

Información Importante

La Universidad de La Sabana informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad de La Sabana.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento para todos los usos que tengan finalidad académica, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le de crédito al documento y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, La Universidad de La Sabana informa que los derechos sobre los documentos son propiedad de los autores y tienen sobre su obra, entre otros, los derechos morales a que hacen referencia los mencionados artículos.

BIBLIOTECA OCTAVIO ARIZMENDI POSADA
UNIVERSIDAD DE LA SABANA
Chía - Cundinamarca

**PROGRAMACIÓN DE LAS SALAS DE CIRUGÍA DE LA CLÍNICA UNIVERSIDAD DE
LA SABANA A TRAVÉS DE HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN**

Presentado por:

ANDRES FELIPE VALDERRAMA LUQUE

ELKIN ALFONSO BEJARANO

Director de proyecto de grado:

EDGAR HERNAN ALFONSO LIZARAZO

UNIVERSIDAD DE LA SABANA

FACULTAD DE INGENIERIA

INGENIERIA INDUSTRIAL

CHIA-CUNDINAMARCA

2016

INDICE

1. INTRODUCCION -----	4
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA -----	5
3. PROBLEMA-----	5
4. OBJETIVOS-----	6
4.1. OBJETIVO GENERAL-----	6
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS-----	6
5. MARCO TEORICO-----	7
6. DESCRIPCION DEL SISTEMA -----	8
6.1. DESCRIPCION SALAS DE CIRUGIA -----	8
6.2. DESCRIPCION DEL SISTEMA POR REDES DE PETRI -----	9
6.3. MEDIDAS DE DESEMPEÑO-----	13
6.4. ANALISIS INFORMACION DE ENTRADA-----	14
6.4.1. ANALISIS ESTADISTICO DEL NUMERO DE ARRIBOS POR DIA DE LA SEMANA Y POR TURNO -----	14
6.4.2. ANALISIS ESTADISTICO DE LOS PROCESOS QUIRURGICOS -----	18
7. DESCRIPCIÓN MODELO SITUACIÓN ACTUAL-----	23
7.1. SUPUESTOS DEL MODELO -----	23
7.2. CONSTRUCCION DEL MODELO -----	23
7.2.1. ARRIBOS (PROGRAMADOS Y URGENTES) -----	23
7.2.2. PROCESO DE CIRUGIAS-----	25
7.2.3. SALIDA DE PACIENTE Y PROCESO DE DESINFECCION-----	26
7.3. ANIMACIÓN DEL SISTEMA DE LAS SALAS DE CIRUGIAS-----	27
7.4. RESULTADOS DEL MODELO ACTUAL-----	28
7.4.1. TIEMPOS DE ESPERA PROMEDIO-----	28
7.4.2. TIEMPO TOTAL PROMEDIO EN EL SISTEMA-----	29

7.4.3.	NÚMERO PROMEDIO DE PACIENTES ATENDIDOS-----	30
7.4.4.	UTILIZACION PROMEDIO DE LAS SALAS DE CIRUGIA-----	31
8.	VALIDACION DEL MODELO SITUACION ACTUAL-----	34
9.	DETERMINACION DE ESTRATEGIAS DE MEJORA-----	35
10.	DESCRIPCIÓN MODELO SITUACIÓN PROPUESTA-----	36
10.1.	PROCESOS DEL MODELO PROPUESTO-----	36
10.1.1.	ARRIBOS PROGRAMADOS Y URGENTES-----	36
10.1.2.	PROCESO DE CIRUGÍA-----	37
10.1.3.	SALIDA DEL PACIENTE Y PROCESO DE DESINFECCIÓN-----	37
10.2.	RESULTADOS MODELO PROPUESTO -----	38
10.2.1.	TIEMPOS DE ESPERA PROMEDIO-----	38
10.2.2.	TIEMPO TOTAL PROMEDIO EN EL SISTEMA-----	39
10.2.3.	NUMERO PROMEDIO DE PACIENTES ATENDIDOS-----	40
10.2.4.	UTILIZACION PROMEDIO DE LAS SALAS DE CIRUGIA-----	41
11.	ANALISIS DE RESULTADOS (ACTUAL VS PROPUESTO)-----	44
12.	ANALISIS DE CAPACIDAD-----	47
12.1.	CASO 1: AUMENTO DE ARIBOS PROGRAMADOS EN 25 %-----	47
12.2.	CASO 2: AUMENTO DE ARIBOS PROGRAMADOS EN 50 %-----	50
13.	ANALISIS DE RESULTADOS (MODELO ACTUAL, MODELO PROPUESTO Y ANALISIS DE CAPACIDAD)-----	52
13.1.	MODELO ACTUAL VS ANÁLISIS DE CAPACIDAD (CASO 1)-----	52
13.2.	MODELO ACTUAL VS ANÁLISIS DE CAPACIDAD (CASO 2)-----	53
13.3.	MODELO PROPUESTO VS ANÁLISIS DE CAPACIDAD (CASO 1)-----	53
13.4.	MODELO PROPUESTO VS ANÁLISIS DE CAPACIDAD (CASO 2)-----	53
14.	CONCLUSIONES-----	54
15.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS-----	55

1. INTRODUCCION

El proyecto tiene como finalidad mejorar la eficiencia y eficacia de las salas de cirugía de la clínica Universidad de La Sabana, a través de un modelo de simulación, que permita elaborar estrategias que aumenten la utilización de las salas y minimicen los tiempos de los pacientes en el sistema.

Para este proyecto, en la sección 6 se menciona la descripción del sistema que consiste en explicar cada una de las zonas del área quirúrgica, las actividades que componen el proceso quirúrgico por medio de redes de Petri y el análisis de datos que se obtuvieron dentro de las salas de cirugía de la clínica, mediante el estudio de tiempos. En la sección 7, se describe el modelo de la situación actual, que consiste en la simulación del comportamiento actual del proceso de cirugía. Además, se exponen los supuestos y parámetros del modelo, la construcción del modelo en el software ARENA, la animación de éste y los resultados obtenidos.

A continuación, en la sección 8, se realizó la validación del modelo mediante la comparación de los resultados arrojados por el modelo con la información de entrada.

Posteriormente, en la sección 9, se elaboraron estrategias enfocadas en mejorar los resultados arrojados por el modelo actual, en términos de utilización y tiempos de espera y de proceso de los pacientes, en las salas de cirugía de la clínica Universidad de La Sabana.

Finalmente, en la sección 10, se construyó en el software ARENA, un modelo de simulación propuesto, implementando las diferentes estrategias de mejora planteadas y en la sección 11, se realizó un análisis comparativo de resultados. Adicionalmente, en la sección 12, se realizó un análisis de capacidad, con el fin de evaluar el comportamiento de las medidas de desempeño, mientras, se aumentan los arribos de pacientes programados.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las salas de cirugía han sido y serán los lugares más importantes de una clínica, debido a que allí se realizan una gran variedad de procedimientos que permiten salvar la vida de muchas personas.

La clínica Universidad de La Sabana recibe a todas las personas que hayan sufrido algún tipo de accidente en los municipios cercanos a está, por tanto, es necesario que las salas de cirugía estén disponibles para atender cualquier eventualidad y que sean eficientes para realizar una cirugía de calidad.

En los últimos años la clínica Universidad de La Sabana ha tenido un incremento en la demanda de pacientes provenientes de urgencia (no electivos) que necesitan cirugía, como consecuencia, la clínica requiere una estrategia de programación de cirugías adecuada, que aumente la utilización de las salas y garantice la atención de los pacientes urgentes y programados.

3. PROBLEMA

¿Cuál debe ser la estrategia de programación de cirugías, que aumente la utilización de las salas y garantice una adecuada atención a los pacientes Programados y Urgentes?

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL:

Determinar estrategias de programación de las salas de cirugía de la clínica Universidad de la Sabana, teniendo en cuenta la incertidumbre asociada, que permita una mejor utilización y garanticen la atención oportuna y adecuada de los pacientes urgentes y programados.

4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Diagnosticar el actual comportamiento de las salas de cirugía mediante toma de datos, visitas y análisis de indicadores.
- Realizar el análisis estadístico de la información de entrada que permita, determinar las distribuciones de probabilidad asociadas a las variables aleatorias del sistema.
- Elaborar un modelo de simulación discreta que describa detalladamente el comportamiento de las salas de cirugía en la clínica Universidad de La Sabana.
- Validar el modelo de simulación.
- Definir las estrategias de programación de las salas de cirugía que mejoren, las medidas de desempeño (utilización de las salas y tiempos en el sistema).
- Elaborar un modelo de simulación que incluya, las diferentes estrategias de programación de las salas de cirugía.

5. MARCO TEORICO

La literatura sobre programación de salas de cirugías se ha centrado en optimizar el funcionamiento de las salas de cirugías mediante la aplicación de técnicas cuantitativas como los modelos matemáticos, heurísticas, simulación y otras. De acuerdo a (Cardoen, Demeulemeester & Beliën, 2010) es importante identificar las restricciones necesarias para aplicar cualquier técnica con éxito, teniendo en cuenta, la disponibilidad de recursos (salas de cirugía, médicos, enfermeras) con el fin de lograr una correcta programación, igualmente hace referencia a la caracterización de los pacientes, los cuales se clasifican en urgentes y programados identificando las siguientes medidas de desempeño: tiempo de espera, cancelaciones, tasa de utilización de recursos, makespan, valor financiero y otras. Por último, expone uno de los mayores problemas asociados con el desarrollo de una precisa programación de las salas de cirugía el cual es la incertidumbre.

En el alcance planteado en este proyecto el problema radica en la capacidad de las salas de cirugía, al momento de atender las cirugías programadas y las de urgencia, este tema lo desarrolla (Wullink, Van Houdenhoven, Hans, Van Oostrum & Van der Lans, 2007) y en el cual se establece como estrategia reservar una sala de cirugía exclusivamente para atender urgencias, con el fin de aumentar la capacidad de respuesta del hospital, minimizando el efecto de la incertidumbre.

Por otro lado, es importante conocer los tipos de programación que existen en el sector salud, para ello se explica la programación online, donde la programación de la cirugía se realiza en tiempo real. El otro tipo de programación es offline, donde la cirugía se acumula en una lista de espera y se realiza una planeación periódica (Jiménez, Amaya & Velasco, 2008).

Una medida de desempeño importante para la precisa programación de las salas de cirugías es la tasa de utilización, ya que, con este indicador podemos contemplar y evitar la subestimación que puede generar espacios vacíos y costos de subutilización, asimismo, la sobre estimación que genera retrasos afectando el nivel de servicio. (Dexter & Epstein, 2005), (Dexter & Traub, 2002), (Dexter, 2003).

Una de las técnicas más importantes es la simulación, que a diferencia de la programación lineal, cadenas de Markov y heurísticas, permite modelar sistemas complejos. Por lo anterior se presenta en este trabajo como herramienta de análisis un modelo de simulación discreta construido siguiendo la metodología presentada en (Law & Kelton, 2001).

6. DESCRIPCION DEL SISTEMA

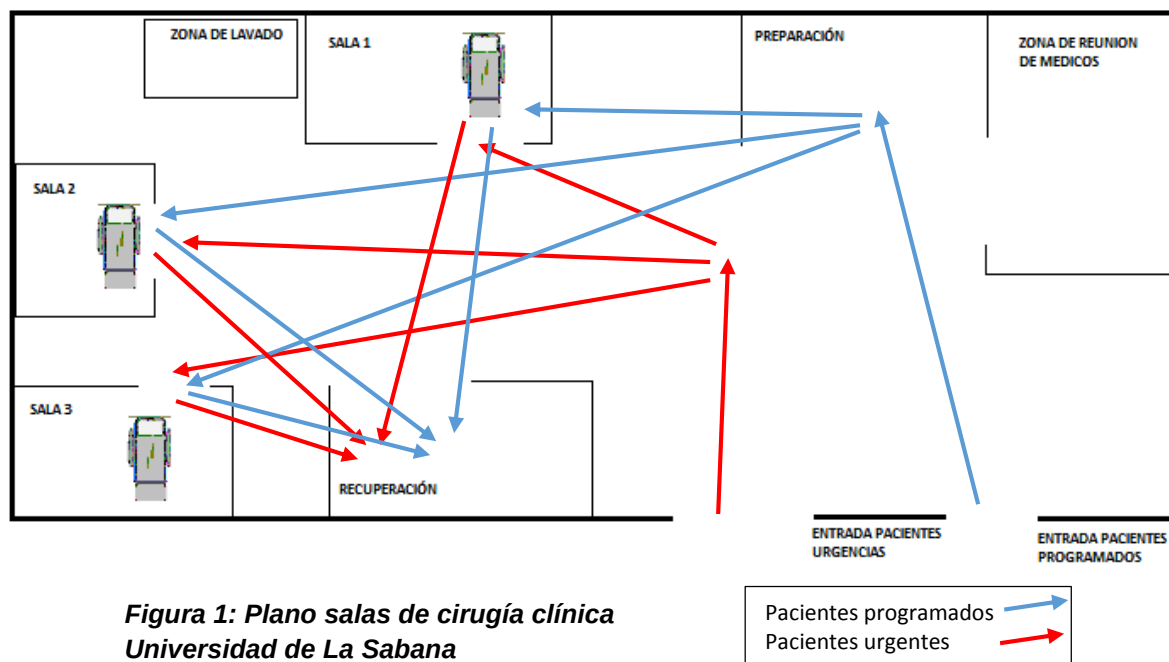
6.1. DESCRIPCIÓN SALAS DE CIRUGÍA

Las salas de cirugía de la clínica Universidad de La Sabana tienen tres zonas fundamentales, la primera es la parte de recepción donde al paciente se le realiza los procedimientos de preparación antes de la cirugía, entre ellos, la canalización y recomendaciones antes de iniciar el procedimiento, los pacientes de carácter urgente no entran a esta zona debido a que ya están preparados. La segunda zona consta del área quirúrgica, donde se encuentran tres salas totalmente dotadas, con los respectivos equipos. La tercera, es la zona de recuperación, que es el lugar donde los pacientes llevaran a cabo su proceso de recuperación.

Los pacientes que entran a las salas de cirugía son de todas las edades, por tanto, no es un factor determinante para realizar mediciones respectivas a la población involucrada.

El proceso quirúrgico consiste en: 1. Los pacientes programados entran a la zona de preparación donde son canalizados (proceso mediante el cual se inyecta al paciente en una vena, para que puedan suministrarle los medicamentos respectivos). 2. Al momento que la sala esté disponible, el paciente es trasladado, donde se realizara el procedimiento de anestesia y cirugía. 3. Al término de la cirugía, se traslada al paciente a la zona de recuperación, donde se le realiza el seguimiento a su recuperación y de esta forma, se pueda realizar la desinfección de la sala.

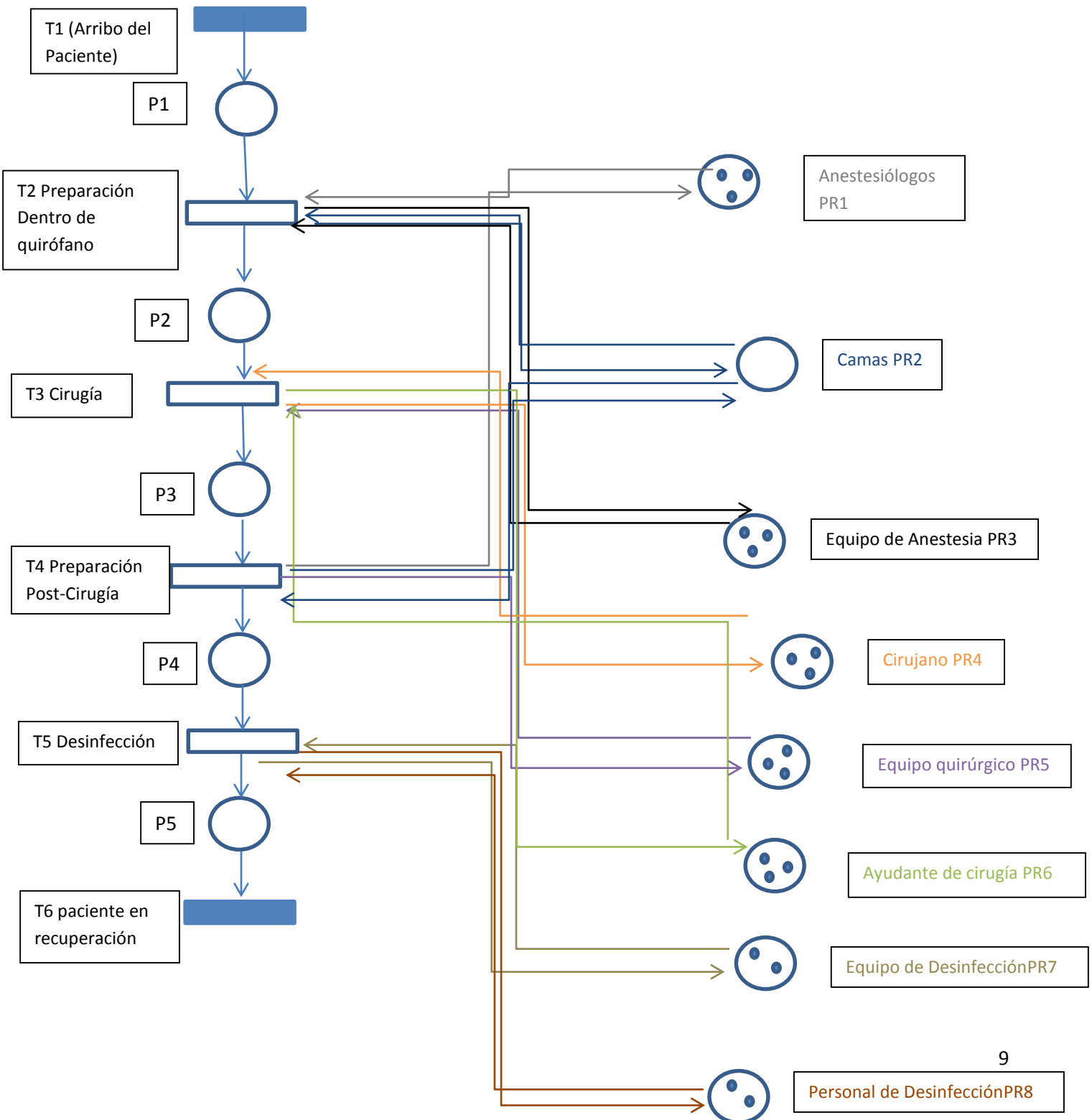
A continuación se muestra el plano general de las salas de cirugía. (Ver figura 1)



6.2. DESCRIPCION DEL SISTEMA A TRAVÉS DE REDES DE PETRI.

La descripción formal de los procesos del sistema se realizó a través de redes de Petri. Las redes de Petri son representaciones graficas de un sistema, que permiten, definir detalladamente los procesos, los recursos requeridos, el comportamiento y capacidad de dichos recursos.

Figura 2: Red de Petri para pacientes urgentes



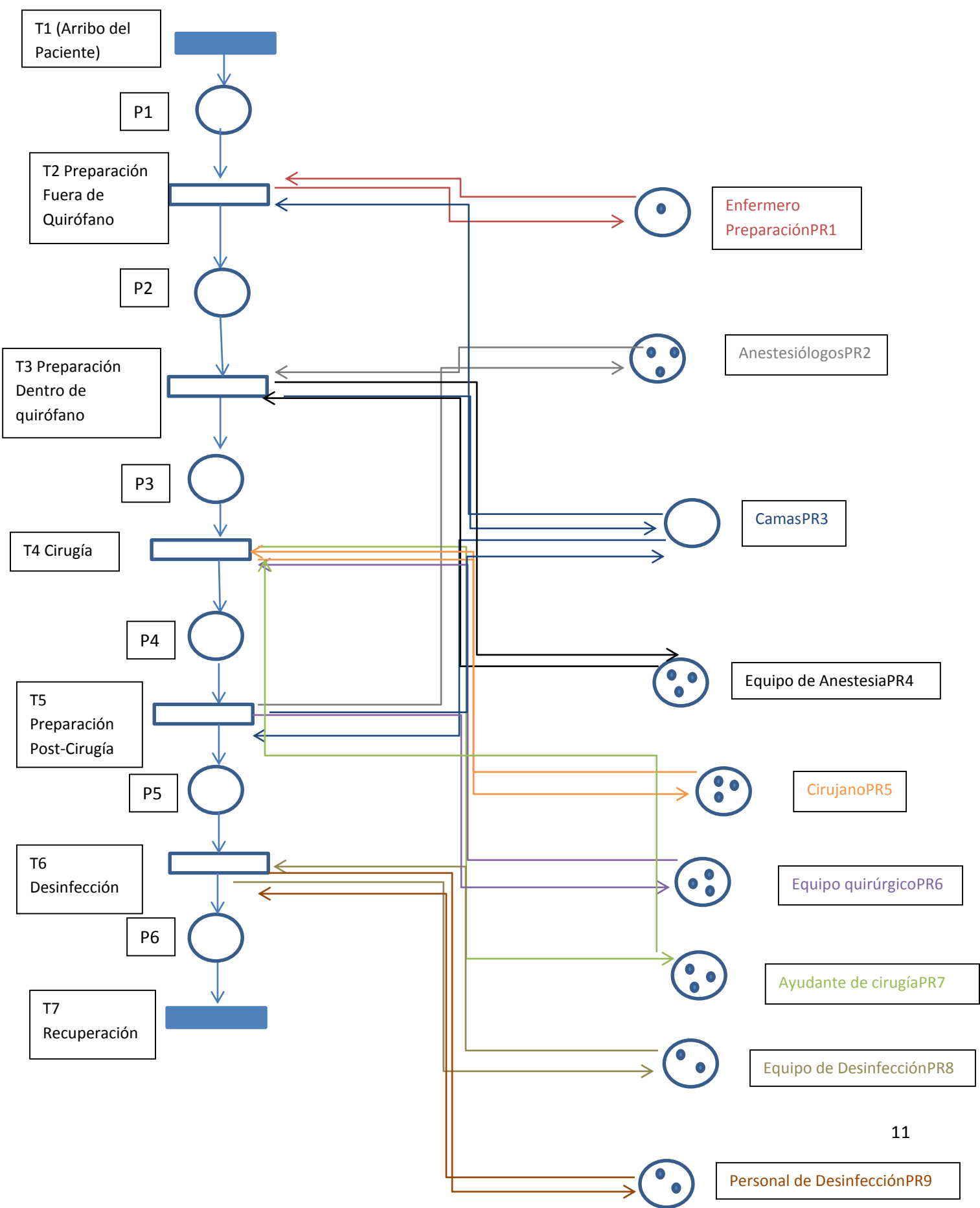
La red de Petri expuesta en la figura 2, explica el proceso de cirugías de los pacientes urgentes. Para empezar, hay 5 diferentes estados asociados al paciente (P1 a P5), donde P1 representa al paciente canalizado, P2 representa el paciente anestesiado y listo para ser operado, P3 representa el paciente operado, P4 representa el paciente listo para dejar la sala de cirugía, y por último, P5 representa el paciente en el área de recuperación. Además, existen 8 diferentes recursos que intervienen en el proceso, los cuales son: PR1 (Anestesiólogos), PR2 (Camas), PR3 (Equipo de anestesia), PR4 (Cirujano), PR5 (Equipo quirúrgico), PR6 (Ayudante de cirugía), PR7 (Equipo de desinfección) y PR8 (Personal de desinfección).

La red de Petri, consta de 6 procesos (T1 a T6). El proceso de cirugía para pacientes urgentes empieza en T1 con el arribo del paciente a las salas de cirugía, T2 corresponde a la preparación del paciente dentro de la sala de cirugía, en donde se aplica la anestesia, T3 al procedimiento quirúrgico como tal, T4 a la preparación del paciente cuando ya finalizo la cirugía, T5 a la desinfección de las salas y T6 representa que el paciente ya está en la zona de recuperación.

En el proceso T2 se involucra el recurso anestesiólogos (PR1), camas (PR2) y equipo de anestesia (PR3), para T3 se utiliza el recurso cirujano (PR4), equipo quirúrgico (PR5) y ayudante de cirugía (PR6), en T4 se recurre al anestesiólogo (PR1) y al recurso cama (PR2), para que el paciente pueda ser trasladado a la zona de recuperación y por último, el proceso T5 se realiza con la ayuda de los recursos personal de desinfección (PR8) y equipo de desinfección (PR7).

La capacidad de cada recurso, está dada por el número de círculos que contiene cada circunferencia desde PR1 a PR8, cada círculo cuenta como una unidad. Se asume que el recurso cama siempre estará disponible, para atender la demanda requerida dentro de las salas de cirugía, es decir, es un recurso ilimitado.

Figura 3: Red de Petri para pacientes programados



La red de Petri expuesta en la figura 3, explica el proceso de cirugías de los pacientes programados. Para empezar, hay 6 diferentes estados asociados al paciente (P1 a P6), donde P1 representa al paciente no canalizado, P2 representa al paciente canalizado, P3 representa el paciente anestesiado y listo para ser operado, P4 representa el paciente operado, P5 representa el paciente listo para dejar la sala de cirugía, y por último, P6 representa el paciente en el área de recuperación. Además, existen 9 diferentes recursos que intervienen en el proceso, los cuales son: PR1 (Enfermero), PR2 (Anestesiólogos), PR3 (Camas), PR4 (Equipo de anestesia), PR5 (Cirujano), PR6 (Equipo quirúrgico), PR7 (Ayudante de cirugía), PR8 (Equipo de desinfección) y PR9 (Personal de desinfección).

La red de Petri consta de 7 procesos (T1 a T7). El proceso de cirugía para pacientes programados empieza en T1 con el arribo del paciente a las salas de cirugía, T2 pertenece a la preparación fuera del quirófano, donde se llena un formulario de preguntas que se le realizan al paciente, T3 corresponde a la preparación del paciente dentro de la sala de cirugía, en donde se aplica la anestesia, T4 al procedimiento quirúrgico como tal, T5 a la preparación del paciente cuando ya finalizó la cirugía, T6 a la desinfección de las salas y T7 representa que el paciente, ya está en la zona de recuperación.

El proceso T2 recurre a el recurso enfermero (PR1) y camas (PR3), el proceso T3 involucra el recurso anestesiólogos (PR2), camas (PR3) y equipo de anestesia (PR4), para T4 se utiliza el recurso cirujano (PR5), equipo quirúrgico (PR6) y ayudante de cirugía (PR7), en T5 se recurre al anestesiólogo (PR2) y el recurso cama (PR3), para que el paciente pueda ser trasladado a la zona de recuperación y por último, el proceso T6 se realiza con la ayuda de los recursos personal de desinfección (PR8) y equipo de desinfección (PR9).

La capacidad de cada recurso, está dada por el número de círculos que contiene cada circunferencia desde PR1 a PR8, cada círculo cuenta como una unidad. Se asume que el recurso cama siempre estará disponible, para atender la demanda requerida dentro de las salas de cirugía, es decir, es un recurso ilimitado.

6.3. MEDIDAS DE DESEMPEÑO

Con el fin de realizar un correcto análisis sobre la dinámica general de las salas de cirugía y generar alternativas de mejora se identificaron las siguientes medidas de desempeño:

MEDIDAS DE DESEMPEÑO	UNIDA DES DE MEDIDA	DESCRIPCION
Utilización de las salas	(%)	Permite contemplar y evitar la subestimación de los recursos (Salas de cirugía) $Utilización = \frac{Tiempo Activo de la Sala}{Tiempo Activo de la Sala + Tiempo Muerto de la Sala}$
Tiempo total en el sistema (Urgencias y Programados)	Horas (h)	Determina el tiempo total de permanencia de los pacientes en todo el proceso de cirugía.
Tiempo promedio de espera (Urgencias y Programados)	Horas (h)	Tiempo promedio de espera del paciente

Tabla 2: Tabla resumen medidas de desempeño

6.4. ANALISIS INFORMACION DE ENTRADA

La información de entrada del modelo de simulación se divide en:

- a. **Información de arribos de pacientes:** Dicha información fue suministrada por la Clínica Universidad de la Sabana y abarca información de un mes del año 2015, con un total de 336 arribos analizados.
- b. **Información de procesos de cirugía:** Para obtener la información de tiempos de procesos de cirugía, se llevó a cabo, un estudio de tiempos en el área quirúrgica por 3 meses, con un total de 67 cirugías analizadas.

6.4.1. ANALISIS ESTADISTICO DEL NUMERO DE ARRIBOS POR DIA DE LA SEMANA Y POR TURNO

El análisis estadístico de los arribos de pacientes urgentes y programados se realizó usando las herramientas Microsoft Excel y Power BI. Se realizaron los siguientes análisis:

1. Numero de arribos de pacientes urgentes por día de la semana. (Ver Tabla 3)
2. Numero de arribos de pacientes programados por día de la semana. (Ver Tabla 4)
3. Numero de arribos de pacientes urgentes en el turno 1. (Ver gráfico 1)
4. Numero de arribos de pacientes urgentes en el turno 2. (Ver gráfico 2)
5. Numero de arribos de pacientes urgentes en el turno 3. (Ver gráfico 3)
6. Numero de arribos de pacientes programados en el turno 1. (Ver gráfico 4)
7. Numero de arribos de pacientes programados en el turno 2. (Ver gráfico 5)

PROMEDIO DE ARRIBOS URGENCIAS POR DÍA DE LA SEMANA

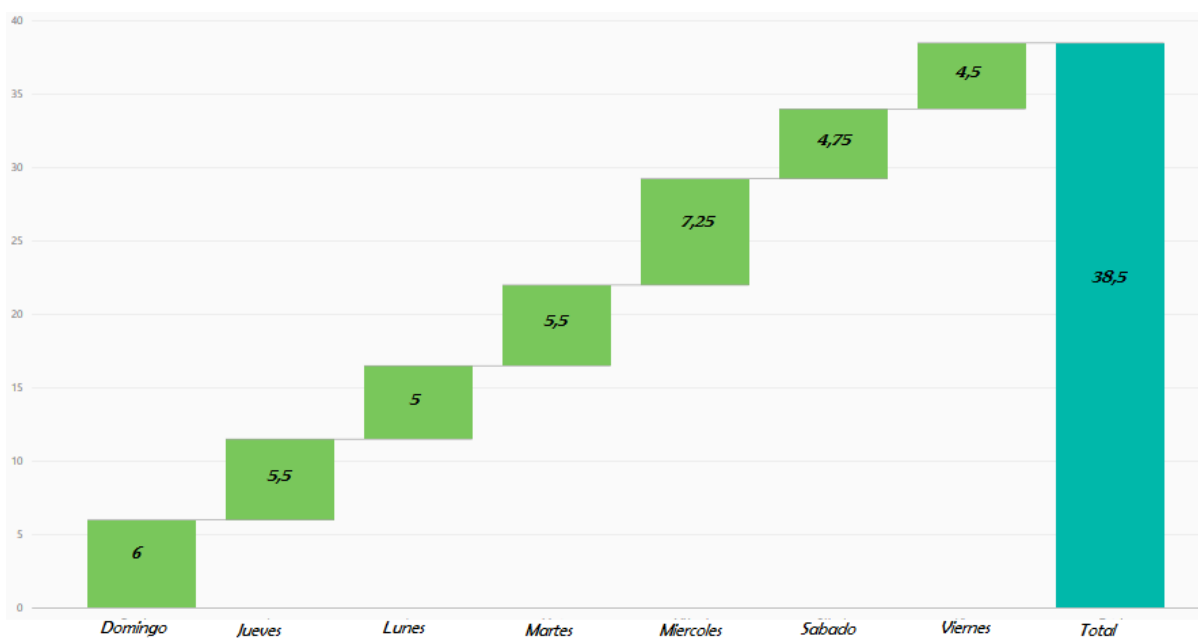


Tabla 3: Promedio de arribos en urgencias por día de la semana

PROMEDIO DE ARRIBOS PROGRAMADOS POR DÍA DE LA SEMANA

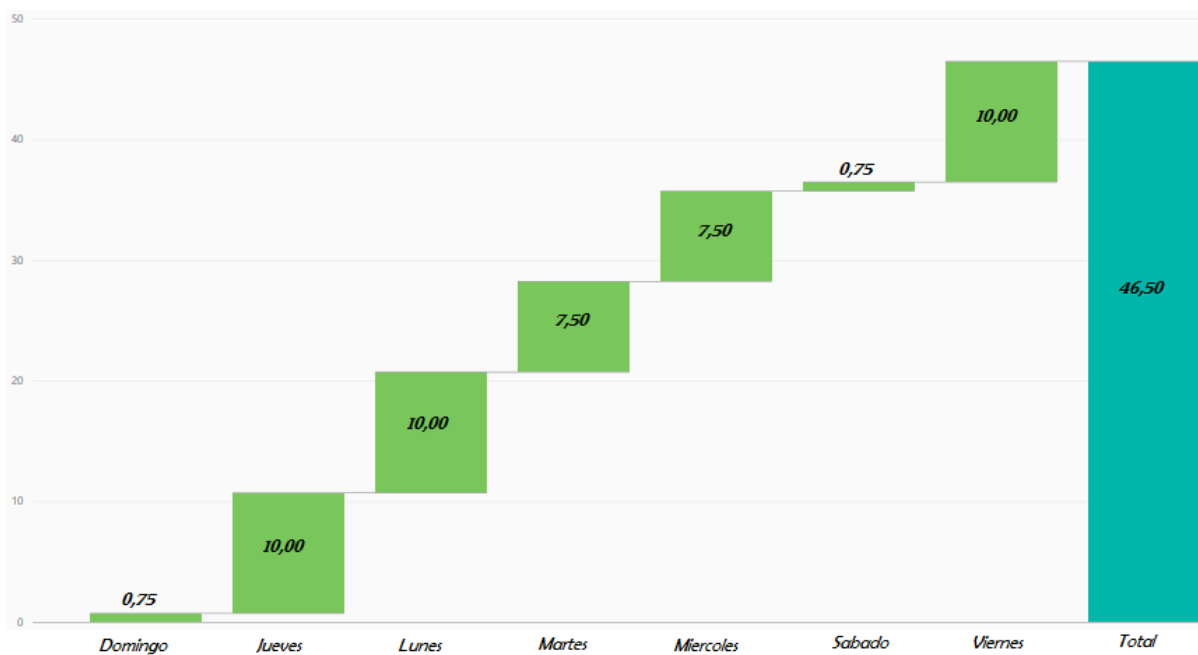


Tabla 4: Promedio de arribos programados por día de la semana

PROMEDIO DE ARRIBOS URGENCIAS POR TURNO

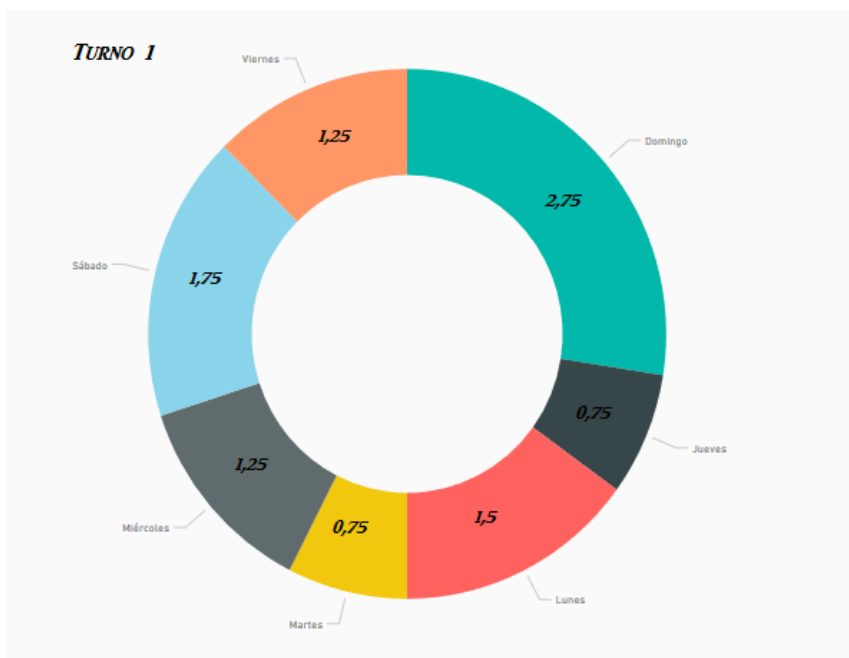


Grafico 1: Promedio de arribos de urgencias turno 1 por día de la semana.

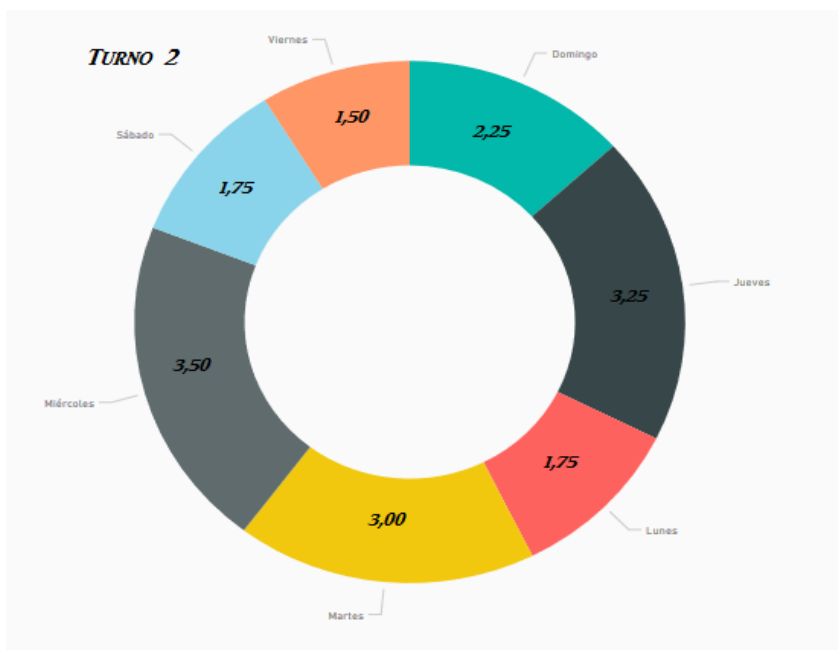


Grafico 2: Promedio de arribos de urgencias turno 2 por día de la semana.

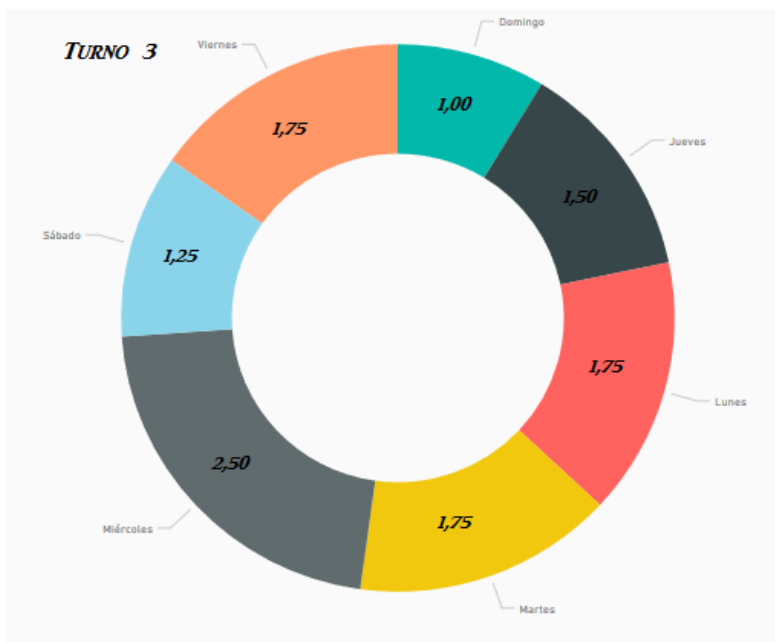


Grafico 3: Promedio de arribos de urgencias turno 3 por día de la semana.

PROMEDIO DE ARRIBOS PROGRAMADOS POR TURNO

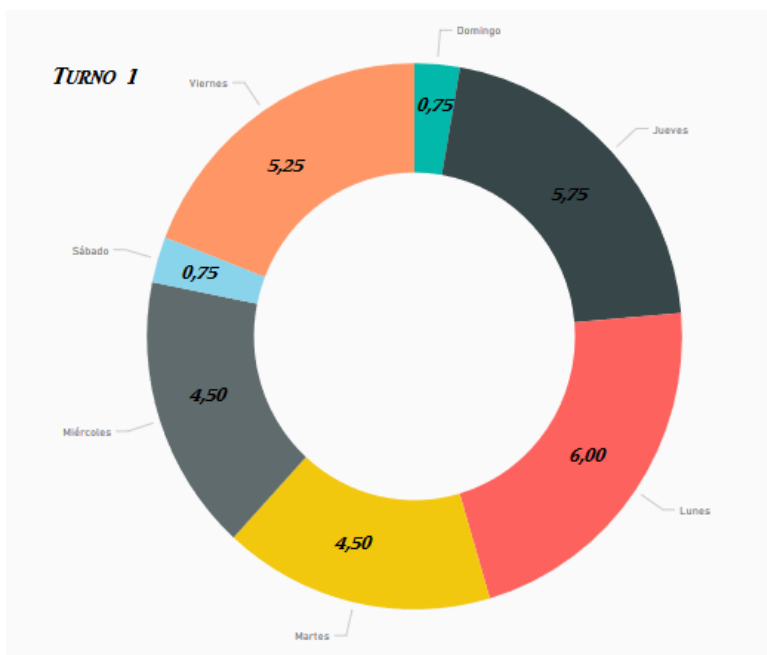


Grafico 4: Promedio de arribos programados turno 1 por día de la semana.

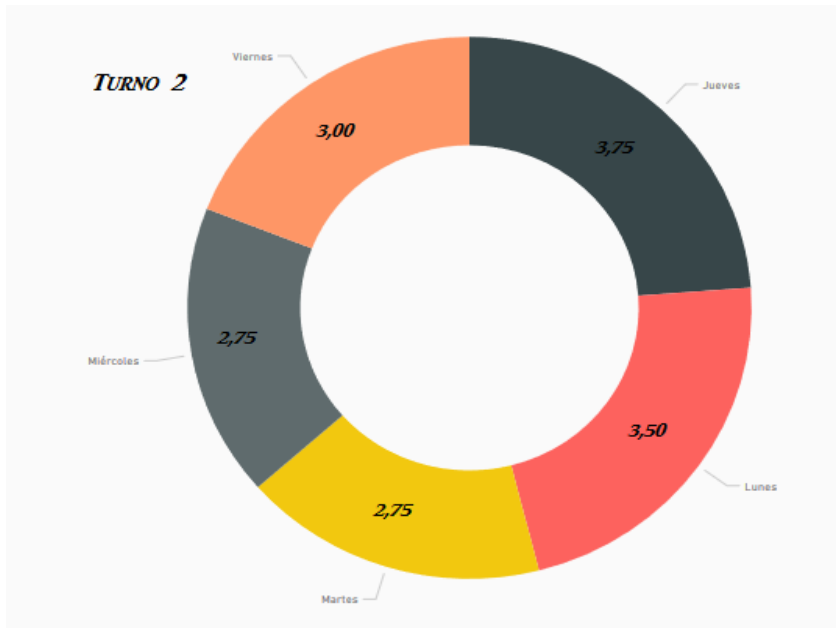


Grafico 5: Promedio de arribos programados turno 2 por día de la semana.

Las tasas de arribos anteriormente presentados, se tomaron como base para modelar arribos no estacionarios (urgentes) y para los arribos de pacientes programados (Ver sección 7.2.1).

6.4.2. ANALISIS ESTADISTICO DE LOS PROCESOS QUIRURGICOS

El análisis estadístico de los procesos se realizó usando la herramienta Input Analyzer del Software Arena. Cada proceso tiene asociado una distribución de probabilidad que permite simular correctamente el proceso quirúrgico, a continuación se muestran los resultados del Input Analyzer y del análisis estadístico, de cada uno de los procesos:

PROCESO 1: Preparación Fuera de la Sala (Pacientes Programados).

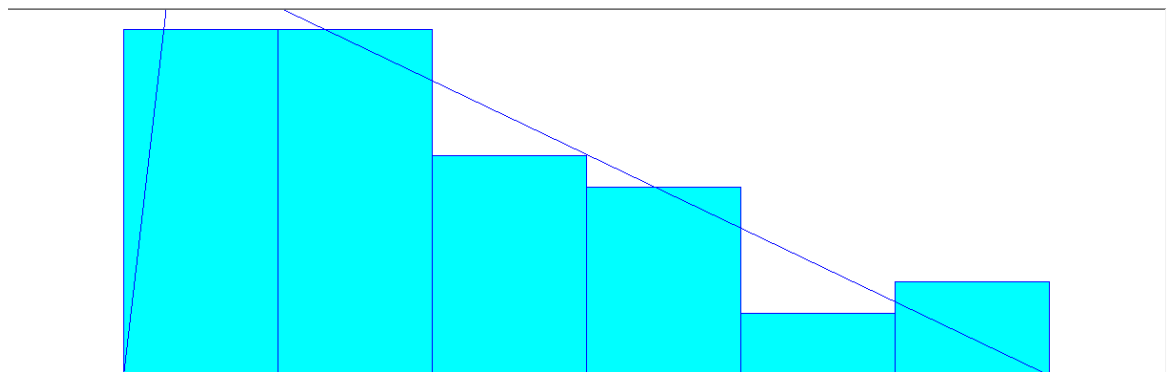


Grafico 6: Resultado Input Analyzer proceso 1.

Proceso	Distribución de probabilidad	Prueba estadística (Chi Square)	P-Value	Numero de datos	Media (min)
Preparación fuera de la sala	<i>TRIA</i> (0.999,8.98,153)	0.228	>0.75	40	54.3

Tabla 5: Tabla resumen con la distribución asociada proceso 1

PROCESO 2: Preparación dentro de la Sala (Pacientes Urgentes y Programados).

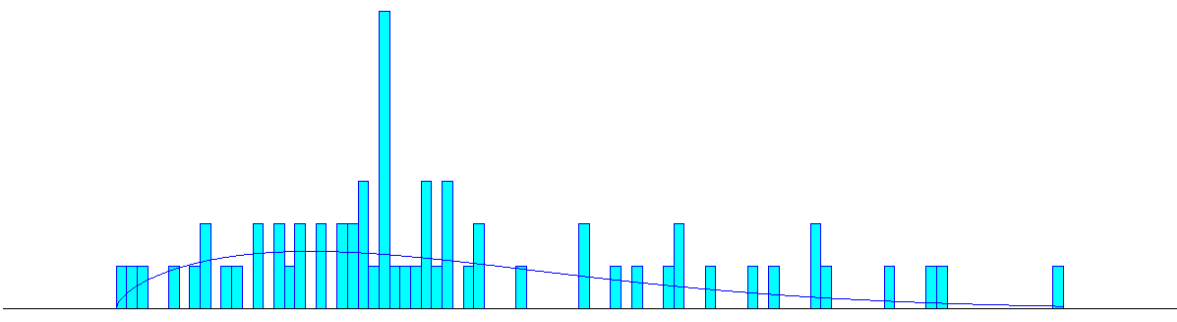


Grafico 7: Resultado Input Analyzer proceso 2

Proceso	Distribución de probabilidad	Prueba estadística (Chi Square)	P-Value	Numero de datos	Media (min)
Preparación dentro de la sala	8.5 + <i>WEIB</i> (35.5, 1.56)	12.4	0.0537	64	40.5

Tabla 6: Tabla resumen con la distribución asociada proceso 2

PROCESO 3: Proceso de Cirugía (Pacientes Urgentes y Programados)

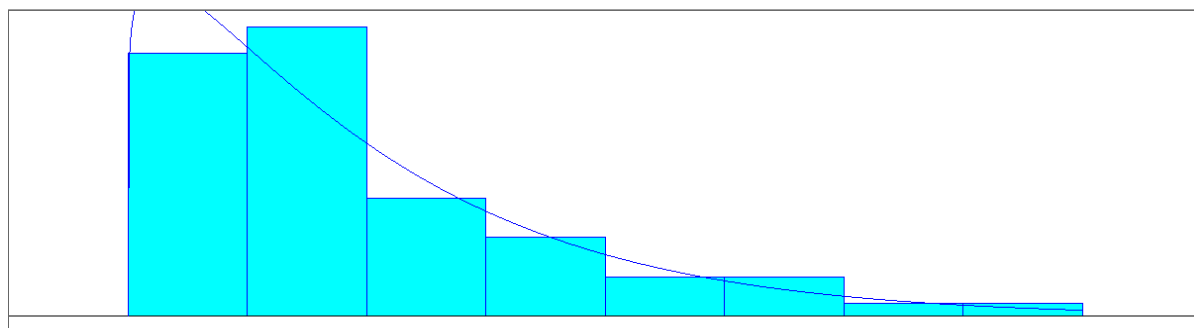


Grafico 8: Resultado Input Analyzer proceso 3

Proceso	Distribución de probabilidad	Prueba estadística (Chi Square)	P-Value	Numero de datos	Media (min)
Cirugía	3 + WEIB (43.4, 1.1)	2.46	0.127	65	45

Tabla 7: Tabla resumen con la distribución asociada proceso 3

PROCESO 4: Preparación Post-Cirugía (Pacientes Urgentes y Programados).

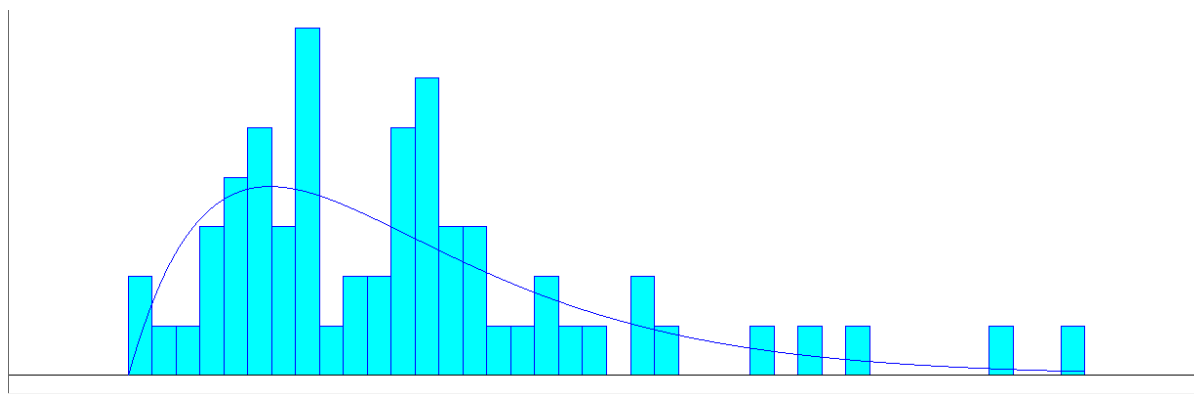


Grafico 9: Resultado Input Analyzer proceso 4.

Proceso	Distribución de probabilidad	Prueba estadística (Chi Square)	P-Value	Numero de datos	Media (min)
Preparación Post-Cirugía	0.5 + <i>GAMM</i> (5.85 , 2.01)	6.75	0.243	62	12.3

Tabla 8: Tabla resumen con la distribución asociada proceso 4.

PROCESO 5: Desinfección de las salas de cirugía.

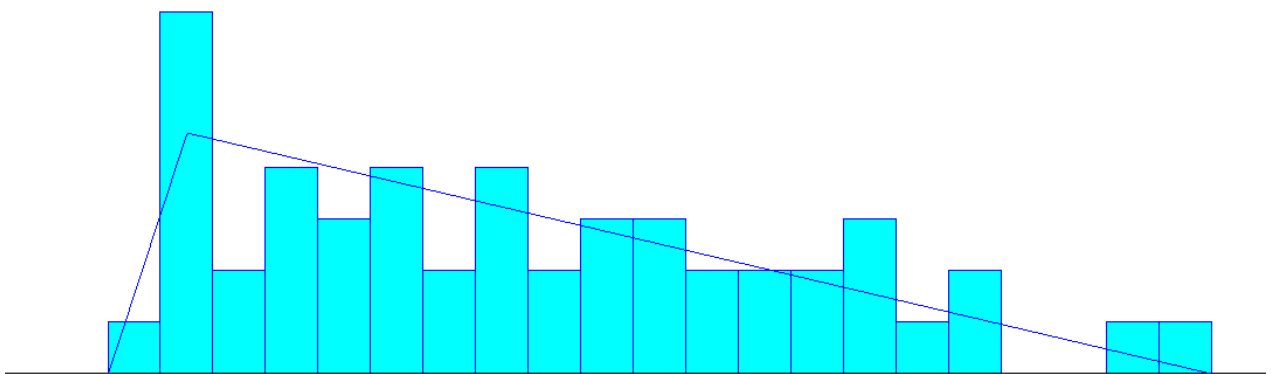


Grafico 10: Resultado Input Analyzer proceso 5.

Proceso	Distribución de probabilidad	Prueba estadística (Chi Square)	P-Value	Numero de datos	Media (min)
Desinfección	<i>TRIA</i> (9.5 , 11 30.5)	3.46	0.633	49	17.5

Tabla 9: Tabla resumen con la distribución asociada proceso 5.

TABLA RESUMEN DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

PROCESOS IDENTIFICADOS	DISTRIBUCIONES ASOCIADAS
Preparación fuera de la sala	TRIANGULAR (0.999, 8.98, 153)
Preparación dentro de la Sala (Pacientes Urgentes y Programados)	8.5 + WEIBULL (35.5, 1.56)
Proceso de Cirugía (Pacientes Urgentes y Programados)	3 + WEIBULL (43.4, 1.1)
Preparación Post-Cirugía (Pacientes Urgentes y Programados)	0.5 + GAMMA (5.85, 2.01)
Desinfección de las salas de cirugía	TRIANGULAR (9.5, 11, 30.5)

Tabla 10: Tabla resumen con la distribución asociada a cada uno de los procesos.

7. MODELO DE SIMULACIÓN SITUACION ACTUAL

7.1. SUPUESTOS DEL MODELO

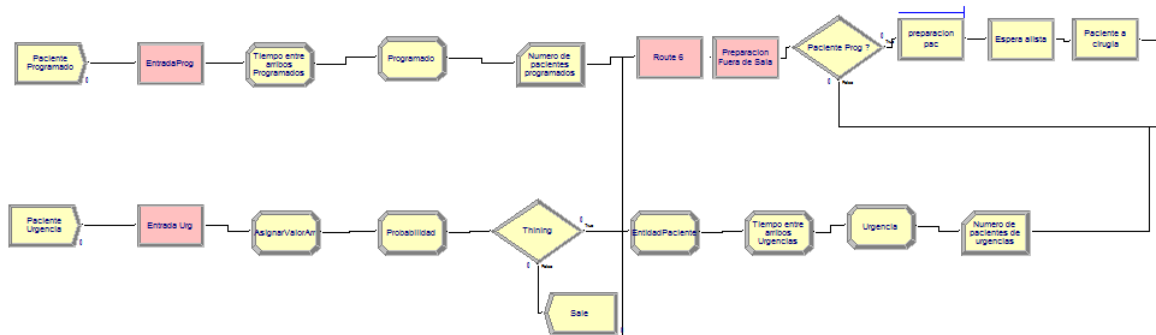
Con base en el modelo estructurado utilizando Redes de Petri mostrado en la sección 6.2, se construyó un modelo de simulación usando el software de simulación ARENA. Los supuestos básicos del modelo son los siguientes:

- El tamaño de corrida de la simulación es de una semana: De lunes a domingo.
- Las salas de cirugía tienen tres turnos todos los días, sin importar domingos o festivos, que son: turno 1 (7 a.m a 1 p.m), turno 2 (1 p.m a 7 p.m) y turno 3 (7 p.m a 7 a.m).
- El modelo de simulación no tiene un análisis de costos de los recursos involucrados en el sistema.
- El análisis de los resultados de salida se basaron en 100 replicaciones.
- El recurso cama siempre estará disponible para cualquier paciente que ingrese al sistema.
- Las cirugías programadas se programan solamente, de lunes a viernes en los turnos 1 y 2.

7.2. CONSTRUCCION DEL MODELO

La construcción del modelo de simulación consta de las siguientes etapas: 1. Arribos de pacientes programados y urgentes (Ver gráfico 11). 2. Proceso de cirugía (Ver gráfico 12). 3. Salida del paciente y proceso de desinfección (Ver gráfico 13).

7.2.1. ARRIBOS (PROGRAMADOS Y URGENTES)



Grafica 11: Proceso de arribos para pacientes programados y urgentes

ARRIBOS DE PACIENTES PROGRAMADOS

Para el proceso de arribos de pacientes programados se utilizó un Schedule por hora, basado en el análisis estadístico mostrado en la sección 6.4.1. A continuación se muestra un ejemplo de la programación actual de los pacientes, el valor numérico representa el número de pacientes que arriban en un determinado intervalo de tiempo, para cada uno de los días de la semana (Ver figura 4).

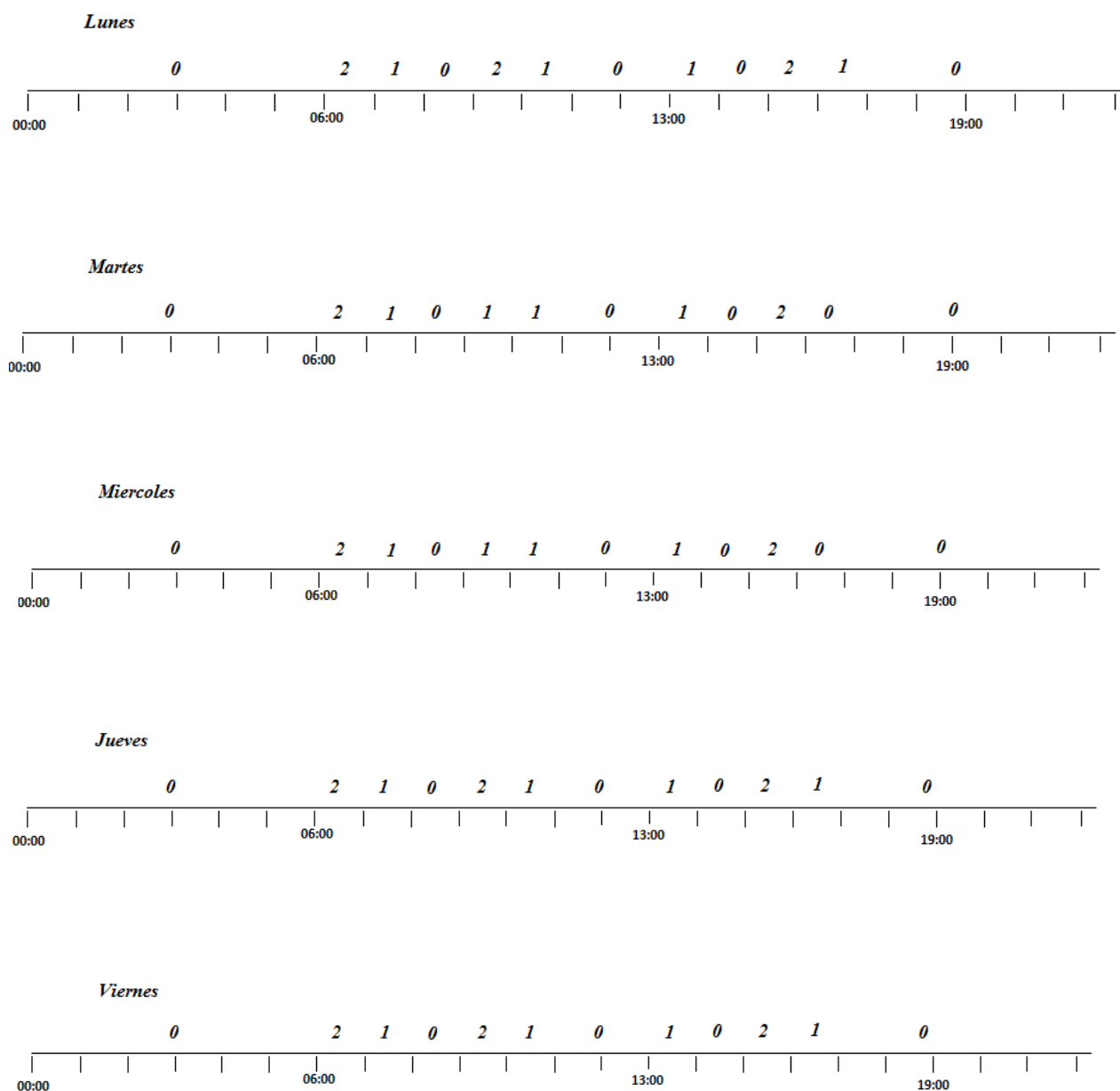


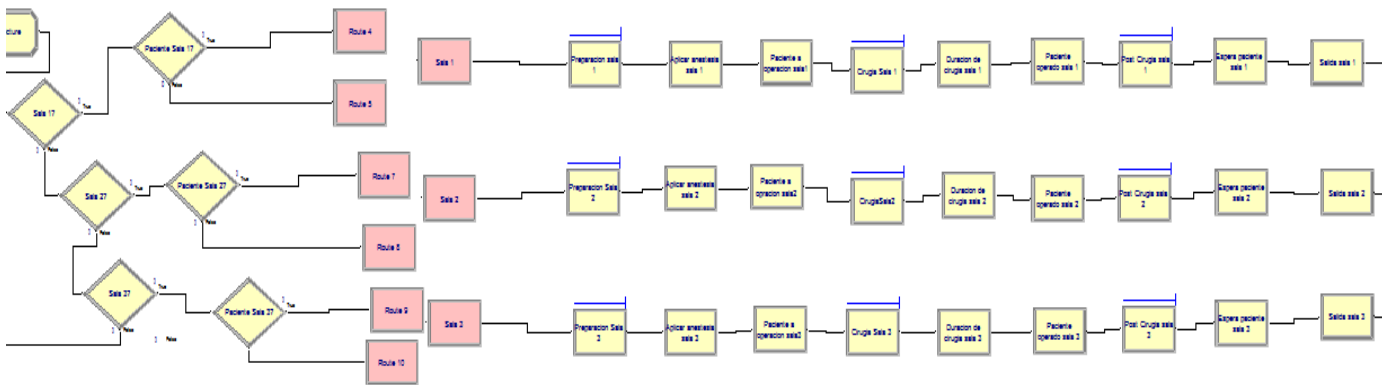
Figura 4: Arribos pacientes programados situación actual

ARRIBOS DE PACIENTES URGENTES

Para modelar los arribos de los pacientes urgentes, se utilizó el algoritmo de adelgazamiento (Thining algorithm) (Lewis y Shelter, 1979). Para su implementación se generó un proceso de Poisson no estacionario, con una tasa de arribo generada mediante el modulo Schedule “ARRIBOSURG”, definido en el módulo de creación de entidades, por tanto, si los valores generados del tiempo entre arribos no es apropiado, se rechazan con la siguiente formula:

$$Probabilidad\ de\ Thining = \frac{tasa\ de\ arribo}{Max\ tasa\ de\ arribo} * 100$$

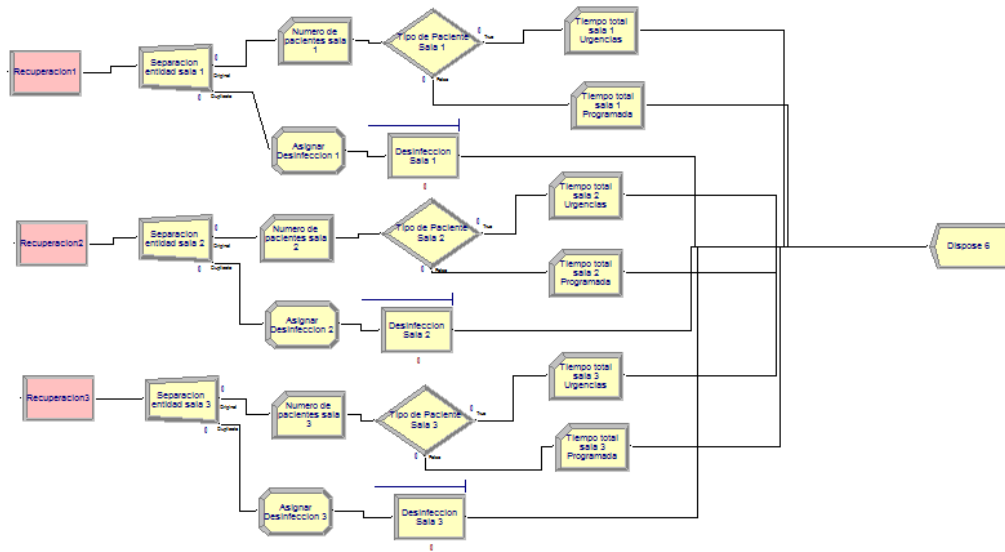
7.2.2. PROCESO DE CIRUGIAS



Grafica 12: Proceso de cirugías para pacientes programados y urgentes.

En esta etapa se define un factor de prioridad alto para los pacientes de urgencias, debido a esto, se garantiza que se atiendan primero a este tipo de pacientes. Adicionalmente, en esta etapa, los pacientes pasan por todos los procesos mencionados en la sección 6.2.

7.2.3. SALIDA DE PACIENTE Y PROCESO DE DESINFECCION



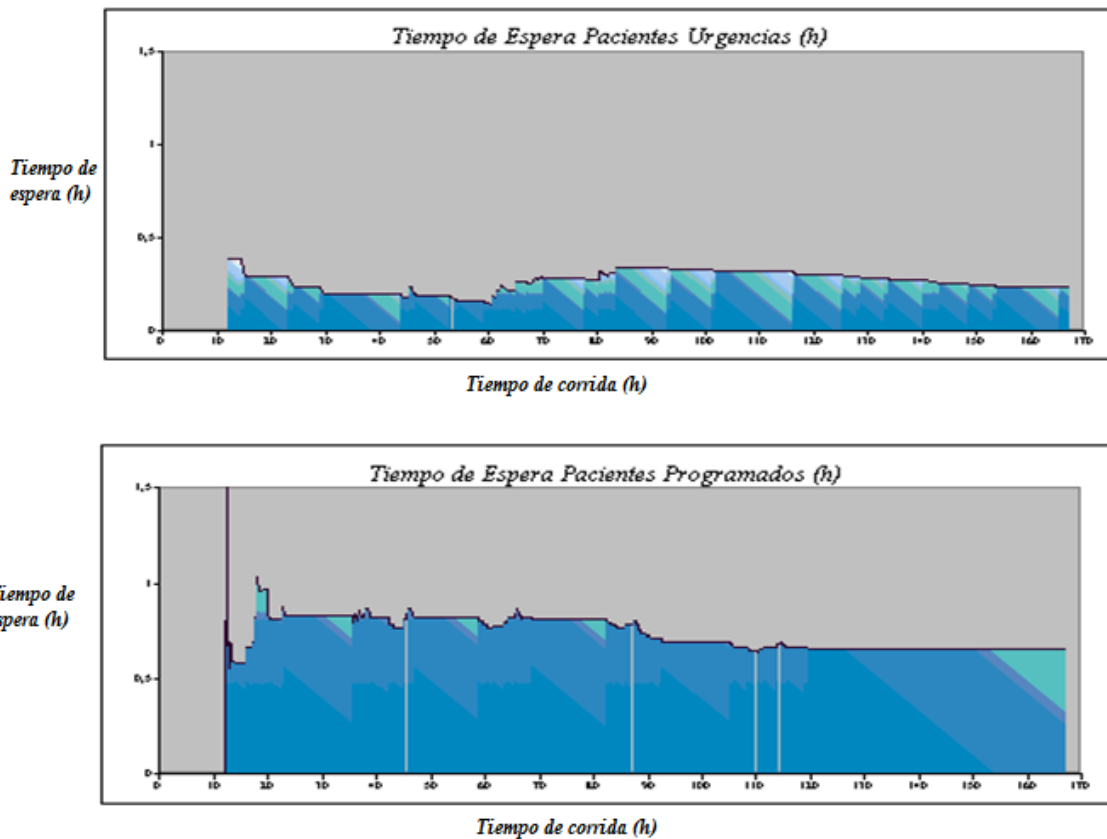
Grafica 13: Proceso de desinfección y salida para pacientes programados y urgentes.

En esta etapa se utilizó el modulo “Separate” que duplica el recurso sala, para asegurar que se realice la desinfección y por otro lado, el paciente deje el sistema. Además, el modulo “Record” permite contabilizar el número de pacientes que salen del sistema.

7.3. ANIMACIÓN DEL SISTEMA DE LAS SALAS DE CIRUGIAS

Se llevo a cabo una animación en el software Arena del modelo de simulacion, donde se observa detalladamente cada uno de los procesos mencionados en la seccion 6.4.2, que componen el procedimiento quirurgico.

Adicionalmente, se presenta, el comportamiento del sistema en términos de tiempos, mediante la función “PLOTS” del software Arena. (Ver gráfico 14)

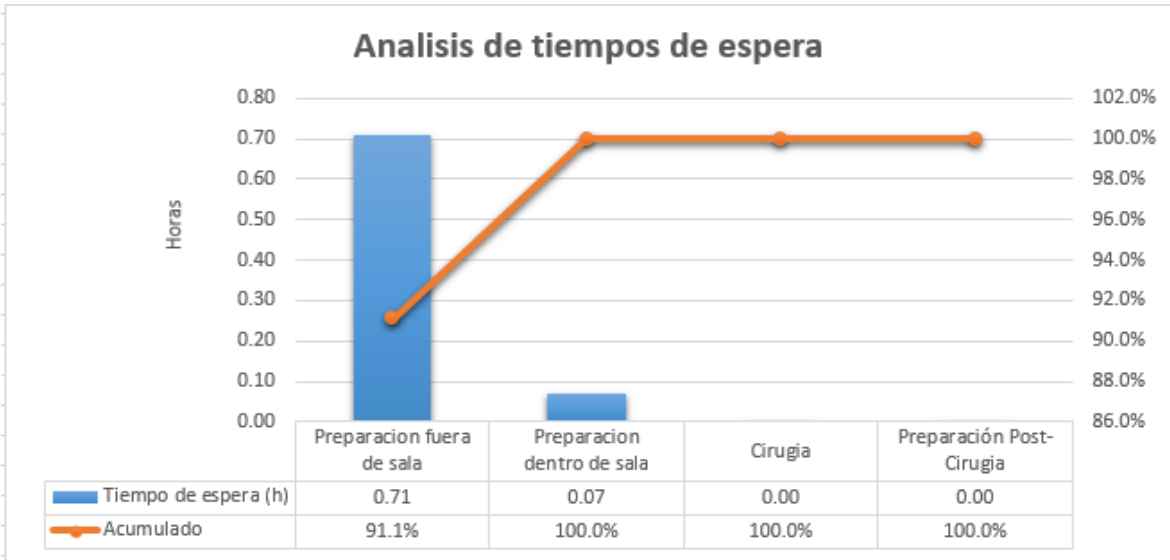


Grafica 14: Resultados de las medidas de desempeño en forma de “PLOT”

7.4. RESULTADOS DEL MODELO ACTUAL

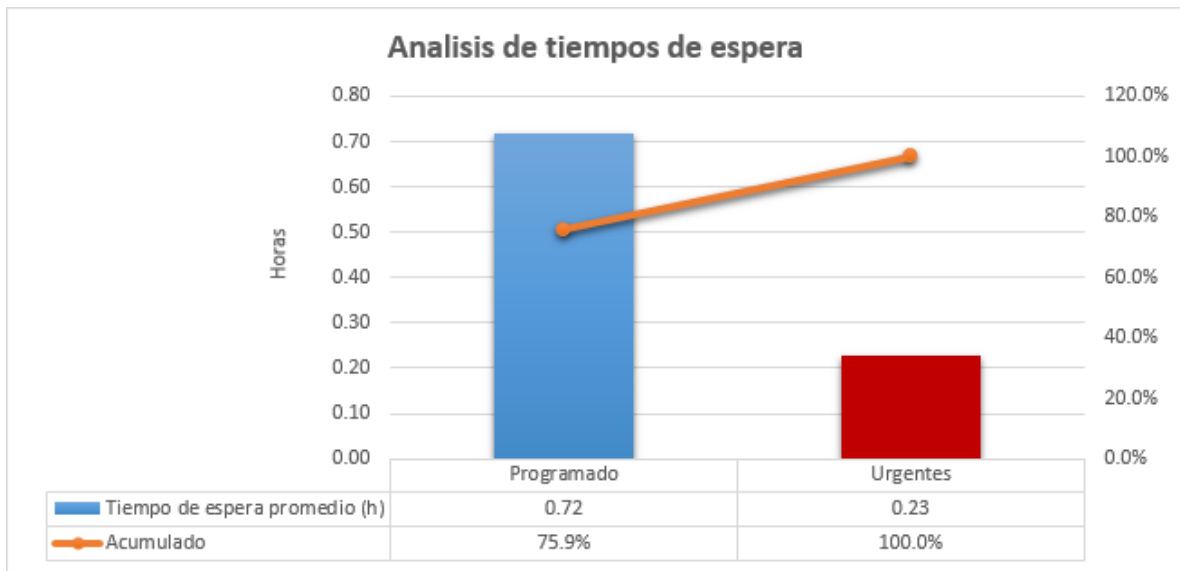
7.4.1. TIEMPOS DE ESPERA PROMEDIO

Los resultados arrojados por el modelo de simulación, revelan que el mayor tiempo de espera de los pacientes programados están asociados al proceso de preparación fuera de la sala, aproximadamente 42 minutos. Esta espera equivale al 91,1% del tiempo total de espera en todo el proceso de cirugía. (Ver gráfico 15)



Grafica 15: Diagrama de Pareto de tiempos de espera de cada proceso

En el grafico 16 se observa que los pacientes programados deben esperar más tiempo que los pacientes urgentes, debido a que estos, deben pasar por el proceso de preparación fuera de la sala, mientras que los urgentes omiten este proceso, porque ya ingresan preparados al área quirúrgica.



Grafica 16: Diagrama de Pareto de tiempos de espera de pacientes urgentes y programados

7.4.2. TIEMPO TOTAL PROMEDIO EN EL SISTEMA

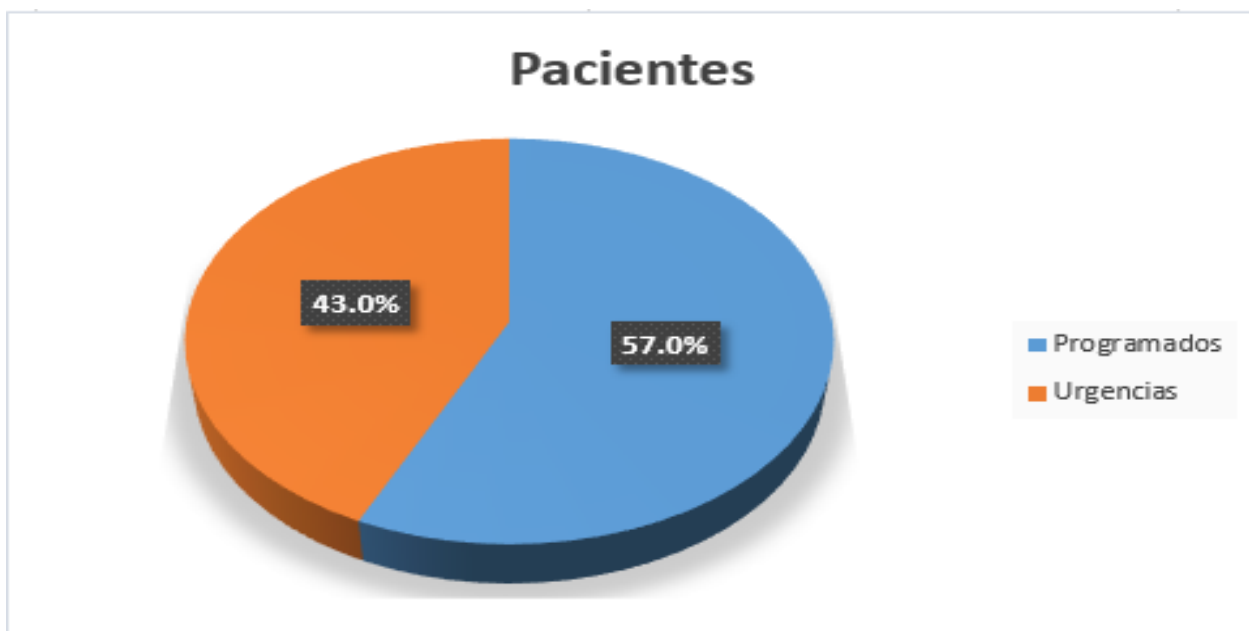
Los resultados del modelo de simulación muestran, que los pacientes programados tienen que permanecer un mayor tiempo a lo largo del sistema, con respecto a los pacientes urgentes, debido a que los pacientes programados, pasan por un proceso adicional. (Ver gráfico 17)



Grafica 17: Tiempo total promedio en el sistema por tipo de paciente.

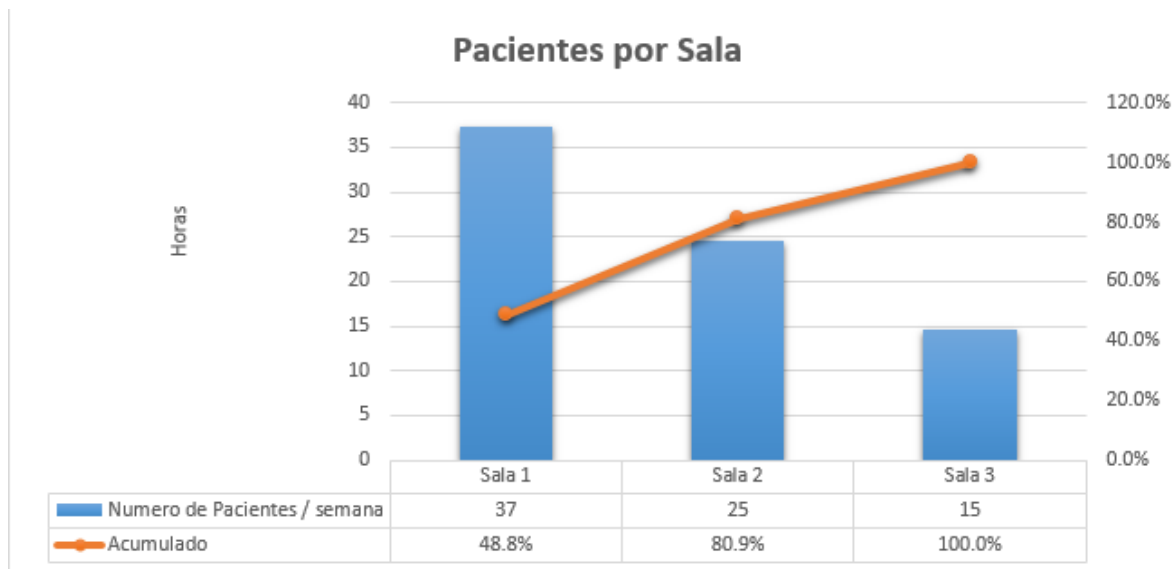
7.4.3. NÚMERO PROMEDIO DE PACIENTES ATENDIDOS

Los resultados del modelo de simulación exponen que el mayor número de cirugías que se realizan, son de pacientes programados, debido a que estas cirugías, son para pacientes cuya enfermedad no requiere de un procedimiento inmediato. Mientras que las cirugías de urgencia, son para pacientes que requieren de un procedimiento inmediato ya que su vida corre peligro. (Ver gráfico 18)



Grafica 18: Proporción de pacientes urgentes y programados

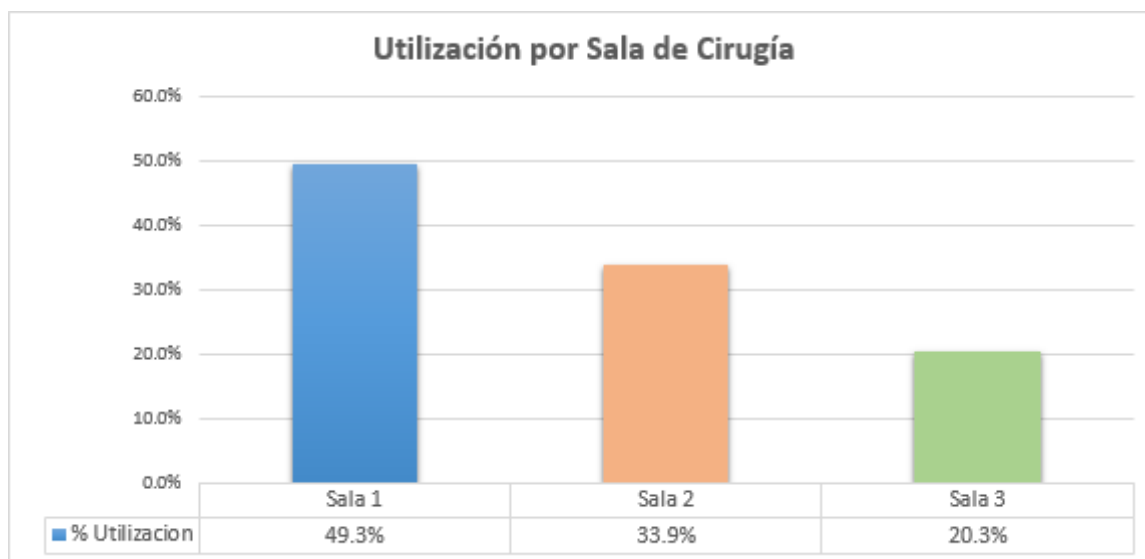
Por otro lado, el grafico 19 muestra un diagrama de Pareto con el número de pacientes atendidos y la proporción de pacientes por sala de cirugía. La sala con la mayor proporción de pacientes es la “Sala 1” seguida de la “Sala 2” y por último la “Sala 3”.



Grafica 19: Diagrama de Pareto de pacientes por sala de cirugía.

7.4.4. UTILIZACION PROMEDIO DE LAS SALAS DE CIRUGIA

Los resultados arrojados por el modelo de simulación revelan, que la sala con la mayor utilización es la “Sala 1” con un 49%. La “Sala 2” y “Sala 3”, poseen una utilización inferior al 35%. En general todas las salas están sub-utilizadas. (Ver gráfico 20).



Grafica 20: Utilización promedio de cada una de las salas de cirugía.

Adicionalmente, el modelo de simulación arrojo resultados sobre la utilización promedio por día, de cada una de las salas de cirugía. Los gráficos obtenidos se muestran a continuación:



Grafica 21: Utilización promedio diaria de la sala 1.



Grafica 22: Utilización promedio diaria de la sala 2.



Grafica 23: Utilización promedio diaria de la sala 3.

Las graficas revelan que la utilización promedio de las salas por dia de la semana, es mayor los días jueves y viernes, debido al numero de cirugias de urgencias presentadas en estos días.

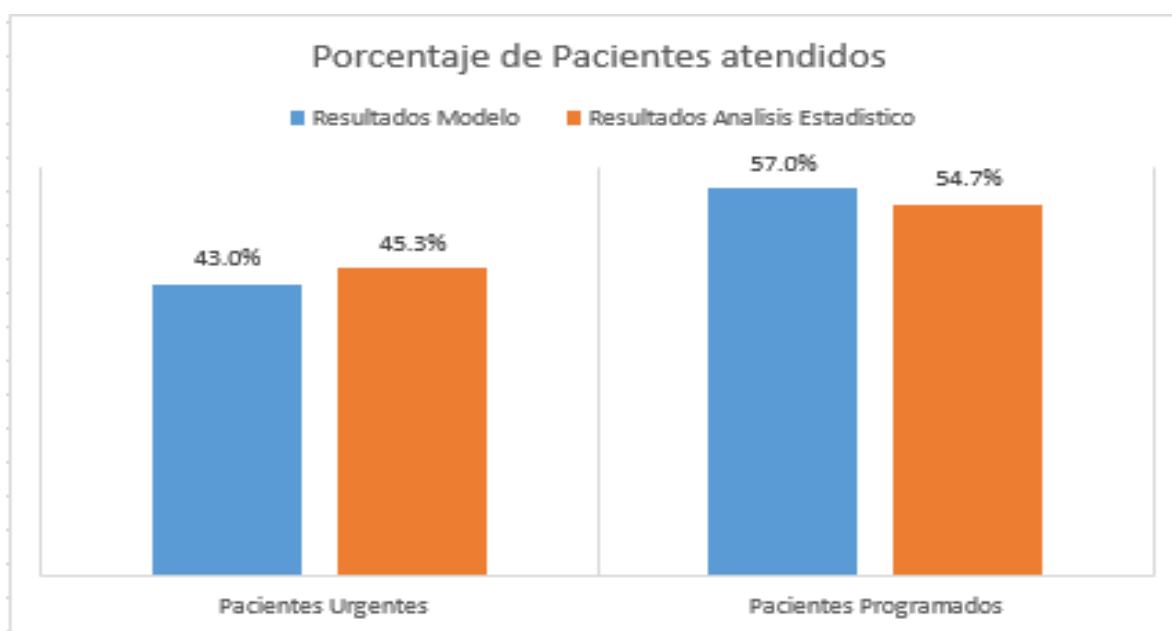
8. VALIDACIÓN DEL MODELO SITUACIÓN ACTUAL

De acuerdo a la naturaleza del estudio de tiempos realizado en el área quirúrgica, fue imposible obtener los tiempos de espera de los pacientes urgentes y programados, por esta razón, la validación del modelo evaluara los criterios de porcentaje de pacientes programados y de urgencias atendidos.

Criterio	Resultados Modelo	Resultados análisis estadístico
<i>Porcentaje de pacientes urgentes atendidos</i>	43%	45.3%
<i>Porcentaje de pacientes programados atendidos</i>	57%	54.7%

Tabla 11: Comparación de criterios de validación del modelo de simulación.

En el grafico 24, se observa gráficamente la comparación de cada uno de los criterios definidos para la validación del modelo de simulación en la tabla 11.



Grafica 24: Porcentaje de pacientes atendidos.

9. DETERMINACION DE ESTRATEGIAS DE MEJORA

De acuerdo a los resultados mostrados en la sección 7.4, se propuso una serie de estrategias de mejora del sistema, las cuales se simularon en un nuevo modelo. A continuación se describen cada una de las propuestas de mejora:

- 1) Se determinó una distribución constante de los pacientes programados a lo largo del día, desde el lunes hasta el viernes, como se muestra en la figura 5.

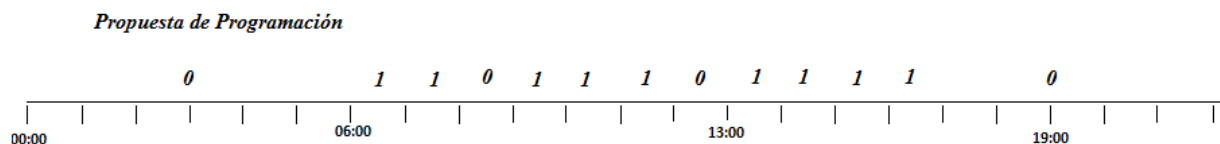


Figura 5: Programación propuesta de arribos de pacientes programados

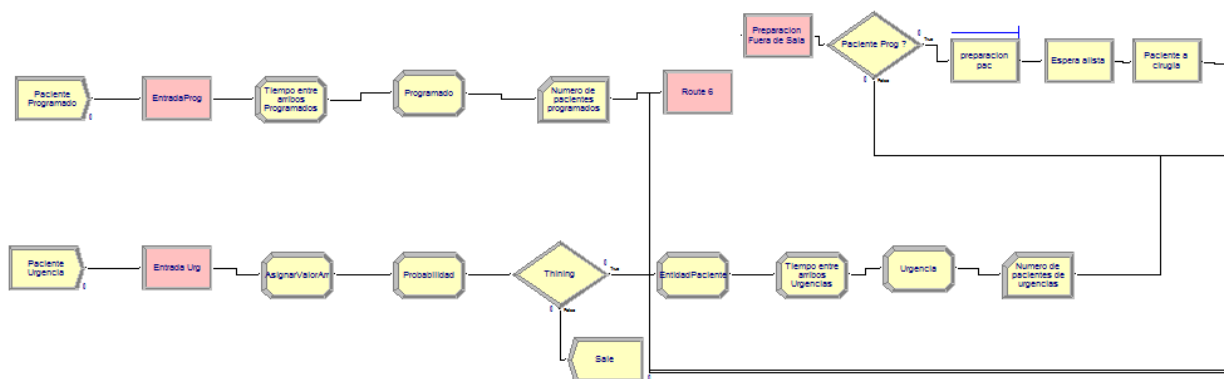
- 2) Incluir 2 enfermeras en el servicio de preparación al paciente programado.
- 3) Dejar una sala exclusiva para pacientes que provengan de urgencias, en este caso la sala seleccionada fue la No.3.

10. MODELO DE SIMULACION SITUACION PROPUESTA

10.1. CONSTRUCCION DEL MODELO

La construcción del modelo de simulación consta de las siguientes etapas: 1. Arribos de pacientes programados y urgentes (Ver gráfico 26). 2. Proceso de cirugía (Ver gráfico 27). 3. Salida del paciente y proceso de desinfección (Ver gráfico 28).

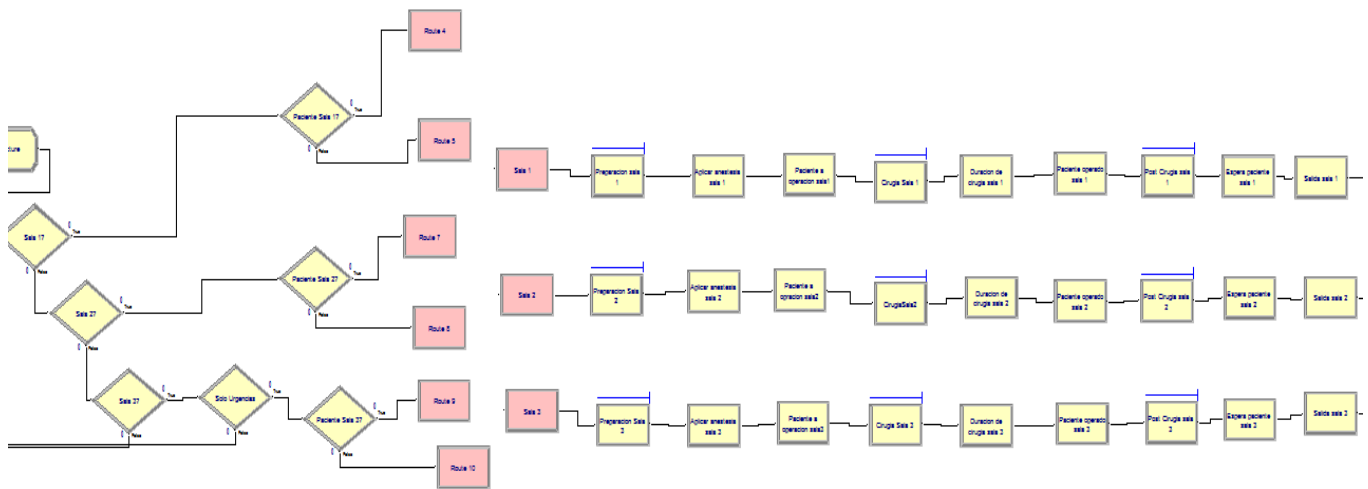
10.1.1. ARRIBOS PROGRAMADOS Y URGENTES



Grafica 26: Proceso de arribos programados y urgentes en modelo propuesto.

Para el proceso de arribos de los pacientes programados, se utilizó la estrategia de programación mencionada en la sección 9. Por otro lado, para los pacientes urgentes se utilizó el algoritmo de adelgazamiento (Thining algorithm) explicado en la sección 7.2.1.

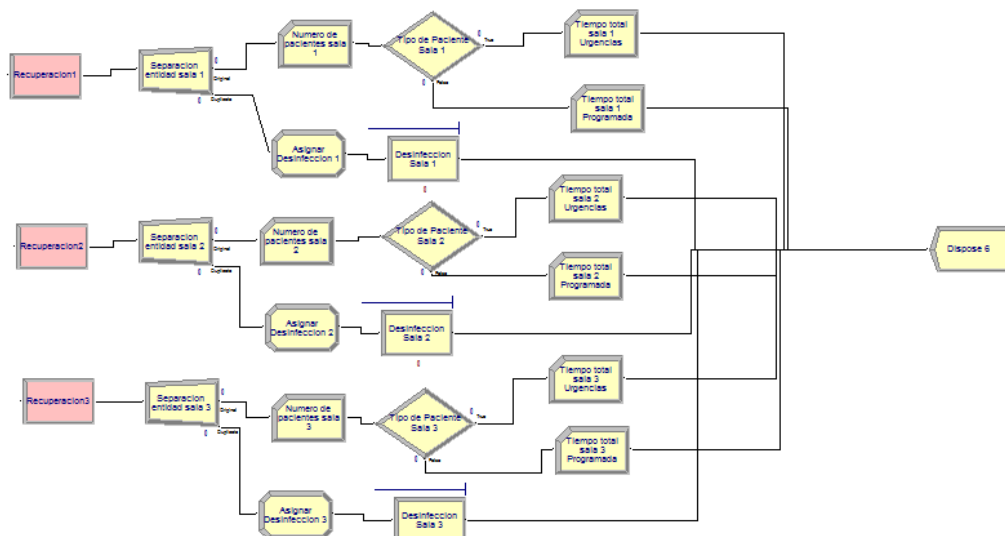
10.1.2. PROCESO DE CIRUGÍA



Grafica 27: Proceso de cirugías programadas y urgentes en modelo propuesto.

En esta etapa, se programa la sala 3, para recibir solo cirugías de urgencias, con el fin de, garantizar que todas las cirugías de urgencias puedan ser atendidas, minimizando los tiempos de espera. Adicionalmente, los pacientes pasan a lo largo de todos los procesos mencionados en la sección 6.2.

10.1.3. SALIDA DEL PACIENTE Y PROCESO DE DESINFECCIÓN



Grafica 28: Proceso de desinfección y salida de pacientes programadas y urgentes en modelo propuesto.

En esta etapa se utilizó el modulo “Separate” que duplica el recurso sala, para asegurar que se realice la desinfección, mientras que el paciente deja el sistema. Además, el modulo “Record” permite contabilizar el número de pacientes que finalizan el proceso de cirugía.

10.2. RESULTADOS DEL MODELO PROPUESTO

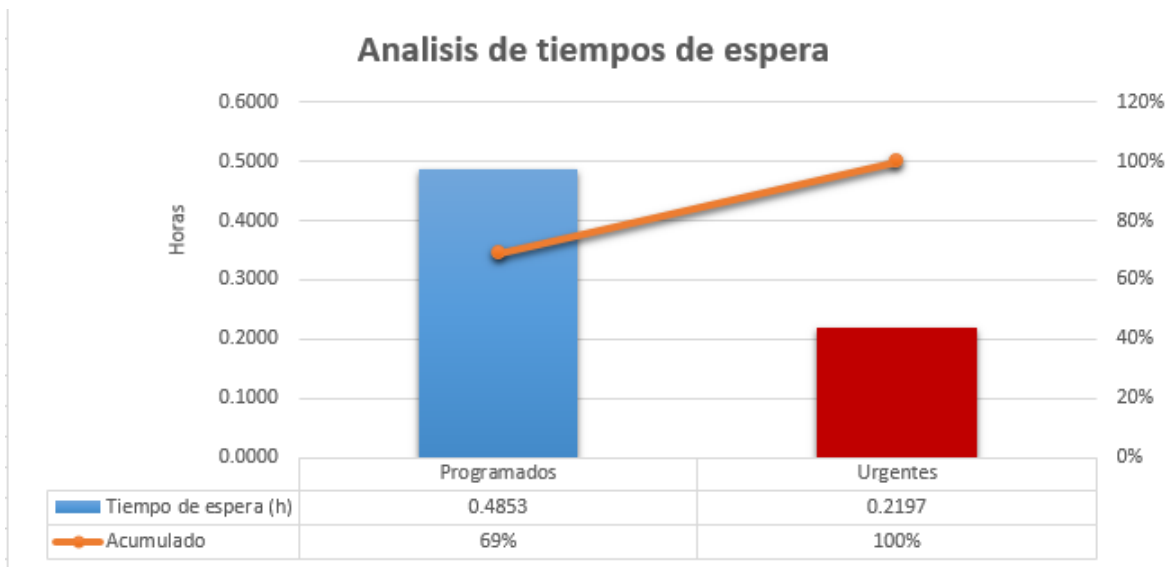
10.2.1. TIEMPOS DE ESPERA PROMEDIO

Los resultados del modelo propuesto revelan que los pacientes programados, esperan 0,072 horas en la preparación fuera de la sala, lo que equivale al 52% de los tiempos totales de espera del sistema, es una mejora significativa, gracias a la estrategia mencionada en la sección 9, la cual plantea tener 2 recursos atendiendo este proceso (Ver gráfico 29).



Gráfica 29: Diagrama de Pareto para los tiempos de espera promedio por proceso.

En el grafico 30, se observa que los pacientes programados esperan mas tiempo que los pacientes urgentes, ya que, los programados tienen que pasar por el proceso de preparación fuera de sala, mientras que los pacientes urgentes ya ingresan preparados al area quirurgica.



Grafica 30: Diagrama de Pareto para los tiempos de espera promedio de pacientes programados y urgentes.

10.2.2. TIEMPO TOTAL PROMEDIO EN EL SISTEMA

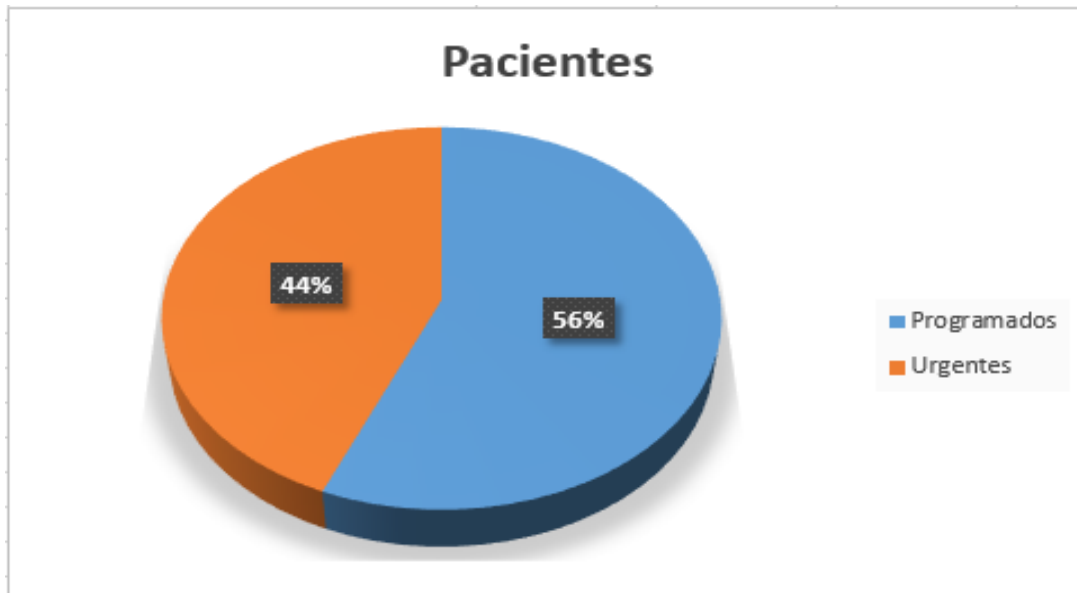
Los resultados del modelo de simulacion revelan, que los pacientes programados tienen que permanecer un mayor tiempo en el sistema que los pacientes urgentes, ya que, los programados realizan un proceso adicional (Ver sección 6.2). Con las estrategias de programación mencionadas en la seccion 9, se disminuyo el tiempo total en el sistema para los pacientes programados.



Grafica 31: Tiempo total en el sistema para pacientes programados y urgentes.

10.2.3. NUMERO PROMEDIO DE PACIENTES ATENDIDOS

Los resultados del modelo, muestran que el mayor numero de cirugias que se realizan, son de pacientes programados, debido a que, estas cirugias son para pacientes que no requieren atencion de inmediato. Mientras que las cirugias de urgencia, son para pacientes que necesitan una atención inmediata y su vida corre peligro (Ver grafico 32), gracias a la estrategia de programacion mencionada en la seccion 9, se aumento el numero de pacientes programados en las salas de cirugia.



Grafica 32: Diagrama de pastel para el número de pacientes urgentes y programadas promedio.

Por otro lado, el grafico 33 expone la cantidad de pacientes promedio por sala; la sala con la mayor cantidad de pacientes es la "sala 1" seguida de la "sala 2" y por ultimo la "sala 3", ya que, esta sala se programo, para atender pacientes urgentes en este modelo de simulación.



Grafica 33: Diagrama de Pareto para el número de pacientes promedio por sala.

10.2.4. UTILIZACION PROMEDIO DE LAS SALAS DE CIRUGIA

Los resultados arrojados por el modelo de simulación, revelan que la sala 1 y 2, tienen mayor utilización, debido a que la programación planteada en la sección 9, permite atender un mayor número de pacientes programados (ver gráfico 33). No obstante, la “sala 3” es la que presenta una menor utilización, gracias a que esta sala solo está reservada para atender pacientes provenientes de urgencia.



Gráfica 34: Porcentaje de utilización promedio por sala.

A continuación, se muestran las graficas que relacionan la utilización promedio por cada una de las salas de cirugía, en cada día de la semana:



Gráfica 35: Porcentaje de utilización diaria promedio de la sala 1.



Gráfica 36: Porcentaje de utilización diaria promedio de la sala 2.



Gráfica 37: Porcentaje de utilización diaria promedio de la sala 3.

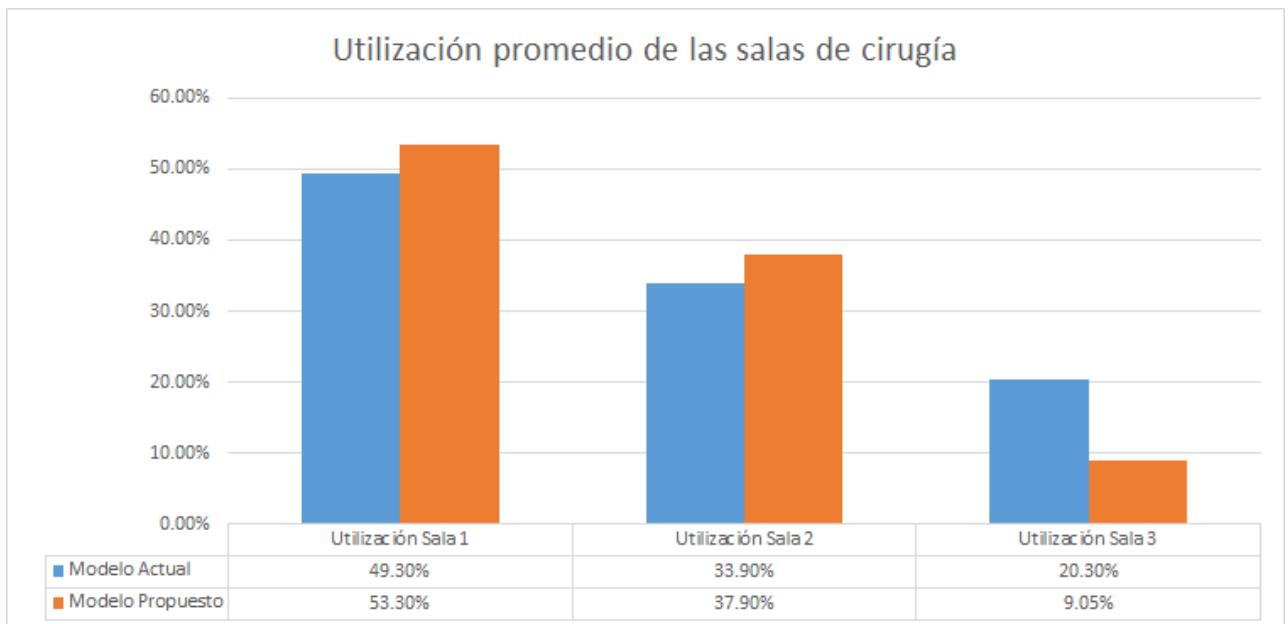
Las graficas revelan que la utilización promedio de las salas por dia de la semana, es mayor los días jueves y viernes, debido al numero de cirugias de urgencias presentadas en estos días

11. ANALISIS DE RESULTADOS (SITUACION ACTUAL VS SITUACION PROPUESTA)

El análisis de resultados muestra la comparación, entre las medidas de desempeño del modelo actual y el propuesto, las cuales son: utilización de las salas, los tiempos totales promedios de los pacientes programados y urgentes en el sistema y los tiempos de espera promedio de cada tipo de paciente. En la tabla 12 se observa el análisis comparativo.

Medidas de Desempeño	Modelo Actual	Modelo Propuesto	Observaciones
Utilización Sala 1	49.3%	53.3%	Se observa una mejora del 4% a favor del modelo propuesto con respecto al modelo actual
Utilización Sala 2	33.9%	37.9%	Se observa una mejora del 4% a favor del modelo propuesto con respecto al modelo actual
Utilización Sala 3	20.3%	9.05%	Se observa una disminución del 11.2% en el modelo propuesto, sin embargo, se garantiza esta sala solo para recibir urgencias.
Tiempo total en el sistema (Pacientes de Urgencia)	2.8 horas	2.8 horas	No se observa cambio en este indicador.
Tiempo total en el sistema (Pacientes Programados)	4.7 horas	4.6 horas	Se observa una mejora del 2% en el tiempo que pasa un paciente programado dentro del sistema
Tiempo de espera urgencias	0.22 horas	0.22 horas	No se observa cambio en este indicador.
Tiempo de espera porgramados	0.72 horas	0.48 horas	Se observa una disminución del 33.3% a favor del modelo propuesto

Tabla 12: Análisis comparativo modelo actual vs modelo propuesto.

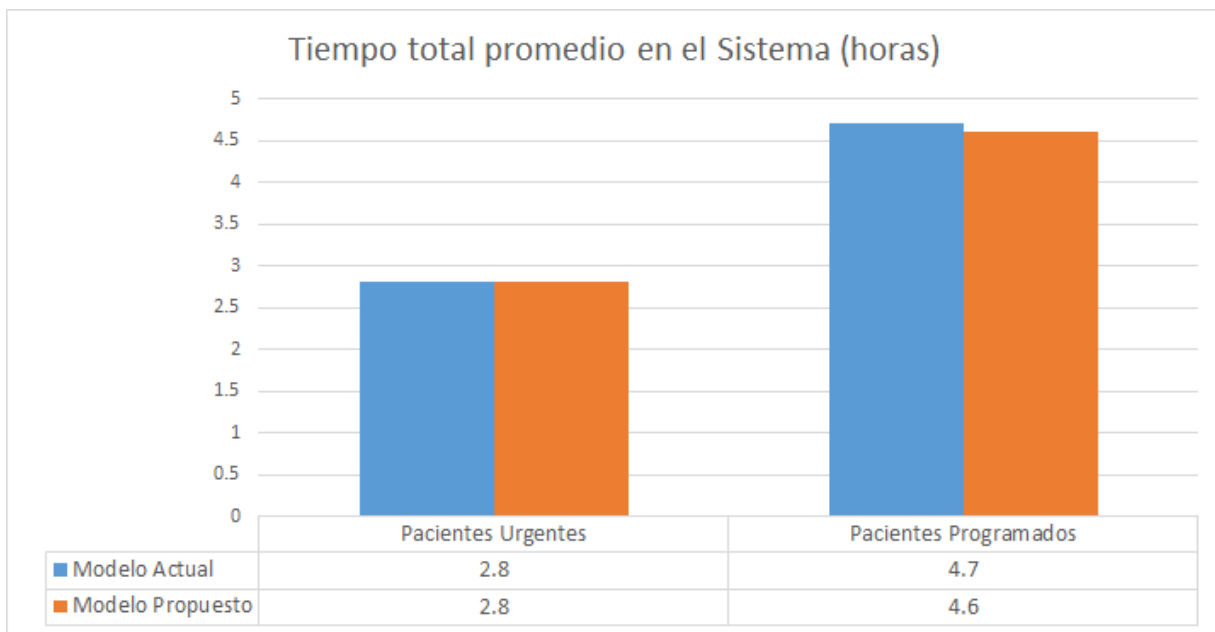


Grafica 38: Análisis comparativo de utilización de las salas (modelo actual vs propuesto).

De acuerdo a la gráfica 38, se observa que la sala con mayor utilización es la sala 1, con un 49.3%. La estrategia de programación propuesta contribuye a una mejora del 4%, como resultado, se observa un mejor aprovechamiento de la sala.

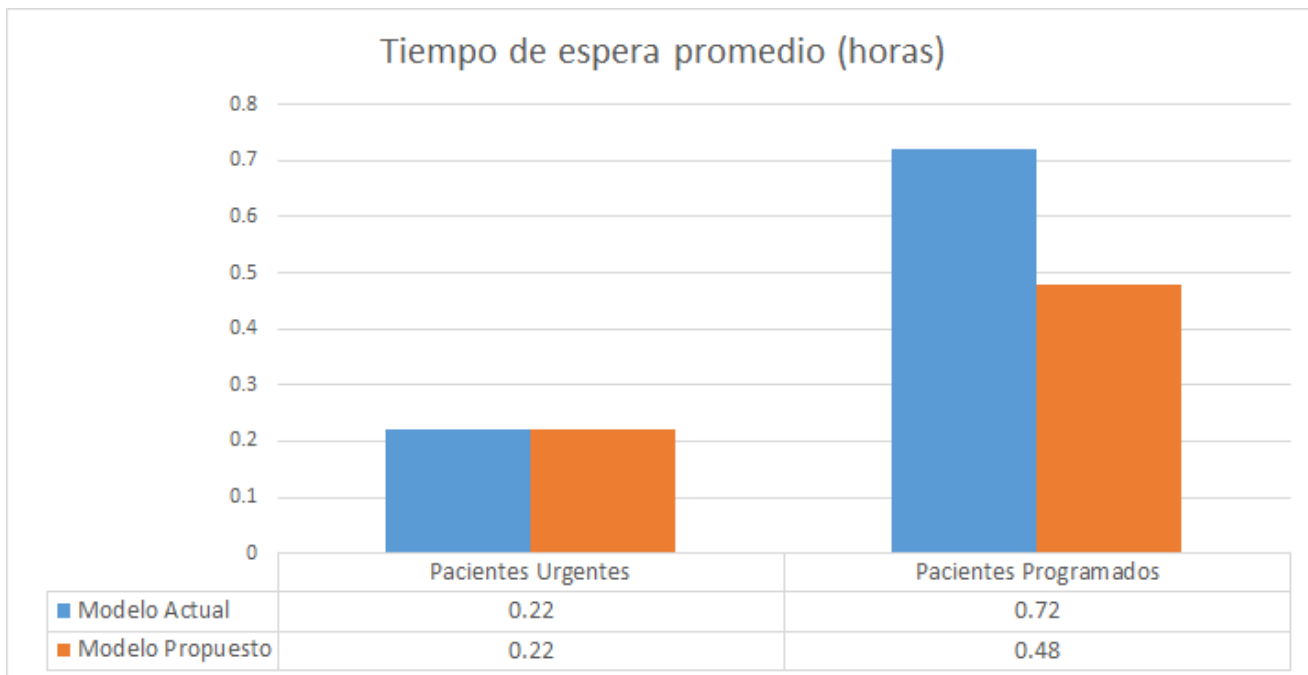
Por otro lado, la sala 2 mejoro un 4% con respecto al resultado arrojado por el modelo actual (Ver tabla 12),

Por último, se observa una disminución en el porcentaje de utilización de la sala 3, ya que, esta sala está programada para atender únicamente cirugías de urgencias.



Grafica 39: Tiempo total en el sistema por tipo de paciente

La gráfica 39, revela que el tiempo de atención de los pacientes urgentes se mantiene constante, incluso después de aplicada la estrategia de programación, mencionada en la sección 9, lo cual contribuye para mantener el nivel de servicio de la clínica y la salud de los pacientes urgentes. Por otro lado, se evidencia una mejora del 2% en el tiempo total promedio de pacientes programados en el sistema, debido, a la mejora en los tiempos de espera de dichos pacientes. (Ver grafica 40)



Grafica 40: Tiempo de espera promedio por tipo de paciente

De acuerdo con el grafico 40, los tiempos de espera de los pacientes programados se redujeron un 33.3% con respecto al modelo actual. Por otro lado, los tiempos de espera de pacientes de urgencia se mantuvo constante con un valor de 0.22 horas en promedio.

Como resultado, el modelo propuesto mejora la utilización de las salas 1 y 2, al mismo tiempo, mejora los tiempos de espera de los pacientes programados.

12. ANALISIS DE CAPACIDAD

El análisis de capacidad consiste en determinar el cambio del comportamiento de las medidas de desempeño definidas en la sección 6.3, al mismo tiempo que se aumenta, el número de arribos programados. A continuación, se exponen dos diferentes casos, donde se aumentan los arribos programados con respecto al modelo actual.

12.1. CASO 1: AUMENTO DE ARRIBOS PROGRAMADOS EN 25 %

En la figura 6, se estableció una programación de arribos propuesta constante de lunes a viernes.

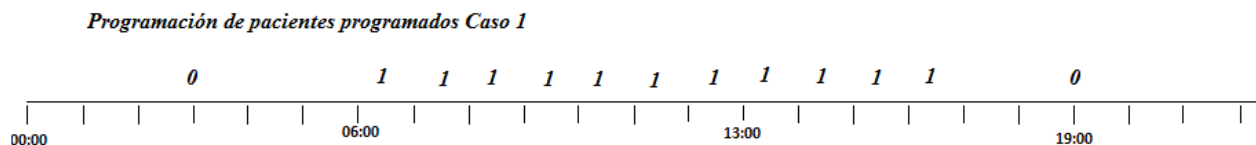
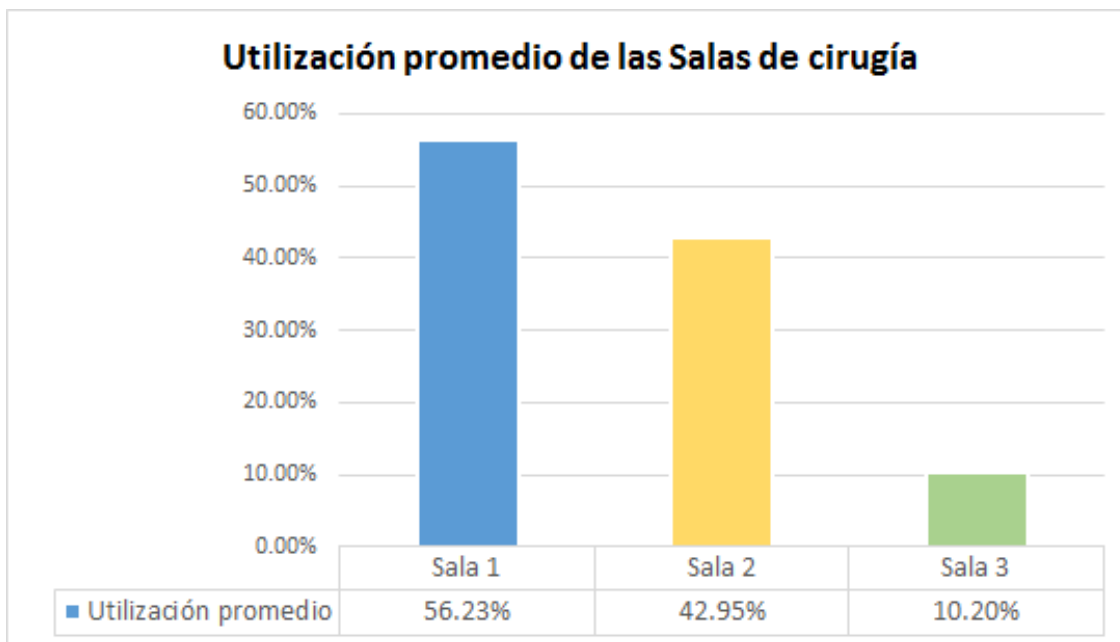


Figura 6: Programación propuesta con aumento del 25% de arribos programados.

UTILIZACIÓN PROMEDIO DE LAS SALAS DE CIRUGÍA

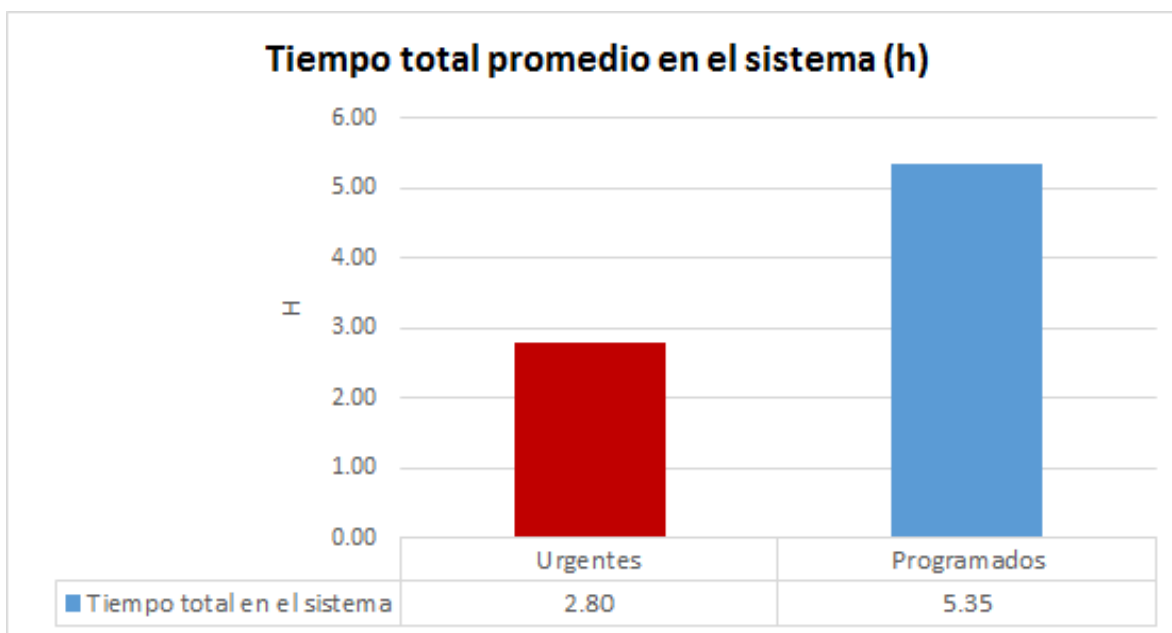
El grafico 41, expone el resultado de la utilización promedio de cada una de las salas de cirugía, implementando el aumento del 25% de los arribos de pacientes programados. La utilización promedio obtenida para la sala 1 es de 56.23%, para la sala 2 es de 42.95% y para la sala 3 es 10.20%.



Grafica 41: Utilización promedio por sala (Caso 1)

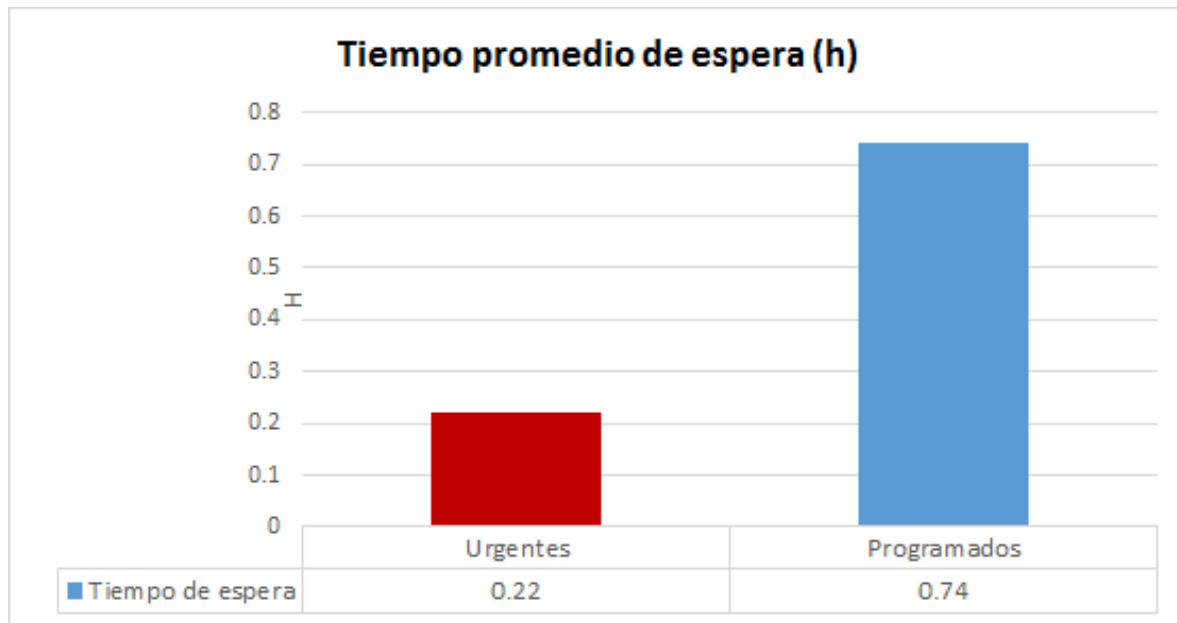
TIEMPO TOTAL PROMEDIO EN EL SISTEMA Y TIEMPO DE ESPERA PROMEDIO

El grafico 42, expone el resultado del tiempo total promedio que pasan los pacientes en el sistema, implementando el aumento del 25% de los arribos de pacientes programados. Se evidencia que los pacientes programados gastan en promedio 5.35 horas dentro del sistema, mientras que los pacientes urgentes gastan alrededor de 2.8 horas en todo el proceso quirúrgico.



Grafica 42: Tiempo total promedio en el sistema (Caso 1).

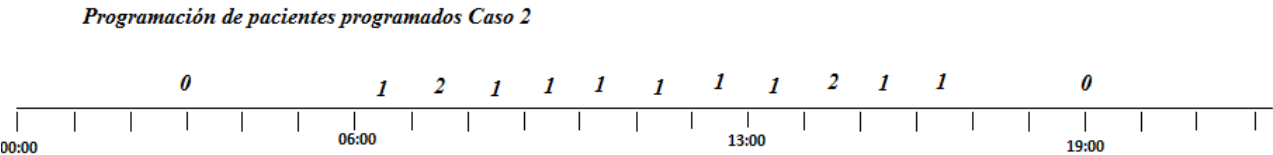
Por otro lado, el tiempo de espera promedio para pacientes programados es de 0.74 horas y el de los urgentes es 0.22 horas. (Ver gráfico 43)



Grafica 43: Tiempo promedio de espera (Caso 1).

12.2. CASO 2: AUMENTO DE ARRIBOS PROGRAMADOS EN 50 %

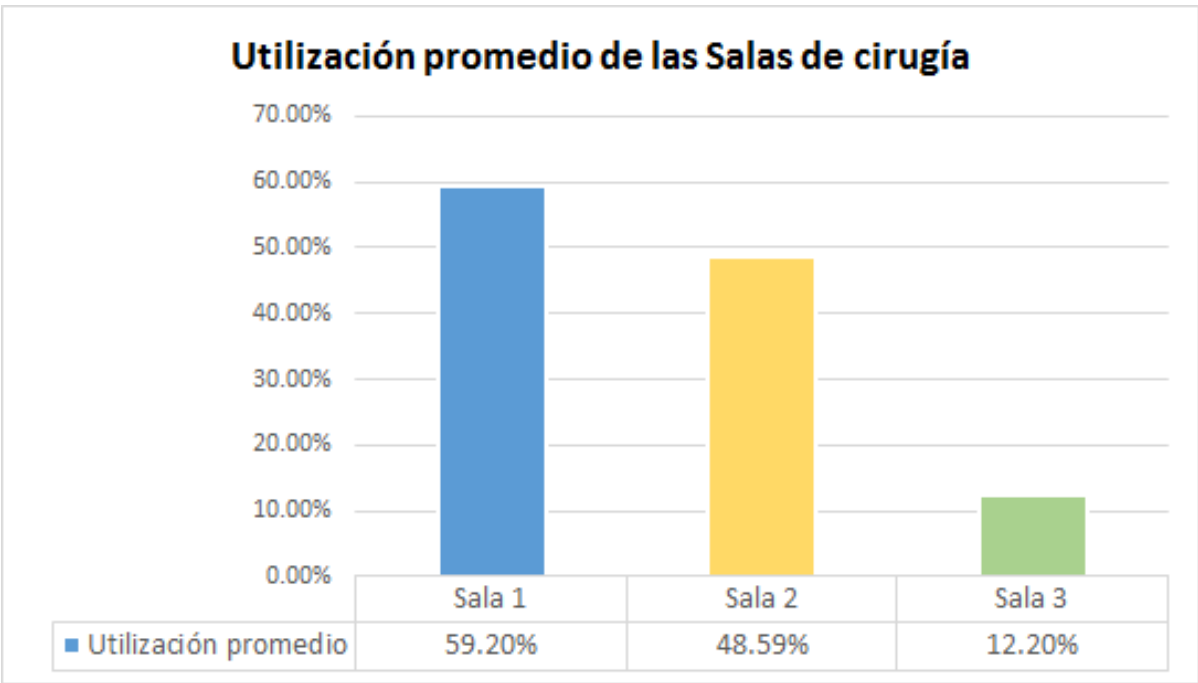
En la figura 7, se estableció una programación de arribos propuesta constante de lunes a viernes.



Grafica 7: Programación propuesta con aumento del 50% de arribos programados.

UTILIZACIÓN PROMEDIO DE LAS SALAS DE CIRUGÍA

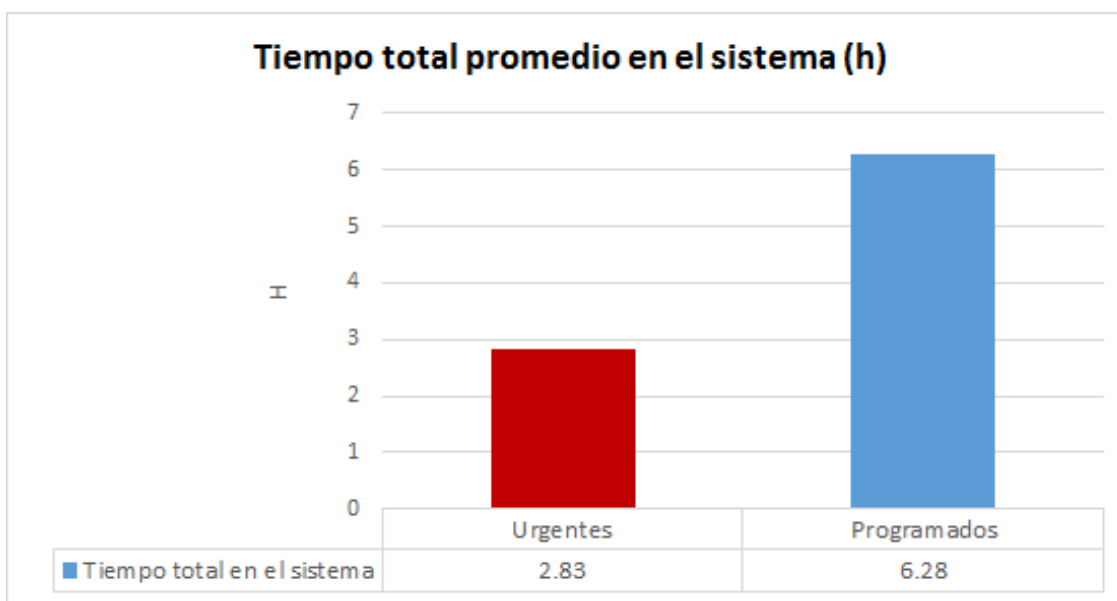
El grafico 44, expone el resultado de la utilización promedio de cada una de las salas de cirugía, implementando el aumento del 50% de los arribos de pacientes programados. La utilización promedio obtenida para la sala 1 es de 59.2%, para la sala 2 es de 48.59% y para la sala 3 es 12.20%.



Grafica 44: Utilización promedio por sala (Caso 2)

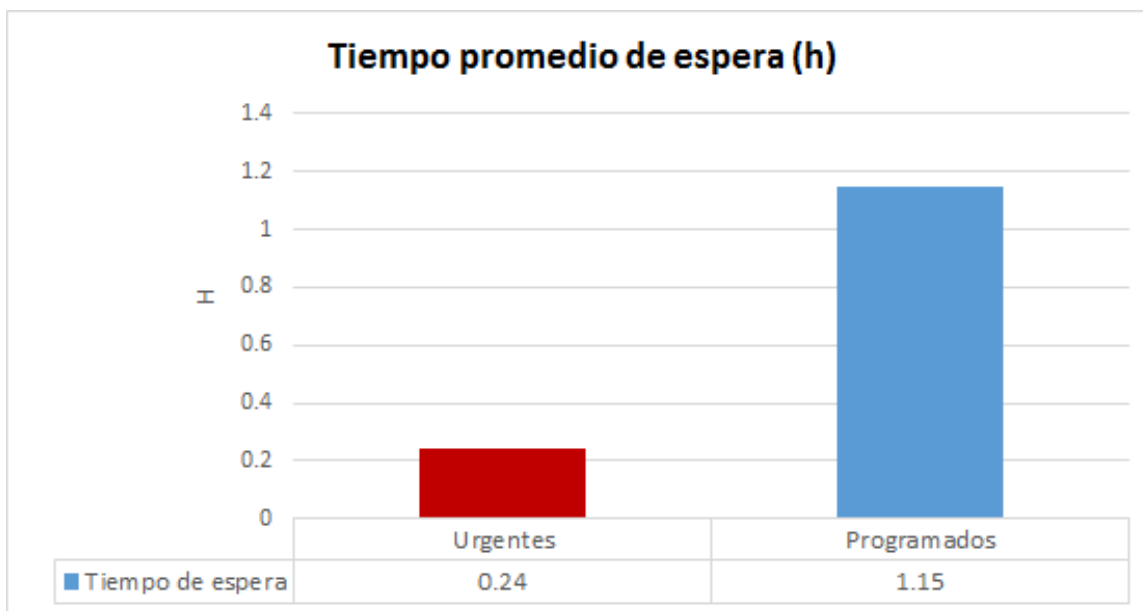
TIEMPO TOTAL PROMEDIO EN EL SISTEMA Y TIEMPO DE ESPERA PROMEDIO

El grafico 45, expone el resultado del tiempo total promedio que pasan los pacientes en el sistema, implementando el aumento del 50% de los arribos de pacientes programados. Se evidencia que los pacientes programados gastan en promedio 6.28 horas dentro del sistema, mientras que los pacientes urgentes gastan alrededor de 2.83 horas en todo el proceso quirúrgico.



Grafica 45: Tiempo total promedio en el sistema (Caso 2).

Por otro lado, el tiempo de espera promedio para pacientes programados es de 1.15 horas y el de los urgentes es 0.24 horas. (Ver gráfico 46)



Grafica 46: Tiempo promedio de espera (Caso 1).

13. ANALISIS DE RESULTADOS (MODELO ACTUAL, MODELO PROPUESTO Y ANALISIS DE CAPACIDAD)

Medidas de desempeño	Modelo Actual	Modelo Propuesto	Análisis de capacidad (Caso 1)	Análisis de capacidad (Caso 2)
Utilización Sala 1	49.3%	53.3%	56.2%	59.2%
Utilización Sala 2	33.9%	37.9%	42.9%	48.6%
Utilización Sala 3	20.3%	9.05%	10.2%	12.2%
Tiempo total en el sistema (Pacientes de Urgencia)	2.8 horas	2.8 horas	2.8 horas	2.83 horas
Tiempo total en el sistema (Pacientes Programados)	4.7 horas	4.6 horas	5.3 horas	6.28 horas
Tiempo de espera urgencias	0.22 horas	0.22 horas	0.22 horas	0.24 horas
Tiempo de espera programados	0.72 horas	0.48 horas	0.74 horas	1.15 horas

Tabla 13: Resultados Modelo Actual, Modelo propuesto y Análisis de resultados

En la tabla 13 se evidencian los resultados asociados por el modelo actual, modelo propuesto y de los análisis de capacidad realizados en la sección 12.

13.1. MODELO ACTUAL VS ANÁLISIS DE CAPACIDAD (CASO 1)

A partir del análisis de capacidad (Caso 1), se observa que la utilización de las salas de cirugía se incrementa un 6.9% en la sala 1, un 9% en la sala 2 y disminuye un 10.1% en la sala 3, con respecto a los resultados arrojados por el modelo actual.

Por otro lado, con respecto, al tiempo total promedio en el sistema, se evidencia un incremento del 12.7% para los pacientes programados. Para pacientes de urgencia no se observa un cambio en esta medida de desempeño.

Por último, el tiempo de espera promedio de pacientes programados se incrementó un 2.77%, mientras que para pacientes de urgencia, se mantuvo constante.

13.2. MODELO ACTUAL VS ANÁLISIS DE CAPACIDAD (CASO 2)

A partir del análisis de capacidad (Caso 2), se observa que la utilización de las salas de cirugía se incrementa un 9.9% en la sala 1, un 14.7% en la sala 2 y disminuye un 8.1% en la sala 3, con respecto a los resultados arrojados por el modelo actual.

Por otro lado, con respecto, al tiempo total promedio en el sistema, se evidencia un incremento del 33.6% para los pacientes programados y del 1.07% para pacientes de urgencia.

Por último, el tiempo de espera promedio de pacientes programados se incrementó un 59.7%, mientras que para pacientes de urgencia, se incrementó un 9.09%.

13.3. MODELO PROPUESTO VS ANÁLISIS DE CAPACIDAD (CASO 1)

A partir del análisis de capacidad (Caso 1), se observa que la utilización de las salas de cirugía se incrementa un 2.9% en la sala 1, un 5% en la sala 2 y 1.15% en la sala 3, con respecto a los resultados arrojados por el modelo propuesto.

Por otro lado, con respecto, al tiempo total promedio en el sistema, se evidencia un incremento del 15.21% para los pacientes. Para pacientes de urgencia no se observa un cambio en esta medida de desempeño.

Por último, el tiempo de espera promedio de pacientes programados se incrementó un 54.16%, mientras que para pacientes de urgencia, se mantuvo constante.

13.4. MODELO PROPUESTO VS ANÁLISIS DE CAPACIDAD (CASO 2)

A partir del análisis de capacidad (Caso 2), se observa que la utilización de las salas de cirugía se incrementa un 5.9% en la sala 1, un 10.7% en la sala 2 y 3.15% en la sala 3, con respecto a los resultados arrojados por el modelo propuesto.

Por otro lado, con respecto, al tiempo total promedio en el sistema, se evidencia un incremento del 36.5% para los pacientes y 1.07% para pacientes de urgencia.

Por último, el tiempo de espera promedio de pacientes programados se incrementó un 139.5%, mientras que para pacientes de urgencia, se incrementó un 9.09%.

14. CONCLUSIONES

El análisis de la simulación permite conocer a fondo el comportamiento del proceso de cirugías de la clínica Universidad de La Sabana, teniendo en cuenta, los arribos de los pacientes urgentes y programados, los procesos (preparación, cirugía y desinfección), y las medidas de desempeño (Utilización de las salas y tiempos de los pacientes en el sistema) que determinan el desempeño del proceso de cirugía.

Con base a los resultados del análisis de simulación se concluye lo siguiente:

- La actual programación del sistema conlleva a una subutilización de las salas de cirugía.
- El proceso de preparación de pacientes programados conlleva un elevado tiempo de espera para dichos pacientes.
- El tiempo en el sistema de los pacientes programados es significativamente alto, con respecto a los pacientes de urgencia.
- La programación propuesta mejora la utilización de la sala 1 en 4% y la sala 2 en 4%.
- El aumento del recurso enfermera en una unidad, en el proceso de preparación de pacientes programados, disminuyó el tiempo de espera de estos pacientes en 33.3%.

Con base a los resultados arrojados por el análisis de capacidad, se plantearon las siguientes conclusiones:

- Debido a la implementación del aumento de arribos de pacientes programados en un 25% y 50%, se aumenta la utilización de las salas de cirugía, sin embargo, los tiempos de espera y totales en el sistema para pacientes programados se incrementan.
- El aumento de los arribos programados en un 25% y 50%, no afecta significativamente los tiempos de espera y totales en el sistema, para pacientes de urgencia.

Por último, sería necesario realizar un análisis costo-beneficio para identificar la rentabilidad de aumentar, el recurso enfermera en el proceso de preparación de pacientes programados.

15. Bibliografía

Cardoen B., Demeulemeester E. y Belien J. (2009), Operation room planning and scheduling: a literature review. *European Journal Operation Research*, 201, (3): 221-232.
J.T. Blake y M.W. Carter (1997), Surgical process scheduling: a structured review. *Journal of Health Systems*. 5, (3): 17-30.

J.M. Margelein y J.B. Martin (1978). Surgical demand scheduling: a review. *Health Services Research*, 13: 418-433.

Jiménez, A., Amaya, C., & Velasco, N. (Diciembre de 2008). Uniandes.edu.co. Obtenido de <http://guaica.uniandes.edu.co:5050/dspace/bitstream/1992/1123/1/H+2008+25.pdf>

Dexter, F., & Epstein, R. (2005). Operating room efficiency and scheduling. *Current Opinion in Anesthesiology*, 195-198.

Dexter, F., & Traub, R. (2002). How to schedule elective surgical cases into specific operating rooms to maximize the efficiency of use of operating room time. *Anesthesia and Analgesia*, 933 -942.

Dexter, F. (2003). Operating room utilization: Information management systems. *Current Opinion in Anesthesiology*, 619 -622.

Averill M. Law & David Kelton (2000). *Simulating modeling and analysis*. Editorial McGraw-Hill in industrial engineering and management science, 3.

Wijewickrama. A.K.A., (2006). Simulation analysis for reducing queues in mixed patients' outpatient department. *International journal of simulation modelling*. Vol. 5, N° 2, 56-68.

Moya Navarro, Carlos. (2009). Simulación de un *proceso de Poisson* no estacionario usando la metodología *thinning*: el caso de arribo de clientes durante una semana típica a una sucursal bancaria. *Tecnología en Marcha*, Vol. 23, N.º 2, Abril-Junio 2010, P. 68-80.

Lewis, P. & Shedler, G. (1979). Simulation of nonhomogeneous Poisson processes by thinning, *Naval Logistics Quarterly*, 26.