

TOMA DE DECISIONES DE GESTIÓN EN SERVICIOS DE URGENCIAS Y  
HOSPITALIZACIÓN BASADO EN TÉCNICAS DE MODELAMIENTO Y  
SIMULACIÓN

SEBASTIÁN JIMÉNEZ LUNA  
JUAN SEBASTIAN ROA HERRERA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ  
2020

TOMA DE DECISIONES DE GESTIÓN EN SERVICIOS DE URGENCIAS Y  
HOSPITALIZACIÓN BASADO EN TÉCNICAS DE MODELAMIENTO Y  
SIMULACIÓN

SEBASTIÁN JIMÉNEZ LUNA  
JUAN SEBASTIAN ROA HERRERA

Proyecto de investigación para optar al título de ingeniería Industrial

Ing. Helien Parra Riveros

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ  
2020

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

Bogotá 15 diciembre del 2020

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	15
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2. Pregunta de investigación .....	19
1.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA .....	19
2. JUSTIFICACIÓN.....	20
3. OBJETIVOS.....	21
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
4. MARCO REFERENCIAL .....	23
4.1. MARCO TEÓRICO .....	26
4.2. MARCO LEGAL.....	31
4.3. SITUACIÓN ACTUAL .....	32
5. MARCO METODOLÓGICO.....	37
5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	37

5.2.	ACTIVIDADES Y PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS.....	38
6.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	33
7.	PRESUPUESTO.....	35
8.	RESULTADOS. ....	35
8.1.	Descripción del caso de estudio Urgencias .....	35
8.1.1.	Recepción. ....	35
8.1.2.	VALORACIÓN MÉDICA INICIAL .....	35
8.1.3.	Observación de urgencias.....	35
8.1.4.	Triage.....	36
8.1.5.	Consulta.....	36
8.2.	Tratamiento. ....	36
8.3.	Remisión o salida .....	36
8.3.1	Remisión. ....	37
8.3.2.	Salida. ....	37
8.4.	Casos especiales:.....	37
8.4.2.	Reanimación. ....	38
8.4.3.	clasificación de trauma .....	38
8.5.	Hospitalización y salas de cirugía.....	40

8.5.1.	Generar hospitalización.....	40
8.5.2.	Manejo conjunto.....	40
8.5.3.	Terminar manejo por esta especialidad. ....	40
9.	Análisis estadístico de la información de flujo de pacientes de los servicios de urgencias y hospitalización. ....	41
9.1.	Base de datos Urgencias.....	41
9.1.1.	Homogeneización y filtración en datos Urgencias:.....	44
9.1.2.	Filtración tiempos .....	44
9.1.3.	Eliminación Casos Negativos.....	46
9.2.	Análisis Exploratorio Urgencias .....	48
9.2.1.	Análisis Descriptivo .....	48
9.2.2.	Remisiones a Hospitalización en urgencias .....	54
9.3.	Ajustes de bondad.....	58
9.4.	Ajustes Tiempo de espera triage .....	61
10.	Desarrollo Del Modelo De Simulación.....	70
10.1.	Características del software flexsim. ....	70
10.2.	Modelado.....	70
10.3.	Process Flow.....	71
10.3.1.	Librerías empleadas.....	71

10.4.	Parametrización del modelo .....	73
10.4.1.	Objetos utilizados para construir un modelo. Propiedades y parámetros.....	74
10.4.2.	Modelo .....	86
11.	Proyección de decisiones.....	88
11.1.	Resultados De la simulación .....	90
11.2.	Resultados Del análisis estadístico. ....	95
12.	CONCLUSIONES.....	97
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
14.	anexos.....	35

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Objetivo General	16
Tabla 2 Objetivos Específicos	16
Tabla 3 Métodos empleados para abordar problemas relacionados con el flujo de pacientes	18
Tabla 4 Áreas de aplicación en simulación	20
Tabla 5 Definiciones de Simulación	24
Tabla 6 IPS pública por nivel de atención	28
Tabla 7 Nivel de saturación encontrada por tipo de hospital	30
Tabla 8: Indicadores de gestión urgencias	32
Tabla 9 actividades a desarrollar durante la investigación	33
Tabla 10 Cronograma	33
Tabla 11 Presupuesto	35
Tabla 12 Descripción base de datos urgencias.	39
Tabla 13 Campos a Calcular base Urgencias.	41
Tabla 14 Coeficiente de variación	47
Tabla 15 Valores GAIC en Edades	56
Tabla 16 librerías flexsim	72

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Cantidad de registros por hora	13
Ilustración 2 Número de camas hospitalarias por cada 1000 habitantes	14
Ilustración 3 Proceso	23
Ilustración 4 Formas de estudiar un sistema	24
Ilustración 5 Evolución del gasto en salud y protección social. <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Ilustración 6 Cantidad de IPS en Colombia.	29
Ilustración 7 Diagrama de proceso urgencias	38
Ilustración 8 Proceso Filtrado de tiempos	42
Ilustración 9 Subproceso de concatenación	43
Ilustración 10 flujograma de concatenación hora categoría. y atención	43
Ilustración 11 Conversión de tiempos a formato numérico.	45
Ilustración 12 Data frames y vectores obtenidos filtro negativos	45
Ilustración 13 Frecuencia Por Triage	46
Ilustración 14 Gráficos de barras triage / mes	47
Ilustración 15 Tiempo de Ciclo Por Triage	48
Ilustración 16 Diagramas de caja tiempos de ciclo.	49
Ilustración 17 Estadísticos de Tiempo de Ciclo Por grupo	50
Ilustración 18 Cantidad de registros por Hora Urgencias.	51
Ilustración 19 Pacientes hospitalizados	52
Ilustración 20 Histogramas Categorizados por Hospitalización	52

Ilustración 21 Gráficos de Densidad Categorizados por Hospitalización	53
Ilustración 22 Diagramas de caja por Triage en pacientes Hospitalización	54
Ilustración 23 Histograma de Edades	55
Ilustración 24 Normalidad en Edades	56
Ilustración 25 Ajuste Beta2 sobre en Edades	57
Ilustración 26 Ajuste Espera triage C1	58
Ilustración 27 Ajuste Espera atención C1	58
Ilustración 28 Ajuste Duración atención C1	58
Ilustración 29 Ajuste Espera triage C2	60
Ilustración 30 Ajuste Espera atención C2	60
Ilustración 31 Ajuste duración atención C2	60
Ilustración 32 Ajuste espera triage C3	62
Ilustración 33 Ajuste Espera atención C3	62
Ilustración 34 Ajuste duración atención C3	62
Ilustración 35 Ajuste espera triage C4	64
Ilustración 36 Ajuste Espera atención C4	64
Ilustración 37 Ajuste duración atención C4	64
Ilustración 38 Ajuste espera triage C5	66
Ilustración 39 Ajuste Espera atención C5	66
Ilustración 40 Ajuste duración atención C5	66
Ilustración 41 Diagrama de proceso ambulatorios casos especiales	68
Ilustración 42 Ilustración Clasificación del TCE según Glasgow. <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Ilustración 43 flujograma centro de trauma	69

Ilustración 44 flujograma hospitalización	70
Ilustración 45 Ventana de flexsim	72
Ilustración 46 librería de objetos discretos	73
Ilustración 47 grupos de locaciones y áreas	73
Ilustración 48 grupo staff: Enfermeros y médicos	74
Ilustración 49 grupo transports: Transporte de pacientes	74
Ilustración 50 process flow	75
Ilustración 51 proceso de registro	75
Ilustración 52 Sala de espera.	76
Ilustración 53 Examen médico.	77
Ilustración 54 Tiempo de tratamiento	77
Ilustración 55 Tratamientos	78
Ilustración 56 proceso de alta	78
Ilustración 57 Pacientes en estado crítico	79
Ilustración 58 Traslado de paciente a reanimación	79
Ilustración 59 Traslado de equipos como sillas de ruedas	80
Ilustración 60 cesión de procesos	80
Ilustración 61 Tratamiento prioritarios	81
Ilustración 62 Decisión de tratamiento prioritario	81
Ilustración 63 toma de decisión en dar de alta o ubicarlo a habitación	82
Ilustración 64 flujo de procesos urgencias	82
Ilustración 65 flujo de procesos hospitalización	83
Ilustración 66 Recepción y atención en urgencias	84

Ilustración 67 consultorios de atención no prioritaria	85
Ilustración 68 cuidados intensivos nivel 1 urgencias	86
Ilustración 69 Área de hospitalización	86
Ilustración 70 pestaña Experiment Runt	88
Ilustración 71 capacidad min y max en turno de tención x min	89
Ilustración 72 capacidad de pacientes que ingresan al hospital	90
Ilustración 73 picos de atención	90
Ilustración 74 capacidad de pacientes x horas	91
Ilustración 75 Estado de ocupación de doctores y enfermeros	91
Ilustración 76 porcentaje de utilización area de urgencias	92
Ilustración 77 porcentaje de ocupación de doctores	92
Ilustración 78 tiempo de atención min y Max en urgencias por áreas	93
Ilustración 79 porcentaje de utilización hospitalización	93
Ilustración 80 Tiempos min y max en el área de hospitalización	94

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Diagrama Causa Efecto Definición del problema.....	35
---	----

## RESUMEN

TOMA DE DECISIONES DE GESTIÓN EN SERVICIOS DE URGENCIAS Y HOSPITALIZACIÓN BASADO EN TÉCNICAS DE MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN.

**AUTORES:** SEBASTIÁN JIMÉNEZ LUNA, JUAN SEBASTIAN ROA HERRERA

**PALABRAS CLAVES:** Estudio de factibilidad, mejora asistencial, herramientas de simulación, recursos.

## DESCRIPCIÓN

El presente proyecto muestra el diseño y metodología utilizada para la mejora de los procesos que se realizan en Sociedad de cirugía de Bogotá Hospital San José en el área de urgencias; Con el objetivo de incrementar la efectividad en las actividades realizadas en el área de urgencias y el uso eficiente de recursos, en el contenido se encontrará un análisis de la problemática planteada, su metodología usada para esta investigación y los análisis está discos que permitieron optimizar de una manera significativa la utilización de los recursos y la mejora asistencial, ofreciendo a las personas que son remitidas al hospital por accidentes y complicaciones de salud una atención rápida prioritaria y eficiente evitando congestiones en los procedimientos y el tiempo de atención que se necesitó para atender dicha la emergencia , así mismo se realizó por medio de una herramienta de simulación, una simulación en los cuales se tuvieron en cuentas los tiempos de cada área , permitiendo crear un protocolo que ayuda a la toma de decisiones y el uso eficiente de recursos que es necesitada por el hospital.

## **Abstract**

**TITLE:** “MANAGEMENT DECISION MAKING IN EMERGENCY SERVICES AND HOSPITALIZATION BASED ON MODELING AND SIMULATION TECHNIQUES”.

**AUTHORS:** SEBASTIÁN JIMÉNEZ LUNA, JUAN SEBASTIAN ROA HERRERA

**KEY WORDS:** Feasibility study, healthcare improvement, simulation tools, resources.

## **DESCRIPTION**

This project shows the design and methodology used to improve the processes that are carried out in the Surgery Society of Bogotá Hospital San José in the emergency area; In order to increase the effectiveness of the activities carried out in the emergency area and the efficient use of resources, it will find an analysis of the problem raised, its methodology used for this research and the analyzes are discs that allowed optimizing a The use of resources and the improvement of care are used, offering people who are referred to the hospital for accidents and health complications a fast, priority and efficient attention, avoiding congestion in the procedures and the time of attention that was needed to attend to said care. It was also carried out by means of a simulation tool, a simulation in which the times of each area were taken into account, allowing creating a protocol that helps decision-making and the efficient use of resources that is necessary for Hospital.

## INTRODUCCIÓN

La congestión en las unidades de urgencia constituye un problema en muchos países del mundo, entre los que se incluye Estados Unidos, Chile y Colombia. La congestión en los servicios de urgencia produce problemas a los pacientes y al personal, además de tiempos de espera cada vez más largos, desvíos de recursos cada vez mayores, estadías cada vez más largas, mayor número de errores médicos, mayor mortalidad de los pacientes y una mayor pérdida de recursos a los hospitales debido a pérdidas financieras (Dr.RValenzuela, 2017).

Por esto para la Sociedad de cirugía de Bogotá Hospital San José esta situación que presenta no es ajena puesto que esta institución también se encuentra en un proceso de mejora que requiere de estrategias que permitan optimizar de una forma significativa la utilización de recursos y la mejora asistencial que se les ofrece a los pacientes que son remitidos al hospital, no es solo en esta entidad donde se presentan estos problemas si no también en más entidades prestadoras de salud se encontrarán problemas como lo son la congestión y saturación de las salas de urgencias y en los diferentes puntos de atención, los tiempos de espera inaceptables y el retraso, deterioran la imagen del servicio además la falta de planificación y programación adecuada de métodos cuantitativos que permitan la utilización óptima de los recursos. Por esto en el hospital se plantea implementar un modelo en el que se puede ver la simulación de los procesos en cada área, el cual nos ayudará como herramienta a mirar estadísticamente los procesos en los cuales se está tomando una mayor cantidad de tiempo en atender a el paciente, ayudando por medio de una buena gestión a disminuir el tiempo de servicio tanto en las áreas de hospitalización y urgencias brindando una mayor eficiencia en el servicio.

## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La salud en Colombia es vista desde una perspectiva social, apreciada como un estado deseado a la que la sociedad quiere acceder (Parra Riveros, 2012), esta perspectiva se debe en gran parte al estado social de derecho, lo que implícitamente significa que la organización territorial encamina sus actividades a la disminución de la desigualdad en sus habitantes, esto complementado con el artículo 48 de la constitución, sustenta el modo de actuar del sistema de salud.

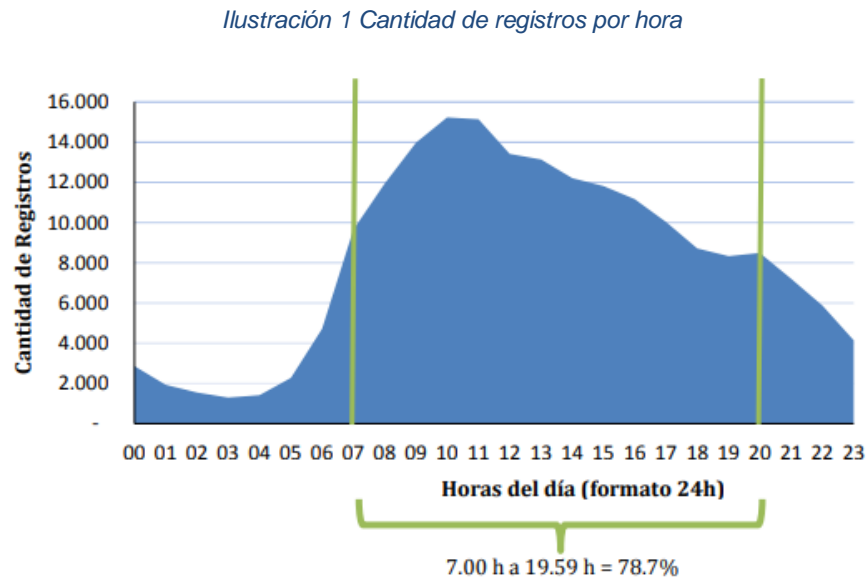
Si bien la cobertura total del sistema de salud se sitúa en un 94,66% para el 2018 (DANE, 2019), lograr disminuir la desigualdad en el servicio de salud se ha convertido en un verdadero dolor de cabeza para la nación, donde a pesar de que se invierta en el gasto de salud, los cambios son pocos, aquellos problemas de déficit acumulado, la eficiencia con la que se tratan los recursos y financiación, ponen en peligro la sostenibilidad del sistema.

Por un lado, tenemos el servicio de urgencias que constituye una parte clave del sistema, siendo este dónde es más notable la falta de capacidad en las IPS del país, es fácil encontrar salas congestionadas de pacientes esperando ayuda para sus dolencias, sin embargo, la limitación de recursos tanto físicos como humanos hace que difícilmente se pueda brindar una atención oportuna, generando insatisfacción en los usuarios. Para el caso de Bogotá, la ciudad ha intentado solucionar los problemas en este y en otros servicios, mediante un modelo de salud distrital que trata de coordinar las instituciones del sector y proporcionar una atención integral.

A pesar de la implementación de políticas distritales como los 40 centros de atención prioritaria (CAPS) que están pensados para descongestionar el servicio de urgencias en los hospitales de la ciudad, (Secretaría de salud, 2019) es evidente que el problema no solo reside en la congestión y la capacidad del servicio. El recurso humano disponible en ese momento y los recursos físicos del lugar también influyen en la congestión, por ejemplo, algunas actividades complementarias al servicio como lo son los laboratorios clínicos e imagenología generan esperas superiores a 3 horas para la entrega de resultados, generando aún más congestión. (El Espectador, 2019)

Por lo descrito anteriormente, la capacidad no es el único problema que se tiene este momento, por ejemplo, la personería de Bogotá encontró equipos descompuestos en los servicios de imagenología en las subredes norte, sur occidente y sur que llevaban más de 60 días fuera de servicio, también falta de insumos para el procesamiento de muestras en laboratorios clínicos (Redacción El Espectador, 2019). Aparte de las demoras antes descritas, existe una relación entre la hora del y la tasa de llegada que agrava la situación en algunos hospitales, la

ilustración 1 muestra la cantidad de registros por hora en tres IPS de la ciudad de Bogotá.



Fuente: (Rodríguez-Páez, Jiménez-Barbosa, & Palencia-Sánchez, 2018, pág. 220)

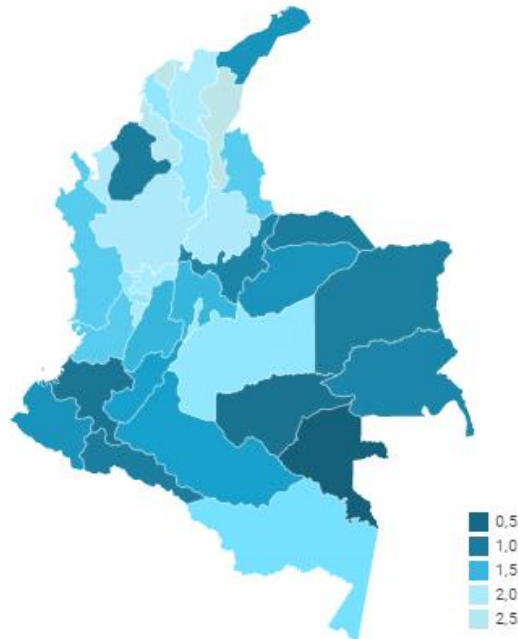
El anterior gráfico señala el número de personas registradas por hora de 3 IPS de tercer nivel en Bogotá durante 5 meses (Rodríguez-Páez, Jiménez-Barbosa, & Palencia-Sánchez, 2018), pudiéndose ver el aumento en la llegada de personas en la mañana, (desde 7 am hasta las 11 am) luego de esto los arribos van disminuyendo paulatinamente. Para estos 3 hospitales se encontró que en 12,6 horas del día se hacen el 78,7% de los registros, y la franja de 10 a 11 de la mañana registra el mayor pico (unas 34 personas por IPS).

Por otra parte el servicio de hospitalización generalmente está alimentado por otros como consulta externa, pacientes programados para procedimientos quirúrgicos, entrados por urgencias y remitidos, estos últimos, son trasladados a petición de la EPS del usuario, debido a que la IPS donde llegó en un principio no puede prestar el servicio especializado que necesita, ya sea por falta de capacidad o porque no prestan tal servicio, en este caso la IPS destinataria puede decidir si aceptarlo o no según su situación actual.

La complejidad del servicio que necesita el usuario es de importancia dado al reducido número de hospitales de tercer nivel en el país, implicando que los casos de pacientes más complejos tengan que realizar largos desplazamientos, siendo remitidos muchas veces desde sus IPS regionales a hospitales especializados que

están ubicados en las grandes ciudades. En Bogotá existen 9 IPS de tercer nivel de las 1517 registradas en la ciudad, (REPS, 2019) en otras palabras, solamente el 0,6% es competente para atender los casos de alta complejidad

*Ilustración 2 Número de camas hospitalarias por cada 1000 habitantes*



Fuente (REPS, 2019)

En Colombia 85.790 camas están ubicadas en IPS, aquellas tienen que cubrir las necesidades de 48 '258.494 personas (DANE, 2019), es decir, existen aproximadamente 1,7 camas por cada 1000 habitantes, cifra preocupante y que dimensiona la falta de capacidad del sistema. (Vivas, 2018) Para que el sistema pueda funcionar con carencia de capacidad, en algunos hospitales agilizan el proceso tanto de admisión como de salida asignando a personal que específicamente se encargue de ayudar a que los pacientes terminen el proceso de papeleo en el menor tiempo posible.

El caso deja el pequeño interrogante de poder realizar estrategias para mejorar la saturación y medir su impacto individual. Si desea consultar concretamente las causas del problema, en el anexo N° 1 se muestra con más detalle los problemas encontrados en el servicio de urgencias del hospital San José.

## **1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuáles son las decisiones de gestión que pueden ser tomadas basados en modelos de simulación, para hacer más eficientes los servicios de urgencias y hospitalización?

## **1.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuáles son los procesos dentro del servicio de urgencias de la Sociedad de Cirugía de Bogotá? Hospital de San José?

¿Qué indicadores son necesarios para la toma de decisiones de gestión en la Sociedad de Cirugía de Bogotá. Hospital de San José?

¿Cómo debería desarrollarse un modelo que permita simular el ambiente actual del servicio de urgencias de la Sociedad de Cirugía de Bogotá? Hospital de San José?

## **2. JUSTIFICACIÓN**

El presente proyecto busca, a través de la aplicación de conceptos como BPMN, analítica de datos y simulación en eventos discretos, realizar un modelo que permita ensayar combinaciones en la gestión del recurso en los servicios de urgencia y hospitalización, de manera controlada y sin afectar el sistema real, que derive en una toma de decisiones basadas en el análisis de datos. Lo anterior permitirá a los autores del proyecto contrastar conceptos de los campos antes mencionados, aplicados a un hospital de alta complejidad como lo es el Hospital de San José.

En aras de la realización del proyecto, la parte de diagramación de los procesos escogidos se realizará bajo los parámetros establecidos en la notación gráfica BPMN 2.0, mediante el software Bizagi modeler, a su vez, para la simulación de procesos se recurre al enfoque de eventos discretos, desarrollada a través del software FlexSim. Todo esto propiciando la aplicación de conocimientos y temas trabajados, por consiguiente, el trabajo per se está delimitado en la línea de investigación de mejoramiento de procesos que posee la facultad.

Al desarrollar lo anteriormente descrito el proyecto brindará una herramienta con la que se puedan definir y proyectar un conjunto de decisiones mejorando el flujo de pacientes del hospital. Se tiene la expectativa de no solo contribuir a la solución del problema en general, sino incentivar el uso de simulación tanto en los hospitales del país, como en la comunidad académica de la facultad de ingeniería industrial de la universidad Santo Tomás

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Tabla 1: Objetivo General

LO QUE HAY	LO QUE DEBE HACERSE	LOS RESULTADOS ESPERADOS		
Situación actual	Objetivo	Resultado esperado (sobresaliente)	Métrica de evaluación	Criterio de éxito (esperado)
No se cuenta con un modelo de simulación del servicio de urgencias y hospitalización en la Sociedad de Cirugía de Bogotá. Hospital de San José que sirva como herramienta para la toma de decisiones de gestión.	Diseñar un modelo de simulación que represente los servicios de urgencias y hospitalización que evidencien el comportamiento del sistema para la toma de decisiones de gestión.	Dos (2) modelo de simulación validado por cada servicio	Modelos de simulación	Un (1) modelo de simulación validado por cada servicio

Fuente: Elaboración propia, colaboración Parra Riveros.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Tabla 2 Objetivos Específicos

Situación actual	Objetivo	Resultado esperado	Métrica de evaluación	Criterio de éxito
No se cuenta con un modelo estadístico que describa el comportamiento del flujo de	Analizar estadísticamente la información de flujo de pacientes de los servicios de urgencias y	Modelo estadístico validado.	Precisión del modelo estadístico.	Modelo validado.

pacientes de la Sociedad de Cirugía de Bogotá. Hospital de San José.	hospitalización de un caso de estudio.			
No se cuenta con una simulación del ambiente del sistema de la Sociedad de Cirugía de Bogotá. Hospital de San José.	Desarrollar un modelo de simulación con un software "FlexSim" el modelo de simulación de los servicios de urgencias y hospitalización de un caso de estudio.	Simulación del ambiente del sistema validada.	Semejanza de la simulación con la realidad.	Simulación validada.
Se toman decisiones basados en indicadores de gestión; pero, no se simulan previamente.	Definir y proyectar el conjunto de decisiones que pueden tomarse con el modelo de simulación de los servicios de urgencias y hospitalización de un caso de estudio.	Conjunto de decisiones que se pueden tomar mediante la simulación.	Cantidad de decisiones que se puedan tomar basadas en la simulación.	Decisiones de gestión validadas.

Fuente: Elaboración propia, colaboración Parra Riveros.

## 4. MARCO REFERENCIAL

Para poder atender a los problemas frecuentes de los sistemas de salud fácilmente descritos como resolución, capacidad, oportunidad y calidad. Existen distintos métodos mostrados en la tabla N° 3.

Tabla 3 Métodos empleados para abordar problemas relacionados con el flujo de pacientes

Métodos	Objetivo de estudio
Simulación de eventos discretos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de nuevos procesos</li> <li>• Disminuir los tiempos de espera para que los pacientes sean atendidos</li> <li>• Mejorar el rendimiento de los procesos asistenciales</li> </ul>
Dinámica de sistemas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir los tiempos de espera de los pacientes</li> <li>• Realizar mejoras en los flujos de pacientes y la capacidad del sistema</li> <li>• Evaluar los efectos de las propuestas y políticas implementadas para el mejoramiento de procesos</li> <li>• Analizar la utilización de camas</li> </ul>
Teoría de restricciones (TOC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementar el número de pacientes tratados en la misma unidad de tiempo (<i>throughput</i>), sin necesidad de recursos adicionales y sin aumentar la exigencia o sobrecargar al personal para trabajar más intensamente.</li> <li>• Identificar el punto de apalancamiento que explique la razón del promedio del número de días de hospitalización.</li> <li>• Reducir el promedio de días de estancia con los mismos recursos.</li> </ul>
Análisis envolvente de datos (AED)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar el aumento de la eficiencia técnica</li> <li>• Analizar el incremento en el uso de la capacidad instalada.</li> <li>• Analizar el incremento en la capacidad de los hospitales.</li> <li>• Evaluar el cambio en la estancia media por paciente.</li> </ul>
Reingeniería de procesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de procesos para asignación de camas</li> <li>• Rediseño de procesos para reducir la variabilidad en el ingreso y al alta de paciente</li> <li>• Rediseño del proceso de hospitalización</li> </ul>
Modelos de Markov	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Predecir la estancia promedio de pacientes en el hospital</li> <li>• Predecir los requerimientos de recursos en salud necesarios para la atención de pacientes</li> <li>• Describir la dinámica estocástica de pacientes</li> </ul>
Pensamiento esbelto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar mejoras en el proceso de hospitalización</li> <li>• Disminuir la duración de la estancia media</li> </ul>

Fuente: (Ceballos Acevedo, Velásquez-Restrepo, & Jaén-Posada, 2014, pág. 281)

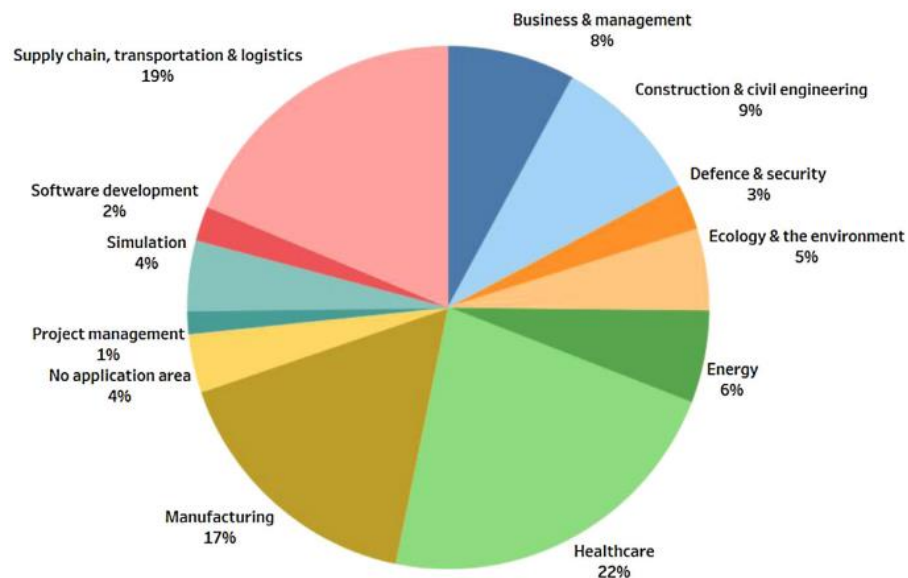
La tabla N° 3 es de gran importancia debido a que resume los objetivos de aplicar cada tipo de método usado, enfocados a combatir estancias prolongadas de pacientes y su flujo en el sistema, todos estos métodos son altamente aceptados y no tienen ningún cuestionamiento teórico. Sin embargo, dado el contexto del proyecto, es importante para la gestión en los servicios exhibidos en el título, tener en cuenta relaciones causales que entorpezcan el flujo y, sobre todo, evaluar su impacto a través del tiempo, motivos por los cuales la simulación es altamente recomendada (Ceballos Acevedo, Velásquez-Restrepo, & Jaén-Posada, 2014).

Otros modelos encontrados a través de la revisión de literatura, fueron las redes abiertas de Jackson, que no es más que casos específicos de teoría de colas, donde las llegadas externas a la red se distribuyen bajo una poisson, la tasa de servicio es exponencial y los clientes se mueven a otras etapas según una probabilidad (García Sabater, 2015). Sumi Kim en 2013 integró este modelo con priorización de clases de pacientes en un servicio de urgencias, reduciendo significativamente los tiempos de espera para clases de pacientes con alta prioridad, sin sacrificar los tiempos de espera para clases de menor prioridad (Kim & Kim, 2013, pág. 50).

Aunque todos estos métodos son eficientes y utilizados ampliamente para investigaciones, se centran en el flujo de pacientes en el sistema y su duración dentro de él, no analizan en sí la gestión de recursos clave, como lo serían las camas hospitalarias. Los diagramas de Barber y Johnson son muy útiles para evaluar estancias medias, rotación y ocupación de las camas, Pulgar realizó un análisis a partir de indicadores recolectados en 10 años de un hospital, encontrando problemas en el tiempo del alta y nuevo ingreso a la misma cama, que demuestra una mala gestión del recurso (Pulgar Perera, Paniagua Tejo, & Sañudo García, 2019).

Profundizando en este método la simulación de operaciones, definida desde la perspectiva de W, David Kelton, “Se refiere a un gran conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el comportamiento de sistemas reales, generalmente en una computadora con un software apropiado” (Kelton, Sadowski, & Sturrock, 2008). Dentro del área de la ingeniería industrial y afines, la simulación de eventos discretos (DES por sus siglas en inglés) ha tenido bastante aceptación en la comunidad académica debido a su efectividad en abordar sistemas complejos, dado el avance informático de los últimos años, esta herramienta se ha popularizado convirtiéndose en tendencia en algunas áreas (Brailsford, Eldabi, Kunc, Mustafeec, & Osorio, 2018).

Tabla 4 Áreas de aplicación en simulación



Elaborado por Sally Brailsford, sacado de (Brailsford, Eldabi, Kunc, Mustafeec, & Osorio, 2018, pág. 729)

Como se puede ver en la ilustración N° 4 sacado de un artículo de Sally Brailsford, una reconocida investigadora de la universidad de Southampton, en donde hace una revisión literaria de las áreas de aplicación en simulación, salud, logística y manufactura son los campos con mayor número de investigaciones relacionadas con simulación.

En Colombia los trabajos de investigación afines a la salud y simulación han sido variados, y se han caracterizado por ser casos de aplicación, entre los encontrados resalta el trabajo de grado “Simulación y rediseño de los procesos del servicio asistencial de urgencias fundación oftalmológica de Santander - clínica Carlos Ardila Lulle-foscal” del 2011 donde a través del software arena se modelo una simulación que permitió rediseñar y mejorar hasta en un 59% los tiempos de espera de una IPS de segundo nivel de complejidad (Vesga Serrano, 2011).

Otra investigación realizada por Grimaldo Gloria, planteó en 2015 un artículo llamado “Simulación de un sistema de emergencias caso E.S.E Hospital San Rafael” donde también modeló una simulación en el servicio de emergencias para procedimientos mínimos o menores de una IPS de Boyacá, planteando 3 escenarios con diferentes distribuciones de recursos en flexsim, llegando a mejorar los tiempos de espera de los usuarios en un 18,7% (Grimaldo León, Silva Rodríguez, Espitia García, & Pan Chaparro, 2015).

A su vez se encontró otro artículo donde Mendoza Alfonso, enseña los resultados de aplicar DES en una IPS de la costa atlántica donde los escenarios what if, no solo incluyen redistribución de recursos, sino también decisiones de gestión como modificación en los horarios de médicos y especialistas, se resaltan mejoras en los ingresos financieros de la IPS y el uso de la simulación para disminuir la pérdida de pacientes (Mendoza Caseres, González Conde, Corcho Martínez, & Berdugo Alonso, 2016).

Lo descrito anteriormente demuestra claramente 2 puntos: la simulación dentro de los sistemas de salud no solo es una herramienta bastante utilizada para abordar servicios complejos como lo es el de urgencias, sino que también suele tener buenos resultados, que repercuten en disminución en los tiempos de espera, y aumento en los ingresos de las IPS donde es probado. Las herramientas más utilizadas para desarrollar DES son promodel, arena y flexsim, la primera es reconocida por traer un módulo de optimización integrado, la segunda por su facilidad de uso, y la última por su acercamiento a la realidad, al poder mejorar la visualización del sistema (Torres Martínez, 2016).

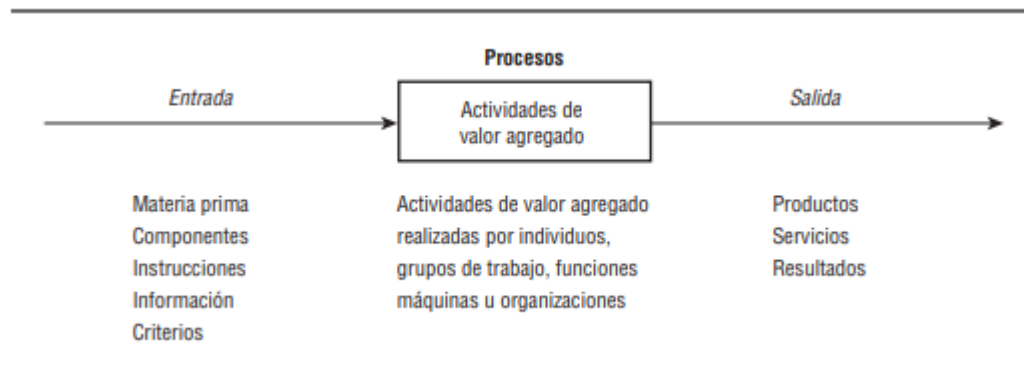
#### **4.1. MARCO TEÓRICO**

Para poder entender el concepto de simulación, primero se tiene que tener en claro palabras como proceso, sistema y modelo, por ello empezaremos a caracterizar estos conceptos más a fondo antes de retomar la DES.

Empezando la revisión literaria que se hizo, da de cuenta que muchas de las palabras antes mencionadas, tienen un distinto significado dado el contexto al que se aplica, por ejemplo, Urquía define sistema como “Cualquier objeto cuyas propiedades se desean estudiar” (Urquía Moraleda & Martín Villalba, 2013, pág. 18), esta enunciación será el escogido para esta palabra.

La definición que se tomará en este documento de proceso, será la misma que aparece definida en la ISO 9001, donde se le refiere como “un conjunto de actividades relacionadas entre sí o que interactúan, transformando elementos de entrada en elementos de salida” (ISO, 2015). Donna Summers en su libro Administración de la calidad, aclara que un proceso recoge entradas y ejecuta actividades de valor agregado, generando salidas (S. Summers, 2006, pág. 202).

Ilustración 3 Proceso



Elaboración Donna Summers, sacado de (S. Summers, 2006, pág. 203)

En la ilustración N° 4 se observa la dinámica general de un proceso, donde las entradas pueden clasificarse en recursos; ya sean físicos o de información, y donde estos son a su vez procesados por conjunto de actividades que agregan “valor”, generando ya sean productos, servicios o resultados (también en algunos casos produciendo desperdicios). Desde el contexto del proyecto, el sistema de salud contiene muchos procesos, tantos que su comportamiento varía complejamente, por ello es difícil estudiar este de manera integral.

Una de las maneras para conocer tal comportamiento es aplicando un experimento, Urquía lo define como “*proceso de extraer datos de un sistema sobre el cual se ha ejercido una acción externa*” (Urquía Moraleda & Martín Villalba, 2013, pág. 18). Por tanto, el hecho de experimentar sobre un sistema real, puede entorpecer las actividades de este, y en algunos casos esto puede generar afectaciones.

Es por esto que usualmente se utilizan modelos basados en un sistema, los modelos son “*representaciones de un sistema desarrollada para un propósito en específico*” (Urquía Moraleda & Martín Villalba, 2013, pág. 19), aquella definición permite una amplia gama de maneras de representaciones, ya sean mentales (concepciones y consideraciones sobre un sistema), verbales (describirlas de manera oral), físicos (prototipos y maquetas), matemáticos (fórmulas, ecuaciones y la simulación).

Ilustración 4 Formas de estudiar un sistema



Elaboración Urquía Moraleda, sacado de (Urquía Moraleda & Martín Villalba, 2013, pág. 20)

En la ilustración 5 el autor enseña a manera de mapa, las posibles formas de estudiar un sistema, esta ilustración resulta bastante interesante, sin embargo, se salta uno de los modelos más importantes que curiosamente, los ingenieros industriales conocen bastante bien, este es el modelamiento gráfico, donde a partir de símbolos y texto, se describe el funcionamiento de procesos y sistemas. Existen distintos estándares para diagramar, para desarrollar el objetivo del presente documento, la notación que se utilizará es BPMN 2.0.

BPMN no es más que una notación con enfoque sistemático en procesos, que mezcla tecnologías de la información con el fin de cumplir los objetivos del negocio (buscando la agilidad en el negocio, eficiencia y eficacia) (Freund, Rucker, & Hitpass, 2012, pág. 12). Este es escogido debido a su popularidad para modelar procesos, estando por encima incluso de notaciones como UML.

Ahora que se ha definido conceptos como proceso, sistema y modelo, ya se puede abordar el significado de simulación, sin embargo, para llegar a una mejor definición, en la tabla N° 4 se muestran algunas definiciones encontradas cinco distintos autores.

Tabla 5 Definiciones de Simulación

AUTOR(ES)	DEFINICIÓN
<b>propone H. Maisel y G. Gnugnoli</b>	Simulación es una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos, que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, químicos o físicos a través de largos periodos de tiempo.
<b>Robert E, Shannon</b>	"Proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema".
<b>Coss, R. 1982</b>	Consiste en diseñar un modelo matemático de un sistema real y experimentar diversas posibilidades con él para determinar el comportamiento de dicho sistema, así como evaluar diversas estrategias para que de esta manera se pueda optimizar el funcionamiento del mismo. Con la ayuda del ordenador se ejecuta el modelo a través del tiempo, con el fin de generar muestras representativas de las mediciones de su funcionamiento <sup>39</sup> .
<b>Antoni Guash et al. 2005</b>	La simulación es una herramienta adecuada para el análisis y la ayuda a la toma de decisiones por su capacidad para modelar estas relaciones y los factores aleatorios inherentes a estos sistemas, esta permite explorar múltiples opciones, sin la necesidad de una inversión de recursos importantes y sin degradar el nivel de servicio actual.
<b>Céspedes Viñuela et al. 2007</b>	Es un proceso que conecta los problemas del mundo real con las matemáticas, interpretando la realidad con el propósito de predecirla. Específicamente, la simulación es la representación de un proceso o fenómeno mediante otro más simple, el que permite analizar sus características.

Elaboración Andrea Vesga, (Vesga Serrano, 2011, pág. 35)

En la tabla N° 4 se puede encontrar como factor en las definiciones, que la simulación es un tipo de modelamiento matemático, muchas veces apoyada por computadoras, orientada a entender el funcionamiento de un sistema con el objetivo de optimizar el funcionamiento de esta. Posiblemente, uno de los primeros métodos de simulación sea el llamado Método de Montecarlo, desarrollado entre 1942 y 1945 por J.V. Neumann y S.Ullman, dicho método se basa en algoritmos utilizados para simular sistemas complejos mediante la resolución de ecuaciones por métodos de aproximación aleatoria (Generación de un modelo de simulación virtual aplicado a una línea de fabricación aeronáutica, 2014).

Existen varios tipos de simulación, donde se recalcan la simulación de eventos discretos (DES), sistemas dinámicos y simulación basada en agentes, a continuación, se muestra una breve definición de cada uno de estos.

- Simulación de eventos discretos (DES): Son modelamientos matemáticos en los que el tiempo interviene, a su vez el valor de las variables cambia en instantes llamados eventos, y los intervalos entre los últimos son variables en función de la ocurrencia a futuro (Urquía Moraleda & Martín Villalba, 2013, pág. 28).
- Sistemas dinámicos: Es un enfoque de simulación que trata de abordar sistemas complejos, no lineales, cuenta con bucles de retroalimentación que hacen que los cambios en valores de variables, sea continuo a través del tiempo.
- Simulación basada en agentes: Es el concepto más nuevo de los tres tipos, este parte del mismo principio de la DES, con la particularidad que el agente que fluye a través del sistema, goza de autonomía, donde por medio de “percepciones”, realiza acciones bajo condiciones if-then (Simulación computacional, 2017).

A fin de cuentas, la simulación es uno de los métodos más utilizados en algunos casos para el sector de la salud. En la ingeniería hace muchos años se ha venido trabajando en distintas áreas estos problemas, convergiendo para mejorar las condiciones del sistema, ya sea con soluciones tangibles o no, y ocasionando la creación de una nueva área llamada Healthcare Engineering

Una definición útil sobre esta rama puede ser la descrita por el diccionario American Heritage

*“Healthcare Engineering es la ingeniería involucrada en todos los aspectos de la prevención, diagnóstico, tratamiento y manejo de la enfermedad, así como la preservación y Mejora de la salud, a través de los servicios afines de la salud”*

Para hallar los ajustes de bondad, materia prima para la simulación, se realizará un test GAIC que es la generalización de métricas que permiten cuantificar el ajuste de una distribución evaluada (Amat, 2020), en esta se obtiene un puntaje que se ve como una penalización, entonces, cuanto menor sea el valor, mejor es el ajuste y este será escogido para revisarlo gráficamente. LA fórmula que sigue este método es:

$$GAIC = -2 \log(\text{likelihood}) + k \times n^{\circ} \text{parametros}$$

La función descdist genera los estadísticos principales que describen una distribución: mínimo, máximo, media, mediana, desviación estándar, skewness y kurtosis. Un valor de skewness distinto de cero indica una falta de simetría en la distribución, mientras que la kurtosis cuantifica el peso de las colas en comparación

a una distribución normal con una kurtosis de 3. Cabe resaltar que los estadísticos de skewness y kurtosis son poco robustos (Amat, 2020).

## **4.2. MARCO LEGAL**

El sistema de salud en Colombia está definido dentro de la política nacional de prestación de servicios de salud, delimitada en la ley 1122 del 2007, no obstante, es el resultado de un arduo proceso iniciado a partir de los debates y reformas de la ley 100 de 1993. Esta última representa el marco general donde se le dio vía libre a que los inversores privados entrasen a un mercado regulado, con el principal fin de poder aumentar la cobertura del servicio a cambio de que administrarán parte del negocio (amparados bajo la figura de entidades promotoras de salud EPS), lo que dio lugar a que muchos colombianos pudieran acceder al sistema de salud, sin embargo, la ley 1122 fue encaminada más hacia la accesibilidad, calidad y eficiencia del servicio, estos dos últimos se han convertido en objetivos que cobran más peso al pasar de los años.

Con la creación de la ley 100 el sistema de salud se estructuró bajo un modelo de aseguramiento que se dividió en 2 grandes grupos, el régimen contributivo donde la afiliación se hace a través de un pago financiado por el afiliado o en conjunto con su empleador, y el régimen subsidiado que incluye a la población más vulnerable (personas ubicadas en niveles de Sisben 1 y 2), financiados por recursos solidarios y de la nación (Ministerio de Salud, 2018). A su vez se hizo una separación entre el aseguramiento y la prestación del servicio, donde las entidades promotoras de salud (EPS), realizan el papel de aseguradores y recaudadores de recursos, mientras las instituciones prestadoras de salud (IPS), se encargan de prestarle el servicio a los afiliados.

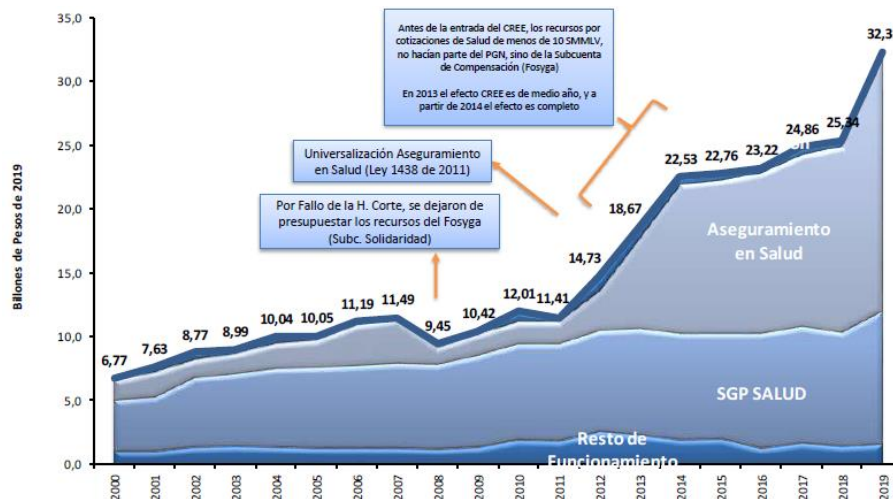
Las IPS realizan la prestación a los usuarios y posteriormente se le cobran los servicios que fueron prestados a la EPS, quienes son los encargados de pagar los servicios cubiertos en el plan obligatorio de salud (POS), sin embargo, la gran particularidad en este asunto es que si la IPS pertenece a la EPS se puede lograr una integración vertical, donde se alcanza una mayor eficiencia en la negociación y reducción de costos en transacciones, generando problemas a las IPS que no se integran como son las de capital público, es por eso que en Colombia las EPS no pueden tener gastos en salud mayores al 30% en su propia red (David & Giancarlo, 2016)

Es ahí donde reside uno de los más grandes problemas del sistema, ya que las IPS son instituciones que no tienen la posibilidad de prestar un servicio con pago de contado, y donde reducir el tiempo de cobro de cartera es crucial para alcanzar la calidad anhelada, situaciones como esta han generado un faltante de recursos en todo el sistema, donde según el ministro de salud Juan Pablo Restrepo, se estima que existe un déficit de 10 millones (Caracol Radio, 2018). Para atender este déficit el gobierno ha aumentado los recursos a la salud, del presupuesto aprobado por el congreso de la república para el 2019 de \$258,9 billones de pesos colombianos,

\$32,3 billones van destinados al sector salud y protección social, (12,48% del presupuesto nacional) que representa un aumento del 30% con el año anterior (Presidencia de la Republica, 2018), Sin embargo, solo 100 mil millones serán invertidos en el fortalecimiento de hospitales públicos.

### 4.3. SITUACIÓN ACTUAL

Ilustración SEQ Ilustración \\* ARABIC 5 Evolución del gasto en salud y protección social.



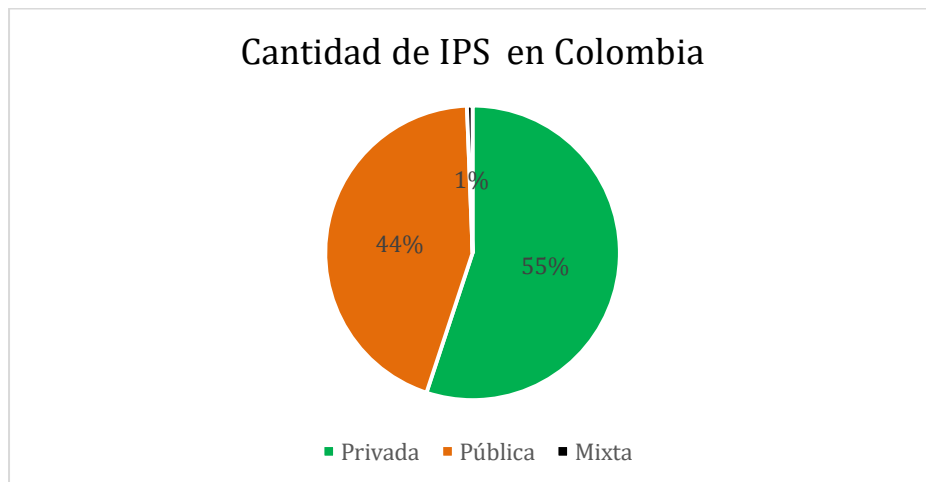
Elaborado por: Presidencia de la república, sacado de (Presidencia de la república, 2019)

Como se puede ver en la anterior gráfica el gasto público ha tenido un crecimiento notable desde el 2011, pasando de 11,41 a 32,31 billones en solo 8 años, es decir casi triplicando el presupuesto lo cual ha servido para fortalecer el aseguramiento en salud. No obstante, pareciese que este ritmo de crecimiento fuese insostenible y aún se necesitan más recursos, es por eso que se entra en un dilema que tiene cualquier modelo de aseguramiento, encontrar un punto de equilibrio entre un buen nivel de servicio y un sistema sostenible económicamente.

Para resolver todos estos problemas que aquejan al sistema, cada uno de los actores necesita orientar sus actividades mediante políticas que puedan mejorar la eficiencia del servicio, en esta parte entra la gestión como una herramienta para el cuidado y administración de los recursos, principal aliada de las IPS dado al problema que tienen con la subutilización, despilfarro y muchas veces falta de materiales para la realización de sus actividades. (Portafolio, 2018).

Actualmente, según información suministrada por el Ministerio de Salud (Minsalud), el país cuenta con 10.385 instituciones prestadoras del servicio de salud (IPS). En esta cuenta se incluyen las IPS públicas, las privadas y las mixtas. De las cuales las instituciones privadas son el 55%, las públicas el 44% y las mixtas el 1%. (MinSalud, 2017). En todo el territorio colombiano se cuenta aproximadamente con 85.790 camas hospitalarias. Varios estándares internacionales calculan que el número de camas que corresponden al servicio de urgencias son tan solo el 10%; es decir, aproximadamente tan solo 8.000 camas. (Federación Médica Colombiana, 2019)

*Ilustración 6 Cantidad de IPS en Colombia.*



Fuente: elaboración propia con base en la relación de IPS públicas y privadas según el nivel de atención y capacidad instalada. Colombia. (REPS)

En la ilustración 2 se denota la distribución de las IPS en Colombia según su naturaleza de estas, por lo cual, se evidencia el gran desarrollo del sector privado en cuanto al servicio de salud debido entre tantas cosas a la ventaja que supone la integración vertical antes hablada. (Pérez & Lozano, 2015) Por otro lado, el desarrollo del servicio de salud pública no se ha dado de la mejor manera, debido a la gran demanda que usualmente tienen que atender estos hospitales y el cobro demorado de su cartera, hace que a duras penas se pueda ofrecer un servicio básico y tener que remitir a los pacientes de mayor complejidad a otras IPS, caso de las zonas más apartadas del país.

Tabla 6 IPS pública por nivel de atención

<b>IPS POR NIVEL DE ATENCIÓN</b>		
Nivel	Cantidad	Porcentaje
1	825	85,76
2	112	11,64
3	25	2,60

Obtenido de (REPS, 2019)

Según la anterior tabla, en el país del número total de IPS públicas 825 son de nivel 1, es decir que son los considerados centros de salud, o puestos de salud, donde la complejidad de los problemas atendidos es poca y los servicios son generales (no aparecen datos de nivel IV).

Ahora bien, teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios en este servicio, la disposición de tiempo del usuario es prioritaria, por esta razón es importante que sepa el tiempo aproximado que le tomará ser atendido, por otro lado, el servicio algunas veces es entorpecido por pacientes que consideran su condición como una urgencia cuando esta no lo es, en ambos casos resulta útil el sistema triage utilizado.

Este modelo en el cual está basado el servicio de urgencias colombiano, fue diseñado teniendo como punto de partida acelerar el diagnóstico del riesgo de vida en el que se encuentra el paciente, la disminución de personas en la sala de espera, dar información al paciente y a sus acompañantes sobre los tiempos de espera y brindar la opción de tener un orden en la prestación del servicio de salud. (Rodríguez-Páez, Jiménez-Barbosa, & Palencia-Sanchez, 2018)

Este consiste en una tabla de clasificación de 5 niveles, donde varía la prioridad en la atención según el nivel de urgencia del paciente, se realiza una consulta y examinando el usuario se da un nivel de urgencia que define un tiempo estimado de espera. En la resolución 5596 del 2015 se definen los criterios del sistema triage en urgencias, donde su artículo 7 numeral 3 precisa que los niveles IV y V son remitidos a servicios conexos a urgencias, como estrategia de re direccionamiento para evitar saturación, muchas veces remitidos a sus EPS con consulta prioritaria o externa.

Aquellos picos explosivos de pacientes que llegan a urgencias, y una red con recursos limitados para atenderlos empieza a generar una saturación en el sistema, sin dejar más remedio a los hospitales que tener que operar en esas condiciones sin la posibilidad de negar el servicio y arriesgándose a demandas. El problema de hacinamiento es preocupante en Bogotá, por ejemplo, el Hospital del tunal cuenta con una sobreocupación del 424%, y con el panorama general donde el 77% de los

servicios de urgencias en IPS de II y III nivel están en hacinamiento pareciese ser imperativo ampliaciones de infraestructura y capacidad del servicio. (Idárraga, 2019)

Si bien la secretaría de salud ha aumentado la capacidad de los servicios adquiriendo más camillas, camas y equipos para urgencias, la disponibilidad de los recursos no es suficiente, según Estándares internacionales que definen aproximadamente un 10% del total de las camas hospitalarias son utilizadas en servicios de urgencias, en Bogotá habría unas 1400 camas que no serían suficientes para atender la saturación en algunas IPS. (REPS, 2019)

Tabla 7 Nivel de saturación encontrada por tipo de hospital

Unidad	Grado de saturación	Estrategias
Hospital público	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Altas hospitalarias</li> <li>▪ Prioriza triage III</li> <li>▪ Hospital en casa</li> <li>▪ Altas tempranas triage IV</li> </ul>
Hospital universitario	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Registro se realiza en consulta</li> <li>▪ Consulta <i>fast track</i> para triage IV</li> <li>▪ Envío a sala prehospitalaria</li> </ul>
Clínica universitaria	Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Varía triage por registro</li> <li>▪ Registro en momento de espera</li> <li>▪ Enfermeras realizan triage</li> <li>▪ Admisión considerando la capacidad</li> <li>▪ Redirección de triage IV y V</li> </ul>
Clínica privada	Bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entrada diferente para emergencias y urgencias</li> <li>▪ Realiza traslados triage III, IV y V</li> <li>▪ Agiliza triage por medio del aumento de profesionales médicos y enfermeras.</li> </ul>

Sacado de: (Restrepo-Zea, Jaén-Posada, Espinal Piedrahita, & Zapata Flórez, 2017, pág. 11)

Para afrontar los problemas antes hablados, las IPS han empezado a utilizar diferentes estrategias que alivien la congestión en las salas de espera, como la anterior tabla donde se compararon el grado de saturación, y las estrategias implementadas para disminuirla en 4 hospitales de Medellín. Es resaltable el caso de las clínicas universitaria y privada, donde el grado de saturación es aceptable,

acompañando el proceso con estrategias para agilizar el triage y la redirección de pacientes con niveles de urgencias menores.

Actualmente el modelo de salud distrital utiliza la hospitalización domiciliaria como ruta integral de atención, en esta se plantea la meta de unos 1500 pacientes atendidos desde sus casas, la anterior no es solo una solución de capacidad sino también de costo, que puede reducirse hasta 5 veces el valor promedio del día de estancia. (Restrepo, Echavarría, Manrique, & Valencia, 2007)

En el servicio de hospitalización usualmente los hospitales están limitados a la capacidad instalada que tengan, es ahí donde se generan esas típicas escenas de personas ubicadas en pasillos sobre una camilla, esperando a ser asignadas en una cama. En cuanto la asignación de camas generalmente se realiza teniendo en cuenta varios criterios que puedan agravar la condición del paciente o de otros, como lo son la edad, el diagnóstico, nivel de contagio etc...

Desde ese panorama de incertidumbre para algunos pacientes, su única herramienta para el aseguramiento del servicio se vuelve presentar una tutela, Lo que parecería una herramienta para solucionar problemas de aseguramiento de la prestación, ha generado un nuevo problema congestionando los despachos judiciales del país, para 2018 se presentaron 207.734 acciones de tutela por violaciones al derecho de la salud. (Bolívar, 2019) De estos el 26% son solicitudes de tratamientos integrales y oportunos, 2 características del servicio que se afectan por la capacidad limitada

Con base a lo expuesto anteriormente, ambos servicios obedecen a inconvenientes resumidos en resolución, capacidad, oportunidad y calidad que son atacados a partir de diferentes campos. Por ejemplo,

En el caso de la ingeniería industrial, se ha trabajado en áreas como la calidad, logística, gestión organizacional e investigación de operaciones, enfocándose sobre todo en problemas de comunicación en el sistema, disminución de retrasos y optimización, el ingeniero industrial incorpora factores humanos con el diseño y aprovecha el uso de la tecnología (Pepin, 2012). Otro campo en auge es la simulación, que ha servido para representar sistemas complejos como el de salud, y lleva aplicándose desde hace unos 10 años en todo tipo de negocios. (Jahangirian, 2010)

## 5. MARCO METODOLÓGICO

### 5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El problema de investigación será de tipo aplicada y cuantitativa debido a que los servicios en cuestión, antes mencionados, son considerados sistemas complejos que hacen difícil su conocimiento total, pero ayudan a encontrar mecanismos y estrategias para el desarrollo del objetivo que se desea llevar a cabo por ello aplicar una metodología analítica servirá como base fundamental para el conocimiento de rasgos del servicio, y facilitará la recolección de data que será ingresada en los diferentes programas de simulación (Flexsim) y análisis estadístico (RSTUDIO), mirando el comportamiento que puede llegar a tener los procesos que son realizados en las áreas de urgencias y hospitalización para la toma de decisiones en cuanto a la gestión del flujo de pacientes .

El tipo de estudio en el que se define el presente proyecto también tiene un carácter cualitativo, dado el problema que se plantea en el numeral 1, y que se desea abarcar formas de organización permitirán un mayor nivel de control en los procesos pudiendo contrastar desarrollar experimentos, obtener explicaciones a partir de hipótesis que son suministrados. Obteniendo resultados concretos para la gestión de recursos y tomo de decisiones dentro del hospital.

Como un segundo elemento de la metodología se tomará el estudio de campo el cual será derivado de la necesidad de conocer los subprocesos que son tenidos en cuenta al momento que sean requeridos para la atención prioritaria de pacientes que involucran las áreas de estudio de hospitalización y urgencias. Teniendo en cuentas los indicadores definidos por (Manuel, 2017), definidos como

*Tabla 8: Indicadores de gestión urgencias*

<b>Indicador</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Método de cálculo</b>
Indicador de calidad	Calcular el número promedio de diagnósticos realizados en un periodo promedio	Nº promedio de diagnósticos/Nº de personal médico que hace el diagnóstico
Indicador de ineficiencia en la prescripción	Calcular el tiempo promedio que se emplea en la prescripción de un tratamiento y órdenes médicas por cada paciente reingresado	Tiempo promedio de transcripción de órdenes/Nº de pacientes que reingresan al servicio de urgencias y hospitalización en menos de 72 horas
Indicador de primer contacto con el paciente	Calcular el tiempo promedio por cada paciente desde que ingresa al servicio de	$(T_{resp.recep} + T_{recep}) / P_{esp}$

	urgencias hasta que espera ser llamado a primera valoración	
Indicador cola en el Triage	Medir la relación entre el personal encargado de clasificar triage y el número de pacientes que espera ser clasificados en el mismo periodo de tiempo	Personal Promedio para Clasificación de Triage/ Pacientes Promedio a la espera de Clasificación

Para el proceso de levantamiento de datos, el hospital cuenta con bases de metadatos, para ser procesados, sin embargo, si se llegase a necesitar, se aplicarían técnicas de repoblamiento, teorema de Bayes, o si es necesario, un muestreo.

## 5.2. ACTIVIDADES Y PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS.

Para el desarrollo de los objetivos propuestos se definieron las diferentes actividades a realizar durante la ejecución de del proyecto, junto con los métodos a utilizar para lograr el alcance.

*Tabla 9 actividades a desarrollar durante la investigación*

<b>ACTIVIDADES</b>	<b>MÉTODOS</b>
Profundización acerca de los procesos que involucran el servicio asistencial de urgencias	Observación directa
Profundización acerca de los procesos que involucran el servicio de hospitalización de pacientes.	Observación directa
Diagnóstico de los procesos críticos que presenta el hospital	Análisis de datos estadísticos Entrevistas Toma de tiempos
Analizar estadísticamente el comportamiento de la población que acude al Área de Urgencia y	Estadística de ingreso de pacientes que comprenden una edad entre 0-10 años,

<p>Hospitalización, identificando diariamente mensualmente y trimestralmente los patrones que influyen estos comportamientos.</p>	<p>11 – 15 años, 16-25 años y por último personas mayores a 26 años</p>
<p>Por medio de la herramienta de simulación flexsim simular los procesos y subprocesos de las Áreas de Urgencias y hospitalización</p>	<p>Software de Simulación flexsim y Excel.</p>
<p>Proponer alternativas que ayuden a dar solución, mejorando las áreas bajo estudio, reduciendo el flujo de operaciones o procedimientos que ayuden a disminuir los tipos de ciclo y balanceo de líneas identificando los cuellos de botellas que se presentan en dichos procesos</p>	<p>Plan de acción de mejoras y evaluación de estrategias en la gestión hospitalaria.</p>

## 6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 10 Cronograma

ACTIVIDAD	SEMANAS																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
FASE DE INVESTIGACIÓN FUENTES PRIMARIAS																																	
RECONOCIMIENTO INICIAL Y ENTREVISTA CON LÍDER DE PROCESO – ÁREA									■																								
ENTREVISTAS POR DEPENDENCIA										■	■	■																					
FASE DE INGENIERÍA DE PROYECTO																																	
MODELAMIENTO Y DOCUMENTACIÓN										■	■	■																					
DIAGRAMACIÓN BPMN FORMAL											■	■	■																				
REVISIÓN DE DIAGRAMAS POR EXPERTOS) Y AJUSTES														■																			
REVISIÓN DE COLECCIONES ESTADÍSTICAS DEL SERVICIO Y CENTRALIZADAS											■	■																					



## 7. PRESUPUESTO

Tabla 11 Presupuesto

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	IVA	TOTAL	OBSERVACIONES
<b>Software y capacitaciones</b>						
Licencias Flexsim	2	-	-	-	\$ 0	Licencias obtenidas, y de la universidad
Imprevistos	1	\$ 100.000	\$ 100.000		\$ 100.000	Para contingencia
Horas Hombre	240	\$ 7.500	\$ 1.800.000		\$ 1.800.000	
Equipos	2	\$ 1.500.000	\$ 3.000.000	570000	\$ 3.570.000	
<b>Total gastos software y capacitaciones</b>					\$ 5.420.000	
<b>Otros gastos</b>						
Transporte	80	\$ 2.400	\$ 192.000		\$ 192.000	Visitas a hospital, reuniones con tutor
Alimentación	180	\$ 10.000	\$ 300.000		\$ 300.000	
<b>Total, otros gastos</b>					\$ 492.000	
<b>TOTAL</b>					\$ 5.962.000	

Fuente: Elaboración Propia.

## 8. RESULTADOS.

### 8.1. DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO URGENCIAS

#### 8.1.1. Recepción.

- ❖ Cuando el paciente ingresa en ambulancia, el guardia toma datos del móvil, le coloca la manilla y el paciente ingresa con el médico de la ambulancia si ésta es. Este médico informa el caso del paciente que trae al servicio (*GUÍAS PARA MANEJO DE URGENCIAS. 2020*).

#### 8.1.2. VALORACIÓN MÉDICA INICIAL

El médico tratante de urgencias o especialista en hospitalización valora al paciente, y acorde a los hallazgos encontrados determina la necesidad de la valoración por la especialidad requerida (*GUÍAS PARA MANEJO DE URGENCIAS. 2020*).

Para la historia clínica electrónica realice la solicitud de interconsulta y determine la prioridad de esta.

**URGENTE: Hasta 2 horas.**

**PRIORITARIA: Hasta 6 horas.**

**NO URGENTE: Hasta 24 horas.**

**NO APLICA: Si no requiere prioridad o se va a dar de manera ambulatoria.**

**\*\*Si realiza la solicitud electrónica de la interconsulta imprima una copia y envíela con el camillero al servicio solicitado.**

Si se encuentra en plan de contingencia por problemas en el sistema para solicitar la interconsulta, diligencie la solicitud en físico con original y dos copias, consigne que la realiza manual por este motivo, incluya los tres identificadores institucionales nombres y apellidos, número de identificación, y fecha de nacimiento. Adicionalmente incluye fecha y hora de solicitud, registrando claramente los signos y síntomas e impresión diagnóstica del paciente.

El médico solicitante se comunica vía celular con el especialista requerido para comentar personalmente el caso, e informa a la enfermera jefe de la interconsulta (*GUÍAS PARA MANEJO DE URGENCIAS. 2020*).

#### 8.1.3. Observación de urgencias.

Si decide dejar en observación, y solicita ayudas diagnósticas o terapéuticas, posterior a estas debe realizar evaluación médica cada 3 horas, y registrar e interpretar todos los estudios realizados al paciente. La conducta definitiva en el paciente debe ser definida antes de 6 horas.

**\*\*en caso de no haber disponibilidad de camas en los pabellones, y el paciente ya tiene definida la conducta, este debe ser evolucionado por turno ó cada 3 horas según la complejidad del caso.**

#### **8.1.4. Triage.**

Un médico de pasillo de la institución llega y le establece el triage. Dependiendo del triage pasa a reanimación (Triage 1) o pasa a pasillo si es triage 2 o 3. Cuando un paciente es clasificado en triage 3 o 4, se le informa que Eps tiene y si la EPS autoriza el triage, entonces el paciente espera consulta prioritaria. Este proceso tiene una espera un poco más larga que los otros triage. Si la EPS no autoriza se le da la opción de pagar como particular (*GUÍAS PARA MANEJO DE URGENCIAS. 2020*).

Cuando el paciente es triage 2 y no tiene afiliación a EPS, también se le da la opción de pagar como particular. Si no, el paciente puede tomar la decisión de irse a una institución pública.

#### **8.1.5. Consulta.**

Después de que el médico reúne todas las órdenes médicas y demás, procede a entregárselas a enfermería. Aquí el médico diligencia un formato donde está la hora de entrega y nombre para efectos de control.

### **8.2. TRATAMIENTO.**

#### **Protocolos:**

- ❖ Enfermería inicia el tratamiento.
- ❖ El paciente que va a ser hospitalizado se ubica en sala hidratación 2. Cuando se hospitaliza y después se le da egreso, quien es el médico quien inicia el proceso de egreso entregando los tratamientos, cuidados al paciente, es facturación central quien tramita el egreso.
- ❖ Si el paciente está en observación, salas de hidratación o terapia, es llevado a facturación de urgencias quien gestiona el egreso.

### **8.3. REMISIÓN O SALIDA**

### 8.3.1 Remisión.

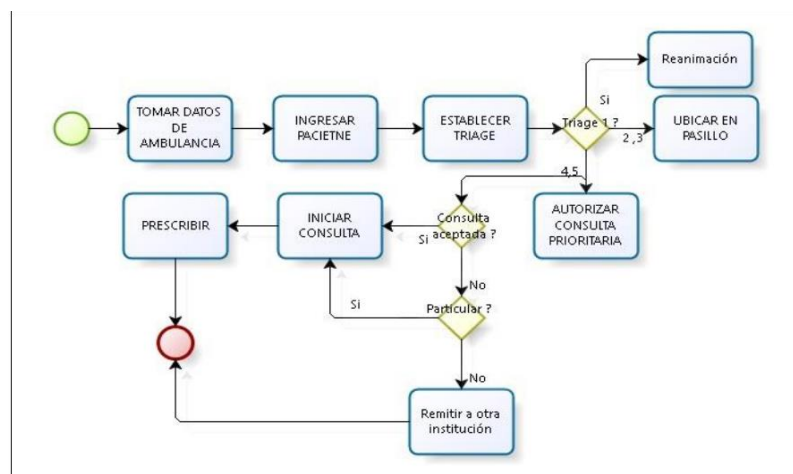
- ❖ Después de que el médico entrega papeles al paciente, éste informa y entrega papeles a enfermería para que enfermería entregue papeles a facturación y se liquide el ingreso.
- ❖ Paciente se dirige a facturación y paga.
- ❖ Facturación entrega paz y salvo firmado.
- ❖ Guarda verifica paz y salvo y paciente egresa (*GUÍAS PARA MANEJO DE URGENCIAS. 2020*).

### 8.3.2. Salida.

Si conceptualiza dar salida al paciente debe realizar el cierre de historia clínica de urgencias, realizar la incapacidad, fórmula de medicamentos, cita de control por consulta externa, debe brindar información sobre cuidados, signos de alarma, y posibles complicaciones que se pueden presentar por la patología que padece el paciente. Si pasan 6 horas debe además debe realizar la epicrisis. Posteriormente debe informar al paciente el tratamiento a seguir, y entregar todos los documentos generados a la enfermera jefe del servicio (*GUÍAS PARA MANEJO DE URGENCIAS. 2020*).

Si realiza algún procedimiento durante la estancia en urgencias, debe diligenciar el formato de hoja de procedimientos realizados en consultorio para el respectivo cobro (ver proceso de egreso), (*Rodríguez Barbosa, j. (2020)*).

Ilustración 7 Diagrama de proceso urgencias



### 8.4. CASOS ESPECIALES:

- ❖ Proceso de Diagnóstico de Urgencias Adultos. Pues el paciente está en algún sitio de urgencias. Cuando el resultado llega, se informa que llega el resultado. Se revisa el resultado, se define la conducta del paciente. Siempre están los residentes y él es el encargado de revisar.

- ❖ Si es una radiografía de rodilla se pide interconsulta a ortopedista, si es radiografía de tórax y hay neumonía, se mira si necesita hospitalizado y se pasa interconsulta a medicina interna. Y si no se necesita, se da el egreso con fórmula y control ambulatorio (*GUÍAS PARA MANEJO DE URGENCIAS. 2020*).

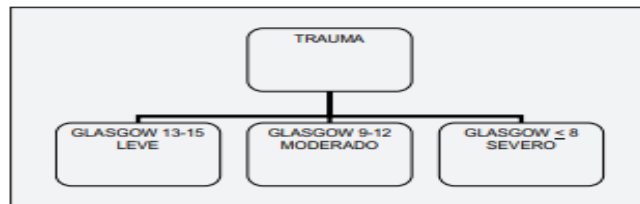
#### 8.4.2. Reanimación.

En los casos que el paciente llegue con traumas se debe tener en cuenta el siguiente protocolo (*Rodríguez Barbosa, j. (2020)*).

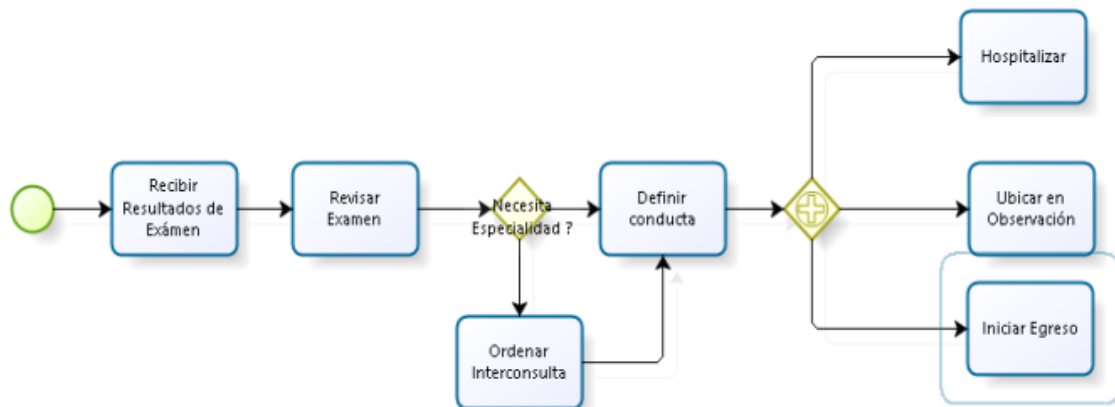
#### 8.4.3. clasificación de trauma

En la siguiente figura se mide la clasificación de trauma con el que puede llegar el paciente (*Rodríguez Barbosa, j. (2020)*).

*Ilustración SEQ Ilustración \\* ARABIC 42 Ilustración Clasificación del TCE según Glasgow.*

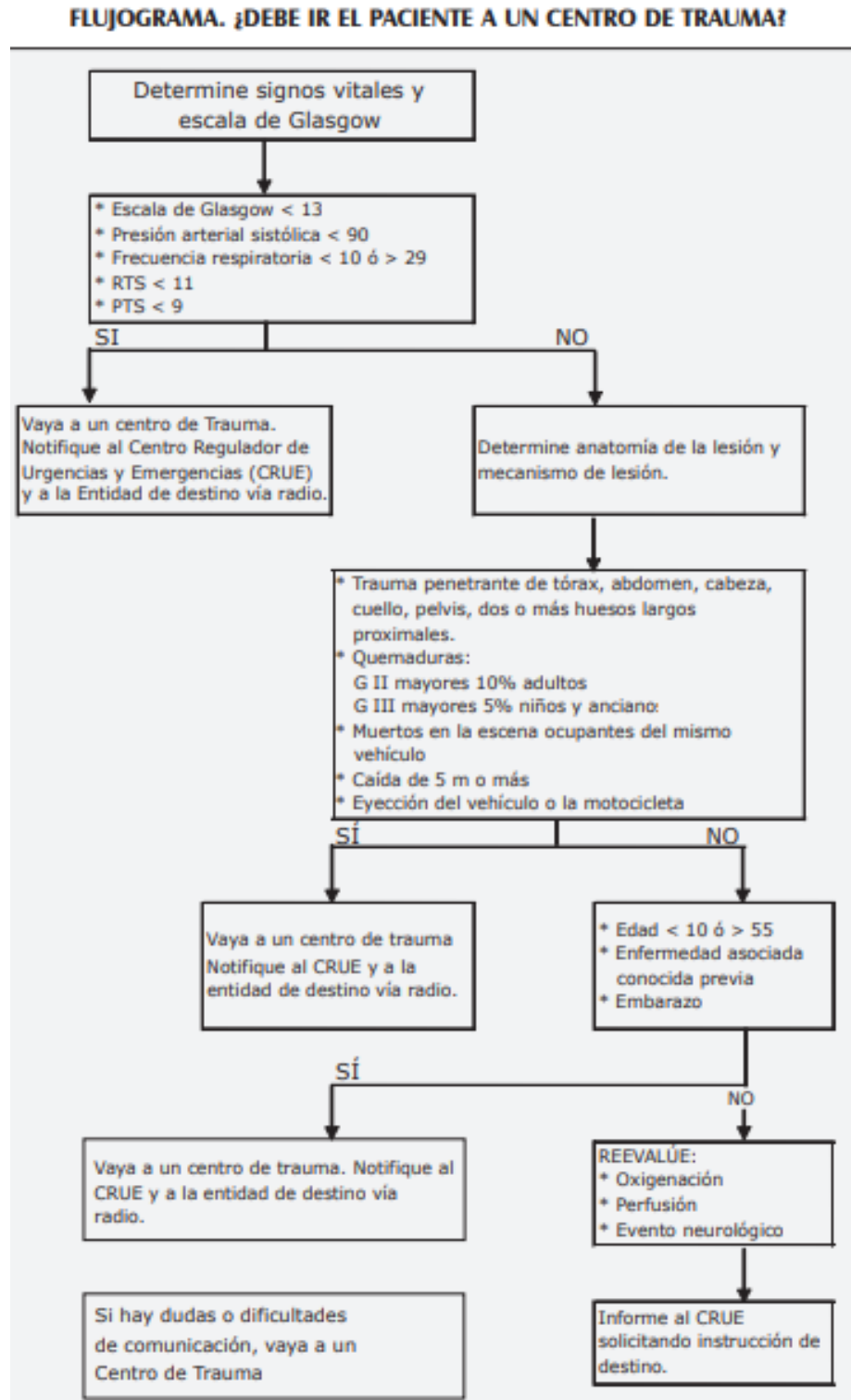


*Ilustración 41 Diagrama de proceso ambulatorios casos especiales*



Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 43 flujograma centro de trauma



## 8.5. HOSPITALIZACIÓN Y SALAS DE CIRUGÍA

### 8.5.1. Generar hospitalización.

Si decide hospitalizar debe generar la orden para efectuar, y debe realizar las órdenes médicas requeridas para el paciente, con la solicitud de ayudas diagnósticas o terapéuticas requeridas.

El médico requerido realiza la valoración médica y determinará la conducta, que puede ser: manejo conjunto, o terminar el manejo por esta especialidad posterior a la valoración.

### 8.5.2. Manejo conjunto.

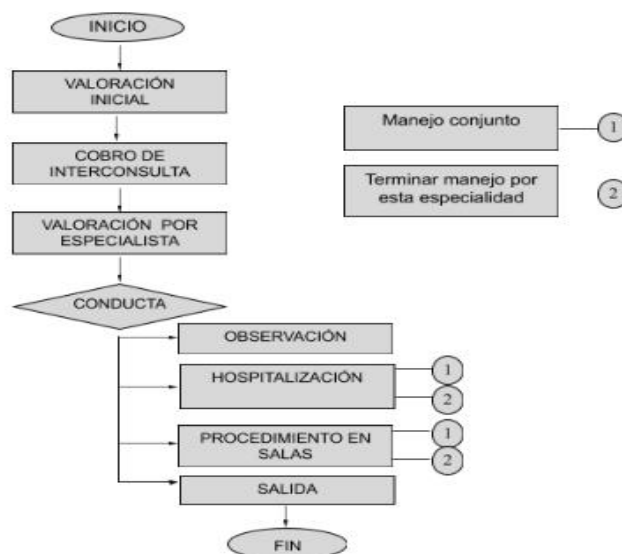
Diariamente en el servicio o pabellón que se encuentre el paciente deberá realizar la valoración, indicado en la historia clínica la necesidad de esta.

### 8.5.3. Terminar manejo por esta especialidad.

Una vez realice la valoración realice el cierre de la interconsulta para que en su flujo de trabajo no aparezcan valoraciones pendientes.

Recuerde: Que una vez concluya la interconsulta debe garantizar que esté clausurado el evento en la historia clínica electrónica

Ilustración 44 flujograma hospitalización



## 9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN DE FLUJO DE PACIENTES DE LOS SERVICIOS DE URGENCIAS Y HOSPITALIZACIÓN.

Para empezar, se seleccionaron los datos hospitalarios de 2 instituciones del mismo tamaño, uno de ellos el mencionado San José quienes proporcionaron entre otros, una base de citas del 2019, consulta ambulatoria y unidad quirúrgica. Esto servirá para realizar la estadística descriptiva y el ajuste de los datos para el modelo de hospitalización, revisar la tasa de mortalidad, quirófanos más utilizados por especialidades, tiempos de ocupación etc...

La segunda institución que se utilizó para el poblamiento de datos fue el Hospital el pino de Chile, este de tamaño similar en servicio e infraestructura al San José, también dada la política de sensibilidad de datos del hospital anteriormente mencionado, y que el factor tiempo fue primordial se decide trabajar con los datos del servicio de urgencias del pino bajo una premisa de suposición de igualdad en tamaño, servicios y demanda de ambos hospitales.

Por ello en análisis estadístico de la información en el servicio de urgencias se procederá a caracterizar la base de datos anteriormente mencionada, luego se hablará un poco de la homogeneización de la información, eliminación de campos incompletos, la adición de algunas columnas para facilitar el tratamiento estadístico y finalmente suprimir tiempos discordantes como lo son negativos o ceros.

### 9.1. BASE DE DATOS URGENCIAS.

En principio en esta base se encuentran **59.459** registros, que fueron recolectados durante todo un año (2017), esta colección necesita una mejor homogeneización y filtración en las observaciones para poder proceder a hacer una descripción estadística de los datos y realizar los ajustes de bondad pertinentes para la simulación. Aquel compendio tiene entre otros, los siguientes componentes que serán de gran relevancia para la investigación:

*Tabla 12 Descripción base de datos urgencias.*

Componente	Descripción	Formato Dato	Tipo Variable
------------	-------------	--------------	---------------

Fecha Admisión	Corresponde a la fecha en la que el paciente es ingresado a urgencias, contiene sub campos en donde está especificado, el N° de la semana del año, día de la semana y mes	Formato principal fecha corta (dd/mm/aa), formato número decimales para días, N° semana y N° mes	Variables cuantitativas continuas y discretas
Hora Admisión	Especifica la hora de admisión del paciente, contiene subcampos para manejar la hora en formato número (Necesario para cálculos en Excel)	Formato principal tiempo 24:00, los demás están en formato número	Variables cuantitativas continuas y discretas
Hora Categorización (Triage)	Especifica la hora en la que ingresa el paciente al triage, Contiene los mismo subcampos mencionados en "Hora de Admisión" más un validador binario	Formato principal tiempo 24:00, formato número decimal y binario (validador de error)	Variables cuantitativas continuas y discretas
Fecha Alta	Hora en la que el paciente es dado de alta por el personal médico.	Formato principal tiempo 24:00, formato número y binario (validador de error)	Variables cuantitativas continuas y discretas
Edad	Edad en años del paciente	Número entero	Variable Discreta
PRN	Validación Vivo o fallecido	Carácter Nominal, vivo o fallecido	Variable cualitativa Nominal
Destino	Validación salida a su domicilio o remisión a hospitalización	Carácter Nominal	Variable cualitativa Nominal

Categ (Triage)	Categorización triage	Escala 1 a 5	Variable cualitativa Nominal
Diagnóstico	Diagnóstico de la enfermedad	Carácter Nominal	Variable cualitativa Nominal
Hospitalización	Validación de la columna "Destino" en donde se revisa si el paciente fue hospitalizado	Formato número, variable binaria	Cualitativa nominal

Fuente: Elaboración Propia.

De estos datos se derivan campos que serán calculados dentro de la base que aparecerán en la tabla N° 5.

*Tabla 13 Campos a Calcular base Urgencias.*

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>	<b>Formato Dato</b>	<b>Tipo Variable</b>
Espera Triage	Representa el tiempo de espera entre la hora de categorización y la hora de admisión	Tiempo / minuto	Cuantitativa Continua
Espera Atención	Representa el tiempo transcurrido entre la hora de Atención y la Hora y la hora de categorización	Tiempo / minuto	Cuantitativa Continua
Duración atención	Representa el tiempo transcurrido entre la hora de de alta y la Hora y la hora de atención	Tiempo / minuto	Cuantitativa Continua

Tiempo de Ciclo	Es el tiempo que transcurre entre que una persona entra al sistema y lo abandona	Tiempo /minuto	Cuantitativa Continua
-----------------	--	----------------	-----------------------

Fuente: Elaboración Propia.

### 9.1.1. Homogeneización y filtración en datos Urgencias:

Aunque la base trabajada en principio, estaba depurada, se detectaron algunos errores de homogeneización de la información como: valores categóricos inexistentes, celdas vacías y error en el cálculo de valores por datos existentes.

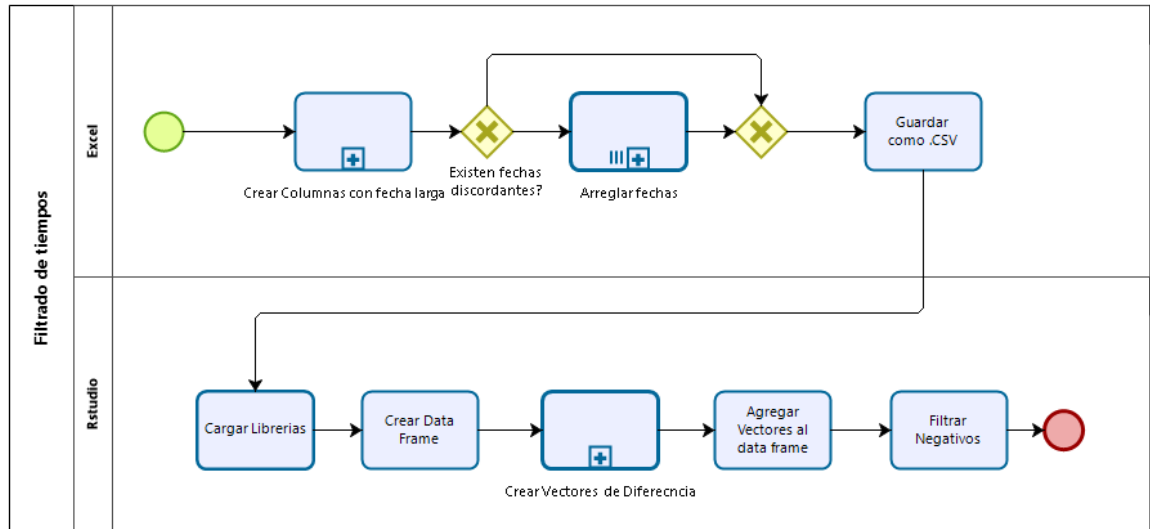
Se procedió a hacer un filtro en las columnas de tiempo que arrojaban errores de “#¡Valor!”, datos incompletos y n/as (vacíos sobre todo en columnas de hora, edad o categorización), en este sentido, fueron removidos 14879 datos que no cumplían con los criterios de homogeneización establecidos. De este filtro quedaron **44.580 registros**.

En la columna de categorización se encontraron numerosas variables categóricas organizadas con los prefijos “C” (categoría) y “ESI” (Emergency Severit Index), donde cada uno contenía 5 niveles de categorización. Como ambos prefijos son equivalentes solamente se homogeneizó la columna dejando el prefijo “C” como estándar.

### 9.1.2. Filtración tiempos

Para evitar tomar tiempos discordantes se decide eliminar negativos y tiempos en ceros, para ello se siguió el siguiente proceso:

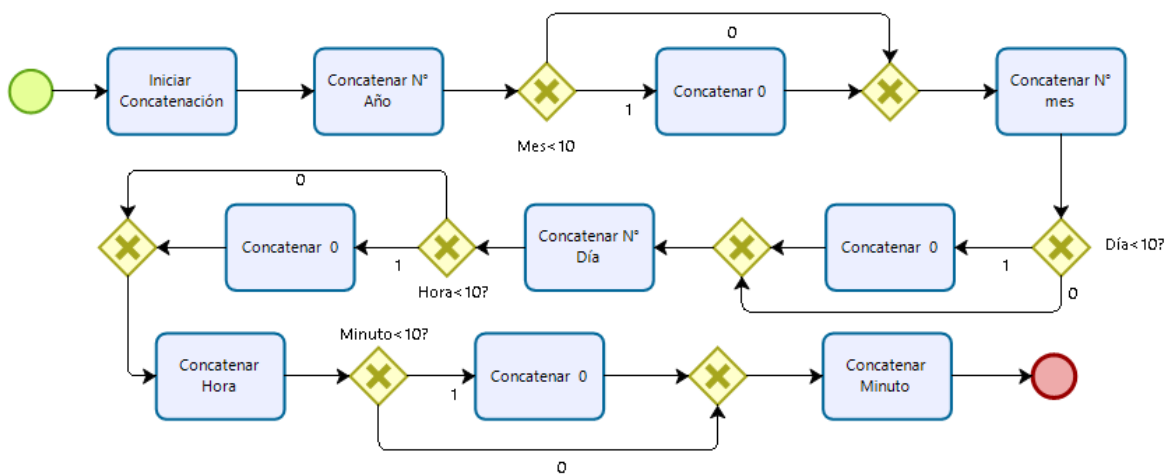
Ilustración 8 Proceso Filtrado de tiempos



Fuente: Elaboración Propia.

Como se tiene la fechas y horas en distintas columnas, se concatenan en una sola columna en un formato más cómodo para el manejo de los tiempos en Rstudio, sin embargo, esto implicó una fórmula de concatenación más compleja. en el siguiente diagrama de flujo se explica mejor la formulación de estas.

Ilustración 9 Subproceso de concatenación

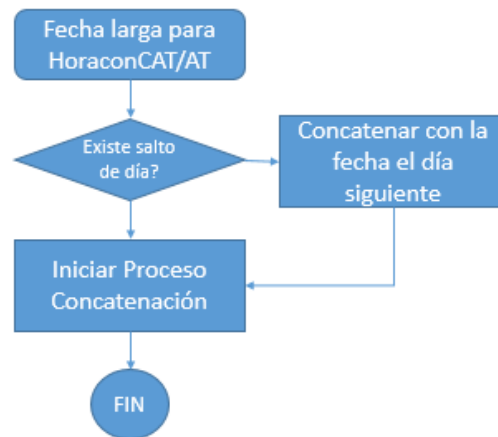


Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en el diagrama de fórmula de concatenación agrega ceros si el número en cuestión es menor a 10, generando una key de 12 cifras continuas en el resultado: 4 primeros dígitos son el año, 2 siguientes el mes, 2 cifras el día, 2 cifras la hora y 2 cifras el minuto. Con este diagrama se construyeron las columnas “HoraconAD” y “HoraconAL”, refiriéndose a las horas de admisión y de alta junto con sus fechas.

Para agregar la fecha a la hora de categorización o “HoraconCAT”, y hora de atención o “HoraconAT” se debió interpolar el día debido a que las horas solo estaban registradas sin su fecha, por lo que en el siguiente diagrama de flujo se explica mejor esta situación:

*Ilustración 10 flujograma de concatenación hora categoría. y atención*



Fuente: Elaboración Propia.

Al ver la ilustración N° 10 se infiere que existe un gran caso especial, en donde un paciente que es admitido en hora próxima al cambio de día registra una hora de categorización en el triage o de atención inferior, sin embargo, al revisar la fecha de alta, es fácilmente deducible que esas horas pertenecen al día siguiente, por ello la formulación para estas dos columnas agrega este caso especial y lo diferencia en condiciones de cambio de día, cambio de día con final de mes y final de año. Está fórmula no garantiza diferencias de tiempo positivas por lo que en el siguiente punto se explica el último punto de filtración.

### **9.1.3. Eliminación Casos Negativos**

En este punto se continuará trabajando la base desde Rstudio con la excusa de servir como pequeña introducción al programa. Con ánimos de encontrar datos negativos, es necesario primero calcular las diferencias, para ello, se utiliza la

librería llamada “Lubridate” que entre otras cosas permite trabajar observaciones con formatos relacionados a medidas de tiempo.

Primero se carga el archivo .csv separado por “;” de los datos previamente homogeneizados, se utiliza este tipo de formato dado a que reduce significativamente el tiempo de carga en el archivo. Para leer este archivo se hace uso de la librería “Readr” con el comando read.csv, y por último se guarda el archivo en un dataframe llamado datos (que no es más que una configuración de tabla que puede albergar observaciones con distintos formatos).

Para hallar las diferencias de tiempo calculadas, resumidas mejor en la tabla N° 5 se acordará a partir de ahora llamarlos también de la siguiente forma buscando mayor practicidad.

*Wtriaje = Tiempo de espera Triaaje*

*Waten = Tiempo de espera Triaaje*

*Taten = Duración atención*

*dif = Tiempo de ciclo*

Ahora bien, en cada uno de estos tiempos será necesario aplicar el comando difftime, que calcula las diferencias de tiempo en las unidades que establezcamos como parámetro entre dos datos. Para que Rstudio lea las fechas largas en formato de tiempo, en vez de detectarlas como numéricas (formato default), se aplica el comando “as.POSIXCT” con “ymd\_hm”, indicando que la columna en cuestión está en formato fecha larga. Sin embargo, se debe volver a colocar cada uno de estos tiempos calculados en formato numérico para facilitar la graficación.

*Ilustración 11 Conversión de tiempos a formato numérico.*

```

24 wtriaje<-difftime(as.POSIXct(ymd_hm(Datos$horaconcat),format="%FT%R"),
25                   as.POSIXct(ymd_hm(Datos$horaconad),format="%FT%R"),
26                   units = "mins")
27 str(wtriaje)
28 wtriaje<-as.numeric(wtriaje)
29 str(wtriaje)
30

```

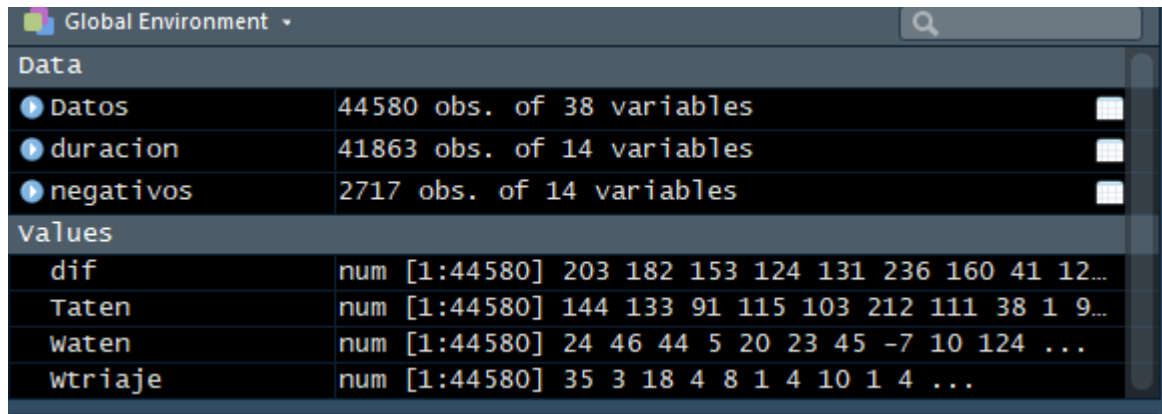
The screenshot shows the RStudio interface with a console window. The code in the console performs the following steps:
 

- Line 24: Calculate the difference in time between two POSIXct objects using difftime. The first object is created from ymd\_hm(Datos\$horaconcat) and the second from ymd\_hm(Datos\$horaconad). The format is "%FT%R" and units are "mins".
- Line 25: The second argument of difftime is as.POSIXct(ymd\_hm(Datos\$horaconad),format="%FT%R").
- Line 26: The units parameter is set to "mins".
- Line 27: Use str(wtriaje) to inspect the structure of the resulting difftime object, which shows it is a 'difftime' object with units in minutes.
- Line 28: Convert the difftime object to a numeric vector using as.numeric(wtriaje).
- Line 29: Use str(wtriaje) again to inspect the structure of the resulting numeric vector, which shows it is a 'num' object.

Fuente: Modelo Estadístico Rstudio

Es entonces cuando se obtienen 4 vectores de igual tamaño a los registrados en la tabla llamada “Datos”, por lo que será mejor juntarlos con una nueva data frame cuyas columnas seleccionadas contengan valores de interés estadístico (mayormente especificadas antes en la tabla N° 4 y 5). Esta tabla de nombre “duración” contiene 14 columnas y para por fin filtrar las diferencias de tiempo negativas, se usa el comando “filter” de la librería “dplyr” seleccionando las observaciones con todos sus valores calculados mayores a 0.

Ilustración 12 Data frames y vectores obtenidos filtro negativos



The screenshot shows the RStudio Global Environment window. It displays three data frames: 'Datos' (44580 obs. of 38 variables), 'duracion' (41863 obs. of 14 variables), and 'negativos' (2717 obs. of 14 variables). Below the data frames, the 'Values' section shows the first few rows of data for variables 'dif', 'Taten', 'waten', and 'wtriaje'.

Variable	Class	Index	Value 1	Value 2	Value 3	Value 4	Value 5	Value 6	Value 7	Value 8	Value 9	Value 10	Value 11	Value 12	Value 13	Value 14
dif	num	[1:44580]	203	182	153	124	131	236	160	41	12	...				
Taten	num	[1:44580]	144	133	91	115	103	212	111	38	1	9	...			
waten	num	[1:44580]	24	46	44	5	20	23	45	-7	10	124	...			
wtriaje	num	[1:44580]	35	3	18	4	8	1	4	10	1	4	...			

Fuente: Modelo Estadístico Rstudio

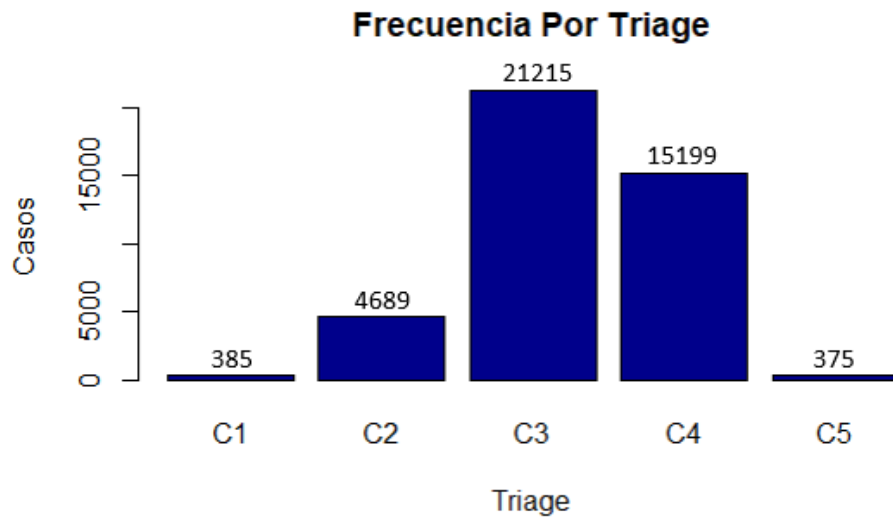
## 9.2. ANÁLISIS EXPLORATORIO URGENCIAS

Iniciando con uno de los puntos más fuertes de este documento, se hizo un análisis exploratorio / descriptivo a la par, por lo que en principio, se analizarán y explorarán gráficos que permitan brindar una primera impresión sobre el comportamiento de los tiempos en el sistema y en cada una de sus partes, para concluir con un comportamiento generalizados basados en medidas de tendencia estadística. A su vez, si el caso amerita, tratar de profundizar en la razón de comportamientos ampliamente distintos a los demás, todo esto permite realizar las primeras conclusiones sobre los datos.

### 9.2.1. Análisis Descriptivo

Teniendo en cuenta la diagramación del proceso en urgencias es necesario revisar los datos que se tienen en las distintas categorías del triage, dado a que es la primera regla de negocio que brindará mayor o menor prioridad a los pacientes quienes lo requieran. En la ilustración N°13 se observa con detalle la distribución de los casos en un año de datos recolectados.

Ilustración 13 Frecuencia Por Triage



Fuente Datos hospitalarios.csv

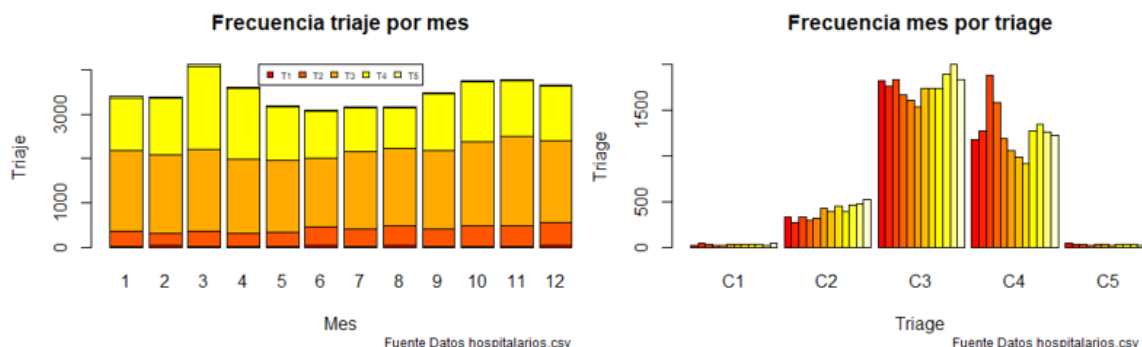
Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

El gráfico N° 13 deja entrever que cerca del 86% de los usuarios atendidos en un año están categorizados en los triage III y IV, con una evidente concentración de casos para urgencias menores, recuerde que el hospital San José tiene como regla de negocio remitir los triage IV y V (37,2%) a centros asistenciales de menor complejidad. Esto concuerda con la literatura y opiniones de expertos consultados, donde una gran parte de los recursos disponibles del servicio termina por utilizarse en casos que no necesariamente estarían aprovechando de manera óptima.

63,8% de los casos recibidos en un año son categorías de I a III, es decir urgencias con niveles de prioridad alto, más adelante será interesante revisar la variabilidad en los tiempos de espera del triage, atención y horas frecuentes de entrada al sistema, ver como la variabilidad de sus tiempos de espera es afectada.

Analizar la estacionalidad de los datos por mes, es útil para revisar la variabilidad en la demanda del servicio, las siguientes 2 ilustraciones revisan la tendencia en registros de usuarios y la proporcionalidad de los triage a partir de la en la ilustración N° 14.

Ilustración 14 Gráficos de barras triage / mes



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

En la gráfica de la izquierda llamada frecuencias triage por mes, se muestra claramente dos cosas, la variabilidad en cuanto las observaciones registradas, definida por el tamaño acumulado de las barras es relativamente pequeña, donde las atenciones de usuarios rondan en un promedio de 3488 personas, y una desviación estándar de 308. También la proporcionalidad de las categorizaciones por triage en cada barra se mantiene similar a simple vista en casi todos los tipos de triage, exceptuando el N° 4, donde la variación aumenta significativamente.

Consultando los coeficientes de variación (Razón entre la desviación estándar y la media), se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 14 Coeficiente de variación

	C1	C2	C3	C4	C5
$\mu$	32,08	390,75	1767,92	1266,58	31,25
$\sigma$	7,18	77,69	124,29	260,31	8,90
CV	22,4%	19,9%	7,0%	20,6%	28,5%

Fuente: Elaboración Propia.

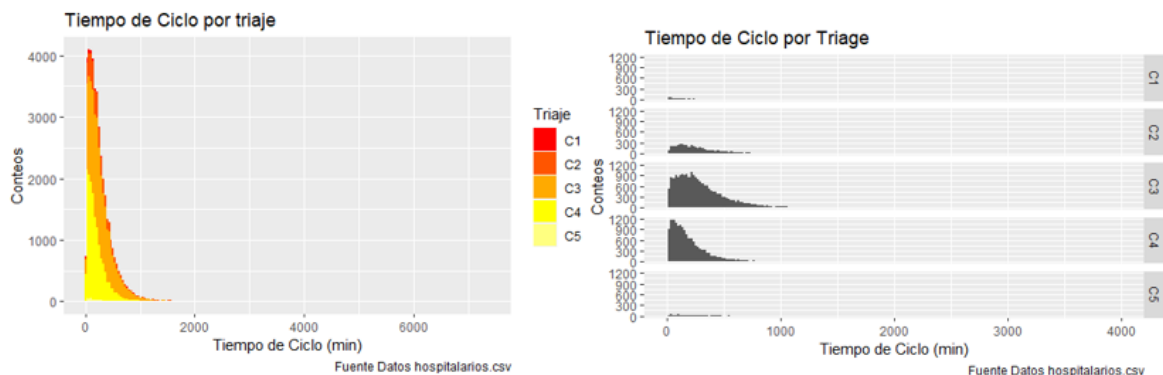
Con los datos registrados en la anterior tabla se observa mejor la variación en la demanda para cada triage, llama la atención el coeficiente de variación de los casos para triage III, muy pequeño grado de variabilidad comparado con los demás grupos, aunque es el que más flujo de pacientes aporta. Por otro lado, la atención a pacientes de categorización V representa por lejos la mayor variabilidad.

Ahora bien, revisando la gráfica de la derecha de la ilustración N° 14 llamada "Pacientes mes por triaje" revela el comportamiento mensual de cada grupo y deja

entrevéer tendencias de atención de usuarios, este es el caso del triage II donde se evidencia que a medida que va pasando el año, el número de casos aumenta. Sin embargo, este no es el caso para todos, en realidad mientras algunos registran picos al inicio del año, otros tienden a presentarlo al final, es por ello que sería apresurado sacar conclusiones y más bien se recomienda comparar esta información con años anteriores.

Uno de los más grandes desafíos en urgencias es minimizar el tiempo de estancia en el sistema, por ello se revisa el tiempo de ciclo, definido en la tabla N° 5, caracterizando la situación y anhelo de los pacientes que desean salir los más pronto posible y solucionar su convalecencia. Resulta útil revisar estos tiempos categorizados por triage para darse una idea clara sobre los distintos tratamientos que se toman, como se aprecia en la ilustración N° 15.

Ilustración 15 Tiempo de Ciclo Por Triage



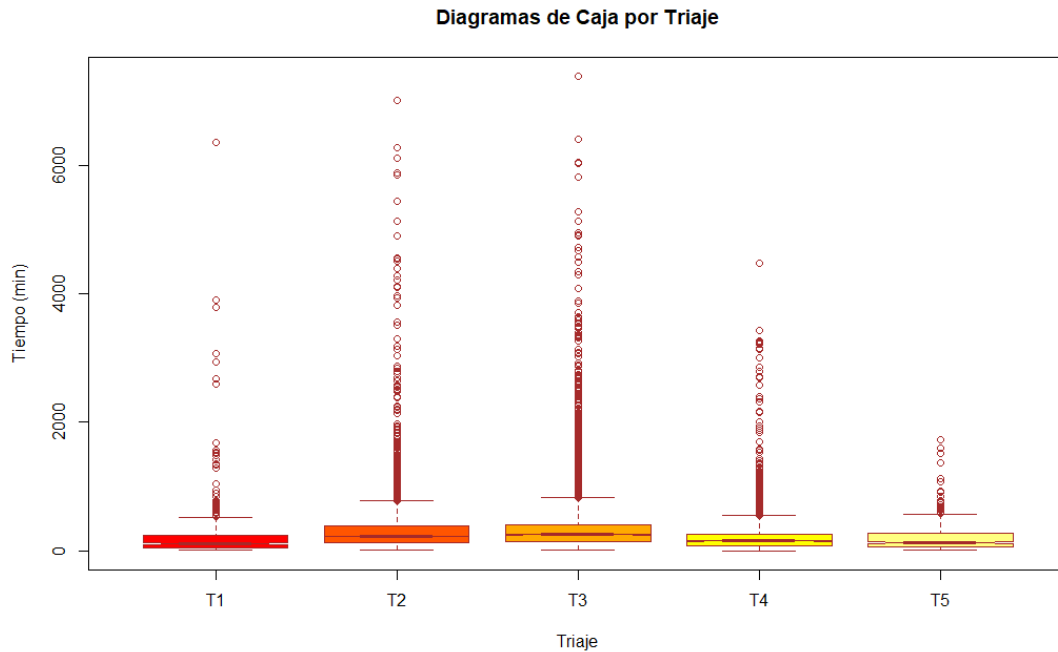
Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

El histograma compuesto de la ilustración N° 15 es escogido para mostrar rápidamente la generalización de los tiempos de ciclo, una concentración significativamente a la izquierda de los datos que muestra a simple vista asimetría positiva generalizada en todos los triage, junto la altura de las barras en torno a la media que indicativo de gráfica leptocúrtica, por lo que posiblemente medidas de tendencia como la media o la mediana no están en el mismo intervalo de la media (Se empieza a presumir una distribución distinta a la normal). Por otro lado, el exagerado rango en el eje x se debe a la preocupante dispersión de los datos.

La explicación adaptada al caso de estudio de estos estadísticos sugiere la existencia de un alto grado de pacientes abandonan el sistema en menos de 715 minutos (percentil 95), esto explica la leptocurtosis en los triage, sin embargo, la complejidad de diagnósticos que se pueden dar, generan variabilidad en los procesos y con ellos, tiempos distintos, dada la asimetría positiva y el número de casos que están extremadamente alejados de la curva. Una posible solución para

minimizar este problema es filtrar las categorizaciones de los grupos junto a familias de diagnósticos similares.

Ilustración 16 Diagramas de caja tiempos de ciclo.



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

En la ilustración N° 16 encontramos el diagrama de cajas del tiempo de ciclo, la primera cosa que llama la atención son los numerosos datos atípicos que hacen ver achatadas todas las cajas, exactamente existen 2036 observaciones atípicas que representan el 4,86% de los datos, sin embargo, en todas las cajas se aprecia una mediana más cercana al cuartil inferior, así como bigotes máximos alargados dada la cuantiosa variabilidad en los casos entre más grande es el tiempo de ciclo. Es interesante ver que los grupos que presentan menor variabilidad en sus atípicos son los IV y V, justamente los de menor urgencia.

Es claro que las observaciones triage III y IV son proporcionalmente tan grandes que no dejan apreciar con mejor detenimiento a los demás grupos cuando se gráfica por factores, por ello será útil revisar los estadísticos descriptivos de la ilustración N° 17 presentada a continuación.

*Ilustración 17 Estadísticos de Tiempo de Ciclo Por grupo*

```
Descriptive statistics by group
group: c1
  vars  n  mean    sd median trimmed  mad min  max range skew kurtosis  se
x1    1 385 260.08 552.36   116 146.29 117.13  5 6354 6349 6.22   50.27 28.15
-----
group: c2
  vars  n  mean    sd median trimmed  mad min  max range skew kurtosis  se
x1    1 4689 327.93 439.27   225 254.11 174.95  6 7010 7004 6.58   64.23 6.41
-----
group: c3
  vars  n  mean    sd median trimmed  mad min  max range skew kurtosis  se
x1    1 21215 318.97 319.82   249 272.99 192.74  6 7382 7376 5.76   67.97 2.2
-----
group: c4
  vars  n  mean    sd median trimmed  mad min  max range skew kurtosis  se
x1    1 15199 203.59 207.96   151 170.8 127.5  3 4479 4476 4.96   53.88 1.69
-----
group: c5
  vars  n  mean    sd median trimmed  mad min  max range skew kurtosis  se
x1    1 375 211.35 232.73   128 168.7 127.5  9 1734 1725 2.9   12.07 12.02
```

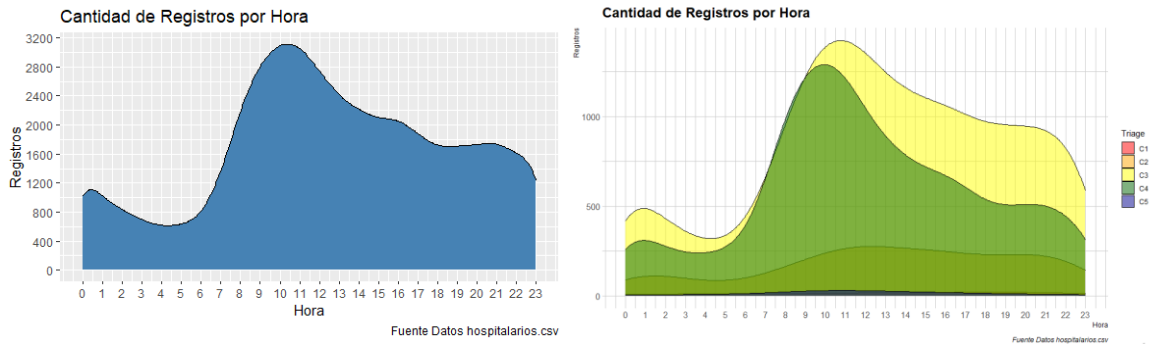
Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Como era de esperarse las medias recortadas (Trimmed) difieren significativamente de las medias normales, a su vez las desviaciones estándar y desviaciones medias son grandes, confirmando como ya se presumía una gran dispersión. Por otro lado, teniendo en cuenta que el percentil 99 de los datos está ubicado en 1303,38 minutos, las observaciones máximas para triage I, II, III y IV el 1 % de los pacientes de estos grupos superan hasta en más del triple de tiempo al resto.

También se confirma para todos los casos una asimetría (coeficiente positivo y mediana muy inferior a la media) y curtosis positiva, por ello la media recortada es mucho más fiable que la media normal, llama la atención los grupos II y III, sin embargo, no todo es malo, el error estándar es pequeño en los triage III y IV, y aceptable en los demás. Ahora bien, los estadísticos de curtosis son en todos los casos positivos, sobre todo muy elevados en II y III, haciendo pensar que en casi todos los casos es muy probable un tiempo de estancia en torno a la media.

Esta última afirmación no es equivalente a decir que el sistema está estandarizado, pues, aunque la curtosis sea alta, los datos atípicos pueden aparecer y con ellos la prueba irrefutable de que el sistema está descontrolado. Los numerosos casos atípicos en el tiempo de estancias de pacientes del sistema pueden deberse a distintas causas, desde tratamientos más largos, hasta cuellos de botella y congestiones en algunos procesos, por ello será necesario revisar los dashboard de la simulación más adelante.

Ilustración 18 Cantidad de registros por Hora Urgencias.



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

En el gráfico anterior podemos observar la cantidad de personas registradas en el servicio de urgencias, en este se puede ver un aumento constante (**desde las 6 am hasta las 10 am**) luego de estas horas los arribos de pacientes van decreciendo bajo el pasar de las horas, para el hospital se encontró que el 13% de las horas se realizan el 76% de los registros y donde más se presentan picos está entre la franja de 10 a 12 del mediodía con un registro de 28 personas por IPS esté en el caso de urgencia y registros por triage .

En el caso de hospitalización los registros pueden aumentar ya que se sabe que estos registros son alimentados a la base de datos por consultas externas, pacientes ya programados por la IPS para realizar procedimientos quirúrgicos. como se observa en la segunda gráfica.

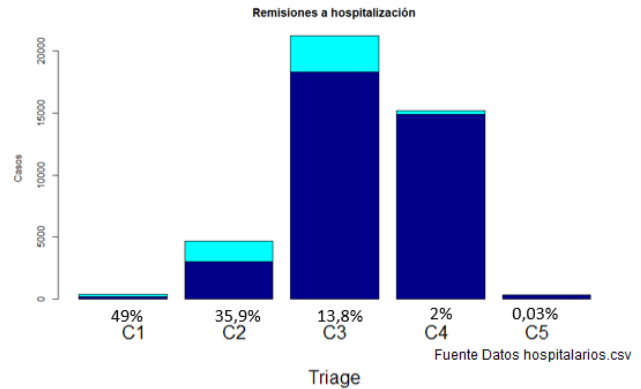
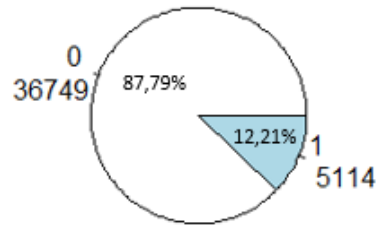
### 9.2.2. Remisiones a Hospitalización en urgencias

El caso de los pacientes derivados a hospitalización para esta investigación es de suma importancia, se cuenta con la suficiente información como para caracterizar el fenómeno. Estas remisiones se dan gracias a la complejidad y/o diagnóstico que presenta el paciente y que requiere una estancia larga (ver marco teórico), justamente por el sentido de urgencia del paciente, todos terminan pasando primero a observación de urgencias esperando bien sea ser trasladados a una habitación del ala en la especialidad que necesitan, o pasando directamente al quirófano.

Una unidad con capacidad instalada limitada y que en momentos de crisis representa las congestiones más angustiantes, porque se empieza a disponer los pacientes en filas de camillas, estacionados a un costado del pasillo. El compendio de datos sugiere que de cada 100 personas que entran a urgencias, 12 serán remitidos a hospitalización.

Ilustración 19 Pacientes hospitalizados

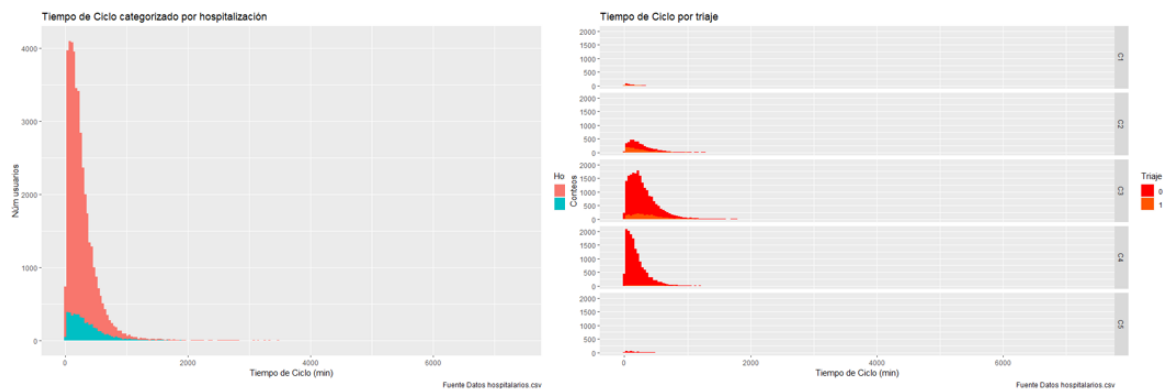
### Frecuencia hospitalizado



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

El gráfico de barras de la ilustración N° 19 enseña las proporciones y porcentajes de hospitalización por cada tipo de triage, en ella se infiere que entra más alto es el número del grupo, menor la probabilidad de remisión al paciente. A continuación, se entrará a mirar más a fondo las diferencias de comportamientos en términos de tiempos recorridos en el sistema diferenciados por este factor, encontramos en la ilustración N° 19 donde se muestra un histograma general, y otro histograma categorizado por triage con la clasificación de si fue hospitalizado o no.

Ilustración 20 Histogramas Categorizados por Hospitalización



Descriptive statistics by group

```

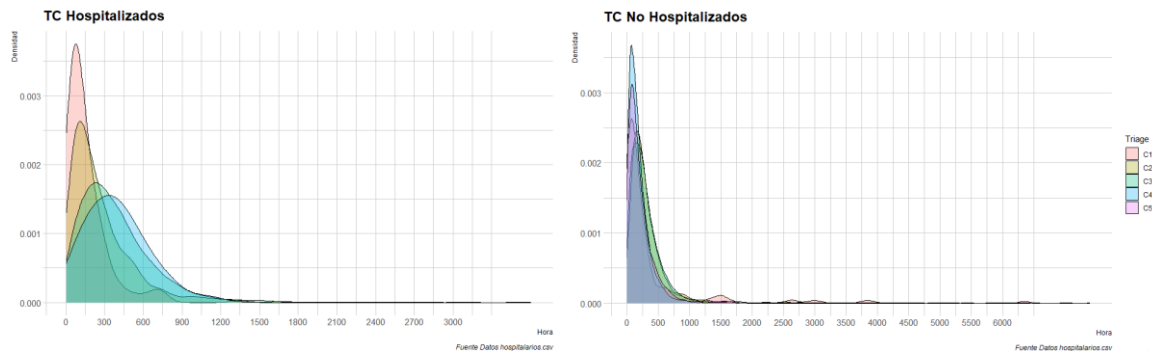
group: 0
vars   n  mean   sd median trimmed  mad min  max range skew kurtosis  se
x1     1 36749 267.64 311.07   198  220.63 163.09   3 7382 7379 6.96   89.18 1.62

-----
group: 1
vars   n  mean   sd median trimmed  mad min  max range skew kurtosis  se
x1     1 5114 340.75 287.46   273  300.25 229.8   5 3598 3593 2.38   12.79 4.02
    
```

Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

En la ilustración anterior se puede apreciar como los registros de pacientes hospitalizados presentan una menor concentración de datos en torno a la media, esto lo valida la diferencia de los estadísticos de curtosis comparando los grupos 0 y 1. Aunque si bien el promedio de tiempo de ciclo para hospitalizados es mayor, sorprende que la diferencia no sea más grande, por otra parte, los demás estadísticos presentan similitud con la estadística descriptiva general.

*Ilustración 21 Gráficos de Densidad Categorizados por Hospitalización*



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Los gráficos de densidad dejan apreciar claramente lo que se sospechaba con la curtosis, aquellos tiempos de ciclo para pacientes no hospitalizados presentan una concentración alta alrededor de la media en todos los tipos de triage, a su vez, siguen una forma de distribución en su curva muy similar, por lo que posiblemente corresponden todos a un mismo tipo de ajuste de bondad, con distintos parámetros. Por otro lado, el gráfico de la izquierda enseña cómo a medida que el nivel de triage disminuye, su curtosis y asimetría positiva aumenta.

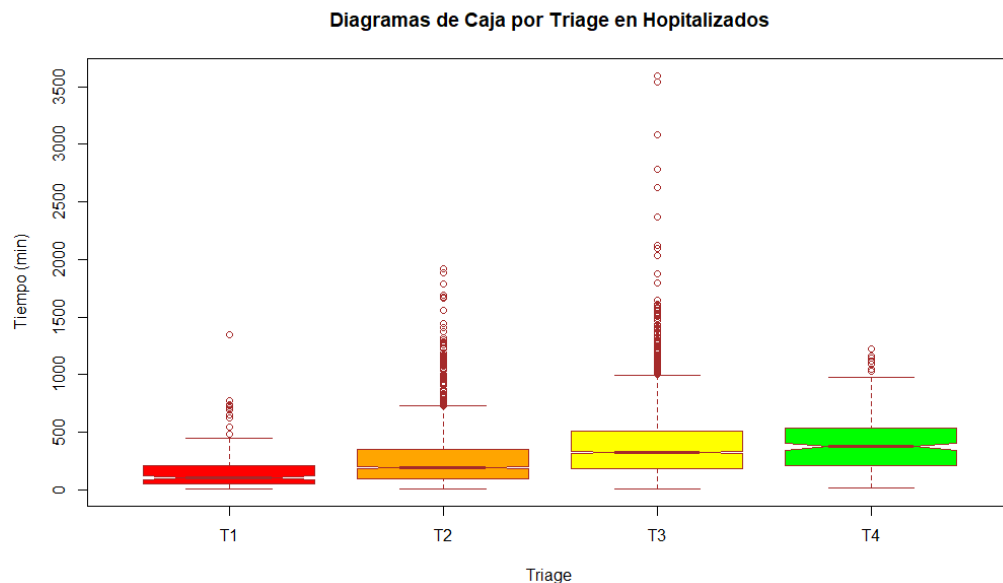
Lo anteriormente dicho aplicado al caso de urgencias, reside en que la prioridad que se le brinda a los tipos de triage más urgentes, se ve reflejado directamente en el tiempo de estancia para pacientes que serán hospitalizados, esto solo es claro en este factor, dado que a simple vista no se puede asegurar lo mismo con los demás pacientes (No hospitalizados).

Ahora que los datos parecen tener mejores ajustes y menor dispersión, podría ser útil volver a revisar los diagramas de caja, dado que la primera vez, la cantidad de datos atípicos afectaba la morfología del gráfico. Revisando ambos casos de factores para las cajas, es interesante ver la segmentación para los hospitalizados, dado que se reduce significativamente el número de puntos extremos.

La ilustración N° 22 demuestra que los casos atípicos no sólo son proporcionalmente reducidos, sino que también la variabilidad disminuye en casi todas las cajas, encontrando puntos extremos más cercanos a los bigotes a excepción del triage III. Para el grupo I se afirma que el 75% de los pacientes

registran un tiempo de ciclo menor a 214 minutos, este grupo presenta la caja más achatada, indicativo de una alta curtosis, y la mediana se acerca mucho más al valor cuartil 1 que al 3.

Ilustración 22 Diagramas de caja por Triage en pacientes Hospitalización



```

group: C1
  vars  n  mean    sd median trimmed  mad min  max range skew kurtosis  se
x1     1 189 160.01 175.93   104 126.32 90.44   5 1346 1341 2.89   12.04 12.8
-----
group: C2
  vars  n  mean    sd median trimmed  mad min  max range skew kurtosis  se
x1     1 1685 268.5 254.45   191 224.28 167.53   6 1919 1913 2.22    6.92 6.2
-----
group: C3
  vars  n  mean    sd median trimmed  mad min  max range skew kurtosis  se
x1     1 2925 387.99 301.95   323 349.41 231.29   8 3598 3590 2.58   15.34 5.58
-----
group: C4
  vars  n  mean    sd median trimmed  mad min  max range skew kurtosis  se
x1     1 314 396.52 243.38   375 378.48 240.92  15 1220 1205 0.73    0.4 13.73
  
```

Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

En el grupo II se observa un tamaño de caja que oscila entre los 96 y 350 minutos, este tamaño es menos achatado que el T1, a su vez, el número de atípicos (91 observaciones) aumenta, aunque siguen estando cercanos a sus bigotes. Sin embargo, el triage III presenta el número similar de puntos extremos (104), pero con mayor rango que el grupo II, por ello los bigotes en esta caja aumentan al igual que la proporción de ella.

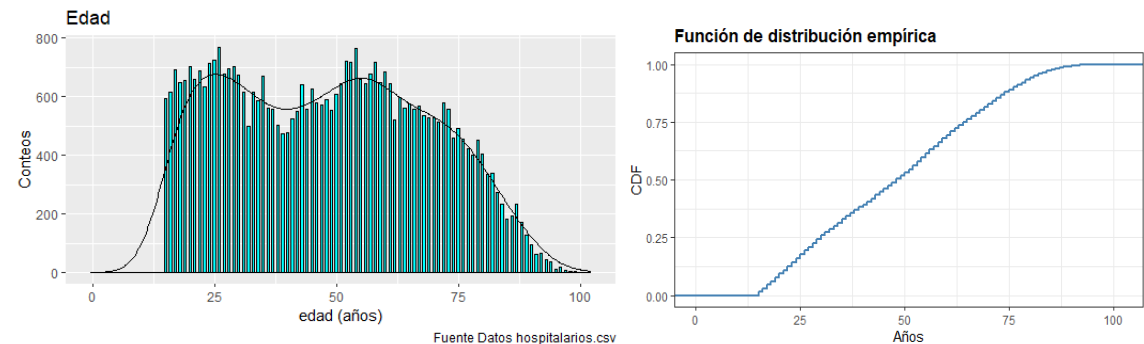
Por último, el triage IV obtiene el menor rango de los triage, sin embargo, el 75% de los pacientes de este grupo tienen tiempos de ciclo menores a 537 minutos, mostrando claramente mayor variabilidad entre datos. Llama la atención la distancia entre los cuartiles 1, 2 y 3 que es equidistante, comportamiento mesocúrtico a priori.

Se puede llegar a concluir con este capítulo que los resultados obtenidos en materia estadística, sugieren como buena estrategia calcular los ajustes segmentados por triage y por Hospitalización dado a que ayuda a disminuir la variabilidad de los datos y encontrar un mejor ajuste de bondad, por lo menos en lo que tiene que ver a tiempos.

### 9.3. AJUSTES DE BONDAD

El definir el tipo de distribución que tienen las variables de tiempo calculadas, es el paso central del análisis estadístico propuesto dado que, si bien es importante interpretar lo que los datos nos están diciendo, para una investigación centrada en simulación, es imperativo desarrollar este punto. Por ello se introducirá al tema con una variable general como la edad, para seguir con casos generalizados de tiempos de espera y tiempos de atención. En la ilustración N° 23 se muestra el histograma con una línea de tendencia de la variable edad.

Ilustración 23 Histograma de Edades



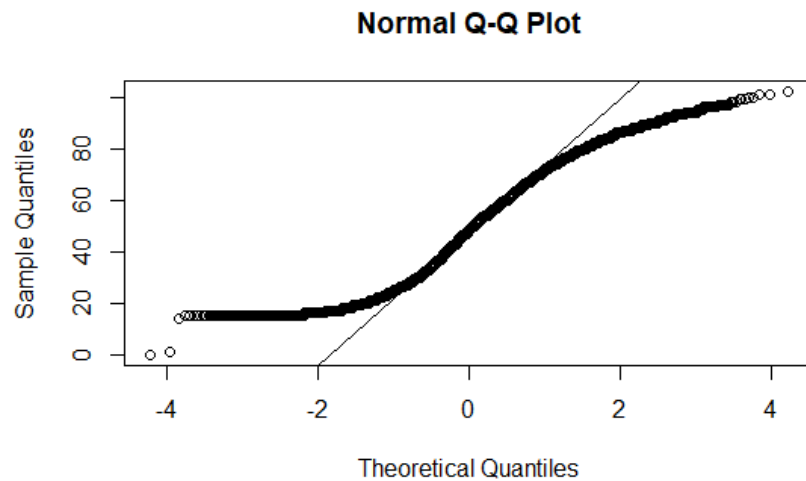
```
vars      n mean  sd median trimmed mad min max range skew kurtosis se
x1      1 41863 48.24 20.39   48  47.76 25.2  0 102  102 0.14  -1.06 0.1
```

Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

La línea del histograma de edades muestra una curva con doble pico diferenciado, el primero ubicándose en torno a los 25, y el segundo en los 53 años, por otro lado, el gráfico CDF enseña que la probabilidad de encontrarse a pacientes menores de 15 es nula, esto se debe a que este servicio de urgencias es para adultos, a partir de esa edad la probabilidad acumulada tiende a crecer linealmente hasta los 78 años, donde por fin empieza a tener un comportamiento exponencial. Se podría llegar a decir que el intervalo de confianza del 95% es ( $18 \leq x \leq 82$ ).

Ahora bien, en la ilustración N ## se encuentra el gráfico qq para verificar la normalidad de la variable, si se revisan los descriptivos de las edades, encontramos comportamientos como una media y mediana parecida, curtosis cercana a 0 y asimetría casi neutra, que dan pie a una suposición de una normal (la moda calculada aparte es de 26 años, lo que varía significativamente con la hipótesis de normalidad).

Ilustración 24 Normalidad en Edades



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Lastimosamente los resultados de este gráfico de qq plot, señalan que los datos no tienen un buen ajuste a la línea teórica, al practicarse un prueba de hipótesis de normalidad kolmogorov-smirnov con ajuste de lilliefors, el p valor arrojado es de  $p\ value = 2.2 \times 10^{-16}$  en una tabla acumulación negativa, por lo que se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Esta prueba abre paso a hacer análisis de ajustes de bondad para caracterizar mejor los datos encontrados, por ello se usará la métrica AIC para cuantificar los ajustes, donde menor sea el valor de la métrica, más probabilidad de buen ajuste existe.

Tabla 15 Valores GAIC en Edades

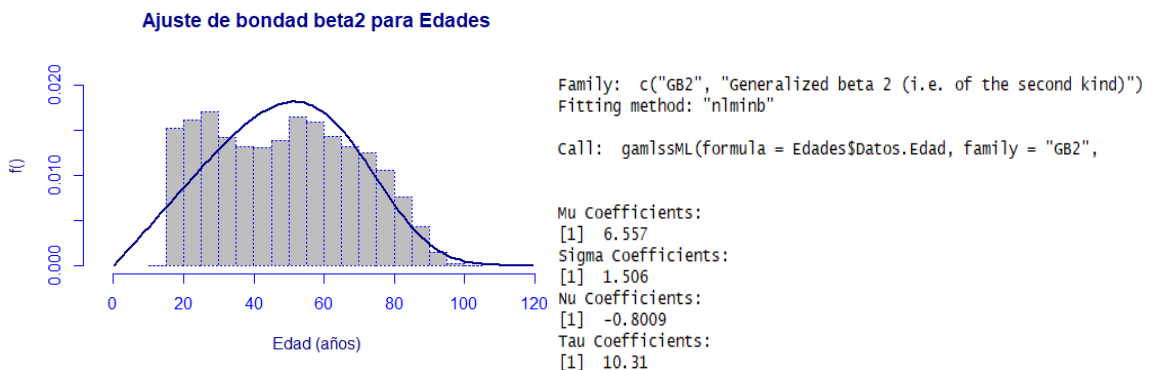
N°	Nombre Ajuste	GAIC
1	GB2	282244.5
2	BCPE	282261.4
3	BCPE <sub>0</sub>	282261.4

4	BCT	282267.2
5	BCTo	282267.2
6	BCCGo	282311.0
7	BCCG	282311.0
8	GG	282320.6
9	GIG	282885.5
10	LOGNO	283004.1

Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

En la tabla N° 6 están los parámetros estimados de bondad para la distribución de edad, encontramos la menor penalización en la distribución beta generalizada de segundo tipo. En la siguiente ilustración se muestra un resumen de los coeficientes más importantes obtenidos, y el ajuste de bondad beta2 sobre los datos.

Ilustración 25 Ajuste Beta2 sobre en Edades



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

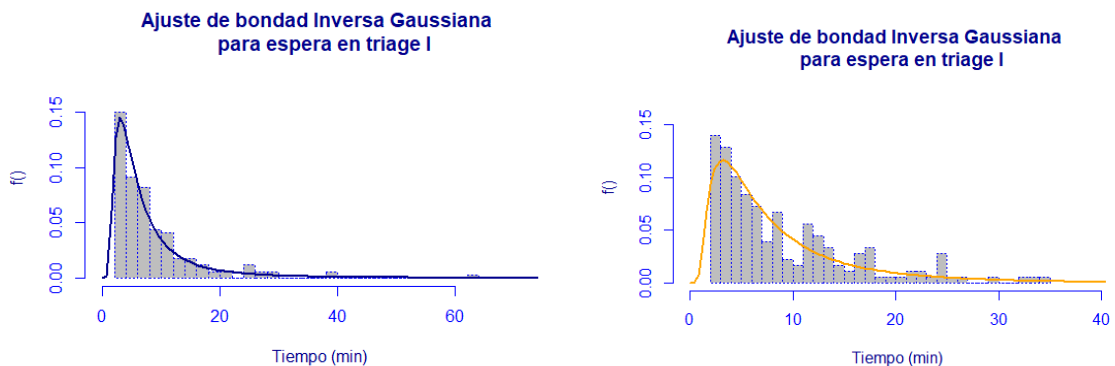
En la parte izquierda de la ilustración N° ## muestra el ajuste automático realizado de la respectiva función por Rstudio, aquel difiere en gran parte para predecir el comportamiento de la demanda en edades pequeñas y medias, sin embargo, se ajusta mejor en los datos mayores a 67 años. Esto se debe a que la tendencia que sigue la variable en cuestión posiblemente sea un ajuste truncado, es decir el comportamiento global de la variable está dado por dos subconjuntos de ajustes, como ya se había percatado antes con la línea de tendencia de doble pico.

La razón porque no se ahonda más en este tema es porque el flexsim solo tiene unas cuantas distribuciones de serie y no permite ajustes truncados. A partir de ahora se empezarán a revisar los ajustes de bondad para los distintos valores calculados, segmentados por triage.

#### 9.4. AJUSTES TIEMPO DE ESPERA TRIAGE

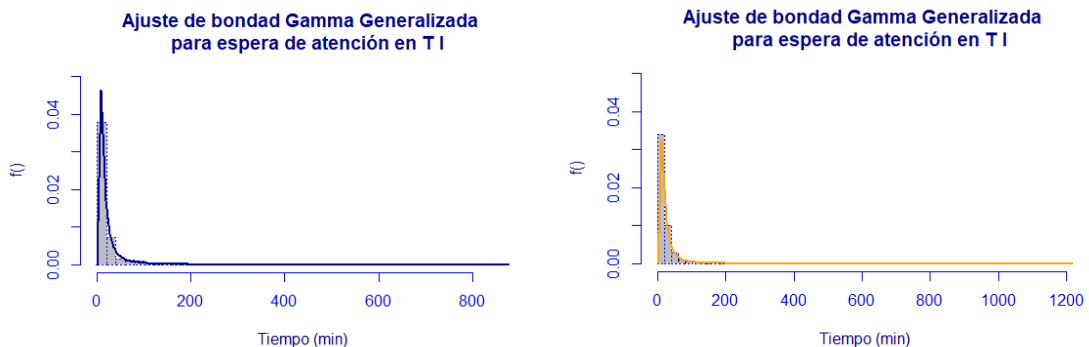
El conjunto de actividades que constituyen esta sección del proceso que va a ser caracterizado por los distintos niveles de triage y su remisión a hospitalización, aparecen en el diagrama del proceso general de bpmn anexo. Esperando una mayor fluidez y agilidad en la lectura de conclusiones sólo se mostrarán ciertos estadísticos y gráficas más importantes, pero si desea ahondar más en este tema, revise el anexo Rscript llamado “descriptivos..r”.

Ilustración 26 Ajuste Espera triage C1



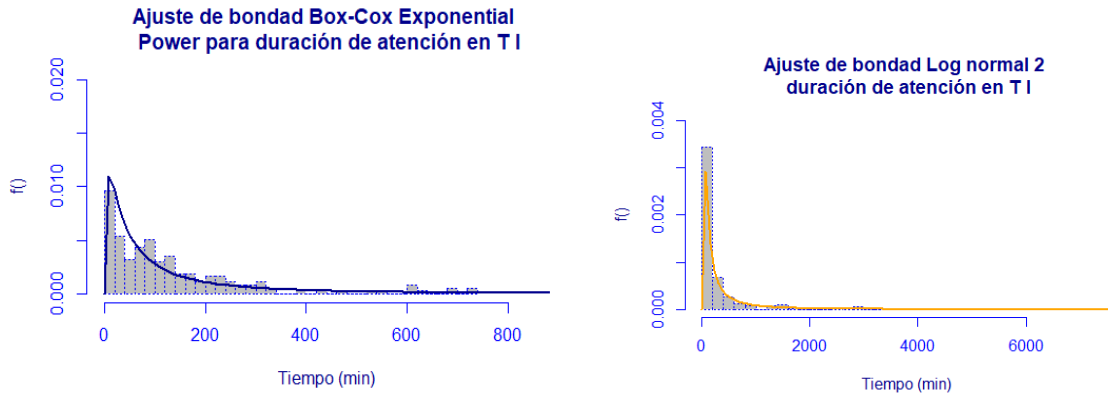
Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Ilustración 27 Ajuste Espera atención C1



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Ilustración 28 Ajuste Duración atención C1



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Las anteriores ilustraciones son el resultado del proceso ya realizado de evaluación de normalidad, prueba GAIC y graficación con la curva de mejor ajuste utilizando la librería "Gamlsl" para triage I.

En estos ajustes rápidamente se observa que los comportamientos para triage I se describen por ajuste de bondad Inversa gaussiana generalizada, aunque bien los parámetros y el grado de bondad de ajuste cambia (GAIC 984 y 1083 respectivamente). Se puede llegar a asegurar para ambos casos, con un alfa de 10 grados de libertad, los pacientes en T I tienen que esperar entre 2 y 24 minutos, sin embargo, la media recortada para estos dos casos oscila entre 6 y 8 minutos, para ser categorizados, estabilizados, bautizados y remitidos a la siguiente fase.

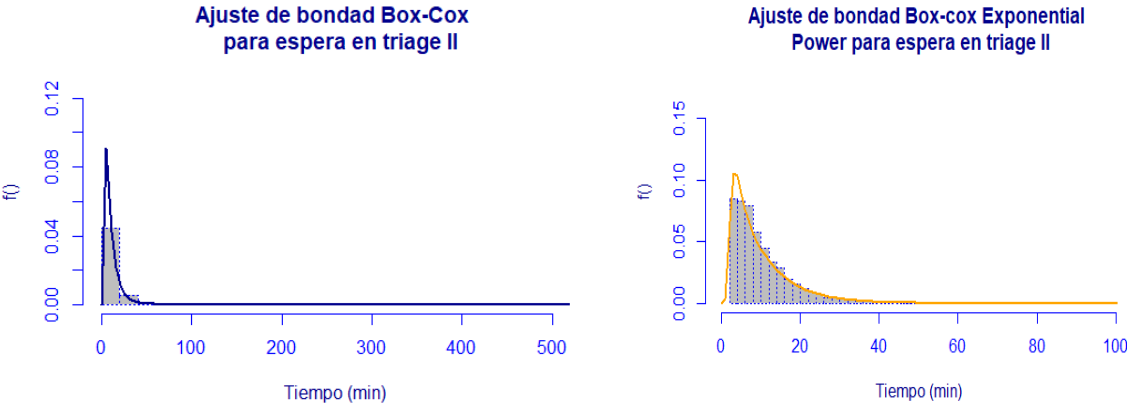
Para el caso de espera de atención que es la siguiente fase, se encuentra una distribución gaussiana inversa generalizada, con GAIC de 1318 y 1259 respectivamente, vuelve a haber cierta similitud en los dos casos, aunque la variabilidad de los no hospitalizados sigue siendo mayor (llegando a ser un 50% más grande). Se puede llegar a asegurar con la media recortada que el 95% de los casos tienen tiempos de espera promedio entre 13 y 15 minutos

Por último y no menos importante las duraciones de atención sugieren diferentes tipos de ajuste, para el caso de los remitidos a hospitalización, la acumulación de los tiempos menos abultada en el primer intervalo del histograma, pero también, existe una variabilidad muy pequeña comparada con los no hospitalizados. se describe la primera como un ajuste box-cox de poder exponencial (GAIC 2136) y en el segundo caso un log normal de grado 2 (GAIC 2440), describe mejor la variabilidad para Hospitalizado = 0.

Sin contar los 5 cuartiles inferiores y superiores en duración de la atención para hospitalizados, el tiempo oscila entre los 5 y 505 minutos con una media recortada en 104 minutos, esto podría explicarse en que el sentido de urgencia es inmediato,

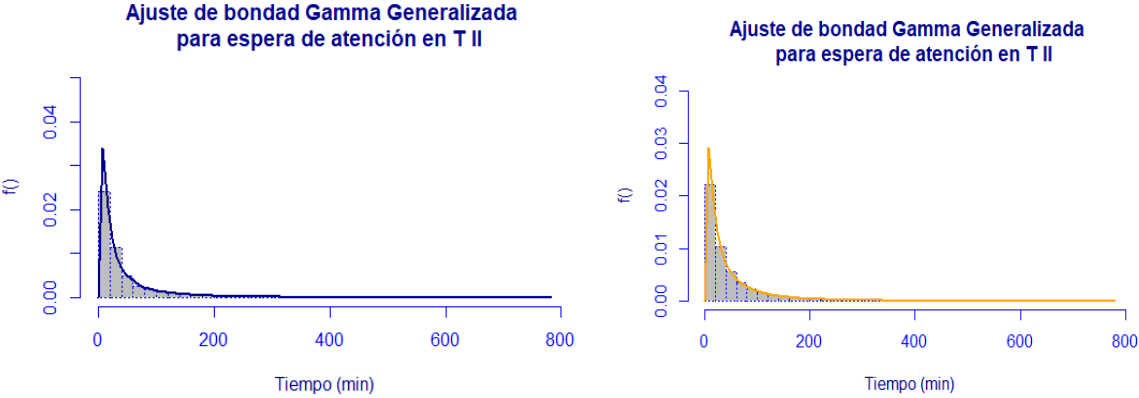
y que casi todos deben ser ingresados a otra ala médica, mientras la media recortada de tiempo de los que no requieren hospitalización está en 154 minutos de atención. Los T I registran un tiempo total de duración en el sistema en torno a unas 2,4 horas.

Ilustración 29 Ajuste Espera triage C2



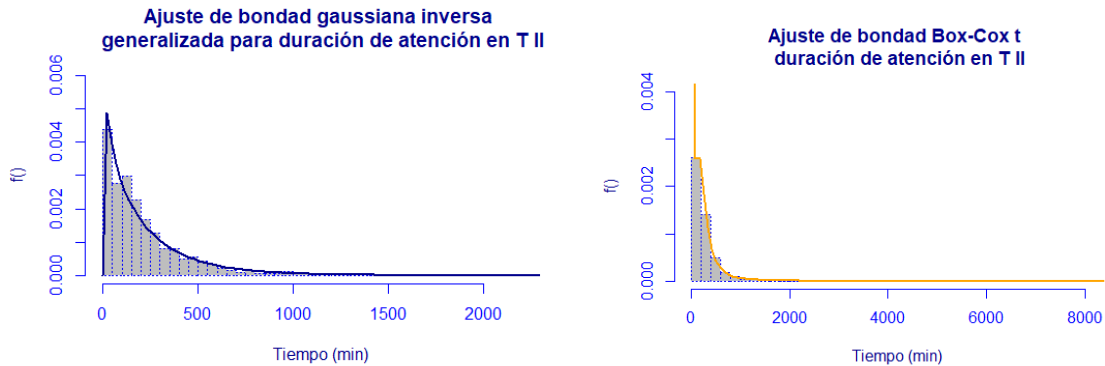
Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Ilustración 30 Ajuste Espera atención C2



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Ilustración 31 Ajuste duración atención C2



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Los ajustes de bondad describen un comportamiento poco esperado, los pacientes categorizados con triage II registran una mayor variabilidad, pero en los 2 casos una curva Box-Cox de poder exponencial, con parámetros de bondad de GAIC 1001,47. Se puede llegar a asegurar que los pacientes en T II tienen tiempos de espera en triage en ambos casos de 9 minutos, para ser categorizados, y entre el 5 y el 95% de los pacientes registran un tiempo entre los 2 y 28 minutos.

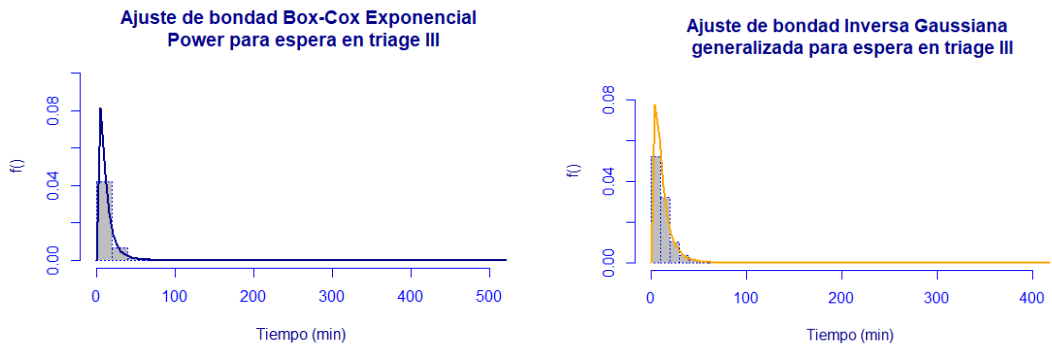
En tiempos de espera para atención una vez categorizados, se encuentran descritos otra vez por una distribución gaussiana inversa generalizada, con GAIC de 15251 y 28074 respectivamente, el 95% de los casos registran tiempos menor a los 163 minutos y ambos tienen una media recortada de 29 y 33 minutos respectivamente.

Las duraciones de atención vuelven a tener una distribución similar, eso sí, la variabilidad en ambos casos aumenta comparados con las del triage I, Para los categorizados en el T II se describe a los hospitalizados con un ajuste de bondad gaussiana inversa generalizada (GAIC 21209) y en el segundo caso un Box-Cox (GAIC 39411).

El 95% de los pacientes atendidos con triage II y que serán enviados a hospitalización presentan tiempos inferiores a 12 horas con una media recortada de 2,9 horas en su tiempo de ciclo, mientras que los que no van a hacer remitidos, un promedio de 218 minutos por atención y el 5% presenta tiempos de atención superiores a 14 horas.

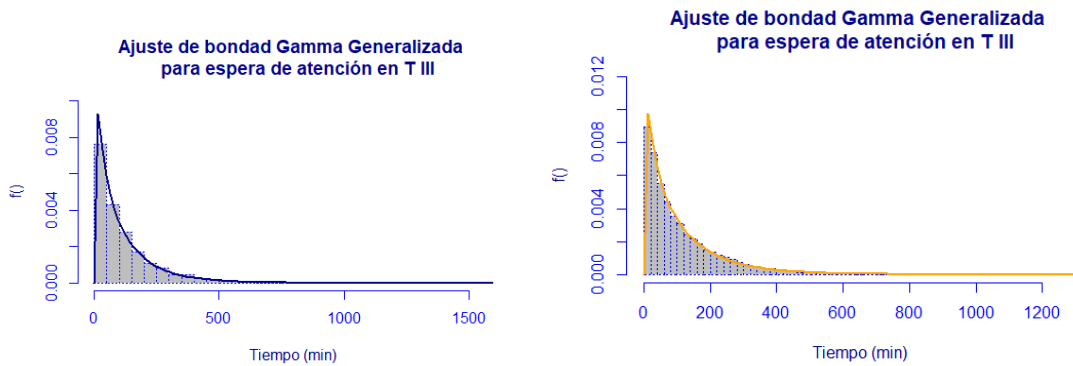
Se puede llegar a concluir que en un sistema de urgencias con las dimensiones de infraestructura y demanda de este tipo, una persona que consulta por una emergencia médica, puede estar demorando entre 38 y 42 minutos para recibir atención médica especializada. mientras tanto su proceso de espera para ser valorado inicialmente en el triage puede demorar en torno a los 9 minutos. Las duraciones de atención varían significativamente, por lo que un usuario puede estar en el sistema una 4.3 horas

Ilustración 32 Ajuste espera triage C3



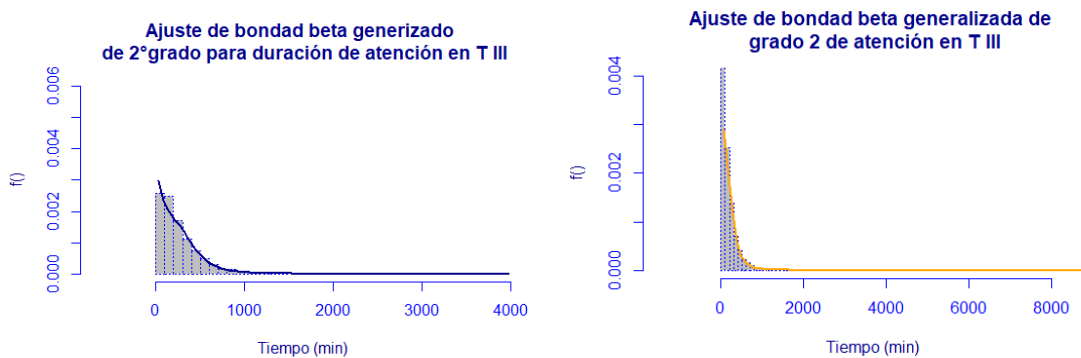
Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Ilustración 33 Ajuste Espera atención C3



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Ilustración 34 Ajuste duración atención C3



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Los ajustes aluden que los pacientes categorizados con triage III registran una variabilidad similar, en el primer caso una curva Box-Cox de poder exponencial, con parámetros de bondad de GAIC 19051, y en los no hospitalizados se describe mejor un ajuste. Se puede llegar a asegurar que los pacientes en T III tienen tiempos de espera medios en triage en ambos casos de 11 minutos, para ser categorizados, y entre el 5 y el 95% de los pacientes registran un tiempo entre los 3 y 31 minutos.

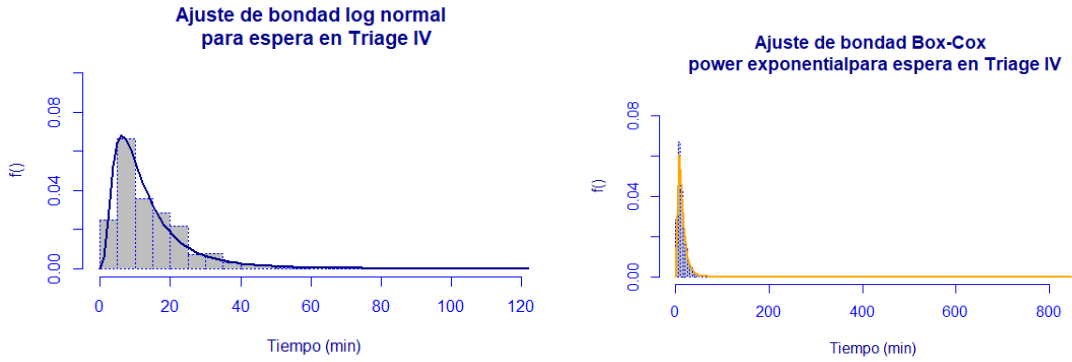
En la variable calculada de espera en atención, se encuentran descritos por segunda ocasión una distribución gaussiano inversa generalizada, con GAIC de 33212 y 207312 respectivamente, el 95% de los casos registran tiempos de espera entre los 6 minutos y 6 horas, con una media recortada de 93 minutos respectivamente. Se empieza a ver que aquí existe un cuello de botella en el proceso, y es que se tiene que sacrificar los tiempos de atención en triage menores, para responder prioritariamente a los más importantes.

Las duraciones de atención presentan distribuciones con altísima variabilidad en no hospitalizados, Para los categorizados en el T III se describe a los ambos subgrupos con un ajuste de bondad beta generalizado de grado 2 de distintos parámetros (GAIC 37864 y 214828), presentando por primera vez comportamientos muy distintos.

Entre el 5 y 95% de los pacientes atendidos con triage III presentan tiempos de atención de 15 min hasta 9 horas para ser remitidos a hospitalización y 12 horas para aquellos que no. También una media recortada de 2,3 y 3,4 horas respectivamente.

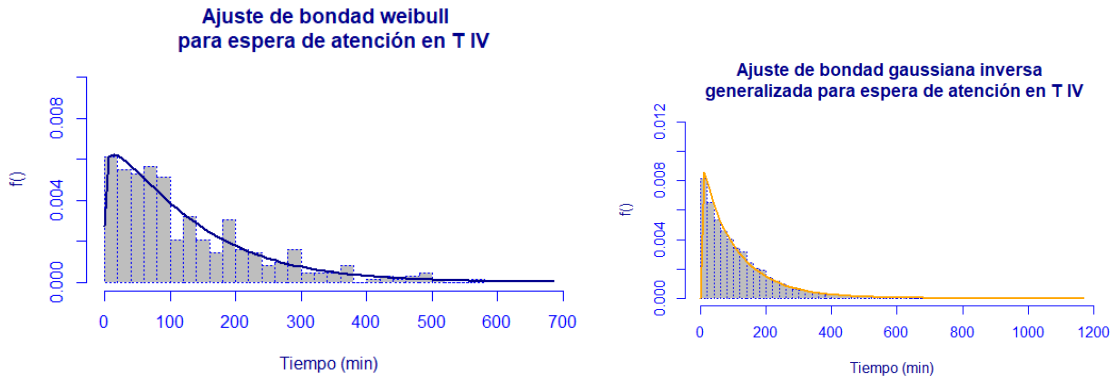
Es aquí donde la congestión del sistema se empieza a ver reflejada, se pasa de un tiempo de espera de 40 minutos para llegar a la fase de atención del triage II, a 1,8 horas. Aun así, los tiempos de espera en el triage son aceptables y están en su mayoría en un rango inferior a los 60 minutos. Posiblemente este grupo sea el más afectado por el ingreso de los triage con menor importancia, dado que es el grupo con mayor frecuencia de casos de por sí, ya se crean colas dentro del grupo, pero debe de depender de la llegada de pacientes I y II.

Ilustración 35 Ajuste espera triage C4



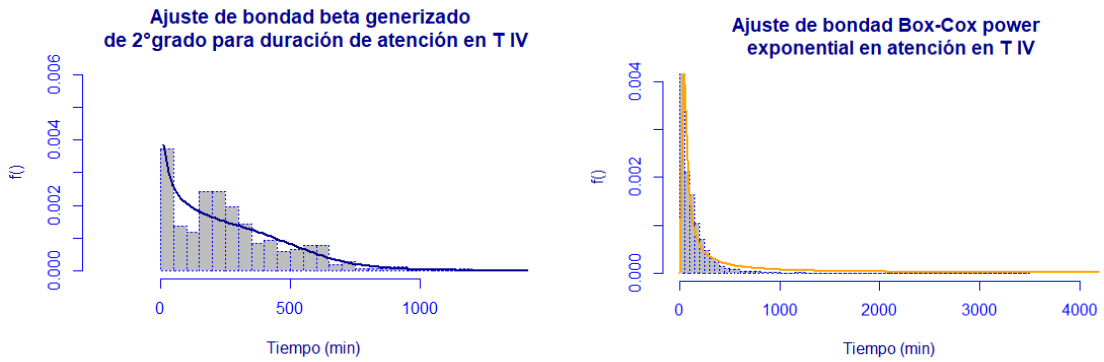
Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Ilustración 36 Ajuste Espera atención C4



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Ilustración 37 Ajuste duración atención C4



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

La bondad revela una curva esperada, los pacientes categorizados con triage IV registran una mayor dispersión, pero menor variabilidad, sin embargo, los hospitalizados se distribuyen a manera de Log normal, con parámetro de bondad de GAIC 2160, mientras que los no hospitalizados presentan la variabilidad de siempre bajo una curva Box-Cox de poder exponencial (GAIC 99441). Se puede llegar a asegurar que los pacientes en T IV tienen tiempos de espera en triage en torno a 12 minutos, para ser categorizados, y el 95% de los pacientes registran tiempos menores a 36 minutos.

En tiempos de espera para atención una vez categorizados, se encuentran los hospitalizados de este triage descritos por una distribución weibull, con GAIC de 3632, mientras que el otro subgrupo se rige por una gaussiana inversa (GAIC 168276). El 95% de los casos registran tiempos menores a los 163 minutos y ambos tienen una media recortada de 29 y 33 minutos respectivamente.

Las duraciones de atención vuelven a tener una distribución similar, eso sí, la variabilidad en ambos casos aumenta comparados con las del triage I, Para los categorizados en el T II se describe a los hospitalizados con un ajuste de bondad gaussiana inversa generalizada (GAIC 21209) y en el segundo caso un Box-Cox (GAIC 39411).

El 95% de los pacientes atendidos con triage IV y que serán enviados a hospitalización presentan tiempos inferiores a 6 horas con una media recortada de 109 minutos, mientras que los que no van a hacer remitidos, un promedio de 112 minutos por atención y el 5% presenta tiempos de atención superiores a 330 minutos. Aunque este grupo de triage presenta congestión en su cola, se puede afirmar que está mucho más controlados sus tiempos a comparación del T III, que hasta registra mayores tiempos de espera en atención dado su volumen.

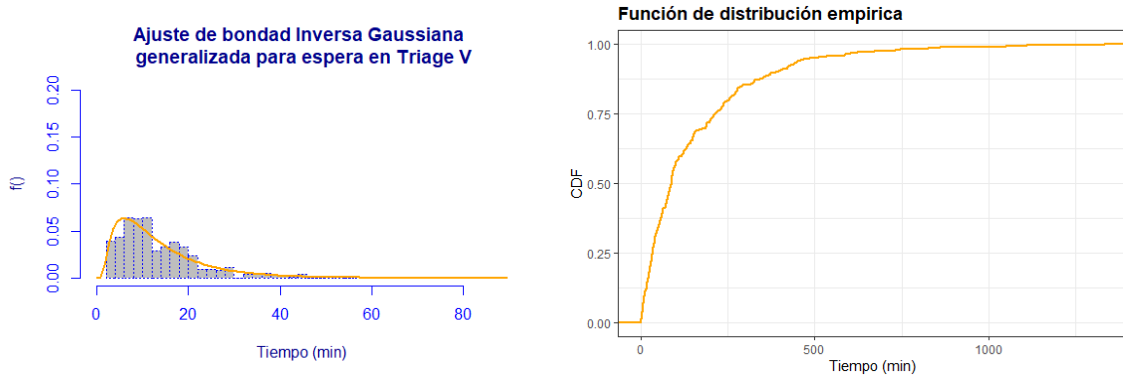
Por último, los tiempos de atención también registran menor variabilidad que el triage 3, estos se distribuyen para pacientes  $H = 1$  bajo un ajuste beta generalizado de tipo 2 (GAIC 3991), mientras los  $H = 0$  siguen un ajuste de bondad parecido a un box-cox de poder exponencial (GAIC 117665). Los tiempos de atención rondan entre los 47 minutos para no hospitalizados, y 3,5 horas en los que serán remitidos. Extrañamente los datos muestran que es mucho mejor ir a un hospital de estas características por urgencias menores, que ir por un triage III.

Ilustración 38 Ajuste espera triage C5



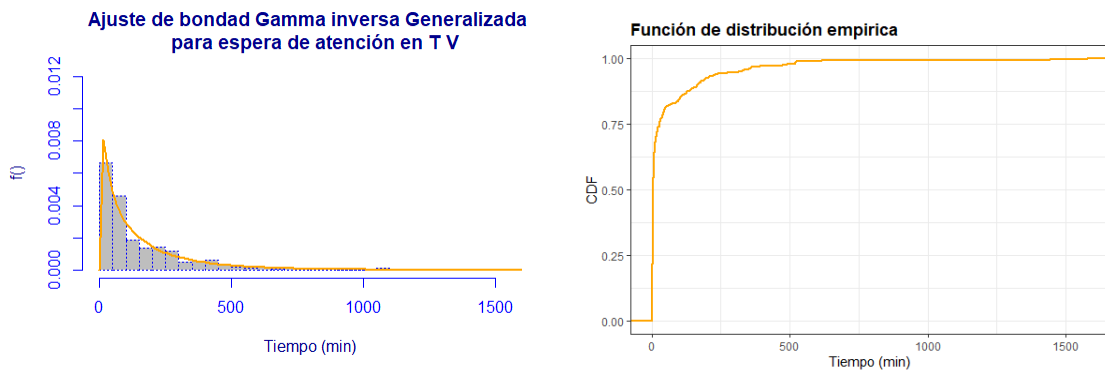
Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Ilustración 39 Ajuste Espera atención C5



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Ilustración 40 Ajuste duración atención C5



Fuente: Modelo Estadístico Rstudio.

Como los triage V solo presentan un caso de hospitalización, se realizará el análisis generalizado en pacientes no remitidos. Empezando por que en el CDF se ve

69

claramente que los tiempos de espera el 95% de los casos son inferiores a 35 minutos, estos tiempos, siguen una distribución gaussiana inversa generalizada con un parámetro de bondad de 2525. Aquí hay que tener en cuenta que el tamaño de esta población es muy pequeño, y que es posible que la función de abandono de estas personas sea alta, por ello presenta tiempos de espera promedios recortados de 12 minutos.

En el tiempo de espera para ser atendidos se rige también por una gaussiana con parámetro GAIC =4410, presenta una dispersión de los datos y variabilidad pequeña comparado con los otros triage. la media recortada de la variable está en 120 minutos, con tiempos menores de 484 minutos en el 95% de los casos. Por otro lado, el tiempo de atención se encuentra una box-cox de poder exponencial (GAIC = 2207), con media recortada en 20 minutos con un coeficiente de desviación de 35% (bastante alto).

Con todo lo dicho anteriormente, ahora se tiene muy en claro cómo se distribuye el tiempo del paciente en el sistema, según su tipo de triage y si va a ser hospitalizado. se observa sobre todo que la mayor parte de su tiempo en los triage I y II transcurre en la atención especializada, sus tiempos de espera y su variabilidad es pequeño.

Mientras que el triage III es el más convulsivo dado su variabilidad y demanda, se obtuvo que sus tiempos de espera para recibir la atención son los más altos, y que los tiempos de atención también suelen ser muy lentos. por otro lado, los triage IV y V presentan una gran mejoría comparado con la categoría III, con esperas no tan largas y tiempos de atención muy cortos, en esencia estos tipos de triage tienen una probabilidad de abandono muy alta cuando los tiempos de esperas se tornan largos, por lo que es necesario considerar esto en próximas investigaciones.

## **10. DESARROLLO DEL MODELO DE SIMULACIÓN**

### **10.1. CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE FLEXSIM.**

Flexsim es un software que posee un ambiente orientado a objetos para desarrollar, modelar, simular, visualizar y monitorear actividades y sistemas con procesos de flujo dinámico. Flexsim es una completa serie de herramientas para desarrollar y compilar aplicaciones de simulación (*Manual en Español De Software Flexsim 2020*).

### **10.2. MODELADO.**

Flexsim permite utilizar objetos altamente desarrollados y parametrizados que representan procesos y colas. Para el uso de un objeto, basta de arrastrarlo y moverlo desde la librería de objetos a la vista del modelo, cada objeto tiene una

localización en el espacio (x, y, z) una velocidad y rotación y un comportamiento específico en el tiempo, los objetos pueden llegar a crearse, destruirse y moverse entre ellos (*Manual en Español De Software Flexsim 2020*).

### 10.3. PROCESS FLOW.

La herramienta Process Flow es más abstracta y teórica que las herramientas de modelado 3D de FlexSim, lo que puede resultar atractivo para algunos usuarios. La ventaja de usar la herramienta Process Flow es que puede crear una lógica de modelo personalizada mucho más fácilmente en esta herramienta. (Tutorials/FlexSim Basics).

#### 10.3.1. Librerías empleadas

Para realizar el modelo en la herramienta process flow podemos encontrar diferentes librerías las cuales pueden tener diferentes propósitos. ( )

*Tabla 16 librerías flexsim*

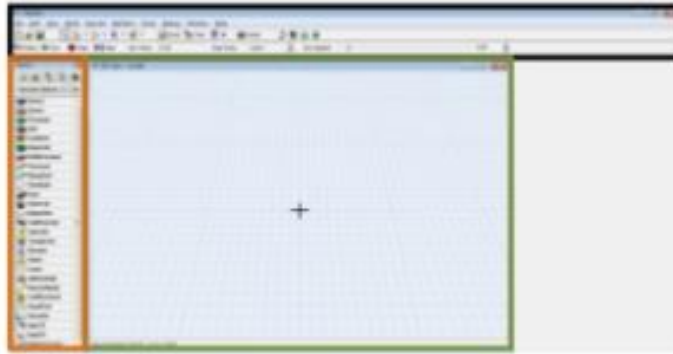
Activo compartido	Explicación
Recurso	Representa un suministro limitado de algunos recursos que se pueden adquirir y liberar. Se puede utilizar para simular un suministro de bienes, servicios, tiempo, materiales, empleados, etc.
Lista	Le permite insertar o extraer tokens, elementos de flujo, ejecutores de tareas, números, cadenas, etc. a una lista. Este es un activo útil para sincronizar múltiples tokens dentro de un flujo de proceso o como un recurso más dinámico. Los flujos de proceso pueden usar una lista que es local para el flujo de proceso en sí o podría estar vinculada a una Lista global en el modelo de simulación.
Zona	Puede recopilar información estadística no disponible para actividades estándar. También puede restringir el acceso a una sección del flujo del proceso en función de ciertas estadísticas u otros criterios.

En el desarrollo del modelo de simulación se utilizó el software “Flexsim” que nos sirve para la simulación de eventos discretos , analizar visualizar cualquier tipo de proceso en el sector industrial, y de salud , desde procesos de manufactura hasta cadenas de suministro para nuestro caso se utilizó process flow es una herramienta que nos ofrece la opción que sea realmente lógica y estructurada en cuanto a la una ubicación de los procesos que son tenidos en cuenta en el área de urgencias, sabiendo que este software se compone de una gran librería de objetos para la simulación se escogieron las siguientes librería como son mostradas en la siguiente ilustración.

A continuación, se explicará cómo se construyó el modelo y la herramienta que fue utilizada en la construcción del modelo

**Ventana flexsim:** La ventana de flexsim se compone de las siguientes partes.

*Ilustración 45 Ventana de flexsim*



**Recuadro Negro:** Barra de herramientas y controles de simulación (*Manual en Español De Software Flexsim 2020*).

**Recuadro naranja:** librería de objetos (continuos discretos y personalizados) (*Manual en Español De Software Flexsim 2020*).

**Recuadro verde:** Layout (*Manual en Español De Software Flexsim 2020*).

*Ilustración 46 librería de objetos discretos*

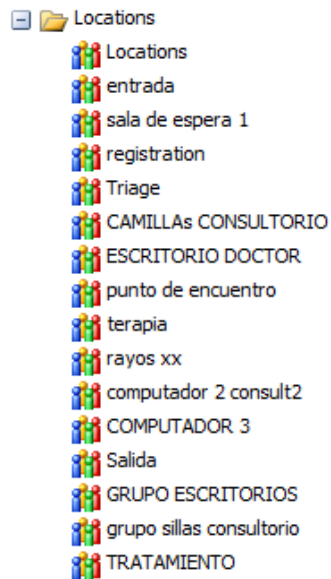


Fuente: Modelo Flexsim.

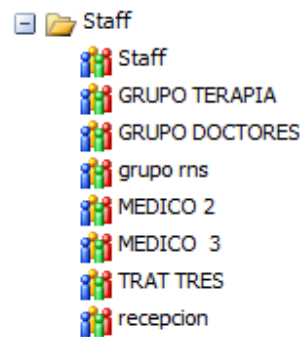
Está librerías nos sirvió para la definición del modelo, en este podemos encontrar objetos como lo son sillas, escritos puestos o áreas de trabajos letrinas hasta el personal que lo componen de enfermeras, doctores especialistas en fin una gran

variedad de propiedades además de ello se debe distribuir en una serie de grupos para que no haya confusión cuando son nombrados en los procesos

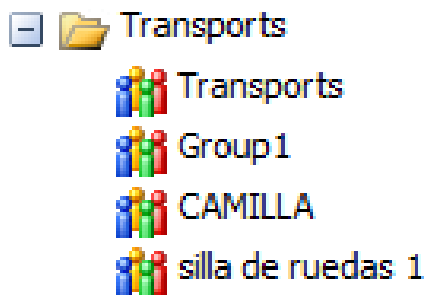
*Ilustración 47 grupos de locaciones y áreas*



*Ilustración 48 grupo staff: Enfermeros y médicos*



*Ilustración 49 grupo transports: Transporte de pacientes*



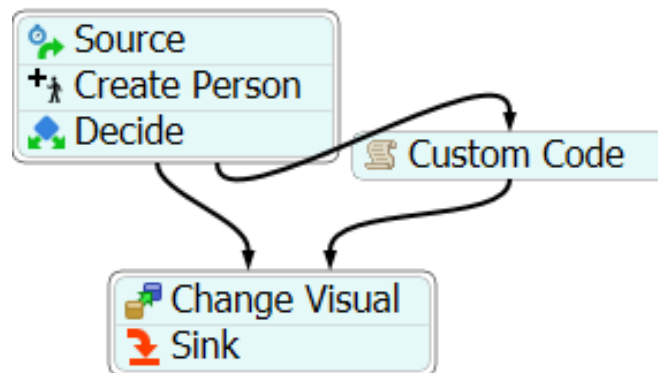
En cada caso se seleccionaron los más adecuados para realizar la simulación.

#### **10.4. PARAMETRIZACIÓN DEL MODELO**

#### 10.4.1. Objetos utilizados para construir un modelo. Propiedades y parámetros.

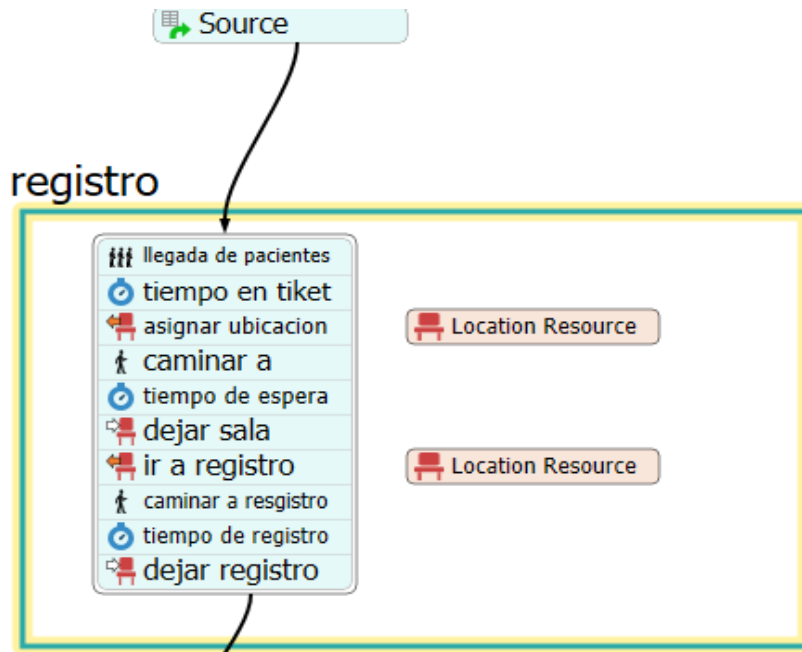
Ya en el desarrollo de los procesos se utilizó la herramienta de process flow como lo mencionaba anteriormente, ya que ésta se utiliza una amplia gama de bloques de actividades pre construidos, en este se construye una lógica a medida que realizamos un diagrama, en la primera parte utilizamos un **source** que es utilizado para crear flowitems o personas que se mueven por todo el modelo, en este caso el source llama a la persona. Este se unió con un **create personal** que crea el número de personas que quieren que ingresen al proceso, después se utilizó un conector y una decisión en el cual podemos incluir en el **custom code** cada cuanto debe ingresar y así respectivamente hasta crear a las personas como lo podemos mirar en la ilustración

*Ilustración 50 process flow*



Para la segunda parte se elaboraron los diferentes procesos, en el primer proceso se tuvo en cuenta el registro de las personas y el tiempo que se toma para el registro del paciente y su respectiva atención.

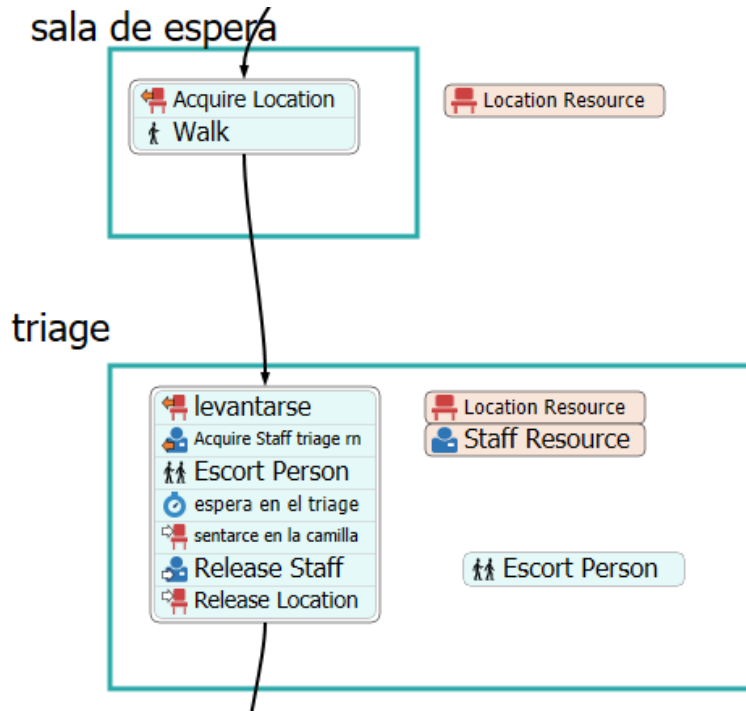
Ilustración 51 proceso de registro



En este se tuvieron en cuenta las siguientes variables para su elaboración, el tiempo de llegada del paciente, el tiempo de registro para la obtención del turno que es atendido la ubicación donde se va sentar el objeto hacia dónde va a caminar la persona y el tiempo de espera para que sea llamado a la recepción y por último el tiempo para dejar el registro y sea atendido en primera instancia en el triage dependiendo de los síntomas que presenta este.

En cuanto a la sala de espera y el triage se llaman los objetos, el personal y el transporte que fueron creados en sus grupos respectivamente en estos procesos se llama a la enfermera para que acuda donde se encuentra el paciente realizando un acompañamiento a este hasta llegar al triage donde se procede a examinar al paciente tomando muestras de sangre para medir el nivel de glucosa que tiene el paciente la tensión con la que ingresó heridas si las tiene hasta dar una valoración para que se reportada o emitida el doctor de turno.

Ilustración 52 Sala de espera.



En el siguiente proceso que es la el examen que realiza el grupo de doctores podemos observar en el proceso que el paciente es acompañado por la enfermera hasta el primer consultorio donde el doctor toma apunte de los síntomas que el paciente le dice que presenta, para estos se utilizaron diferentes conectores como sentarse en la camilla que nos permite que el objeto se siente en la camilla para que el doctor lo pueda examinar, consecutivo a esto se utilizó el **release staff** que nos permite que el doctor o el grupo de doctores realicen una variación para que este pueda ser tanto dado de alta si no presenta grande complicación hasta ser remito a una sala de observación.

Ilustración 53 Examen médico.

## EXAMINAR

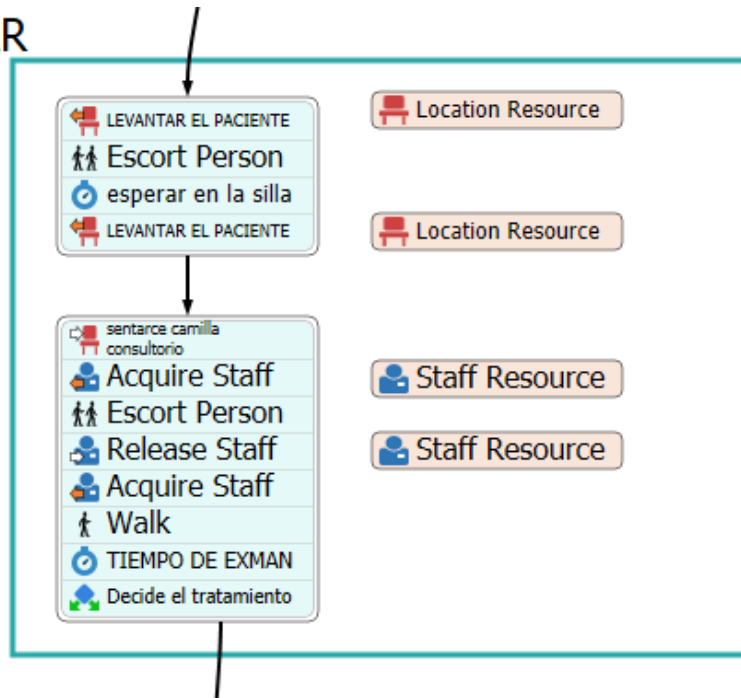
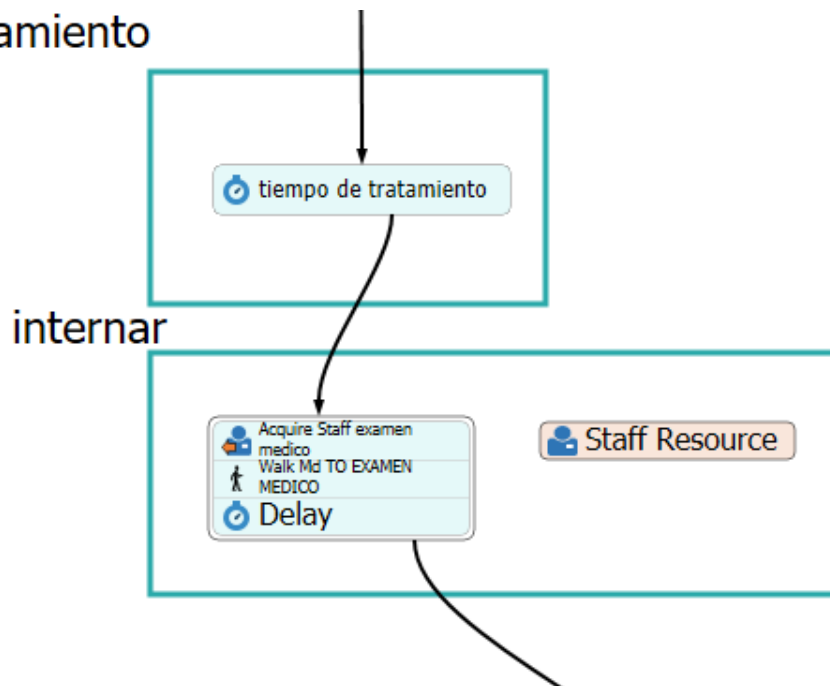


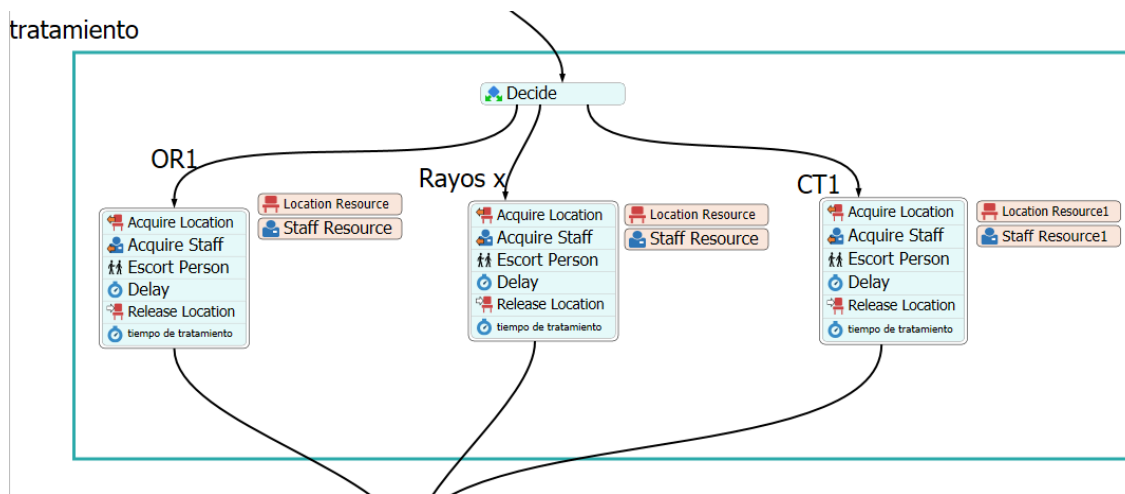
Ilustración 54 Tiempo de tratamiento

## tratamiento



En cuanto al tratamiento que debe tener el paciente él se crea una decisión, en la decisión se creó un grupo de tratamientos que son distribuidos por una distribución por porcentaje directo en este se toma la decisión dependiendo del examen que fue remitido por el doctor. Para esto se realizó la misma distribución del proceso del examen para cada consulta para cada uno de los procesos se llamó por medio de current y el nombre o grupo donde se encuentran los objetos o el grupo de staff donde se encuentran los médicos, enfermeras secretarias, y personal que se encuentra en las farmacias.

Ilustración 55 Tratamientos



Y por último se creó un proceso para que el objeto sea dado de alto en este se le ordena que vaya al punto de origen salga y sea destruido como se ve en la ilustración.

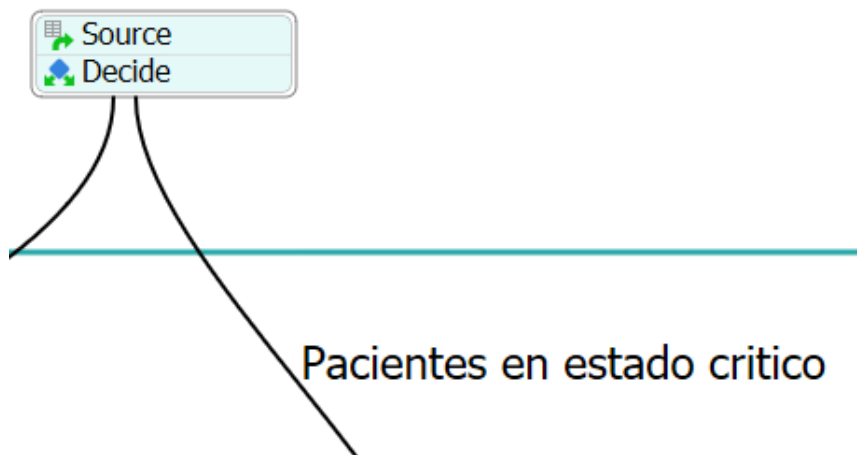
Ilustración 56 proceso de alta.



Objects Attached

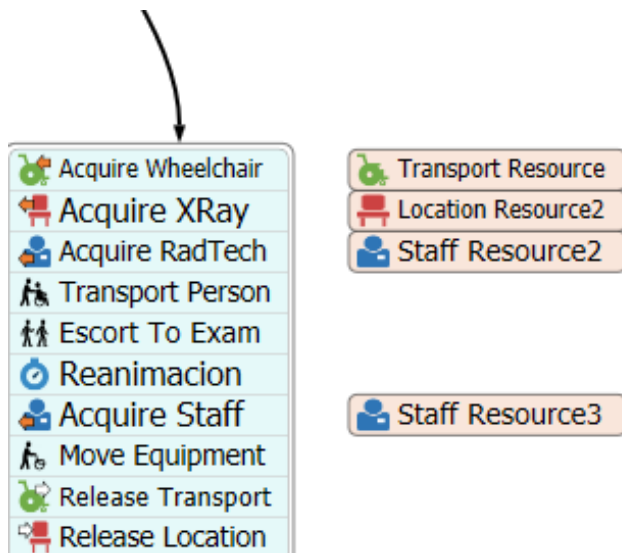
Para la priorización en la atención de los pacientes que ingresan al hospital con complicaciones que necesitan de una atención inmediata se realizó el siguiente diagrama de proceso para esto en el llamado del source se tomó un objeto de decisión por porcentaje tomando como prioritario con un 50 por ciento y con un 50 la atención de pacientes por enfermedad.

*Ilustración 57 Pacientes en estado crítico*



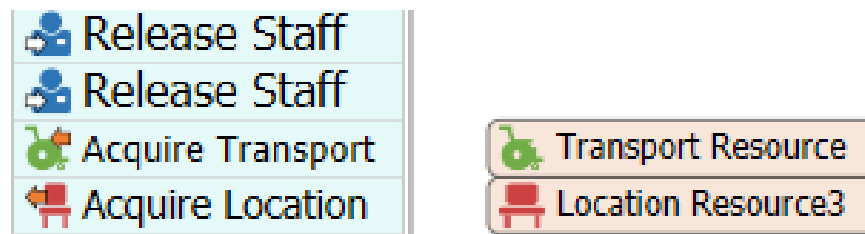
Para la primera parte las enfermeras encargadas de cuidados intensivos realizan un acompañamiento al paciente desplazando hasta la entrada de emergencias donde llega al hospital el hospital con estado de gravedad crítico, en el proceso de tomaron en cuenta los procesos que requerían un transporte del paciente hasta el área de reanimación que se muestra en el siguiente proceso se tienen en cuenta que los enfermeros se denominaron como RA (staff Reanimación).

Ilustración 58 Traslado de paciente a reanimación



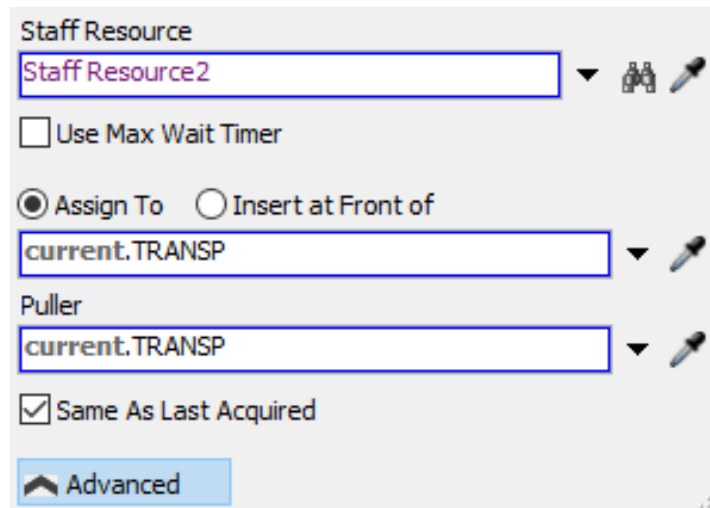
Para la segunda parte en el grupo creado de enfermeras generales denominado RF (staff enfermeras generales) realizan un orden a la ubicación en cuanto los equipos utilizados para el transporte de los pacientes y los equipos necesarios para atender y al paciente mostrado en el siguiente diagrama de procesos.

Ilustración 59 Traslado de equipos como sillas de ruedas



Para la etapa de observación del paciente se realizó un traslado de los pacientes al área de cuidados intensivos donde se mira la evolución del paciente en estos procesos se realizaron subprocesos como suministro de medicamentos (**Crash Cart**) y traslado del paciente en la camilla (**Gurney**), en el caso que el paciente presidente una evolución de crea una decisión dónde ya se le suministran los tratamientos necesarios para pasarlo a habitación.

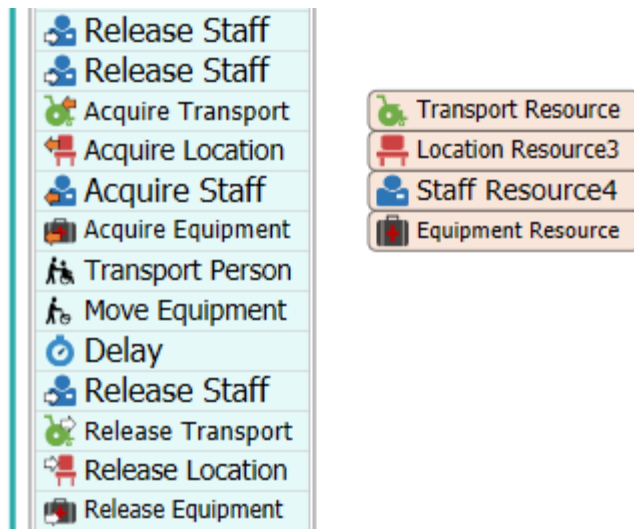
Ilustración 60 cesión de procesos



En cada proceso explicado con anterioridad toca realizar una codificación, en este toca llamar a los procesos con nombres pequeños que puedan ser relacionados en los grupos creados por cada sección, como lo podemos mirar en el proceso de transporte del paciente el **staff Resource 2** es el vínculo que realiza los procesos con los grupos pueden ser tanto de **locations** (qué son las locaciones creadas dentro del esquema del hospital )o staff que son los( doctores enfermeras, cirujanos etc..) o **transport** que son el grupo de (transportes creados como camillas sillas de ruedas etc...) , por consiguiente se llama a el grupo con la abreviatura del grupo con el nombre creado para poder tener un vínculo entre los procesos.

Este proceso es llamado **itemtype** que es una etiqueta que lleva el flowitem que representa una característica de él, son atributos que diferencian entre entidades (etiquetas que diferencian entre el itemtype) flexsim usa estos atributos como referencia al momento de diferenciar el proceso de una ruta.

Ilustración 61 Tratamiento prioritarios



En la última parte se crea un decisor el cual los enfermeros encargados de cuidados intensivos deciden suministrar medicamentos y reportar la evolución del paciente a el doctor encargado de examinar al paciente él toma la decisión de darlo de alta o mandarle tomar tomografías exámenes, darlo de alto o remitir a una habitación.

Ilustración 62 Decisión de tratamiento prioritario

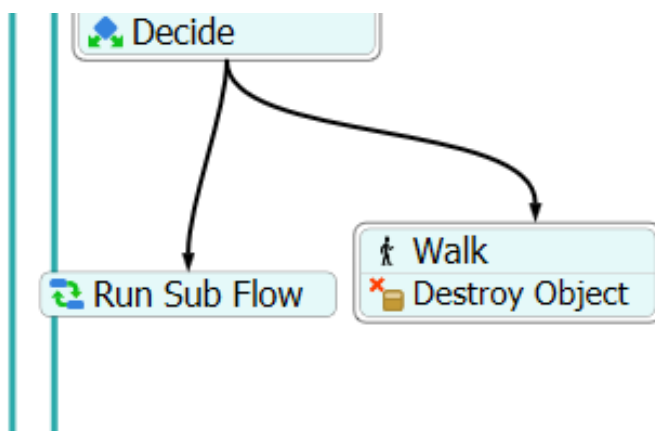
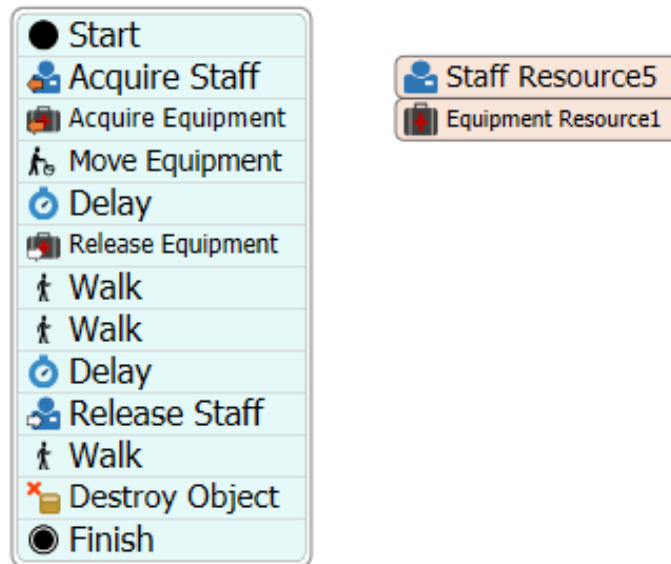
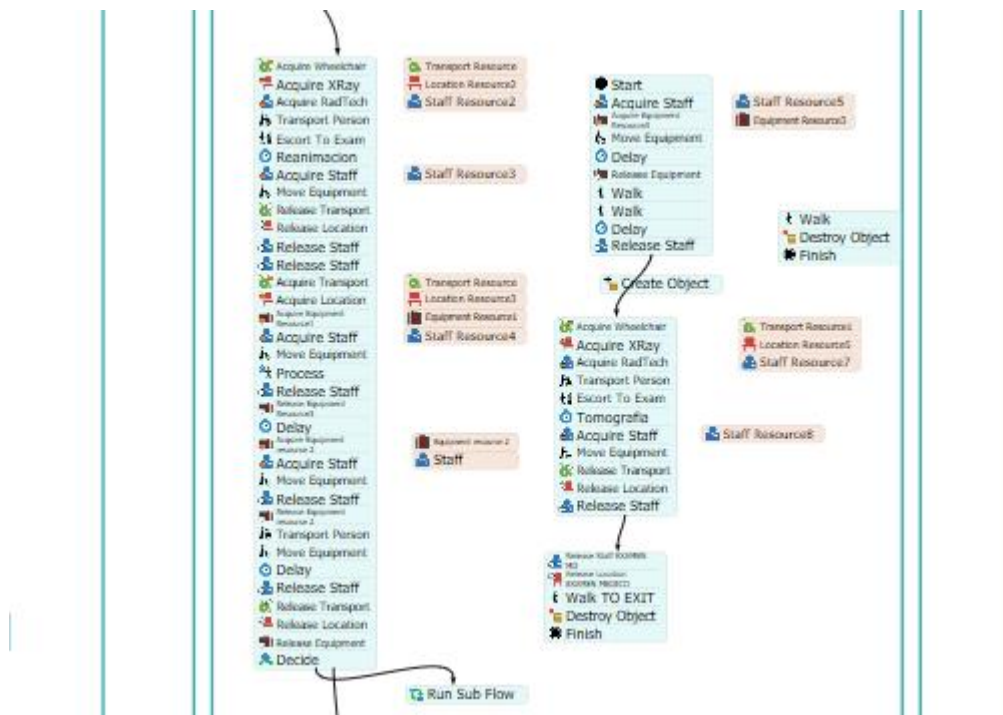


Ilustración 63 toma de decisión en dar de alta o ubicarlo a habitación



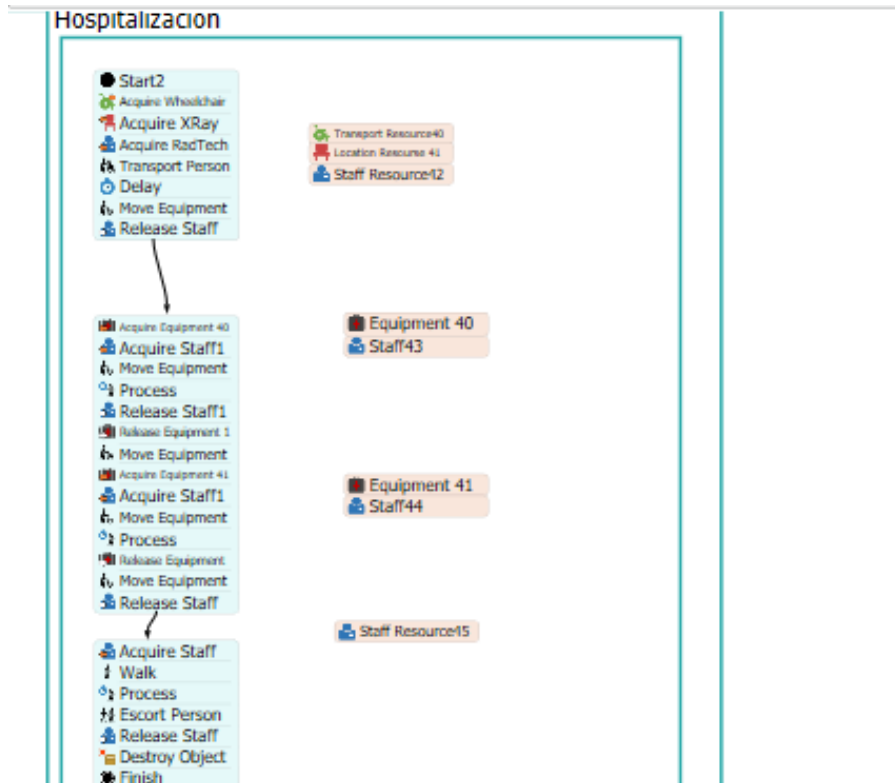
Para el modelo se realizaron dos procesos en este segundo que es la atención prioritaria a continuación aparece el modelo.

Ilustración 64 flujo de procesos urgencias



Para el proceso llevado a cabo en el Área de hospitalización se realizó un esquema parecido.

Ilustración 65 flujo de procesos hospitalización



#### 10.4.2. Modelo

A continuación, se muestra el modelo desarrollado Sociedad de cirugía de Bogotá Hospital San José en el área de urgencias

*Ilustración 66 Recepción y atención en urgencias*



En la primera ilustración podemos observar el área de urgencias donde podemos encontrar en los diferentes bloques del hospital las áreas de reanimación, triage y consultorios etc. Aquí se desarrollaron por prioridades de pacientes.

**Consultorio 1 y 2:** En este proceso es donde se toman electros, flujos, en este proceso el doctor va llamando paciente por paciente realizando la orden clínica del paciente como se muestra en el procedimiento de triage que se observa en la **ilustración 7 Diagrama de proceso ambulatorios casos especiales.**

**consultorio 3 y 4:** En este proceso es donde está el médico general es el que ingresa al paciente al área de urgencias dependiente de los signos que ingrese el paciente se pasa a triage 1, triage 2 o triage 3 acá el médico realiza las órdenes y el pronóstico con la que ingresa al servicio de urgencias.

**Área de reanimación:** En esta área el hospital brinda una capacidad de atención entre 1 a 6 pacientes, se cuenta con auxiliar de enfermería y un profesional de enfermería. Todo paciente que se encuentre en reanimación se encuentra monitorizado.

**Área de hidratación:** En este procedimiento el médico ingresa al paciente con las órdenes, el paciente debe ingresar con sus datos a este procedimiento se le llama bautizo (BAUTISO “identificación del paciente) facturación realiza el bautizo y el triage con una autorización por parte del EPS) en esta área se cuenta con auxiliar de enfermería. acá el auxiliar le toma de laboratorio y administración de medicamentos y deja la nota de enfermería para que inicie los procedimientos siguientes.

*Ilustración 67 consultorios de atención no prioritaria*



*Ilustración 68 cuidados intensivos nivel 1 urgencias*



Ilustración 69 Área de hospitalización



10.4.3. Validación del modelo

10.4.4. **Definición de escenarios y decisiones**

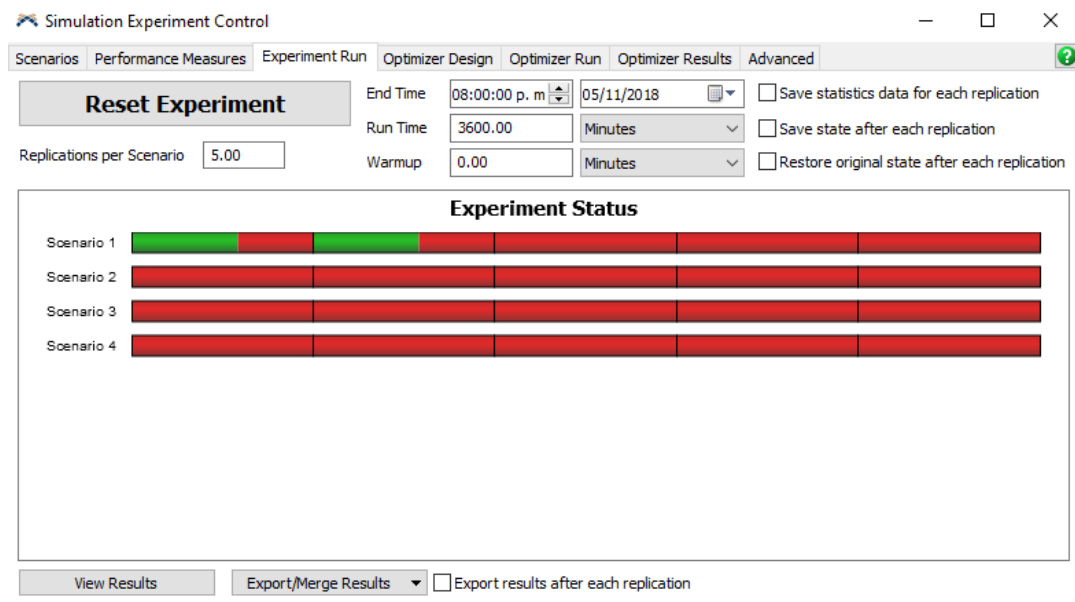
Para el análisis cuantitativo que se realizó de los diferentes escenarios donde puede haber una mayor congestión de pacientes, según la gravedad con la que se remite al paciente se establecieron los siguientes tiempos de los escenarios de la simulación.

## 11. PROYECCIÓN DE DECISIONES.

### Experiment Runt:

En el proceso de validación estadística de datos, gestión de recursos, la herramienta **experimenter** runt nos permitió realizar y presentar diferentes escenarios, en este campo se puede obtener información acerca de procesos y colas que se presentan en las áreas de urgencias y hospitalización como se muestra en la siguiente figura.

Ilustración 70 pestaña Experiment Runt



**Runt to time:** Nos permitió establecer el valor total del tiempo que se corrieron en los diferentes escenarios, después de haber corrido este tiempo en el programa el modelo pasa a un escenario de réplica.

**Warmup Time:** En este paso el modelo ha corrido una cantidad de tiempo establecida en este campo, sus estadísticas se reinician, pero el modelo no.

**Replications per scenario:** Este número nos ayuda a definir cuántas réplicas fueron realizadas durante cada escenario dentro del modelo del hospital.

**Save dashboard data for each replication:** en el caso del modelo si se selecciona esta casilla el modelo guardará los datos del dashboard al final, estos datos los pueden ver en la pestaña dashboard statistics de la ventana de resultados.

**Save state after each replication:** si esta pestaña llegó a ser seleccionada nos brinda la opción de guardar los datos de tipo de formato (fsp)

todo este proceso se llevó a cabo dentro del modelo y los resultados los podemos observar a continuación.

## 11.1. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

En cada proceso se realizó un análisis estadístico en cuanto a tiempo de atención, tratamientos y turnos de atención, capacidad de pacientes x hora y utilización dependiendo de la capacidad brindada en los tiempos tomados en cuenta en el hospital.

En este caso para el análisis de información la función **Dashboard** nos incluye gráficas y otra información acerca de los datos utilizados en la salida del modelo en cada proceso.

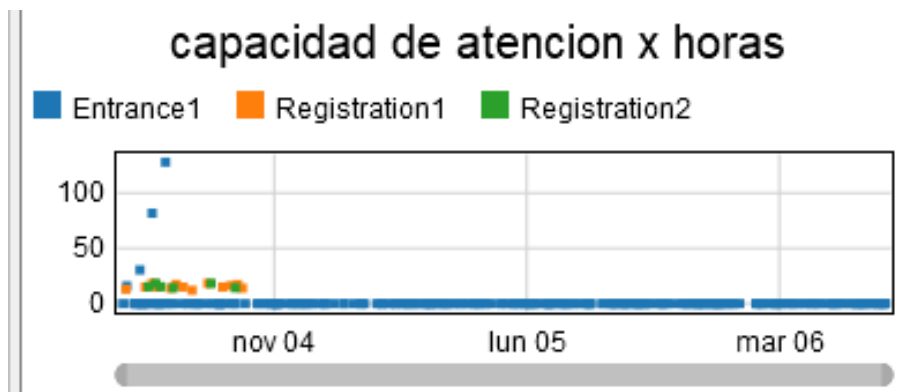
*Ilustración 71 capacidad min y Max en turno de atención x min*

### capacidad max y min en turno de atención

Object	Min	Max	Average
WaitingLine1	17.00	38.73	21.96

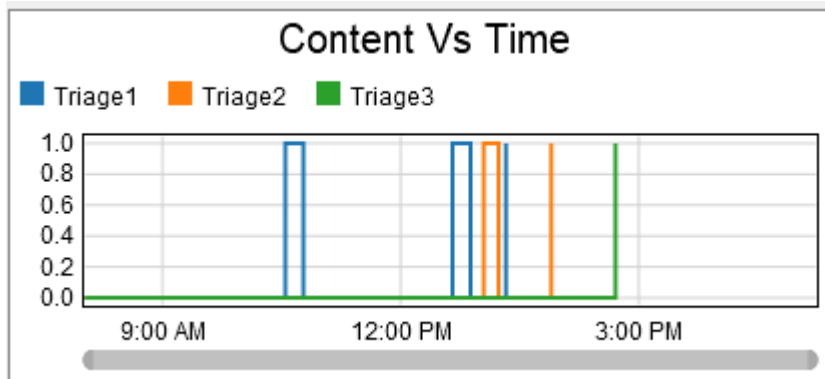
Aquí se puede observar que en un turno normal el tiempo de espera mínimo de atención es de 17 minutos por paciente y el máximo es 38, también se pudo observar que la cantidad de personas que están en 9300 minutos realizados como prueba en la sala de urgencias es de 21 personas.

*Ilustración 72 capacidad de pacientes que ingresan al hospital*



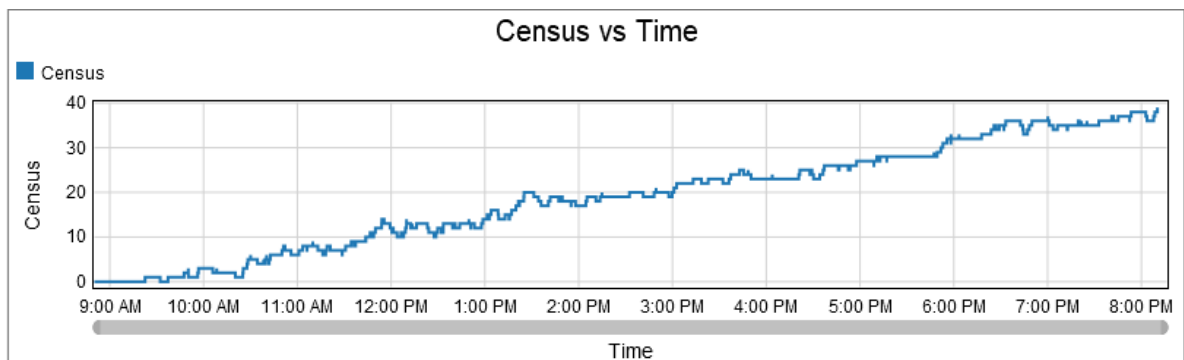
Aquí se puede observar que la demanda de personas que llegan al hospital en el área de urgencias es alta pero así mismo su atención es rápida como se muestra en las áreas de registro su atención en un día normal abarca entre 40 o 50 personas en horarios donde no se presentan picos accidentes y en una hora pico la atención puede llegar a ser de 150 personas, pero los índices son buenos.

Ilustración 73 picos de atención



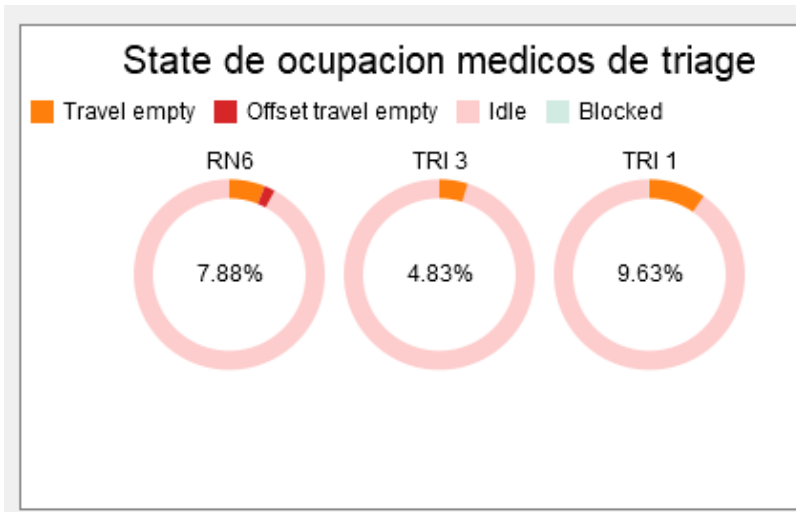
En cuanto a los picos de intención donde se incrementa con mayor frecuencia la entrada de pacientes con la base de datos recopilada se obtuvo que: se pudo realizar un análisis que entre las 10:00 am y las 11:30 hay un alto ingreso de pacientes lo mismo entre la 1:00 pm y 2:30 pm esto puede generar un poco de retraso, pero no afecta el nivel de atención.

Ilustración 74 capacidad de pacientes x horas



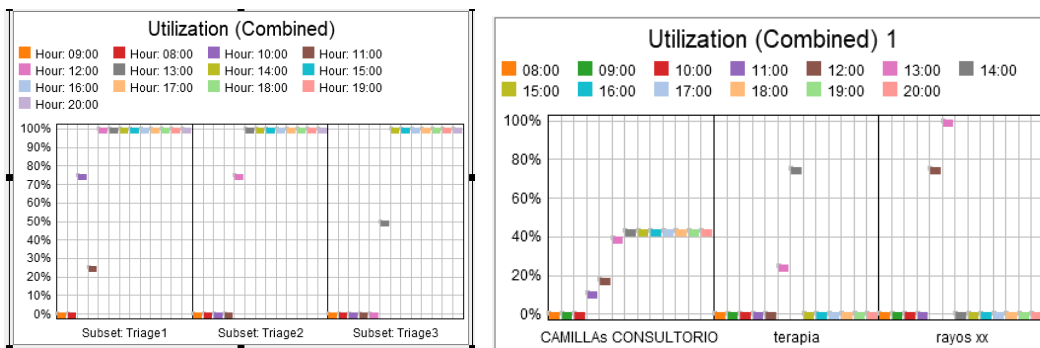
En el gráfico anterior podemos observar la cantidad de personas que se encuentran en el sistema según el paso del tiempo donde se identificó más capacidad de personas dentro del hospital en las áreas de urgencias y hospitalización entre las 4 a 5 pm que son horarios picos donde se presentan más accidentes y la ocupación del hospital abarca un 40% de ocupación.

*Ilustración 75 Estado de ocupación de doctores y enfermeros*



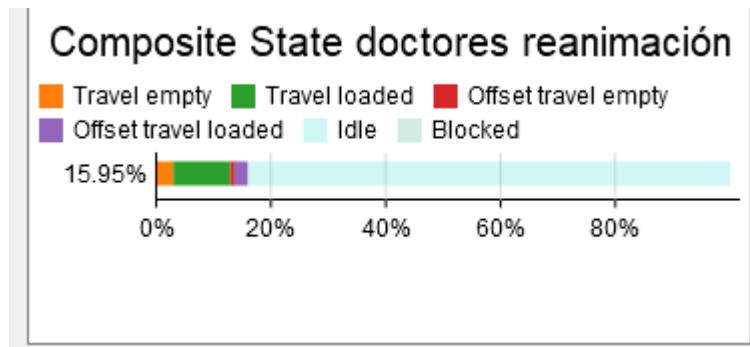
En cuanto al estado de ocupación de doctores desde el momento en que el paciente llega a el área de urgencias su atención en el tiempo de consulta y de más procesos no es tan alto como lo muestran los indicadores ya que se sabe que el porcentaje de pacientes que abandonan la salas es alto y los que tienen cita previa no van o la posterga.

*Ilustración 76 porcentaje de utilización área de urgencias*



En estos gráficos pudimos analizar el porcentaje de utilización de las camillas en los procesos de simulación con la función experimenter optimizando los recursos se tomó como referente diferentes horarios aquí se ve que en los horarios de 10 am el porcentaje de utilización de las camillas y el triage es de un 70% en un triage I si fuera en un triage 2 o 3 este seria de un 40% y no afecta los tiempos de ocupación de urgencias ya que se sabe que el 86% de los usuarios atendidos en un año están categorizados en los triage III y IV, con una evidente concentración de casos para urgencias menores, recuerde que el hospital San José tiene como regla de negocio remitir los triage IV y V (37,2%) a centros asistenciales de menor complejidad. Esto concuerda con la literatura estudiada y las opiniones de expertos consultados con anterioridad.

*Ilustración 77 porcentaje de ocupación de doctores*



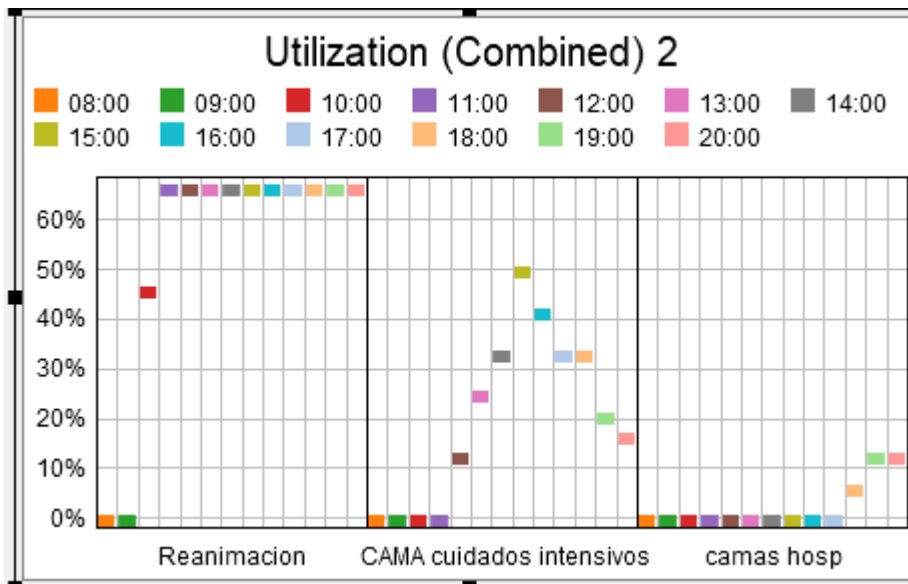
En este gráfico se muestra que el 80% de los doctores toman su tiempo en atender a los pacientes brindando una reanimación si así lo requieren el 3% de su tiempo lo utilizan para el alistamiento de sus equipos quirúrgicos el 9.9% en el suministro de líquidos y el 1% en dejar en el lugar indicado los equipos médicos después de realizar los procedimientos.

Ilustración 78 tiempo de atención min y Max en urgencias por áreas

tiempo en consultorios			
Object	Avg Staytime	Min Staytime	Max Staytime
Triage1	13.64	13.64	13.64
Triage2	11.23	11.23	11.23
Triage3	0.00	0.00	0.00
OR1	36.68	36.68	36.68
Exam Table2	94.81	94.81	94.81
Exam Table3	0.00	0.00	0.00
Exam Table4	52.25	52.25	52.25

En estos procesos donde se realizaron los análisis de los procesos llevados a cabo en el área de urgencias podemos observar el tiempo mínimo, máximo y promedio en que cada paciente está siguiendo valorado por un médico encargado por consultorio en este procedimiento se le hace una valoración primero en qué condiciones, se le toman signos vitales y demás procedimientos para dar una valoración posterior, y así tomar una decisión.

Ilustración 79 porcentaje de utilización hospitalización



En el gráfico podemos observar el comportamiento de utilización de las camillas y ocupación x horas, se observa que la ocupación de la sala de urgencias entre las 3 y 5 pm se encuentra entre un 45% este no afecta la ocupación en hospitalización, como se observa en la parte izquierda del gráfico esta presenta una ocupación entre el 20% y 30 % optimizando los procesos de traslados a habitación como se infiere del análisis en el gráfico “**Pacientes hospitalizados**”.

*Ilustración 80 Tiempos min y Max en el área de hospitalización*

Object	AvgStaytime	MinStaytime	MaxStaytime
Wheelchair14	35.28	35.28	35.28
Bed11	43.80	10.28	77.32
Bed16	0.00	0.00	0.00
Bed15	0.00	0.00	0.00
Bed14	0.00	0.00	0.00
Bed8	0.00	0.00	0.00
Bed10	0.00	0.00	0.00

En el proceso de hospitalización se llevaron a cabo análisis de toma de decisiones en cuanto al suministro de medicamentos y la evolución que vaya teniendo el paciente en este podemos encontrar los tiempos máximos mínimos en cuanto a traslado y tiempo que dura el paciente en la habitación asignada.

## 11.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

los pacientes en T I tienen que esperar 2 minutos, sin embargo, la media recortada para estos dos casos oscila entre 6 y 8 minutos, para ser categorizados, estabilizados, bautizados y remitidos a la siguiente fase. una persona que consulta por una emergencia médica de T II, puede estar demorando entre 38 y 42 minutos para recibir atención médica especializada. mientras tanto su proceso de espera para ser valorado inicialmente en el triage puede demorar en torno a los 9 minutos

Es aquí donde la congestión del sistema se empieza a ver reflejada, se pasa de un tiempo de espera medio de 40 minutos para llegar a la fase de atención del triage II, a 1,8 horas para TIII 60 minutos. Posiblemente este grupo sea el más afectado por el ingreso de los triage con menor importancia, dado que es el grupo con mayor

frecuencia de casos de por sí, ya se crean colas dentro del grupo, pero debe de depender de la llegada de pacientes I y II. Se pudo llegar a asegurar que los pacientes en T IV tienen tiempos de espera en triage en torno a 12 minutos, para ser categorizados, y el 95% de los pacientes registran tiempos menores a 36 minutos.

En tiempos de espera para atención una vez categorizados, se encuentran los hospitalizados de este triage descritos por una distribución weibull, con GAIC de 3632, mientras que el otro subgrupo se rige por una gaussiana inversa (GAIC 168276). El 95% de los casos registran tiempos menores a los 163 minutos y ambos tienen una media recortada de 29 y 33 minutos respectivamente, Es decir en promedio transcurren en torno a 45 minutos para que sean atendidos estos pacientes.

Hay que tener en cuenta que para los triage V el tamaño de esta población es pequeño, y que es posible la función de abandono de estas personas sea alta, por ello presenta tiempos de espera promedios recortados de 12 minutos para su categorización. Sin embargo, el tiempo más significativo es la espera para su atención, que ronda a rededor de los 120 minutos. La siguiente tabla compara los resultados obtenidos con los estándares exigidos por la secretaría de salud y Contraloría.

*Tabla 15 Comparación tiempos establecidos vs obtenidos*

Nivel De Urgencia	Tipo de urgencia	Tiempo Estándar Exigido	Tiempo obtenido
<b>1</b>	Resucitación	Inmediatamente	2 min
<b>2</b>	Emergencia	10- 15 min	9 min
<b>3</b>	Urgencia	60 min	60 min
<b>4</b>	Urgencia Menor	2 horas	12-36 min
<b>5</b>	Sin urgencia	4 Horas	12 min

Fuente: Elaboración Propia

## 12. CONCLUSIONES.

1. Gracias a la implementación del programa flexsim y la herramienta process flow pudimos verificar que esta herramienta brinda muchos recursos en la ingeniería, y sirve como un apoyo para los procesos de simulación que se puedan realizar en un hospital ayudando a identificar y suplir muchos recursos que no son utilizados, y así suplir la necesidad de estar gastando recursos innecesarios dentro de un hospital en procedimientos no requeridos.
2. Con la implementación de las herramientas de análisis de datos como rstudio y experimenter se pudo observar escenarios donde los procedimientos de atención estaban fallando, gracias al ingreso de nuevos datos y escenarios se vio un cambio en los procedimientos de atención de los triage reduciendo los picos que se generaban en los momentos donde hay más ingreso de pacientes.
3. La congestión del sistema reside en el volumen de personas que son categorizadas como triage III, llama sobre todo la atención los tiempos de espera en atención y categorización se pasa de un tiempo de espera de 40 minutos para llegar a la fase de atención del triage II, a 1,8 horas. Aun así, los tiempos de espera en el triage son aceptables y están en su mayoría en un rango inferior a los 60 minutos. Posiblemente este grupo sea el más afectado por el ingreso de los triage con menor importancia, dado que es el grupo con mayor frecuencia de casos de por sí, ya se crean colas dentro del grupo, pero debe de depender de la llegada de pacientes I y II.
4. Según su tipo de triage y si va a ser hospitalizado. se observa sobre todo que la mayor parte de su tiempo en los triage I y II transcurre en la atención especializada, sus tiempos de espera y su variabilidad es pequeño.

Mientras que el triage III es el más convulsivo dado su variabilidad y demanda, se obtuvo que sus tiempos de espera para recibir la atención son los más altos, y que los tiempos de atención también suelen ser muy lentos. por otro lado, los triage IV y V presentan una gran mejoría comparado con la categoría III, con esperas no tan largas y tiempos de atención muy cortos, en esencia estos tipos de triage tienen una probabilidad de abandono muy alta cuando los tiempos de esperas se tornan largos, por lo que es necesario considerar esto en próximas investigaciones.

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Brailsford, S. C., Eldabi, T., Kunc, M., Mustafeec, N., & Osorio, A. F. (2018). Hybrid simulation modelling in operational research: A. *European Journal of Operational Research*, 721-737.
- Ceballos Acevedo, T. M., Velásquez-Restrepo, P. A., Jaén-Posada, J. S. (2014). Duración de la estancia hospitalaria. *Gerencia y políticas de salud*, 274-295.
- El Espectador. (06 de Mayo de 2019). *El Espectador*. Recuperado el 2019, de <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/personeria-de-bogota-denuncia-hacinamiento-en-urgencias-y-falta-de-insumos-en-hospitales-articulo-854027>
- Freund, J., Rücker, B., & Hitpass, B. (2012). *BPMN 2.0 guía de referencia y guía práctica* (Cuarta ed.). Santiago de Chile: BPMN Center.
- García Sabater, J. P. (2015). *Aplicando Teoría de Colas en Dirección de Operaciones*. Valencia, España: Grupo Rogle. Obtenido de <http://personales.upv.es/jpgarcia/linkedddocuments/teoriadecolasdoc.pdf>
- (2014). *Generación de un modelo de simulación virtual aplicado a una línea de fabricación aeronáutica*.
- Grimaldo León, G., Silva Rodríguez, J., Espitia García, M., & Pan Chaparro, N. (2015). Simulación de un sistema de emergencias: caso E.S.E. Hospital San Rafael. *Ingenio Magno*, 58-48.
- Task Overview. (s.f.). Recuperado de <https://docs.flexsim.com/en/20.0/Tutorials/FlexSimBasics/1-3BuildProcessFlow>
- ISO. (2015). Norma ISO 9001.
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Sturrock, D. T. (2008). *Simulación con software arena* (Cuarta ed.). México: McGrawHill Interamericana. Recuperado el 2019, de <https://www.ebooks7-24.com/stage.aspx?il=5370&pg=&ed=>
- Kim, S., & Kim, S. (2013). Differentiated waiting time management according to patient class in an emergency care center using an open Jackson network integrated with pooling and prioritizing. *Annals of Operations Research*, 230, 35-55. doi:<https://rdcu.be/bRrSb>
- Manuel, B. R. (2017). DISEÑO DE UN SISTEMA DE INDICADORES PARA EVALUAR LA EFICIENCIA DE.
- Mauriño, F. F. (11 de septiembre de 2002). *gestiopolis*. Obtenido de gestiopolis: <https://www.gestiopolis.com/mejora-innovacion-procesos/>

- Mendoza Caseres, D. A., González Conde, M., Corcho Martínez, R. A., & Berdugo Alonso, A. (2016). Aplicación de la simulación discreta en el área de urgencias de una. *INGENIARE*, 55-71.
- Presidencia de la reública. (2019). *Presupuesto General de la Nación 2019*. Bogotá.
- Pulgar Perera, V. A., Paniagua Tejo, M. T., Sañudo García, S. (2019). Diagrama de Barber y Johnson y reserva latente como herramientas para optimizar la gestión de camas hospitalarias. *Journal of Healthcare Quality Research*, 124-130. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jhqr.2019.02.001>
- Restrepo-Zea, J. H., Jaén-Posada, J. S., Espinal Piedrahita, J. J., & Zapata Flórez, P. A. (2017). Saturación en los servicios de urgencias: Análisis de cuatro hospitales de Medellín y simulación de estrategias. *Gerencia y políticas de salud*, 17. Obtenido de <https://doi.org/10.11144/Javeriana.rgps17-34.ssa>
- Rodríguez-Páez, F. G., Jiménez-Barbosa, W. G., & Palencia-Sánchez, F. (2018). Uso de los servicios de urgencias en Bogotá, Colombia: Un análisis desde el Triage. *Universidad y Salud*, 20(3), 215-226. doi: <https://doi.org/10.22267/rus.182003.124>
- S. Summers, D. C. (2006). *Administración de la calidad*. Pearson. Obtenido de <http://peruhydraulics.com.pe/ebook/Administracion-de-la-calidad.pdf>
- Simulación computacional. (2017). *Integración de Simulación de eventos discretos y simulación basada en agentes*. Obtenido de <https://Downloads/Simulación%20Computacional.pdf>
- Torres Martínez, J. A. (2016). *Aplicación de herramientas de simulación para el diagnóstico y toma de decisiones en la Gestión del área de Urgencias en las Instituciones Prestadoras de Salud*. Trabajo de Especialización, Universidad Distrital, Ingenierías, Bogotá. Recuperado el 2019, de <http://hdl.handle.net/11349/13622>
- Urquía Moraleda, A., & Martín Villalba, C. (2013). *Modelado y simulación de eventos discretos*. Bogotá: UNED. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliotecaustasp/detail.action?docID=3216151>
- Vesga Serrano, A. (2011). *Simulación y rediseño de los procesos del servicio asistencial de urgencias fundación oftalmológica de santander - clínica carlos ardila lulle-Foscal*. Proyecto de grado, Universidad Pontificia Bolivariana, Ingenierías, Pie de Cuesta. doi:<http://hdl.handle.net/20.500.11912/1732>
- Manual en Español De Software Flexsim*. (2020). Retrieved 1 October 2020, from <https://es.slideshare.net/rodolf22/manual-en-espaol-de-software-flexsim>
- Rodríguez Barbosa, j. (2020). Retrieved 14 November 2020, from <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6384/2/BarbosaRodr%C3%A9guezJuanManuel2017.pdf>.

*GUÍAS PARA MANEJO DE URGENCIAS. (2020). Retrieved 7 August 2020, from [http://www.med-informatica.net/TERAPEUTICA-STAR/UrgenciasGuiaMPS2009\\_1\\_DocNewsNo19038DocumentNo10949.pdf](http://www.med-informatica.net/TERAPEUTICA-STAR/UrgenciasGuiaMPS2009_1_DocNewsNo19038DocumentNo10949.pdf)*

## 14. ANEXOS

Anexo 1: Diagrama Causa Efecto

