el sistema y tiempo promedio de espera en la cola?

¿Cómo proponer escenarios para disminuir los tiempos de espera?

3.5. Justificación

La presente investigación propone un método de solución para el problema del elevado tiempo de espera en el Servicio de Emergencia del Departamento de Emergencia y Cuidados Críticos del Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión, previniendo la congestión de pacientes.

3.6. Alcance

Se recolecta los tiempos de llegada tiempos en ventanilla SIS y pagante, desde el 02 de octubre del 2021 al 08 de octubre del 2021. Además, a través de la base de datos del Servicio de Emergencia y la página institucional del Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión, se conoce la demanda de pacientes por prioridades y se estimó la mayor afluencia de pacientes en el Servicio de Emergencia del Departamento de Emergencia y Cuidado Críticos. Asimismo, se evalúa, cómo afectará la simulación de sistemas, para disminuir los tiempos de espera mostrando sus resultados, y que permitirá conocer el comportamiento del

sistema e identificar los cuellos de botella para proponer propuestas de mejora.

3.7. Objetivos

3.7.1. Objetivo principal

- Disminuir los tiempos de espera de los pacientes utilizando la simulación en el Servicio de Emergencia del Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión.

3.7.2. Objetivos específicos

- Determinar los tiempos de llegada de los pacientes para establecer los picos de mayorafluencia (franjas horarias) del Servicio de Emergencia.
- Determinar el Tiempo promedio en el sistema y tiempo promedio de espera en la cola.
- Proponer escenarios para disminuir los tiempos de espera del Servicio de Emergencia.

3.8. Marco Referencial

Con el propósito de contextualizar el presente estudio, son presentadas diversas investigaciones que guardan relación, así como bases teóricas y otros temas tratados, incluidos glosario de términos.

3.9.Antecedentes de la investigación

3.9.1. Antecedentes nacionales

Tesis: Diagnóstico y Mejora para el servicio de atención en el área de Emergencias de un hospital publico

Autor: Iván Alfredo Salazar

MoralesAño: 2014

En esta tesis de pregrado titulado ***Diagnóstico y Mejora para el servicio de atenciónen el área de Emergencias de un hospital público*** tuvieron como objetivo

reducir el tiempode espera de los pacientes en cola para luego minimizar los costos de implementación de la optimización. En esta tesis se manejaron teorías sobre Teoría de colas, Simulación y evaluación económica. La población la conformaron un total de 180 pacientes, siendo este el promedio que el Hospital atiende diariamente, el cual se multiplico por los 30 días del mes, lo cual arroja un total de 4,800 mensuales, quedando la muestra conformada por 1,451 pacientes. Para la recolección de datos se utilizó el cuestionario a la entrevista. Salazar (2014) asevera que la incorporación de una unidad en cada proceso con lo demuestran los resultados generados por el Software Arena, favorecerá directamente la reducción de los tiempos de espera (sumatoria de tiempos en cola) en un estimado de 43%. Con relación al VAN su valor es + S/ 800.00, cuyo valor es > 0 abruptamente. Concluyó que las mejoras a realizar en los procesos a implementar serán rentables. Además, el TIR calculado (47%), es > 10% delcosto de oportunidad calculado, esto también ayudará en la sustentación de los procesos de vialidad en las mejoras planteadas (pp. 84-90). Dicho estudio guarda relación con el presente trabajo, debido a que contribuye a desarrollar una evaluación económica referente al presupuesto del Departamento de emergencia.

Tesis: "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".

Autores: Sergio Omar López Paúcar y Alexis Angelino Aliaga RojasAño: 2020

En esta investigación, tuvieron como objetivo formular mejoras en la distribución de recursos para lograr una disminución de los tiempos de espera de los pacientes de un centro hospitalario que brinda atención en Lima Sur, procurando reducir los tiempos de espera del paciente. En esta tesis, se manejaron teorías sobre simulación de eventos discretos, tiempos de espera y cantidad de recursos necesarios. La recolección de datos

se obtuvo a través de mediciones y fichas de las historias ofrecidas por el Hospital. López y Aliaga (2020) afirman que, en los resultados obtenidos en los procesos para redistribuir y asignar lascamas en las diferentes áreas de hospitalización a través del programa de optimización ArenaOpquest, muestran la posibilidad de minimizar los tiempos de espera del paciente para lograr obtener una cama en -462.95%. Esta evidente mejora se pudo observar en los Dptos. de Neonatología y Medicina, en donde los tiempos de espera podrían bajar de 31 a 13 días respectivamente. Estos resultados permiten conjeturar que dichos departamentos se encuentran sobresaturados, la demanda es extremadamente mayor que la disponibilidad de recursos disponibles. En relación a la asignación de médicos a través de Arena Opquest, la herramienta indica es posible minimizar los respectivos tiempos de espera en 137.14%. El mayor impacto se evidencia en el área de Gineco obstetricia, debido a que los tiempos podrían pasar de 60 y 54 min., a menos de 5 min., en los dos casos. Con respecto a la asignación de médicos en el Departamento de Consultas externas a través de Arena Opquest, la herramientamostró que la reducción seria de solo 3.87%, por lo tanto, seria indiferente o innecesario realizar cambios, ya que el tiempo de espera del paciente actualmente es de 30 minutos. Con base a los resultados obtenidos a través del simulador Arena Opquest, es posible determinar que el ahorro que se puede alcanzar es equivalente a S/ 10,733,569.02 anualmente, siendo equivalente al 706.02% en relación a costos asociados de tiempo de espera, esto en el caso de seguir empleando el actual esquema de trabajo. Para lograr la estimación de estos ahorros, se realizó la comparación del costo atribuido a los tiempos de espera de acuerdo al perfil del paciente individualmente, clasificados en 2 perfiles: profesionales y no profesionales. Para la comparación, esta se fundamentó entre los modelos actual y propuesto, se pudo determinar que la diferenciación radica en que el actual modelo muestra un elevado tiempo de espera, esto se debe a la sobresaturación que tiene el sistema. Con respecto al

nuevo modelo propuesto, se realizó una inversión inicial con la intención de lograr implementar la reasignación de los recursos optimizadamente, este permitió gestionar mucho mejor los tiempos a favor de los pacientes, lográndose una reducción significativa de los tiempos de espera y evidentemente de los costos totales asociados. (pp. 79-80). Este estudio guarda relación con el presente trabajo, considerando que contribuye a desarrollar una evaluación técnica y económica referente al Servicio de Emergencia de un Hospital.

3.9.2. Antecedentes internacionales

Tesis: Modelado y mejora del flujo de pacientes en un departamento de emergencias en unhospital local utilizando simulación de eventos discretos

Autor: Behnam Nikkhah GhamsariAño: 2017

En esta tesis de maestría titulado ***Modelado y mejora del flujo de pacientes en un departamento de emergencias en un hospital local utilizando simulación de eventos discretos*** tuvieron como objetivo reducir los tiempos de espera de los pacientes. En esta tesis se manejaron teorías sobre Teoría de colas y Simulación de eventos discretos. La muestra estudiada fue de 6908 registros de pacientes, el periodo seleccionado fue 2 meses, partiendo del 15 de octubre al 15 de diciembre del 2016. La técnica utilizada fue la entrevista con el personal, observación directa y la toma de tiempos. Behnam (2017) afirma que los tiempos de espera seredujeron en un 33%, también se ha reducido la estancia del paciente en un 25%. (pp.23-24). Este estudio guarda relación con el presente trabajo, considerando que contribuye a mejorar el flujo de pacientes, diseñando un modelo de simulación del Departamento de emergencia.

Tesis: ***Usando la Simulación de Eventos Discretos para mejorar el proceso de atención delpaciente en el Departamento de Emergencias de un Hospital rural de Kentucky.***

Autor: Molly Cassaro JonesAño: 2013

En esta tesis de maestría titulado ***Usando la Simulación de Eventos Discretos para mejorar el proceso de atención del paciente en el Departamento de Emergencias de un Hospital rural de Kentucky***, tuvo como objetivo crear un modelo válido de Simulación de Eventos Discretos que represente las operaciones del Departamento de Emergencias con la mayor precisión posible. La muestra estudiada fue todos los pacientes que llegaban al departamento de emergencia en un año, a partir de 1 de enero al 31 de diciembre del 2011. La técnica utilizada fue la observación directa y la toma de tiempos. En esta tesis se manejaron la teoría de colas y la simulación de eventos discretos. Cassaro (2013) afirma que los resultados del modelo proporcionan una duración de la estadía esperada para un paciente en el Departamento de Emergencias de 2 horas y 11 minutos. La duración máxima de la estancia encontrada fue de 12 horas y 49 minutos y la duración mínima de la estancia fue de 26minutos. El promedio general de pacientes que acudieron al Departamento de Emergencias en un mes fue de 725. El promedio de pacientes que acudieron al Departamento de Emergencias para recibir atención pero que se fueron sin ser atendidos fue de 24,6. No se recopilaron estadísticas sobre el número de pacientes que completaron su atención en el Departamento de Emergencias debido al hacinamiento. Hubo un número máximo de 11 pacientes esperando enla sala de espera. La duración esperada de la estadía del paciente se redujo en una cantidad esperada de 5.4 minutos, cuando se agregó una cama de tratamiento; y se cambió la política de admisión. El número esperado de paciente que esperan sin ser atendidos se redujo en más del 63%. La implementación de ambas modificaciones proporcionó la mayor mejora en el tiempo de espera del paciente,

reduciéndolo a un tiempo esperado de 45 minutos. Además, el tiempo total en Departamento de Emergencias se redujo en 14 minutos y los pacientes que se van sin ser atendidos se redujo a un nivel esperado de 5,6 pacientes. Esto representa una mejora enesta medida de calidad del 77%. (pp. 61-64). Esta investigación guarda relación con el presente trabajo, ya que contribuye a que diseñar un modelo de simulación para probar una variedad de cambios físicos o de procedimiento en el Departamento de Emergencias, así como para evaluar los impactos de un mayor volumen de pacientes.

3.10. Bases teóricas

3.10.1. Origen de la teoría de colas

La Teoría de Colas fue propuesta por A. Erlang en 1909, con el propósito de poder determinar los requisitos de las capacidades de un sistema telefónico danés. A partir de esto se ha venido aplicando a una amplia gama de industrias de servicios, incluidos los Bancos, Aerolíneas y Centros de llamadas telefónicas, así como sistemas de emergencia como patrulla policial, bomberos y ambulancias, y en especial en varios entornos de atención médica. De acuerdo con Dávila & Espinoza (2011), los modelos de colas pueden ser de gran utilidad para logar la identificación de los niveles óptimos de personal, equipos y camas, así como también para apoyar la toma de decisiones en relación a la asignación de recursos y diseños de nuevos servicios.

3.10.2. Teoría de colas

La teoría de colas es una disciplina de la Investigación de Operaciones. Pazos, Suarez & Díaz (2008), refieren que los modelos de colas, necesitan de pocos datos y ofrecen como resultados formulas precisas y simples para poder predecir varias medidas de desempeño, como lo es el retraso medio o probabilidad de espera (tiempo) para ser atendido. Esto se traduce en que es mucho más fácil y más barato de usar y se pueden utilizar más fácilmente para precisar soluciones optimas en lugar de simples estimaciones

de rendimiento del sistema para cualquier escenario deseado.

El acceso oportuno se ha identificado como uno de los elementos clave de la calidad de la atención médica y, en consecuencia, la disminución de las demoras se ha convertido en un foco de atención en muchas instituciones de atención médica. Dadas las limitaciones financieras que existen en muchas de estas instalaciones, el análisis de colas puede ser una herramienta extremadamente valiosa para utilizar los recursos de la manera más rentable parareducir las demoras. Estos estudios proporcionan una imagen general de cómo se mantiene el orden social, pero se centran principalmente en la interacción social. Sólo en algunos casos concretos reflexionan específicamente sobre el arte de hacer cola. La cola se utiliza principalmente como ejemplo para describir cómo se sitúan los miembros entre sí; hacer cola se considera un acto social y se estudia en relación con cómo las personas responsabilizan sus actos ante los demás, Sobre la base del conocimiento adquirido en estudios de este tipo en los que se incluyen las colas como una forma de fenómeno social, hay mucho que aprender de las situaciones de cola más simples. El objetivo principal de este capítulo es proporcionar una comprensión básica de la teoría de las colas y algunos de los modelos específicos de las colas que pueden ser útiles para diseñar y administrar los sistemas de salud. Para obtener más detalles sobre los modelos específicos que se utilizan comúnmente (Dávila y Espinoza, 2011).

Un modelo de cola es una descripción matemática de un sistema de cola que hace algunas suposiciones específicas sobre la naturaleza probabilística de los procesos de llegada y servicio, el número y tipo de servidores, y la disciplina y organización de la cola. Hay innumerables variaciones posibles, pero algunos modelos de colas se utilizan más ampliamente y nos centraremos en ellos en este capítulo. Para estos modelos, así como para muchos otros, existen fórmulas disponibles que permiten el cálculo rápido de varias medidas de desempeñoque pueden usarse para ayudar a diseñar un nuevo

sistema de servicio o mejorar uno existente (Pazos et al., 2003).

En la teoría de las colas, la utilización, definida como el número medio de servidores ocupados dividido por el número total de servidores multiplicado por 100, es una medida importante. Desde una perspectiva de gestión, la utilización a menudo se considera una medida de la productividad y, por lo tanto, se considera deseable que sea alta. Por ejemplo, en la planificación de camas de hospital, la utilización se llama nivel de ocupación e históricamente, un nivel de ocupación hospitalario promedio del 85 por ciento se ha utilizado como el nivel mínimo para que los estados tomen una determinación de que más camas podrían ser necesario (Hillier y Lieberman, 1997; Dávila y Espinoza, 2011).

Además de las ciencias sociales, otros campos de investigación han abordado el tema de cómo se relacionan las personas en una cola. El campo de la investigación del consumidor, por ejemplo, ha iniciado investigaciones sobre los consumidores que forman parte de una cola y cómo responden emocionalmente a la experiencia de hacer cola. Las estadísticas recopiladas se utilizan para razonar sobre hipótesis que pretenden mostrar los niveles de satisfacción de los clientes (es decir, el nivel de satisfacción de los clientes con un servicio para el que tuvieron que hacer cola). Las personas que esperan el servicio que desean no tienen más remedio que permanecer en la cola. Una persona podría, por ejemplo, necesitar un medicamento concreto o querer coger un tren concreto. Esto crea un estado de tensión entre el impulso de cumplir un objetivo específico (ser el primero en la fila para recibir un servicio) y otras personas que aspiran al mismo objetivo. Cuanto más evidente se vuelve esta fuerza de inercia, más negativa es presumiblemente la experiencia de hacer cola (Dávila y Espinoza, 2011).

3.10.3. Objetivos de la Teoría de Colas

De acuerdo con Pesántez (2015) explica que la teoría de colas presenta los siguientes objetivos:

Identificar cuál es el nivel más óptimo de la capacidad del sistema que permite minimizar sus costos totales.

Evaluar el impacto que tienen las posibles alternativas de las modificaciones de las capacidades del sistema en relación a los costos totales.

Establecer un equilibrado balance "óptimo" entre las consideraciones cuantitativas de los costos y las cualitativas del servicio.

Prestar debida atención a los tiempos de permanencia en el sistema o en la cola; se destaca que la "paciencia" de todos los clientes, va a depender del tipo de servicio que se presta y eso impulsara que el cliente tienda a "abandonar" el sistema.

3.10.4. Elementos existentes en un modelo de colas

Cao (2002) refiere que se distinguen ciertos elementos en un modelo de cola como:

Un sistema de colas básico es un sistema de servicio en el que los *clientes* llegan a un banco de servidores y requieren algún servicio de uno de ellos. Es importante comprender que un *cliente* es cualquier entidad que está esperando el servicio y no tiene ser una persona. Por ejemplo, en una situación como la lectura de imágenes radiológicas, los *clientes* pueden ser las imágenes que esperan ser leídas. De manera similar, un *servidor* es la persona o cosa que proporciona el servicio. Entonces, al analizar los retrasos de los pacientes en el departamento de emergencias en espera de ingreso en el hospital, los servidores relevantes serían las camas de hospitalización.

El número de llegadas en cualquier intervalo de tiempo dado es independiente del número en cualquier otro intervalo de tiempo que no se superponga. A la inversa, se puede demostrar analíticamente que, si los clientes llegan independientemente unos de otros, el

proceso de llegada es un proceso de Poisson. Por esta razón, el proceso de Poisson se considera el proceso de llegada más aleatorio.

Para determinar si el proceso de Poisson es un modelo razonable para las llegadas en un sistema de servicio específico, es útil considerar sus tres propiedades definitorias:

1. Los clientes llegan uno a la vez.
2. La probabilidad de que un cliente llegue en cualquier momento es independiente decuándo llegaron otros clientes
3. La probabilidad de que un cliente llegue en un momento dado es independiente del momento.

Fuente de entrada o población potencial: En la mayoría de los contextos, los clientes suelen llegar uno a la vez. Aunque puede haber eventos, como un accidente mayor, que provoquen múltiples llegadas simultáneas, es probable que esta sea una circunstancia excepcional que no afectará significativamente la utilidad de esta suposición de modelado. Intuitivamente, la segunda propiedad también es a menudo una suposición razonable. Por ejemplo, en una sala de emergencias, donde la población de pacientes potenciales es muy grande, es poco probable que alguien que llega con un brazo roto tenga algo que ver con la lesión o enfermedad de otra persona, o que el hecho de que el número de pacientes que llegaron entre las 9 a. m. y las 10 a.m. fue cuatro proporciona información sobre el número de pacientes que es probable que lleguen entre las 10 a. m. y las 11 a. m. Nuevamente, puede haber excepciones ocasionales, como un brote de gripe, para el cual existe un factor exógeno responsable de generar múltiples llegadas durante un período de tiempo. Sin embargo, es probable que esta suposición sea razonable en la mayoría de las situaciones. La tercera propiedad puede ser más sospechosa. Más típicamente, la tasa de llegada promedio varía a lo largo del día, por lo que, por ejemplo, es más probable que ocurra una llegada por la mañana que por la noche. Ciertos días de

la semana también pueden estar más ocupados que otros.

Sin embargo, es posible que podamos utilizar el proceso de Poisson estándar como un buen modelo para un intervalo de tiempo más corto durante el cual la tasa de llegada es bastante constante.

Cliente: Se define como toda aquella persona de la población potencial que acude a solicitar un servicio, dependiendo la afluencia y secuencia de la llegada de los clientes 0 < $t1$ < $t2$ <. . ., se hace necesario determinar el patrón de probabilidad de acuerdo a como la fuente de entrada genera clientes. Habitualmente se estima los tiempos de llegada entre 2 clientes consecutivos: $T_{\{k]} = t_k - t_k - 1$, y de esta manera se fija la probabilidad. Regularmente, cuando la población potencial tiene características no definitorias (infinitas) se considera que la distribución de probabilidad de los T_k (representa la distribución de los tiempos entre llegadas), esta no dependerá del número de clientes que se encuentren en espera para recibir servicio, mientras que, en los casos de fuentes de entrada finita, la distribución de los T_k sufrirá variación de acuerdo al número de clientes que se encuentran en estado de espera paraque los atiendan.

Capacidad de la cola: Representa la cantidad máxima de clientes que en un momento determinado podrían estar haciendo la cola, antes que comience el proceso para ser atendidos,aquí también se supone que podría ser finito o infinito. En términos de cálculos, es mejor suponer que es infinita. Sin embargo, obviamente en los casos reales la capacidad de la cola es de tipo finita, en estos tipos de sistemas, el análisis de colas se puede utilizar para ayudar adeterminar qué tan grande debe ser el área de espera o espera para que el número de clientes bloqueados se mantenga en un nivel aceptablemente bajo.

Disciplina de la cola: Hay dos tipos de disciplinas de colas de prioridad: preventivas y no preventivas. En el modelo preventivo, si llega un cliente de mayor prioridad cuando

todos los servidores están ocupados y se atiende a un cliente de menor prioridad, el servicio del cliente de menor prioridad será interrumpido (reemplazado) para que el cliente de mayor prioridad pueda comenzar el servicio inmediatamente. A continuación, el cliente sustituido debe esperar a que otro servidor esté libre para reanudar el servicio. En el modelo no preventivo, los recién llegados no pueden adelantarse a los clientes que ya están en servicio. Si bien los modelos de cola de prioridad suelen ser puramente preventivos o no preventivos, es posible modelar un sistema de servicio que tenga clases de clientes preventivas y no preventivas.

Esto podría ser apropiado para un servicio de urgencias hospitalario donde el sistema de triaje normal que clasifica a los pacientes como emergentes, urgentes o no urgentes generalmente se asume que no es preventivo, pero utilizará una disciplina preventiva para ciertos pacientes urgentes cuyas condiciones son extremadamente sensibles al tiempo, como víctimas de accidentes cerebrovasculares.

- **La disciplina FIFO:** Por sus siglas en inglés (First in first out), también se le denomina FCFS (first come first served): en estos casos el proceso consiste en que el cliente que llega primero en ese orden será atendido.
- **La disciplina LIFO (last in first out),** también se le denomina LCFS (last come first served), eneste enfoque el cliente que llega de ultimo será el primero en ser atendido.
- **La RSS (random selection of service), o SIRO** (service in random order), en este proceso el cliente es seleccionado aleatoriamente.

Mecanismo de servicio: Mecanismo que configura los procesos para brindar servicio a los clientes que los solicitan. Su determinación requiere conocer con precisión el número de servidores que lo integran, a partir de allí, se estima la distribución probabilísticamente del tiempo que un servidor pude brindar un servicio, es necesario especificar el tiempo requerido para cada servicio.

Situaciones de espera

Los camiones que esperan en un lote central de estacionamiento hasta que se les solicite.

Clientesde un banco que esperan ser atendidos por el cajero automático.

Clientes que se encuentran en una cola esperando a ser atendidos por algún cajero de supermercado.

Vehículos esperando el cambio de luz de un semáforo.

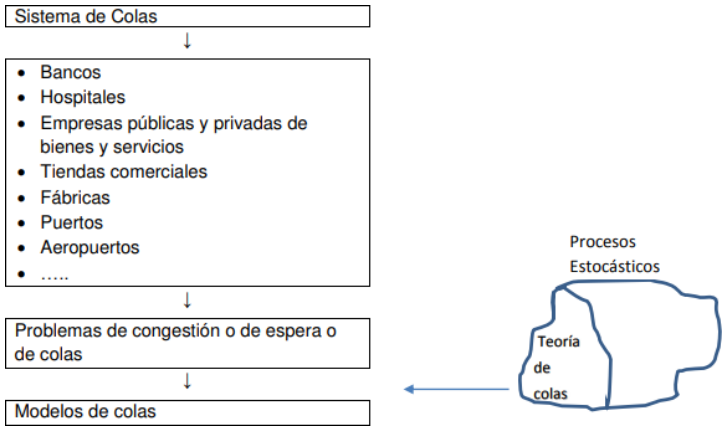
Maquinarias dañadas que están en espera de reparación técnica.

Pacientes que se encuentran en situación de espera en consultorios para ser atendidos.

Aeronaves que se encuentran en espera para despegar o aterrizar dentro de un aeropuerto.

Figura 2.

Procesos de espera. Modelo de colas.



Nota. Se observa situaciones de espera lo que conlleva a problemas de congestión o espera, "para lo cual se ha desarrollado dentro de la Teoría de Colas modelos que enfrentan dicha situación".

Proceso Básico de Colas

Para describir un proceso de colas básico se deben especificar un proceso de entrada y uno desalida. Ejemplos:

Tabla 9.

Ejemplos de sistemas de colas

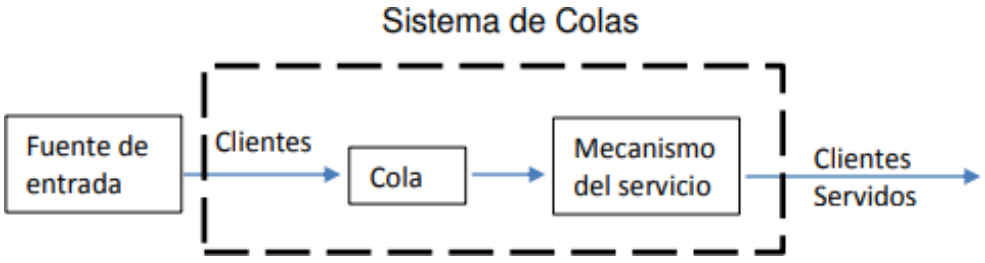
Sistema	Proceso de entrada	Proceso de salida
Banco	Los clientes llegan al banco	Los cajeros atienden a los clientes
Banco de sangre	Llegan las bolsas de sangre	Los pacientes usan las bolsas de sangre

Nota: Representa ejemplos de colas como el banco y el banco de sangre con sus respectivosprocesos de llega y salida. Elaboración propia.

Muchos sistemas de cola aplican un proceso básico, siendo este: Todo cliente que solicita un servicio es generado mediante fuente de entrada, los cuales ingresan alsistema de colas uniéndose a una misma cola. Luego es seleccionado uno de los clientes de la cola para prestarle el servicio, esto es parte de la regla disciplina de la cola. Se presta el servicio al cliente, y este egresa del sistema.

Figura 3.

Sistema de colas.



Nota: Se representa las fuentes de entrada, a través de una cola y mecanismo de servicio para el cliente reciba su servicio. El gráfico es extraído de Procesos Estocásticos.

Línea de espera

Gonzáles y Carro (2012) refieren que, una línea de espera, representa la fila conformada por diversos o un solo cliente, que se encuentra esperando para que se le

brinde algún tipo de servicio. Estos clientes podrían ser objetos o personas, también maquinarias que necesiten algún tipo de mantenimiento, contenedores de mercadería para su embarcación o productos de inventarios que pronto serán usados. En definitiva, las líneas de espera son formadas por causas de desequilibrios temporales ante los procesos de demanda de servicios y las capacidades del sistema para suministrarlo.

3.10.5. Simulación

Según Shannon (1988), la simulación la define como el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y realizar experimentos con este modelo con el fin de comprender el comportamiento del sistema y/o evaluar diversas estrategias para el funcionamiento del sistema. La construcción de modelos requiere la capacidad de analizar un problema, abstraer de él sus características esenciales, seleccionar y modificar los supuestos básicos que caracterizan el sistema y luego enriquecer y elaborar el modelo hasta que resulte una aproximación útil.

García, García y Cárdenas (2013) refieren que una simulación es una imitación de la dinámica de un proceso o sistema del mundo real a lo largo del tiempo. Aunque la simulación todavía podría hacerse a mano, hoy en día casi siempre requiere implícitamente el uso de una computadora para crear una historia artificial de un sistema para sacar inferencias sobre sus características y funcionamiento.

Cao (2002) refiere que la simulación es como una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital, que involucra ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas necesarias para describir el comportamiento y la estructura de un sistema complejo del mundo real durante un período prolongado de tiempo.

3.10.6. Conceptos básicos

La mejor manera de lograr una aproximación a una disciplina, es poder entender los significados de los términos que integran sus conceptos fundamentales.

3.10.7. Sistema, experimento y modelo

Según García et al., (2013), explican que un sistema viene a ser un determinado conjuntode elementos que están interrelacionados entre sí, para de esa manera funcionar como un todo organizado, partiendo de la teoría de la simulación, esos elementos tienen que estar claramente. Como ejemplo se pueden citar los sistemas de atención al cliente de un banco, un sistema de inventarios empresarial, o un sistema de atención a pacientes dentro de una sala de emergencias de un centro hospitalario. Cada cual es posible dividirlo de diferentes elementos que son importantes para la construcción del modelo de simulación deseado; entre estos se mencionan el estado de un sistema, entidades, eventos actuales y posibles eventos futuros, variables, localizaciones, recursos, y finalmente un reloj de simulación.

Al respecto Pazos et al., (2003), definen un sistema como una compilación de entidades que están en constante interacción para alcanzar un fin determinado. Con frecuencia los objetivos de un estudio de un sistema están condicionados por un conjunto de entidades, enotras palabras, en un estudio específico se considera suficiente tomar en consideración un subconjunto de entidades que conforman el sistema general.

Además, el estado de un sistema estará determinado por el conjunto de variables básicas que lo puedan describir en cualquier momento de su temporalidad, dichas variables se denominan variables de estado. La evolución temporal de esas variables de estado, hacen posible el establecimiento de la primera clasificación de un sistema:

Sistemas discretos: Aquellas en las que sus variables de estado pueden cambiar el tiempo contable (finito o infinito numerable).

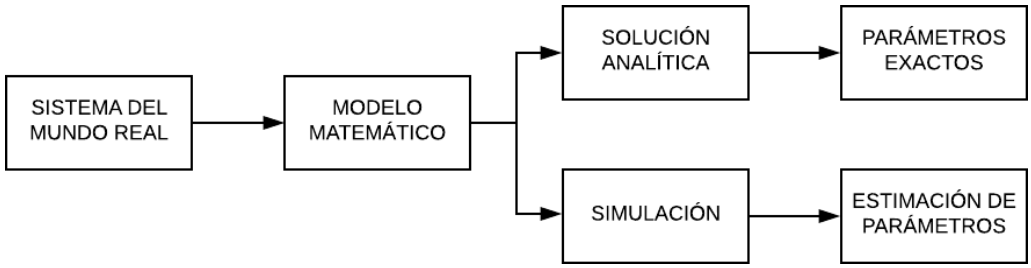
Sistemas continuos: Son aquellos sistemas en los que sus variables de estado siempre están cambiando a lo largo del tiempo.

Con relativa frecuencia, es necesario realizar análisis de un sistema con el objetivo de establecerrelaciones entre algunas de sus entidades, así como lograr una medición de sus prestaciones, o también predecir su comportamiento bajo ciertas y determinadas condiciones. El estudio se puede ejecutar de las siguientes formas:

- Realización de experimentos sobre los sistemas.
- Realizando algunas experiencias acerca del modelo del sistema
- Los modelos representan sistemas construidos con el fin de estudiarlos.

Figura 4.

Vías de estudio de un sistema.



Nota: Representa el sistema del mundo real a través de un modelo matemático, que puede tener dos soluciones una analítica y otra por medio de la solución con sus respectivos parámetros exactos y estimación de parámetros. Tomado de Pazos, Suárez y Díaz (2003). *Teoría de colasy Simulación de Eventos Discretos.*

Posteriormente a la definición del modelo matemático del sistema, es fundamental realizar un primer estudio con la finalidad de determinar cómo se debe aplicar el modelo paradar respuestas a los temas de interés que previamente han sido planteados. Si el modelo cumple con los estándares, entonces es posible obtener una solución analítica a los intereses propuestos. Además, si es factible su desde la perspectiva coste beneficio, será aceptado. No obstante, existen casos que el nivel de complejidad de

algunos sistemas hace cuesta arriba la obtención de modelos que se ajusten a las soluciones analíticas requeridas, o en caso de su obtención, el alto costo computacional, sugiere descartar esa opción. En estos casos, el modelo debe analizarse hasta determinar un equilibrio coste/beneficio, para lo cual se recurrea una simulación, para lo cual existen dos posibilidades:

- **Solución analítica**
- **Simulación**

3.10.8. Tipos de Modelos de Simulación

Con respecto a los modelos de simulación, estos pueden ser clasificados tomando en cuenta diversos criterios:

1. Según el instante en la temporalidad que puedan representar:

Estáticos Dinámicos

2. Según la aleatoriedad de sus variables de estado:

Determinísticas Estocásticos o aleatorios

3. Según la manera en la que evolucionen sus variables de estado:

Discretos o de eventos discretos Continuos

3.10.9. Elementos de un modelo de simulación

Como parte de los elementos de un modelo de simulación, tenemos a la **entidad**, este representa los flujos de entrada y salida de los sistemas, por lo tanto, al ingresar a un sistema, cada entidad pasa a ser elementos responsables sobre el cambio en su estado de ese sistema. Como ejemplo se puede citar, cuando los clientes se acercan a un cajero automático bancario, o múltiples piezas se incorporan a un proceso de ensamblaje, entre otros.

El **estado del sistema**, viene a ser la condición o estatus del sistema cuando está bajo un estudio en un momento determinado de tiempo; se podría ejemplificar

diciendo, es como cuando se toma fotografía de lo que acontece en un sistema en un momento determinado. El estado de un sistema esté compuesto por variables especificas (número de componentes que lo conforman en ese momento), así como también de variables operativas acumuladas o promedios (tiempo promedio de estadía en una unidad en el sistema, en una fila, dentro de unalmacén o en equipos).

Un **evento** representa un cambio en el estado actual del sistema, es decir, grabar una entrada o saludo desde un dispositivo, completar un proceso en un dispositivo, paralizar o reactivar una operación o falla. de una máquina. Estos eventos pueden ser de dos tipos: eventos actuales, que son eventos que ocurren en el sistema en un momento determinado, y eventos futuros, que también pueden ser cambios simulados que pueden ocurrir en el sistema después de la programación establecida. En el caso del evento actual, será una entidad llamada parte de una máquina. Un evento futuro será cuando la máquina complete el proceso de procesamiento de la pieza y pase al siguiente proceso según la programación, que puede ser inspección, otra máquina o almacén.

3.10.10. Proceso de desarrollo de un modelo de simulación

Según Mohammad y García (1996) la aplicación de la simulación implica pasos específicos para que el estudio de simulación sea exitoso. Independientemente del tipo de problema y el objetivo del estudio, el proceso mediante el cual se realiza la simulación permanece constante. A continuación, se describen brevemente los pasos básicos del proceso para el desarrollo de un modelo de simulación:

1. Definición del sistema: El primer paso consiste en definir los objetivos de la investigación e identificar el problema a resolver. Es decir, clarificar aún más el problema mediante la observación objetiva del proceso a estudiar. Se debe tener cuidado para determinar si la simulación se solidifica como una herramienta ideal

para resolver el problema bajo investigación. Este paso implica determinar qué componentes del sistema modelar y qué medidas de rendimiento actualizar. A menudo, los sistemas pueden ser muy complejos en el sentido de que se requiere un simulador experimentado para alcanzar el nivel de detalle adecuado.

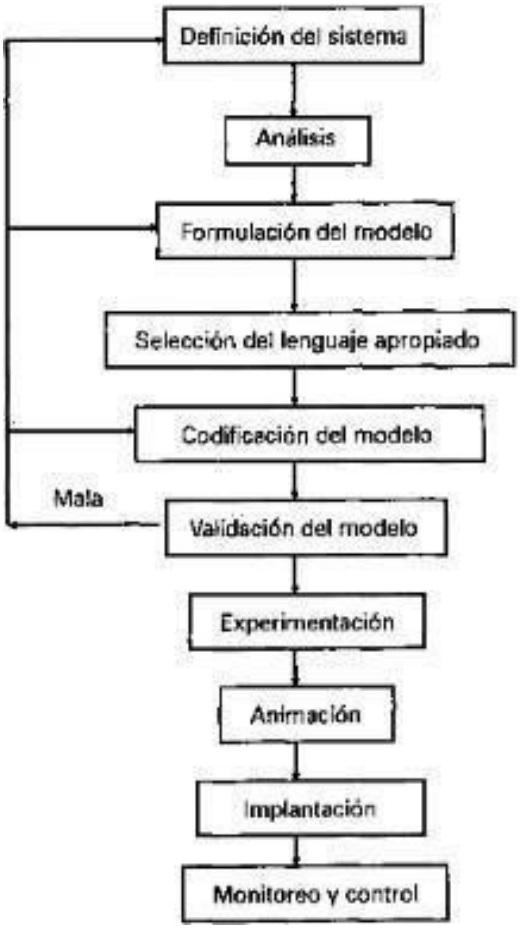
2. Análisis del sistema: este paso implica describir las interacciones lógicas que ocurrirán entre las variables de decisión para garantizar que las variables incontrolables operen eficientemente en sus funciones internas, dadas las restricciones del sistema.
3. Formulación de modelos: Comprender el comportamiento de un sistema real y definir los requisitos básicos del modelo es un proceso esencial para desarrollar el modelo correcto. Crear un diagrama de flujo de cómo funciona dicho sistema ciertamente facilita la comprensión de cuáles son las variables implícitas y sus respectivas interacciones.
4. Selección de idioma: Traducir el modelo a un lenguaje de programación. Las opciones van desde lenguajes convencionales (como Fortran, Pascal, etc.) o programas de simulación (como Arena, PASCAL, SLAM, GASP, DYNAMO, etc.).
5. Codificación del modelo: En este paso, las instrucciones se codifican en el idioma elegido para que el modelo pueda ejecutarse en los dispositivos informáticos disponibles. El tiempo de desarrollo para codificar un modelo depende directamente del tipo de lenguaje elegido, por ejemplo, un modelo codificado en GPSS puede tardar 20 minutos, mientras que un mismo modelo codificado en PASCAL o FORTRAN puede tardar hasta 5 días en desarrollarse.
6. Validación del modelo: la validación es el proceso de garantizar que un modelo se comporte como se espera, generalmente mediante depuración o animación. La

validación es necesaria, pero la validación por sí sola no es suficiente y los modelos pueden validarse pero no ser válidos. La validación es necesaria pero no suficiente para la validación, es decir, un modelo puede validarse pero no validarse. La validación asegura que no haya diferencias significativas entre el modelo deseado y el sistema real y que el modelo represente la realidad. Las pruebas se pueden realizar mediante análisis estadístico. Además, la validez aparente se puede lograr mediante pruebas y validación del modelo por parte de expertos.

7. Experimentación: Este paso implica identificar diferentes alternativas que pueden ser evaluadas, eligiendo variables de entrada y diferentes niveles, buscando la optimización de las variables de respuesta reales del sistema.
8. Implementación: Una vez elegida la mejor solución, es importante ponerla en práctica. Como todos sabemos, en la mayoría de los casos, el último paso puede ser el más difícil porque es la alta dirección a la que hay que convencer. Un modelo para todo lo bueno de los empleados. Por lo tanto, se recomienda ejecutar un proceso de animación que permita ver visualmente cómo se comportan las variables relevantes del sistema.
9. Monitoreo y control: Cabe señalar que el sistema es dinámico y con el tiempo, ante nuevos cambios en el sistema real, es necesario modificar el modelo de simulación para que pueda actualizarse periódicamente para que el modelo pueda seguir representando el sistema.

Figura 5.

Proceso de desarrollo de un modelo de simulación.



Nota: Descripción del proceso de un modelo de simulación. Tomado de Mohammad y García(1996). *Simulación y análisis de modelos estocásticos*.

3.10.11. Ventaja y desventajas de la simulación

García et al., (2013), explican que la simulación es uno de los instrumentos más eficientes que utilizan los analistas en los procesos de toma de decisiones y en consecuencia mejorar losprocesos. No obstantes, es importante precisar, que al igual que las otras opciones disponibles, esta trae consigo tanto ventajas como desventajas, las cuales deben ser tomadas en cuenta al momento si verdaderamente la simulación es la opción más adecuada para dar solución a un determinado problema.

Tabla 10.

Ventajas y desventajas de la simulación.

Ventajas	Desventajas
Es muy buena herramienta para determinar cuáles serían los impactos de los cambios de procesos, sin tener que aplicarlos en la realidad.	Sin embargo, a pesar de la existencia de diversos programas que pueden estimar o calcular el mejor escenario combinando posibles variables, la simulación no es una herramienta de optimización.
Mejora el conocimiento del proceso actual ya que permite que el analista vea cómo se comporta el modelo generado bajo diferentes escenarios.	La simulación puede ser costosa cuando se quiere emplearla en problemas relativamente sencillos de resolver, en vez de usar soluciones analíticas desarrolladas de manera específica para estos casos.
Se puede utilizar como recurso didáctico para capacitar en las técnicas de toma de decisiones.	Los estudios de simulación requieren una gran cantidad de tiempo (meses), lo cual, en algunos casos, no se dispone, se requiere respuestas rápidas.
Es más económico realizar un estudio de simulación que hacer muchos cambios en los procesos reales.	El analista debe tener sólidos conocimientos en programas de simulación, así como de estadísticas los cuales son fundamentales para interpretar los resultados.
Permite probar varios escenarios en busca de las mejores condiciones de trabajo de los procesos que se simulan.	Los clientes suelen tener falsas expectativas sobre la simulación como herramienta, algunos la perciben como un juego de video y otros le otorgan poderes de predicción del futuro."
En problemas complejos, mediante la simulación es posible obtener buena solución.	
Actualmente, existen programas de simulación intuitivos y relativamente fáciles de aplicar.	
Otro beneficio de la simulación, es que a través de las opciones de animación que la integran, es posible observar cómo será el comportamiento de un proceso cuando este sea mejorado.	

Nota: Representa las ventajas y desventajas de la simulación. Tomado de García, García y Cárdenas (2013). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*.

3.10.12. Modelado y Simulación de Eventos Discretos

Urquía y Martín (2013) señalan que tanto el modelo de tiempo discreto como el de evento discreto comparten una característica: las variables en sus modelos tienden a cambiar solo en ciertos momentos y luego permanecen constantes el resto del tiempo.

La principal diferencia entre los dos modelos es que en el modelo de tiempo discreto, los instantes anteriores se representan en una escala de tiempo, de modo que el reloj de simulación corre en un paso de tiempo de duración constante durante toda la simulación. Los modelos de eventos discretos no tienen esta limitación.

La duración entre eventos consecutivos puede ser arbitraria siempre que se alcance el número total de eventos, pero dentro de un intervalo de tiempo limitado. Por lo tanto, los algoritmos de simulación de eventos discretos deben incluir un calendario de eventos que registre inmediatamente la hora exacta de inicio de un evento para permitir la planificación futura.

García, García y Cárdenas (2013) sostuvieron que la simulación de eventos discretos es un conjunto de relaciones lógicas, probabilísticas y matemáticas integradas por el comportamiento del sistema bajo estudio cuando ocurre un evento.

3.10.13. Modelado orientado a la planificación de eventos

Lo que puede definirse por un evento discreto en el modelo para definir el modelo y cuál es la causa y consecuencia entre ellos. El incidente afecta el modelo de cambio de modelo, a excepción de las actividades de planificación inmediata, y puede retirar cualquier plan de actividad.

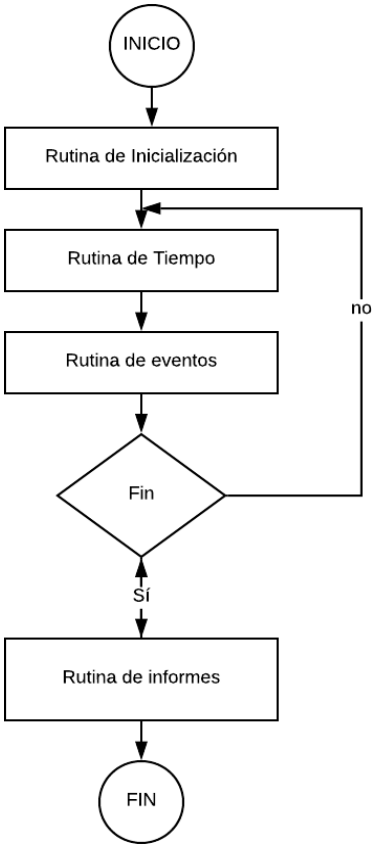
Según el orden de las ideas, el programa puede tener varias rutinas en su configuración: rutina de inicialización: en este orden, el valor inicial se puede asignar a la posición cambiante, el dispositivo acumulativo estadístico comienza y planea agregarlo

al área del calendario de eventos Rutina de tiempo: Esta rutina le permite determinar qué evento es el más urgente de los eventos programados en el calendario de eventos y adelantar el reloj de simulación a esa hora. Rutina de eventos: con esta rutina, puede cambiar los valores de las variables de estado y los acumuladores de estadísticas, y agregar o eliminar eventos al calendario de eventos.

Rutina de informe: Al final del proceso de simulación, esta rutina es la que calcula y muestra el valor de las variables de salida.

Figura 6.

Flujo de la simulación de un modelo orientado a la planificación de eventos.



Nota: Consta de las diferentes rutinas como: inicialización, tiempo, eventos e informes. Tomado de Pazos, Suárez y Díaz (2003), por *Teoría de Colas y Simulación de Eventos Discretos.*

Flujo de la simulación:

1 Comienza la simulación.

2 La ejecución del programa principal pasa el control a la rutina de inicialización, que procede a inicializar el reloj de simulación, las variables de estado, el calendario de eventos y los acumuladores de estadísticas.

3 Después de ejecutar la operación de inicialización, el programa principal pasa el control al programa de sincronización. El reloj analógico cambia a tiempo real. El primer evento del calendario, que es el más urgente, se completa y luego se elimina del calendario.

4 El programa principal vuelve a pasar el control, pero esta vez a la rutina correspondiente al tipo de evento que se inició. La realización de la rutina del evento dependerá de los requerimientos de cada situación; la rutina normalmente actualiza las variables de estado, enumera los acumuladores y agrega nuevos eventos al calendario de eventos.

5 Cuando el evento se completa con la simulación, el programa principal transmitirá el control al informe para generar una rutina, de lo contrario, el programa principal devolverá el control con el tiempo.

6 Fin de la simulación

3.10.14. Software Arena

El programa ARENA® tuvo su origen en el año de 1982, cuando el tecnólogo Dennis Pedgen realizó la publicación del primer lenguaje de simulación de propósito general para modelar sistemas de manufactura en una PC.

Este ARENA® se define como un sistema que tiene la capacidad de proveer un medioambiente de trabajo integrado que elabora modelos de simulación en diversos

campos. Este software integra, en ambientes amigables y comprensibles, las funciones que se requiere para desarrollar una simulación con éxito. Urquía y Martín (2013)refieren que el software ARENA® es un software comercial. Existe una versión de estudiante gratuita, con capacidades limitadas, que puede emplearse para desarrollar y simular los modelos.

3.10.15. Método

Para realizar el estudio de investigación se ha realizado un plan de trabajo que consta de 4 fases:

a. Planificación

   Establecer que es lo que se quiere hacer en esta investigación, con el fin de obtener losmejores resultados.

b. Organización y ejecución del trabajo de campo

   Establecer horarios para el trabajo de campo y como se recolectará la información.

c. Análisis y discusión de resultados

   Se establecen los diferentes escenarios para evaluarlos y se plantean alternativas de solución.

d. Redacción final y elaboración de la presentación del Trabajo de Suficiencia Profesional.

3.10.15.1. Diseño metodológico

La investigación está enmarcada en un enfoque cuantitativo, debido a que los resultados son expresados numérica y estadísticamente, su diseño cuenta con un método aplicativo porque modifica una realidad concreta, y es de corte transversal, ya que la recolección de datos se realiza en un momento determinado.

3.10.15.2. Diseño muestral

La población está compuesta por aproximadamente 106 pacientes que asisten al Serviciode Emergencia del Departamento de Emergencia del Hospital Nacional Daniel

Alcides Carrión.

3.10.15.3. Diseño muestral

Se utilizó como técnica la entrevista al personal de salud y administrativo para identificar los procesos actuales en el Servicio de Emergencia, la observación directa, lo cual me permitió observar el flujo de pacientes; la medición de tiempos de llegadas y salidas a través de un formato de tiempos.

3.10.15.4. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

El procesamiento de datos se realizó después de la recopilación de la misma, vía observación y recopilación, en seguida con la ayuda del software ARENA se procederá a aplicar el modelo de colas. El Microsoft Excel, nos servirá para realizar el análisis estadísticode los datos y el ordenamiento, así como el procesamiento de datos.

El Software Arena, cuenta con Input Analyzer, este permite analizar los datos ya ordenados y entrega los distintos resultados sobre los errores, la raíz cuadrada de las distintas distribuciones, y el proceso de cada evento. Además, con el mismo Arena software, el Input Analyzer presenta las diferentes gráficas y distribuciones.

3.10.15.5. Procedimientos

- Se solicitó permiso al jefe del Servicio de Emergencia.

Para la recolección de datos del presente estudio, se tuvo en cuenta lo siguiente:

1. Levantamiento de información del Servicio de Emergencia.

a. Identificar todos los procesos actuales, además de la demanda de pacientes semanal y mensual con el fin de obtener los días picos de mayor afluencia en el Servicio de Emergencia.

2. Recolección de datos y conceptualización del modelo:

a. Tomar tiempos entre llegadas y tiempos de servicio

b. Contabilizar el número de llegadas por unidad de tiempo

c. Contabilizar número de servicios por unidad de tiempo

d. Conceptualizar el sistema de colas del Servicio de Emergencia.

3. Elaboración del modelo:

a. Verificar la distribución de probabilidad.

b. Validar la distribución de probabilidad (Prueba de hipótesis y bondad de ajuste).

c. Diseño experimental (Simulación de varios escenarios).

d. Validación de resultados (Pruebas de hipótesis).

e. Análisis de resultados.

f. Estructura del modelo en miniatura (Animación).

g. Implementación del modelo (Después de seleccionada la mejor alternativa, se llevaa la práctica).

h. Monitoreo y control (Modificar el modelo de simulación ante nuevos cambios desistema real).

3.10.15.6. Variables

El presente trabajo de investigación tiene las siguientes variables:

Variable 01: Tiempos promedios de espera en la cola

Variable 02: Número de servidores

3.10.15.7. Etapas del estudio

Para realizar el estudio de investigación se ha realizado las siguientes actividades a efectos de cumplir los objetivos planteados:

Actividad 1

Se elaboró una plantilla de tiempos de acuerdo al flujo de pacientes.

Actividad 2

Calcular los tiempos de espera y de servicio de cada tópico con sus respectivas

prioridades,a fin de obtener el tiempo de servicio y el tiempo promedio de un paciente hasta ser atendidopor el médico de turno.

Actividad 3

Se construye el modelo de simulación en el Software Arena. Se valida el modelo a fin de comprobar cada corrida en el Software Arena y cada elemento representa el sistema. Finalmente, se comprobará la consistencia de los resultados.

Actividad 4

Identificar los cuellos de botella a efectos de proponer cuantos servidores deben asignarse.

3.10.15.8. Desarrollo del modelo

Se identifican todos los elementos del modelamiento del sistema, así como los supuestos.

Entidades

Estos departamentos están formados por pacientes que vienen a buscar los servicios prestados.

Pueden ser homogéneos o heterogéneos, lo cual dependerá de la variedad de clientes a los que atenderá el servicio, donde cada cliente requerirá un determinado tipo de servicio que es de carácter más especializado que otros clientes.

Estas entidades en el sistema introducirán el tiempo entre la llegada (tasa de llegada), que es el factor decisivo del rendimiento del servicio y el tamaño de cada cola.

Con respecto a los modelos propuestos en este estudio, la entidad son los pacientes que ingresan a los servicios de emergencia y reciben un tratamiento de temas diferentes.

Atributos

Los atributos definidos del modelo son:

Recursos

En el modelo de simulación, los recursos serán operadores técnicos de equipos y sistemas informáticos. En este estudio se definieron recursos como médicos y enfermeras (personal de salud) y equipos de laboratorio, ultrasonido y rayos X. Puede evaluar los recursos anteriores a través de los indicadores, la capacidad de usar la potencia total durante un período de tiempo y luego analizar su eficiencia o eficiencia en el sistema.

Colas

Dentro del modelo, las colas se rigen con base a la metodología FIFO (First In First Out), esto se debe a que existe preferencia o prioridad entre los pacientes que requieren atención. Fueron definidas colas para todas las estaciones a excepción de Trauma Shock, debido a que la condición de estos pacientes es de alto riesgo de vida, y su estabilización es prioritaria.

Supuestos

En las simulaciones, los supuestos representarán un comportamiento que reduce la complejidad del modelo. Pero no se recomienda hacer demasiadas suposiciones porque simplifican el concepto original del modelo; por otro lado, muy pocas suposiciones significan que el modelo es extremadamente complejo. Los modelos de simulación deben tener en cuenta una serie de supuestos aceptables para que el modelo realice sus procesos y trabajos adaptados a la realidad que le corresponde.

Los supuestos del modelo son los siguientes:

- El estado de salud de los pacientes empeora sólo después del análisis realizado por el médico correspondiente.
- El personal asignado a los servicios de emergencia está presente durante todo el turno.
- Los empleados fuera de servicio llegan en el momento en que el personal de servicio finaliza su trabajo.
- Con base en la primera evaluación del médico, el paciente se somete a todas las pruebas necesarias para determinar si debe ser admitido o continuar con el tratamiento durante el segundo examen.
- Las situaciones de muerte ocurren sólo en temas de lesiones por shock.
- Además del trauma de hospitalización y temas de choque, un paciente fue tratado al mismo tiempo en cada tema de servicio de emergencia.
- El paciente está esperando en la cola del sistema hasta el tratamiento. No abandonan el sistema porque esperan demasiado.
- El personal médico (triage) evalúa y brinda atención al paciente según prioridad (I, II, III y IV).

3.10.15.9. Análisis de datos

Para crear un modelo de simulación correcto es necesario recopilar suficientes datos para posteriormente validarlo y confirmar que representa correctamente la realidad. En el proceso de análisis de los datos de entrada, es necesario determinar los datos necesarios para la construcción del modelo, clasificar los datos, determinar la cantidad adecuada y finalmente realizar una prueba de bondad de ajuste.

3.10.15.10. Determinación de datos

Para crear el modelo que será analizado en este trabajo, es necesario identificar la información requerida para que el modelo funcione. Los datos necesarios para crear el modelo incluyen:

Tabla 11.

Determinación de datos

Datos	Denominación
Entrellegadas	D-1
Triaje	D-2
Trauma Shock	D-3
Ventanilla SIS	D-4
Ventanilla Admisión	D-5
Tópico Medicina	D-6
Tópico Cirugía	D-7
Tópico ginecobstetricia	D-8
Tópico pediatría	D-9
Tópico traumatología	D-10
SIS Medicina	D-11
SIS Cirugía	D-12
SIS ginecobstetricia	D-13
SIS pediatría	D-14
SIS traumatología	D-15
Farmacia	D-16
Tópico Enfermería	D-17
Sala_emergencia_materno_infantil	D-18
Tópico Medicina Alta	D-19
Tópico Cirugía Alta	D-20
Tópico ginecobstetricia Alta	D-21
Tópico pediatría Alta	D-22
Tópico traumatología Alta	D-23

Nota. Esta tabla muestra la determinación de datos que se han asignado a los tópicos del Servicio de Emergencia.

3.10.15.11. Método de validación

Para la presente simulación del proceso de atención en el Servicio de

Emergencia, seha utilizado el Software Arena Simulation con la cual validaremos nuestra propuesta de mejora.

Asimismo, se tienen en cuenta los siguientes indicadores:

- Tiempo promedio en el sistema
- Tiempo promedio de espera en la cola
- Número promedio de pacientes en proceso

3.10.15.12. Registro de Tiempos recopilados del Servicio de Emergencia

Para simular el proceso actual es necesario obtener los registros de datos o registros de tiempos necesarios para la programación del tiempo del proceso de enfermería en los servicios de emergencia. Se realizó el registro temporal de las principales variables consideradas en la simulación para obtener diferentes números de muestras. Los conjuntos de datos temporales recopilados para las distintas variables se detallan a continuación.

Tabla 12.

Datos recopilados del proceso de atención de pacientes.

Determinación de Datos																					
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23
Entre Llegadas	Triaje	Trauma Shock	Ventanill a SIS	Ventanilla Admisión	Tópico Medicina	Tópico Cirugía	Tópico Ginecobste tricia	Tópico Pediatría	Tópico Traumatolog ía	SIS Medicina	SIS Cirugía	SIS Ginecobste tricia	SIS Pediatría	SIS Traumatolo gía	Farmacia	Tópico Enfermería	Sala Emergencia Materno Infantil	Tópico Medicina Alta	Tópico Cirugía Alta	Tópico Ginecobstet rici a Alta	Tópico Pediatría Alta	Tópico Traumatología Alta
0.000	2.667	14.033	2.086	3.735	6.092	2.218	6.437	4.437	12.184	0.609	0.915	0.928	0.594	0.706	4.187	172.420	206.210	1.411	2.205	1.530	1.223	2.816
9.100	1.167	2.900	1.530	0.710	9.782	2.956	7.913	5.913	19.563	0.978	0.731	0.935	0.526	0.848	4.007	349.516	294.758	2.628	2.070	1.642	2.059	1.379
5.817	0.917	7.600	1.618	1.665	9.148	2.830	7.659	5.659	18.295	0.915	0.799	0.931	0.873	0.650	3.463	319.082	279.541	1.282	2.301	1.032	2.639	1.445
1.783	1.250	15.067	0.657	2.018	7.808	2.562	7.123	5.123	15.617	0.781	0.995	0.998	0.538	0.980	3.572	254.807	247.403	2.156	2.563	2.443	1.448	1.508
0.217	1.767	0.417	1.459	1.803	7.077	2.415	6.831	4.831	14.153	0.708	0.696	0.676	0.759	0.791	4.571	219.674	229.837	2.292	1.603	2.289	1.466	1.804
0.317	1.583	3.250	2.068	2.796	5.331	2.066	6.132	4.132	10.661	0.533	0.948	0.822	0.779	0.718	4.692	135.868	187.934	1.954	1.100	1.763	1.401	1.753
0.333	0.683	2.483	1.372	0.533	6.288	2.258	6.515	4.515	12.576	0.629	0.671	0.941	0.797	0.665	3.561	181.819	210.909	1.503	1.049	1.832	2.232	2.317
4.167	0.800	1.067	0.977	2.185	5.550		6.220	4.220	11.100	0.555	0.857	0.910	0.836	0.847	4.537	146.390	193.195	2.028	2.781	2.891	1.709	2.099

Nota. Datos recopilados de los diferentes tópicos del Servicio de Emergencia del Hospital

52

Capítulo IV – Resultados

4.1. Ajuste de los F (x)

Se ajustan los F (x) a las siguientes variables identificada utilizando la muestra de datos.

D1 Llegada de pacientes

Se ingresaron los datos recolectados a un archivo TXT, luego se abrió desde el INPUTANALYZER y obtener la expresión que represente a la variable.

Tabla 13.

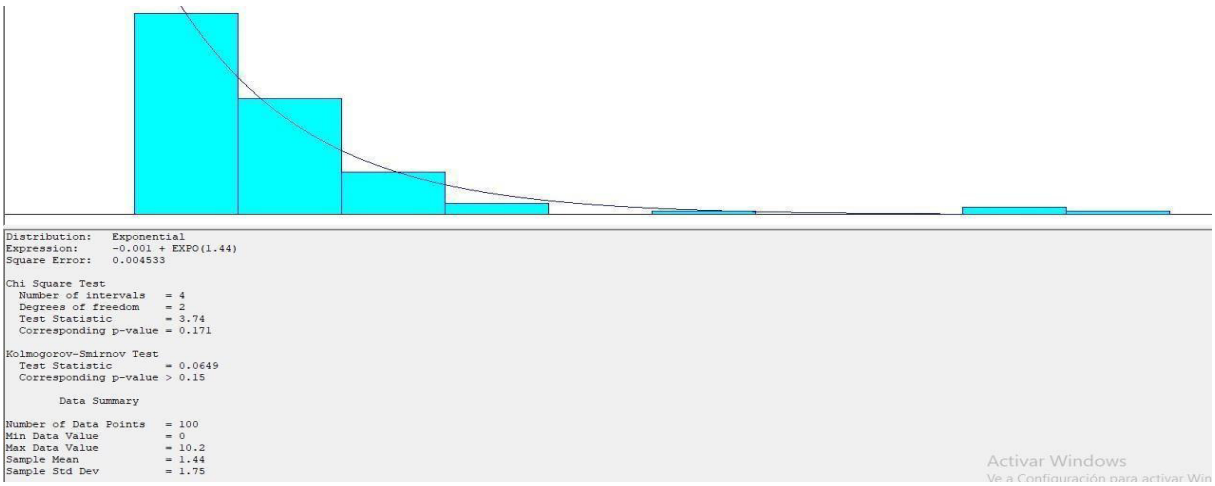
Obtención de expresión de variable Llegada de pacientes

		D1		
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Erlang	0.00453	0.0546	> 0.15	(-0.001) + ERLA(1.44, 1)
Exponential	**0.00453**	**0.171**	**> 0.15**	**(-0.001) + EXPO(1.44)**
Gamma	0.00512	0.0141	> 0.15	(-0.001) + GAMM (1.53, 0.943)
Weibull	0.00692	0.00815	> 0.15	(-0.001) + WEIB(1.4, 0.94)

Nota. Distribución exponencial de la variable Llegada de pacientes.

Figura 7.

Obtención de expresión de variable Llegada de pacientes.



Nota: En base al resultado obtenido definiremos a D1 como: D1= (-0.001) + EXPO (1.44).

D2 Tiempo triaje

Se ingresaron los datos recolectados a un archivo TXT, luego se abrió desde el INPUTANALYZER, para luego conseguir la expresión que puede representar dicha variable.

Tabla 14.

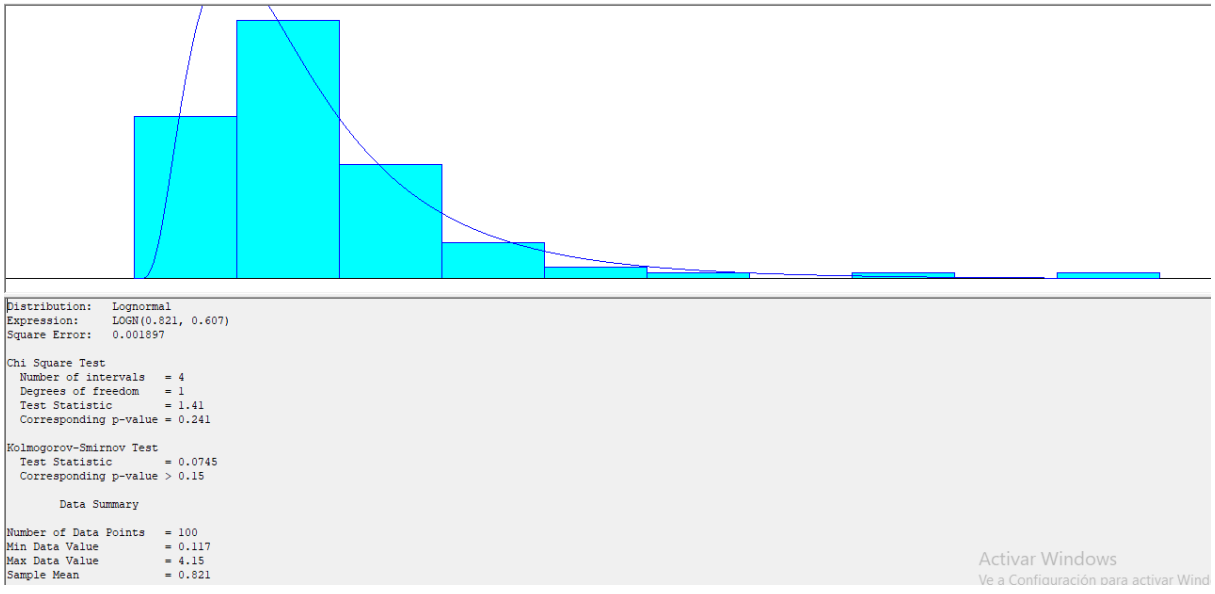
Obtención de expresión de variable Tiempo triaje

D2				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Lognormal	**0.00190**	**0.241**	**> 0.15**	**LOGN(0.821, 0.607)**
Gamma	0.00449	0.0798	> 0.15	GAMM(0.338, 2.43)
Erlang	0.00986	0.0192	> 0.15	ERLA(0.411, 2)
Weibull	0.01330	0.00929	> 0.15	WEIB(0.918, 1.49)

Nota. Distribución LogNormal de la variable Tiempo Triaje.

Figura 8.

Obtención de expresión de variable Tiempo triaje.



Nota: En base al resultado obtenido definiremos a D2 como: D2= LOGN (0.821, 0.607).

D3 Tiempo Trauma Shock

Se ingresaron los datos recolectados a un archivo TXT, luego se abrió desde el INPUTANALYZER, para luego conseguir la expresión que puede representar dicha variable.

Tabla 15.

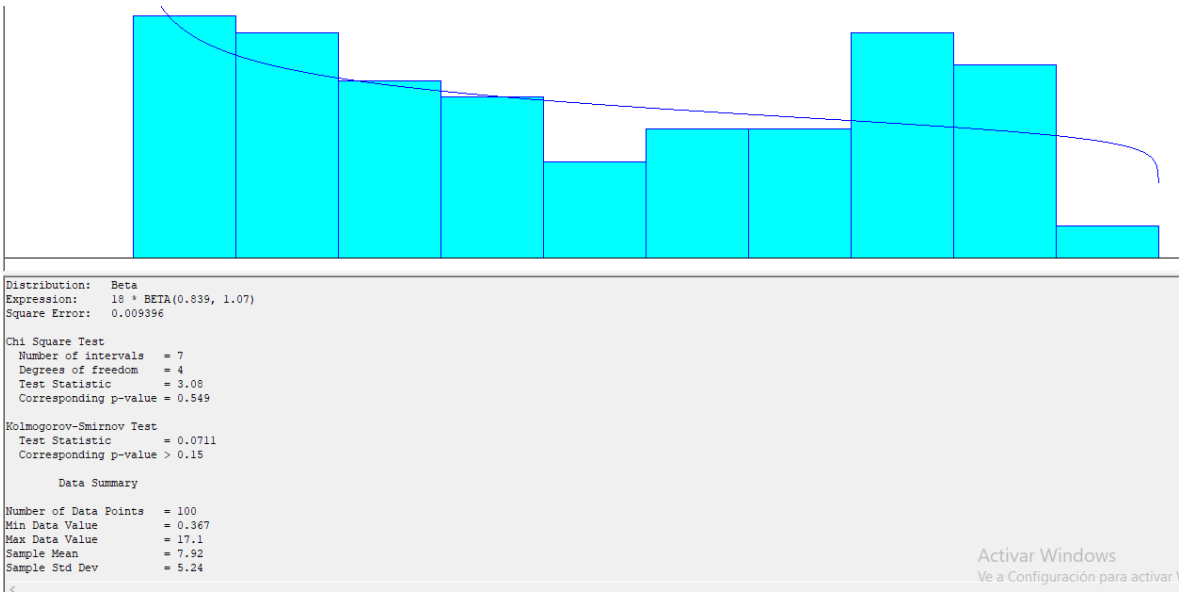
Obtención de expresión de variable tiempo Trauma Shock

D3				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.00940**	**0.549**	**> 0.15**	**18 * BETA(0.839, 1.07)**
Uniform	0.01500	0.294	0.0775	UNIF(0, 18)
Gamma	0.02150	< 0.005	0.0282	GAMM(5.26, 1.5)
Weibull	0.02190	< 0.005	0.0477	WEIB(8.62, 1.4)

Nota. Distribución Beta de la variable tiempo de Trauma Shock.

Figura 9.

Obtención de expresión de variable tiempo trauma shock.



Nota: En base al resultado obtenido definiremos a D3 como: D3= 18 * BETA (0.839, 1.07)

D9 Tiempo tópico pediatría

Se ingresaron los datos recolectados a un archivo TXT, luego se abrió desde el INPUTANALYZER, para luego conseguir la expresión que puede representar dicha variable.

Tabla 16.

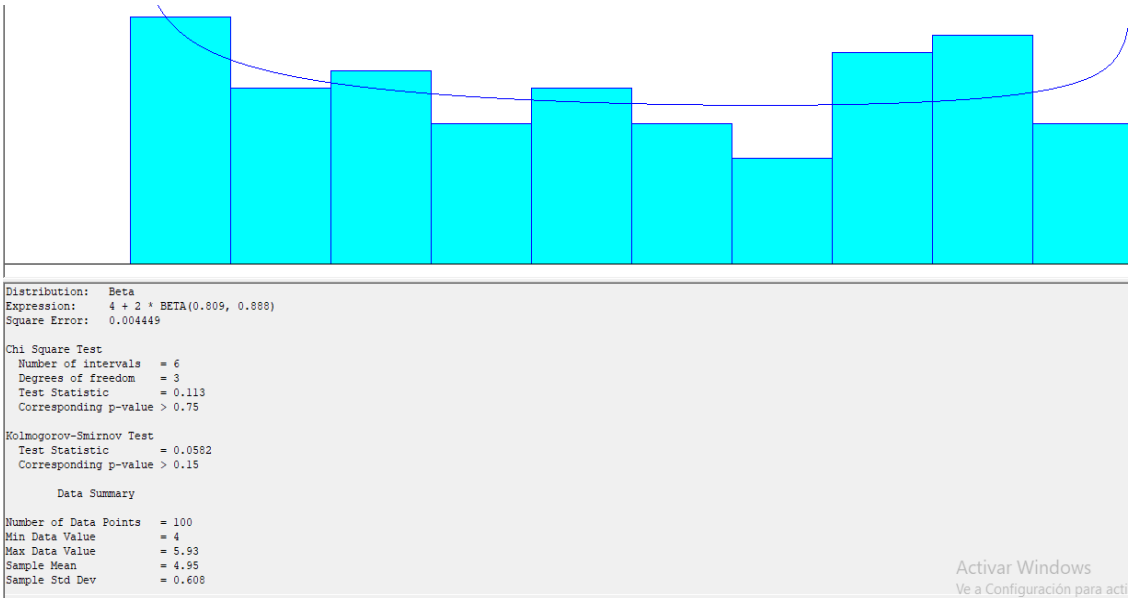
Obtención de expresión de variable tiempo Tópico Pediatría.

D9				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.00445**	**> 0.75**	**> 0.15**	**4 + 2 * BETA(0.809, 0.888)**
Uniform	0.00580	0.708	> 0.15	UNIF(4, 6)
Weibull	0.02010	< 0.005	0.0791	4 + WEIB(1.03, 1.36)
Gamma	0.02080	< 0.005	0.0563	4 + GAMM(0.707, 1.35)

Nota. Distribución Beta de la variable tiempo de Tópico Pediatría.

Figura 10.

Obtención de expresión tiempo Tópico Pediatría



Nota: En base al resultado obtenido definiremos a D9 como: D9= 4 + 2 * BETA (0.809, 0.888)

4.2. Relación de variables aleatorias identificadas

A continuación, la descripción de las variables consideradas para la simulación.

Tabla 17.

Distribución de variables consideradas para la simulación de sistemas

Input Analyzer				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Erlang	0.00453	0.0546	> 0.15	(-0.001) + ERLA (1.44, 1)
Exponential	**0.00453**	**0.171**	**> 0.15**	**(-0.001) + EXPO (1.44)**
Gamma	0.00512	0.0141	> 0.15	(-0.001) + GAMM (1.53, 0.943)
Weibull	0.00692	0.00815	> 0.15	(-0.001) + WEIB (1.4, 0.94)

Nota. Variables para la simulación.

Tabla 18.

Distribución de probabilidad de Entre llegadas

D1				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.00445**	**> 0.75**	**> 0.15**	**4 + 2 * BETA(0.809, 0.888)**
Uniform	0.00580	0.708	> 0.15	UNIF(4, 6)
Weibull	0.0201	< 0.005	0.0791	4 + WEIB(1.03, 1.36)
Gamma	0.0208	< 0.005	0.0563	4 + GAMM(0.707, 1.35)

Nota. Distribución Beta de la variable Entrellegadas.

Tabla 19.

Distribución de probabilidad de Triaje

D2				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Lognormal	**0.00190**	**0.241**	**> 0.15**	**LOGN(0.821, 0.607)**
Gamma	0.00449	0.0798	> 0.15	GAMM(0.338, 2.43)
Erlang	0.00986	0.0192	> 0.15	ERLA(0.411, 2)
Weibull	0.01330	0.00929	> 0.15	WEIB(0.918, 1.49)

Nota. Distribución LogNormal de Triaje.

Tabla 20.

Distribución de probabilidad de Trauma Shock

D3				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.00940**	**0.549**	**> 0.15**	**18 * BETA(0.839, 1.07)**
Uniform	0.01500	0.294	0.0775	UNIF(0, 18)
Gamma	0.02150	< 0.005	0.0282	GAMM(5.26, 1.5)
Weibull	0.02190	< 0.005	0.0477	WEIB(8.62, 1.4)

Nota. Distribución Beta de Trauma Shock.

Tabla 21.

Distribución de probabilidad de Ventanilla SIS

D4				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Normal	**0.00726**	**0.492**	**> 0.15**	**NORM(1.13, 0.47)**
Weibull	0.01860	0.0117	> 0.15	WEIB(1.27, 2.31)
Beta	0.02090	0.00729	> 0.15	2.83 * BETA(2.54, 3.82)
Gamma	0.02360	< 0.005	> 0.15	GAMM(0.27, 4.16)

Nota. Distribución Normal de la Ventanilla SIS.

Tabla 22.

Distribución de probabilidad de Ventanilla Admisión

D5				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Exponential	**0.02213**	**< 0.005**	**> 0.15**	**EXPO(2.23)**
Lognormal	0.02410	< 0.005	< 0.01	LOGN(2.1, 2.08)
Erlang	0.02940	< 0.005	< 0.01	ERLA(2.24, 1)
Weibull	0.03590	< 0.005	< 0.01	WEIB(2.32, 1.07)

Nota. Distribución Exponencial de la Ventanilla Admisión.

Tabla 23.

Distribución de probabilidad de Tópico Medicina

D6				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	0.00445	> 0.75	> 0.15	5 + 5 * BETA(0.809, 0.888)
Uniform	**0.00580**	**> 0.75**	**> 0.15**	**UNIF(5, 10)**
Weibull	0.02010	< 0.005	0.0785	5 + WEIB(2.57, 1.36)
Gamma	0.02080	< 0.005	0.0559	5 + GAMM(1.77, 1.35)

Nota. Distribución Uniforme del Tópico de Medicina.

Tabla 24.

Distribución de probabilidad de Tópico Cirugía

D7				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.00445**	**> 0.75**	**> 0.15**	**2 + 1 * BETA(0.809, 0.888)**
Uniform	0.00580	0.708	> 0.15	UNIF(2, 3)
Weibull	0.02010	< 0.005	0.0777	2 + WEIB(0.514, 1.36)
Gamma	0.02080	< 0.005	0.0544	2 + GAMM(0.353, 1.35)

Nota. Distribución Beta del Tópico de cirugía.

Tabla 25.

Distribución de probabilidad de Tópico Ginecobstetricia

D8				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.00445**	**> 0.75**	**> 0.15**	**6 + 2 * BETA(0.809, 0.888)**
Uniform	0.00580	0.708	> 0.15	UNIF(6, 8)
Weibull	0.02010	< 0.005	0.0791	6 + WEIB(1.03, 1.36)
Gamma	0.02080	< 0.005	0.0884	6 + GAMM(0.707, 1.35)

Nota. Distribución Beta de Tópico de Ginecobstetricia.

Tabla 26.

Distribución de probabilidad de Tópico Pediatría

D9				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.00445**	**> 0.75**	**> 0.15**	**4 + 2 * BETA(0.809, 0.888)**
Uniform	0.00580	0.708	> 0.15	UNIF(4, 6)
Weibull	0.02010	< 0.005	0.0791	4 + WEIB(1.03, 1.36)
Gamma	0.02080	< 0.005	0.0563	4 + GAMM(0.707, 1.35)

Nota. Distribución Beta del Tópico de Pediatría.

Tabla 27.

Distribución de probabilidad de Tópico Traumatología

D10				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.00445**	**> 0.75**	**> 0.15**	**10 + 10 * BETA(0.809, 0.888)**
Uniform	0.00580	> 0.75	> 0.15	UNIF(10, 20)
Weibull	0.02010	< 0.005	0.078	10 + WEIB(5.14, 1.36)
Gamma	0.02080	< 0.005	0.0556	10 + GAMM(3.54, 1.35)

Nota. Distribución Beta del Tópico de Traumatología.

Tabla 28.

Distribución de probabilidad de SIS Medicina

D11				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	0.01500	0.227	> 0.15	0.45 + 0.55 * BETA(1.19, 1.08)
Uniform	**0.01720**	**0.571**	**> 0.15**	**UNIF(0.45, 1)**
Weibull	0.02800	< 0.005	0.123	0.45 + WEIB(0.325, 1.99)
Gamma	0.02980	< 0.005	0.0878	0.45 + GAMM(0.103, 2.81)

Nota. Distribución Beta del SIS Traumatología.

Tabla 29.

Distribución de probabilidad de SIS Cirugía

D12				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.00887**	**> 0.75**	**> 0.15**	**0.45 + 0.55 * BETA(1.26, 1.07)**
Uniform	0.01340	0.721	> 0.15	UNIF(0.45, 1)
Weibull	0.01610	0.0152	> 0.15	0.45 + WEIB(0.337, 2.12)
Erlang	0.01650	0.0152	> 0.15	0.45 + ERLA(0.0995, 3)

Nota. Distribución Beta del SIS Cirugía.

Tabla 30.

Distribución de probabilidad de SIS Ginecobstetricia

D13				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.01300**	**0.161**	**> 0.15**	**0.45 + 0.55 * BETA(1.43, 1.04)**
Uniform	0.02240	0.00938	0.0282	UNIF(0.45, 1)
Triangular	0.02310	< 0.005	0.0206	TRIA(0.45, 0.918, 1)
Weibull	0.02740	< 0.005	> 0.15	0.45 + WEIB(0.36, 2.38)

Nota. Distribución Beta del SIS Ginecobstetricia.

Tabla 31.

Distribución de probabilidad de SIS Pediatría

D14				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.01300**	**0.246**	**> 0.15**	**0.45 + 0.55 * BETA(1.2, 0.865)**
Uniform	0.02180	0.0309	0.0219	UNIF(0.45, 1)
Weibull	0.03480	< 0.005	0.0398	0.45 + WEIB(0.361, 2.22)
Erlang	0.03490	< 0.005	0.0411	0.45 + ERLA(0.106, 3)

Nota. Distribución Beta del SIS Pediatría.

Tabla 32.

Distribución de probabilidad de SIS Traumatología

D15				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.01490**	**0.0669**	**> 0.15**	**0.45 + 0.55 * BETA(1.5, 1.29)**
Weibull	0.01720	0.0128	> 0.15	0.45 + WEIB(0.334, 2.27)
Gamma	0.01730	< 0.005	> 0.15	0.45 + GAMM(0.0784, 3.77)
Erlang	0.01820	< 0.005	> 0.15	0.45 + ERLA(0.0739, 4)

Nota. Distribución Beta del SIS Traumatología.

Tabla 33.

Distribución de probabilidad de Farmacia

D16				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.00453**	**0.721**	**> 0.15**	**3 + 2 * BETA(0.805, 0.704)**
Uniform	0.01160	0.334	> 0.15	UNIF(3, 5)
Normal	0.03000	< 0.005	> 0.15	NORM(4.07, 0.627)
Weibull	0.03120	< 0.005	0.143	3 + WEIB(1.17, 1.56)

Nota. Distribución Beta de Farmacia.

Tabla 34.

Distribución de probabilidad de Tópico Enfermería

D17				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.00353**	**> 0.75**	**> 0.15**	**120 + 232 * BETA(0.806, 0.845)**
Uniform	0.00540	0.719	> 0.15	UNIF(120, 352)
Weibull	0.02120	< 0.005	0.0783	120 + WEIB(123, 1.36)
Gamma	0.02200	< 0.005	0.0557	120 + GAMM(85, 1.35)

Nota. Distribución Beta del Tópico Enfermería

Tabla 35.

Distribución de probabilidad de Sala de Emergencia Materno Infantil

D18				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.00353**	**> 0.75**	**> 0.15**	**180 + 116 * BETA(0.806, 0.845)**
Uniform	0.00540	0.582	> 0.15	UNIF(180, 296)
Weibull	0.02120	< 0.005	0.0783	180 + WEIB(61.7, 1.36)
Gamma	0.02200	< 0.005	0.0557	180 + GAMM(42.5, 1.35)

Nota. Distribución Beta del SIS Pediatría.

Tabla 36.

Distribución de probabilidad de Tópico Medicina Alta

D19				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.00730**	**0.304**	**> 0.15**	**1 + 2 * BETA(1.21, 1.24)**
Uniform	0.01040	0.33	> 0.15	UNIF(1, 3)
Normal	0.01660	< 0.005	> 0.15	NORM(1.99, 0.541)
Weibull	0.01700	< 0.005	0.0813	1 + WEIB(1.1, 1.78)

Nota. Distribución Beta del SIS Pediatría.

Tabla 37.

Distribución de probabilidad de Tópico Cirugía Alta

D20				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.01600**	**0.019**	**> 0.15**	**1 + 2 * BETA(1.19, 1.19)**
Uniform	0.01780	0.0375	> 0.15	UNIF(1, 3)
Normal	0.01910	< 0.005	> 0.15	NORM(2, 0.542)
Weibull	0.02270	< 0.005	> 0.15	1 + WEIB(1.11, 1.78)

Nota. Distribución Beta del SIS Pediatría.

Tabla 38.

Distribución de probabilidad de Tópico Ginecobstetricia Alta

D21				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.00373**	**0.403**	**> 0.15**	**1 + 2 * BETA(0.966, 0.893)**
Uniform	0.00400	0.429	> 0.15	UNIF(1, 3)
Normal	0.01780	< 0.005	> 0.15	NORM(2.04, 0.599)
Weibull	0.02170	< 0.005	> 0.15	1 + WEIB(1.15, 1.61)

Nota. Distribución Beta del Tópico Ginecobstetricia Alta.

Tabla 39.

Distribución de probabilidad de Tópico Pediatría Alta

D22				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	0.00786	0.205	> 0.15	1 + 2 * BETA(1.16, 1.1)
Uniform	**0.00820**	**> 0.75**	**> 0.15**	**UNIF(1, 3)**
Weibull	0.01620	0.0109	> 0.15	1 + WEIB(1.1, 1.7)
Erlang	0.01720	< 0.005	0.148	1 + ERLA(0.494, 2)

Nota. Distribución Uniforme del Tópico Pediatría Alta.

Tabla 40.

Distribución de probabilidad de Tópico Traumatología Alta

D23				
Distrib.	**Sq Err.**	**Chi Sq. T.**	**Kolmog. – Smir**	**Express.**
Beta	**0.00589**	**0.365**	**> 0.15**	**1 + 2 * BETA(0.961, 0.962)**
Uniform	0.00620	0.489	> 0.15	UNIF(1, 3)
Normal	0.01810	< 0.005	> 0.15	NORM(2, 0.582)
Weibull	0.02260	< 0.005	> 0.15	1 + WEIB(1.1, 1.62)

Nota. Distribución Beta del Tópico Traumatología Alta.

4.3. Modelo e implementación en el Software Arena en el modelo real

El proceso de simulación, realizado por el software Digital Information y Arena, se basa en la recopilación de datos y sigue la lógica del proceso actual de atención al paciente en el servicio de urgencias de un hospital.

4.4. Condiciones iniciales de simulación

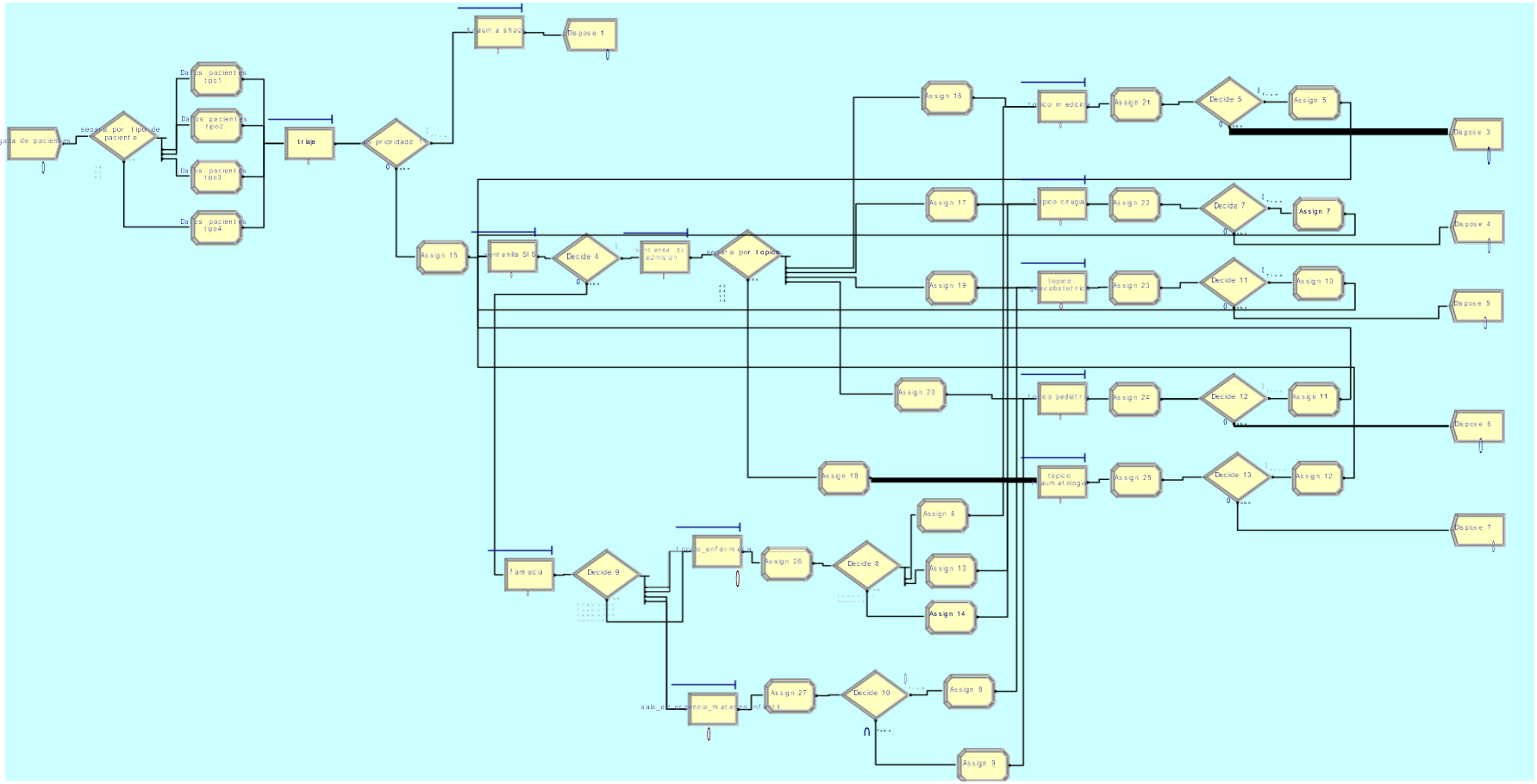
En cuanto a los parámetros generales de la simulación, consideraremos los siguientes puntos en el modelo existente: La cantidad de recursos permanecerá constante en todos los turnos.

4.5. Flujo actual de simulación

En la simulación del proceso actual se simularon 40 réplicas utilizando el software Arena y se propuso un modelo que representa el comportamiento actual del proceso de emergencia y sus indicadores clave. Además, el diagrama de flujo es el siguiente:

Figura 11.

Esquema de flujo actual para simulación.



Fuente: Flujo diagramado en el Software Arena del Servicio de Emergencia del Hospital.

4.6. Validación Número de réplicas

Los resultados obtenidos de 40 réplicas se pueden ver en un campo llamado HALF-WIDTH, que representa el ancho del intervalo de confianza del 95% para la métrica que muestra los resultados. Si dicho ancho medio es menor que el error tolerable definido para cada métrica, podemos decir que el número de 40 réplicas es aceptable y nos da un nivel de confianza del 95% en los resultados del proceso de simulación actual.

Para ello, analizaremos el indicador principal "Tiempo medio del sistema". Definimos el error máximo permitido para cada indicador como 10% con respecto al promedio resultante. Si el ancho medio es menor que este valor, aceptaremos nuestras 40 copias arbitrariamente predefinidas como válidas.

Figura 12.

Validación Número de réplicas

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
paciente	130.97	8.11	81.0969	184.60	0.4988	382.24

Nota. Resultados obtenidos de la validación de las 40 réplicas.

En resumen, cuando se observa que todos los medios anchos son menores que el error definido en el modelo, concluimos que el análisis utilizando 40 réplicas es un resultado factible de la métrica del proceso y, con base en estos resultados, realizamos la mejora del proceso actual.

Las simulaciones iniciales se repitieron 40 veces. La siguiente tabla muestra los resultados de los principales indicadores mostrados por Software Arena.

Figura 13.

Tiempo promedio en el sistema

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
famacia.Queue	11.5594	0.94	5.7230	17.9949	0.00	37.0000
sala_emergencia_materno_infantil.Queue	0.02226213	0.01	0.00103735	0.06196036	0.00	2.0000
topico cirugia.Queue	0.05077072	0.01	0.01050390	0.1442	0.00	4.0000
topico ginecobstetricia.Queue	0.2461	0.08	0.03645190	1.2023	0.00	7.0000
topico medicina.Queue	9.2020	1.50	2.2742	21.0141	0.00	33.0000
topico pediatria.Queue	0.06871827	0.03	0.00589340	0.5195	0.00	5.0000
topico traumatologia.Queue	0.02078078	0.01	0.00	0.1889	0.00	2.0000
topico_enfermeria.Queue	0.3797	0.04	0.1570	0.7279	0.00	5.0000
trauma shock.Queue	0.05740364	0.03	0.00	0.4540	0.00	8.0000
triaje.Queue	0.1980	0.03	0.08172890	0.4055	0.00	8.0000
ventanilla de admision.Queue	5.9089	1.06	1.2809	13.6807	0.00	49.0000
ventanilla SIS.Queue	1.4197	0.31	0.3927	5.2402	0.00	26.0000

Nota. Resultados obtenidos del tiempo promedio de la Farmacia.

Figura 14.

Tiempo promedio de espera en la cola

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
famacia.Queue	51.7267	3.97	25.8401	79.1021	0.00	150.49
sala_emergencia_materno_infantil.Queue	0.3103	0.06	0.02106111	0.7482	0.00	6.2402
topico cirugia.Queue	0.4621	0.08	0.1384	1.3383	0.00	9.3729
topico ginecobstetricia.Queue	2.9088	0.73	0.8022	11.4063	0.00	36.9444
topico medicina.Queue	48.2112	6.68	14.9278	100.11	0.00	199.07
topico pediatria.Queue	0.9349	0.29	0.1683	5.0188	0.00	19.6006
topico traumatologia.Queue	0.9210	0.41	0.00	4.9013	0.00	21.3892
topico_enfermeria.Queue	2.4697	0.27	1.1582	4.4936	0.00	22.8002
trauma shock.Queue	1.2425	0.66	0.00	9.6051	0.00	33.0097
triaje.Queue	0.7509	0.10	0.3018	1.7039	0.00	9.8142
ventanilla de admision.Queue	26.5744	4.77	5.8348	59.2299	0.00	128.66
ventanilla SIS.Queue	3.1802	0.69	0.8616	11.5175	0.00	26.7960

Nota. Resultados obtenidos del tiempo promedio de la espera en la cola de Farmacia.

Figura 15.

Utilización de los recursos

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
farmaceutico	0.9047	0.01	0.7987	0.9533	0.00	1.0000
licenciada_enfermera1	0.2162	0.01	0.1743	0.2772	0.00	1.0000
licenciada_enfermera2	0.7647	0.01	0.6778	0.8678	0.00	1.0000
licenciada_enfermera3	0.3480	0.02	0.2251	0.4560	0.00	1.0000
medico_cirugia	0.2383	0.02	0.1405	0.3804	0.00	1.0000
medico_cirujano	0.1723	0.01	0.0937	0.3157	0.00	1.0000
medico_medicina	0.8743	0.03	0.7267	0.9868	0.00	1.0000
medico_obstetra	0.3410	0.02	0.1695	0.4734	0.00	1.0000
pediatra	0.2198	0.02	0.1243	0.3853	0.00	1.0000
tecnico_admision	0.5080	0.02	0.4168	0.6585	0.00	1.0000
tecnico_SIS	0.4167	0.01	0.3495	0.4600	0.00	1.0000
traumatologo	0.1208	0.03	0.00	0.3329	0.00	1.0000

Nota. Resultados obtenidos de la utilización de recurso en la Farmacia.

Además, se tienen los indicadores principales: Tiempo promedio en el sistema y el Númeropromedio de pacientes en proceso.

Figura 16.

Tiempo promedio en el sistema y el Número promedio de pacientes en proceso

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
paciente	130.97	8.11	81.0969	184.60	0.4988	382.24

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
paciente	34.4307	1.95	20.9017	49.9439	0.00	101.00

Nota. Resultados obtenidos del tiempo promedio y el numero promedio de pacientes en el proceso de atención.

4.7. Arena proceso propuesto

El modelo de simulación propuesto, recomienda modificar para los recursos lo siguiente: Aumentar un personal más en farmacia de 1 a 2 farmacéuticos, aumentar un médico de medicina y aumentar una enfermera más en el tópico enfermería.

Figura 17.

Modificación a la cantidad de recursos

	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	medico_cirujano	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
2	tecnico_admision	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
3	tecnico_SIS	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
4	medico_medicina	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
5	medico_cirugia	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
6	medico_obstetra	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
7	pediatra	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
8	traumatologo	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
9	farmaceutico	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
10	licenciada_enfermera2	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
11	licenciada_enfermera1	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑
12	licenciada_enfermera3	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	☑

Nota: En la validación de la presente propuesta, se realizarán modificaciones al proceso actual.

4.8. Interpretación de resultados del proceso mejorado

En la siguiente sección, se muestran los resultados arrojados por el Software Arena enrelación a los principales indicadores que fueron procesados.

Figura 18.

Interpretación de resultados del proceso mejorado del tiempo promedio de espera en la cola

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
famacia.Queue	1.3312	0.25	0.2660	3.3995	0.00	16.0000
sala_emergencia_materno_infantil.Queue	0.1853	0.05	0.02564922	0.9974	0.00	4.0000
topico cirugia.Queue	0.1246	0.02	0.01801821	0.3424	0.00	4.0000
topico ginecobstetricia.Queue	0.6449	0.24	0.07388813	3.3552	0.00	9.0000
topico medicina.Queue	1.6523	0.55	0.2834	8.9896	0.00	17.0000
topico pediatria.Queue	0.1443	0.04	0.03360480	0.6666	0.00	4.0000
topico traumatologia.Queue	0.06068507	0.04	0.00	0.4982	0.00	3.0000
topico_enfermeria.Queue	0.1166	0.02	0.01992706	0.3559	0.00	3.0000
trauma shock.Queue	0.1107	0.07	0.00	1.0882	0.00	8.0000
triaje.Queue	0.3302	0.06	0.1131	0.9786	0.00	10.0000
ventanilla de admision.Queue	9.1364	1.53	1.3663	23.0549	0.00	49.0000
ventanilla SIS.Queue	2.9351	0.53	0.7616	6.8148	0.00	25.0000

Nota: Resultados del proceso mejorado del tiempo de espera en la cola de la Farmacia.

Figura 19.

Interpretación de resultados del proceso mejorado del tiempo promedio de espera en la cola

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
famacia.Queue	3.5822	0.65	0.8179	8.9281	0.00	32.1659
sala_emergencia_materno_infantil.Queue	1.5093	0.34	0.3659	6.0999	0.00	15.6502
topico cirugia.Queue	0.6627	0.10	0.1777	1.4130	0.00	9.2406
topico ginecobstetricia.Queue	4.4858	1.27	0.7706	18.3545	0.00	36.9054
topico medicina.Queue	5.2308	1.46	1.1884	23.2692	0.00	42.4753
topico pediatria.Queue	1.2531	0.28	0.3443	5.1674	0.00	14.2195
topico traumatologia.Queue	1.5141	0.69	0.00	9.0100	0.00	30.2313
topico_enfermeria.Queue	0.4539	0.08	0.0993	1.3353	0.00	6.4485
trauma shock.Queue	1.3198	0.69	0.00	11.2469	0.00	26.3384
triaje.Queue	0.7551	0.13	0.3124	2.0033	0.00	12.5791
ventanilla de admision.Queue	25.4896	4.60	3.6444	70.8826	0.00	118.26
ventanilla SIS.Queue	3.9694	0.69	1.1031	8.9489	0.00	24.6203

Nota: Resultados del proceso mejorado del tiempo promedio de espera en la cola de la Farmacia.

Figura 20.

Interpretación de resultados del proceso mejorado de la utilización de los recursos

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
farmaceutico	0.7453	0.01	0.6442	0.8698	0.00	1.0000
licenciada_enfermera1	0.3513	0.01	0.2582	0.4232	0.00	1.0000
licenciada_enfermera2	0.6240	0.02	0.5017	0.7576	0.00	1.0000
licenciada_enfermera3	0.5816	0.03	0.3505	0.8176	0.00	1.0000
medico_cirugia	0.4006	0.02	0.2155	0.5408	0.00	1.0000
medico_cirujano	0.2697	0.03	0.1528	0.4915	0.00	1.0000
medico_medicina	0.6973	0.03	0.5392	0.9264	0.00	1.0000
medico_obstetra	0.5652	0.04	0.3117	0.8984	0.00	1.0000
pediatra	0.3703	0.03	0.2119	0.6148	0.00	1.0000
tecnico_admision	0.8188	0.02	0.6537	0.9325	0.00	1.0000
tecnico_SIS	0.6860	0.02	0.5682	0.7813	0.00	1.0000
traumatologo	0.2141	0.04	0.00	0.5669	0.00	1.0000

Nota: Resultados del proceso mejorado de la utilización del recurso de la Farmacia (Farmacéutico).

Asimismo, los resultados de los indicadores principales: Tiempo promedio en el sistema y elNúmero promedio de pacientes en proceso.

Figura 21.

Tiempo promedio en el sistema y el Número promedio de pacientes en proceso

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
paciente	58.8535	3.96	38.9336	88.1123	0.3491	161.78

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
paciente	25.4329	1.56	17.5099	34.9057	0.00	63.0000

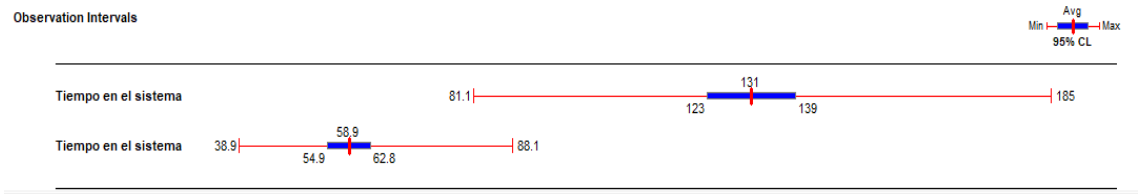
Nota: Resultados promedio en el sistema y el Número promedio de pacientes en proceso.

4.9. Comparación de indicadores actual vs. propuesto

Para reconocer que los resultados recogidos en el proceso representan los mejores que el proceso actual, se compara los dos principales indicadores en un análisis en base sus medias. Para realizar dicha comparación utilizaremos la herramienta del Software Arena Output Analyzer basado en los indicadores: tiempo promedio en el sistema y número promedio de pacientes enel sistema.

Figura 22.

Tiempo promedio en el sistema



Classical C.I. Intervals Summary

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Tiempo en el sistema	131	25.1	8.04	81.1	185	40
Tiempo en el sistema	58.9	12.3	3.92	38.9	88.1	40

Nota. Al 95% de confianza se puede afirmar que el tiempo en el sistema de la mejora propuesta es menor que el sistema actual.

Figura 23.

Número promedio de pacientes en el sistema.

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
paciente	34.4307	1.95	20.9017	49.9439	0.00	101.00

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
paciente	25.4329	1.56	17.5099	34.9057	0.00	63.0000

Nota. Resultado del número promedio de pacientes en el sistema.

Capítulo V – Conclusiones

La mayor afluencia de pacientes en el Servicio de Emergencia es en el primer turno de 8:00 a.m. a 7:00 p.m.

Se validó los cambios propuestos en el sistema de atención del Servicio de Emergencia, el cual tienen un impacto positivo. Además, se observa una reducción del tiempo de atención delos pacientes del sistema actual (130.97 minutos) contrastado al sistema propuesto (58.85 minutos). Asimismo, se observa una reducción del número de pacientes que permanecen en el sistema actual (34 pacientes) comparado al sistema propuesto (25 pacientes).

Se simularon 40 réplicas para analizar los resultados de los indicadores del proceso. Así también, en base a los resultados obtenidos se realizaron las mejoras al proceso actual del Servicio de Emergencia.

Capítulo V – Recomendaciones

Se recomienda incentivar el pensamiento de la mejora continua al personal de salud, técnico y administrativo del Servicio de Emergencia del Hospital. Del mismo modo, es importante comunicar al Servicio de Emergencia del Departamento de Emergencia y Cuidado Críticos del Hospital los resultados provenientes de la simulación de sistemas a efectos de la implementación de las mejoras.

Se sugiere realizar un estudio de la distribución correcta de los recursos.

Referencias Bibliográficas

Cao, R. (2002). *Introducción a la Simulación y la teoría de colas*. España: Netbiblo.

Cassaro, M. (2013). *Using discrete event simulation to improve the patient care process in the emergency department of a rural Kentucky hospital* (tesis de maestria). University of Louisville, Kentucky, Estados Unidos. Recuperado de https://ir.library.louisville.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1708&context=etd

Ceballos et al., (2014). Simulación discreta aplicada a los modelos de atención en salud. *Investigación Innovación Ingeniería. volumen 2* (2), 10-14. Recuperado de http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/innovacioning/article/view/2045

Delgado, E. K., y Mejía, P. (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, volumen 14(1),* 47-54. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/816/81622582008.pdf

Díaz, R. (2002). Satisfacción del paciente: principal motor y centro de los servicios sanitarios. *Revista de calidad asistencial*, 17(1).

García et al., (2013). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*. Segunda edición. México D.F.: Pearson

González, D., y Carro, R. (2012). *Modelos de líneas de espera*.

Hillier, F. S. y Lieberman, G. J. (1997). *Introducción a la investigación de Operaciones*. (6ºed.). México, D.F.: Mc Graw Hill

Kotler, P. (1997). *Dirección de Mercadotecnia*. Chicago: Prentice Hall

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 grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Disponible en: https://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

Medina et al., (2010). Reducir tiempos de espera de pacientes en el departamento de emergencias de un hospital utilizando simulación. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial. Volumen 13(1),* 67-76. Recuperado de

https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81619989010

Nikkhah, B. (2017). *Modelado y mejora del flujo de pacientes en un departamento de emergencias en un hospital local utilizando simulación de eventos discretos*. Recuperado de https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/194646/NikkhahGhamsari_umn

Parasuraman et al., (1985). A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research. *Journal of Marketing, 49,* 41-50.

Pashanaste, D., y Pinedo, L. (2016). *Tiempo de espera y satisfacción de usuarios en consulta externa del centro de salud Moronacocha, Iquitos 2015*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos, Perú. Recuperado de http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3314/TESIS%20FINAL%20PINEDO%20PASHANASTE--.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pazos et al., (2003). *Teoría de Colas y Simulación de Eventos Discretos*. España, Madrid: Pearson.

Pesántez, J. (2015). *Teoría de colas*. Recuperado de https://es.slideshare.net/JUANKP21/teora-decolas2

Salazar, I. (2014). Diagnóstico y Mejora para el servicio de atención en el área de Emergencias de un hospital público. Recuperado de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5489/SALAZAR_IVAN_MEJORA_SERVICIO_ATENCION_EMERGENCIAS_HOSPITAL_PUBLICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Shannon, R. (1988). *Simulación de Sistemas: Diseño, Desarrollo e Implantación*. México D.F.: Trillas.

Taha, M. (1995). Investigación de operaciones. Quinta edición. México, D.F.: Alfaomega Uribe et al., (2017). Propuesta de mejora a los altos tiempos de espera en puntos de atención al usuario en una entidad promotora de salud empleando simulación discreta. *Scientia et Technica Volumen 22 (4).* Recuperado de http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/12881/11311

Urquía, A., y Martín, C. (2013). *Modelado y simulación de eventos discretos*. España, Madrid: Grafos.